



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Die Städtereinigung**

**Büsing, F. W.**

**Stuttgart, 1897**

IV. Abschn. Verunreinigung und Selbstreinigung offener Gewässer

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83772](#)

#### IV. Abschnitt.

### Verunreinigung und Selbstreinigung offener Gewässer.

#### 1. Kapitel.

##### Verunreinigung der Gewässer.

§ 44. In rechtlichem Sinne ist das Wasser aller öffentlichen Gewässer sogen. „Gemeingut“, dessen Gebrauch für die gewöhnlichen Zwecke des Haushalts oder der Wirtschaft jedermann freisteht. Mit allen Rechten ist auch dieses an die Beschränkung gebunden, daß durch seine Ausübung Andern nicht Nachteil zugefügt wird. Da aber der Begriff „Nachteil“ kein absoluter, sondern ein relativer ist, der auch mit Ort und Zeit wechselt, so ersieht sich, daß eine allgemeine Beantwortung der Frage: wann, bei welchem Grade eine Flußverunreinigung Dritten Nachteil bringt? nicht möglich ist. Teils kommt es dabei auf den Gebrauchsweck und die in ihm begründeten Bedingungen der Wasserbeschaffenheit, teils auch auf den Fluß an, letzteres, weil es Flüsse mit „reinem“ Wasser überhaupt nicht gibt, daher ein gewisses niedriges Maß der Verunreinigung immer und überall geduldet werden muß. Auch wird, wenn selbst eine größere, absichtlich herbeigeführte Verunreinigung vorliegt, immer erst zwischen einem etwaigen ohne die Verunreinigung nicht erzielbaren Nutzen abzuwagen sein, den jemand ziehen könnte, und dem Nachteil, der einem Andern durch eben diese Verunreinigung zugefügt wird, event. nur als „ein möglicher“ in die Abwägung eintritt. Denn auch der, an sich hochstehende Schutz der Gesundheit ist, wie anderweite Güter, zum Teil ein Gegenstand wirtschaftlicher Natur, für den im Geldwert ein Maßstab gefunden werden kann. Bleibt dieser Wert hinter demjenigen zurück, der andern Interessen wirtschaftlicher Art zukommt, so muß das Interesse der Gesundheitspflege um so mehr weichen, als in der Regel die Möglichkeit bestehen wird, demselben auf mehrerlei Weise gerecht zu werden. Es kann sich z. B. um besonders hohe gewerbliche Interessen handeln, welche auch ihrer oft weitgreifenden Folgen wegen gewöhnlich auf Schonung Anspruch haben werden. Allgemein darf man sagen, daß, wenn die Gesundheitspflege ihre Interessen, ohne Rücksicht auf die Umstände, überall in die erste Linie rücken wollte, sie zu viel verlangen und oft sich selbst schädigen würde, insofern dann die Anforderungen an die Städte leicht in die Gefahr geraten, unerfüllbar zu werden. Auf solche Weise könnten an die Stelle der Uebel, denen man durch Reinhaltung eines Flusses zu begegnen dachte, andre, noch schlimmere treten.

Was ist nun verunreinigtes Flusswasser? Jedenfalls solches, dessen Fremdstoffmengen über dasjenige Maß hinausgehen, bei dem noch ein „Verdünnungszustand“ besteht, der die Benutzung des Wassers für alle „gewöhnlichen Gebrauchswecke“ erlaubt. Aber diese Erklärung erschöpft nach heutiger Auffassung den Begriff nicht, da nur für die der unbelebten Natur entstammenden Stoffe eine Verdünnungsgrenze gilt, von der ab, nach unten gehend, die Vergiftungs- oder Schädigungsmöglichkeit, in praktischem Sinne genommen, aufhört. Für „organisierte Stoffe“ besteht eine untere greifbare Grenze nicht, da jene, vermöge ihrer Vermehrungsfähigkeit im befallenen Körper, selbst in der kleinsten Menge, der Einzahl, gesundheitsschädigend — infizierend — wirken können. Danach müssen auch Flusswasser, welche nur einzelne pathogene Keime enthalten, aber sonst in vorher definiertem Sinne rein sind, als verunreinigt angesehen werden. Dennoch darf hiervon meist Abstand genommen werden, weil erfahrungsmäßig dieser spezielle Verunreinigungszustand in der Regel vorübergehend, und von kurzer Dauer ist, er in der Regel auch nicht für sich, sondern in Verbindung mit Verunreinigungen gewöhnlicher Art bestehen wird.

Indessen taucht bei der „Verdünnung“ sofort die Frage nach demjenigen besonderen unter den wechselnden Wasserständen eines Gewässers auf, bei welchem die Verdünnung zu ermitteln ist. Bei großer Wasserführung wird an raschfließenden, regulierten Flussläufen die Verdünnung am größten sein; bei langsam laufenden und unregulierten kann das Gegenteil stattfinden. Der scheinbare Widerspruch erklärt sich daraus, daß das regulierte Bett keine Ablagerungen enthält, das unregulierte solche enthalten kann, und daß bei Anschwellungen die bereits abgelagerten alten Schmutzstoffe den zur Zeit zufließenden hinzutreten und diese so weit vermehren können, daß eine stärkere Verunreinigung stattfindet als bei Kleinwasser. Den Angaben über Flussverunreinigungen müssen daher, wenn sie verständlich sein sollen, die Angaben über den Wasserstand, bei welchem sie ermittelt worden sind, hinzugefügt werden, und es ist, um ein genaues Bild von der dauernden Beschaffenheit eines Flusslaufes zu gewinnen, notwendig, daß die Bestimmung seines Verunreinigungszustandes nicht nur bei einem bestimmten, sondern möglichst bei allen vorkommenden Wasserständen ausgeführt wird.

Hierzu — wie übrigens auch bei sonstigen Punkten der Untersuchung — ist der Ausbildung der Verfahrensweise bis heute noch ein weiter Spielraum verblieben. Gewöhnlich werden aber betreffende Angaben auf die kleinste Wasserführung des Flusses bezogen, und es wird dies vielfach auch das zutreffendste Bild liefern.

Jedenfalls wird das Endurteil über die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit einer Verunreinigung auf die geringsten unter den möglichen Verdünnungszuständen (die größte Konzentration) begründet werden müssen, und hat der Anspruch, die Verdünnung auf den Mittelwasserstand zu beziehen, nur da Berechtigung, wo das Flussregime ein besonders beständiges ist. Um aber ein einwandfreies Urteil schöpfen zu können, sollte die Untersuchung nicht auf das verunreinigte Flusswasser beschränkt, sondern auch auf den vorhergegangenen Zustand ausgedehnt werden. Erst das Vergleichsergebnis würde entscheidend sein; häufig wird aber diese erweiterte Untersuchung nicht ausgeführt werden können.

§ 45. Außer den mannigfachen gesundheitlichen Schädigungen, welche ein verunreinigter Flusslauf mit sich bringen kann, unter denen seine Nichtverwendbarkeit für den Zweck der Entnahme von Trinkwasser obenan steht, handelt es sich um Schädigungen wirtschaftlicher Natur, die in mehreren Richtungen eintreten.

Nur im Vorübergehen mag diejenige Schädigung wirtschaftlicher Art hier nochmals berührt werden, die darin besteht, daß mit den gewöhnlichen städtischen

Abwässern, welche in die Flussläufe gelangen, der Landwirtschaft große Düngermengen entzogen werden. Man hat vielfach den Wert der auf einen Kopf der Stadtbewohnerschaft jährlich entfallenden Dungstoffe auf 2, 3, 5, 10 Mk. und darüber berechnet. Solchen Rechnungen kommt, nach demjenigen, was schon Seite 21 hierzu beigebracht ist, keine sonderliche Bedeutung zu. (Vergl. hierzu übrigens Gerson, Die Schicksale der Fäkalien in Weyls Handbuch der Hygiene, Bd. 2, und Vogel, Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe. Berlin 1896.)

Ein zweites wirtschaftliches Interesse knüpft sich an die Schädigung, die ein Flusslauf „als solcher“ durch die Einleitung von Schmutzwässern erfährt. Dieses Interesse kann sehr mannigfaltig sein. Es können durch entstehende Ablagerungen allgemeine schiffahrtliche Interessen und durch Verunreinigung des Wassers besondere gewerbliche Interessen insofern geschädigt werden, als das Flusswasser für die Zwecke derselben unbrauchbar wird. Die Interessen der Uferanlieger können durch Entwertung ihrer Grundstücke infolge Wasser- und Luftvergiftung Schaden erleiden. Und endlich können flussabwärts liegende Städte wirtschaftlich dadurch geschädigt werden, daß durch die Verunreinigung des vorbeifließenden Wassers ihnen das benötigte Trink- und Nutzwasser entzogen wird und sie nun gezwungen sind, mit großen Geldkosten anderweit Ersatz zu schaffen. Hierher gehört es ferner, daß durch Zuführung gewisser Stoffe zum Flusswasser, auf die weiterhin eingegangen wird, sich eine Vermehrung der Härte des Wassers ergibt. Hält der Verunreinigungszustand sich innerhalb solcher Grenzen, daß noch eine Benutzung des Wassers zu gewissen wirtschaftlichen Zwecken möglich ist, so ist für diese Zwecke die Härtevermehrung mit einer Verschlechterung des Wassers gleichbedeutend.

Die Schädigungen der hier berührten Art können dem Grade nach sehr ungleich sein. Sie werden bei einem kleinen Flusslauf oft erheblicher sein als bei einem großen, auch beim unregulierten größer als beim regulierten. Je geringer die Flussgeschwindigkeit, um so leichter finden Ablagerungen statt; bei Flüssen von größerer Breite und wechselnden Tiefen können aber die Geschwindigkeiten in einem und demselben Profil so sehr wechseln, daß, während im Stromstrich Mitführung der Schwebestoffe erfolgt, dieselben an anderen Stellen des Profils liegen bleiben. In so beschaffenen Flussbetten findet auch nicht leicht eine Mischung der Abwässer mit dem Flusswasser statt, sondern halten sich auf sehr langen Flussstrecken die Schmutzstoffe an dem einen Ufer und berühren das andre vielleicht kaum (Beispiel: die Elbe oberhalb Magdeburg, nach weiterhin folgenden Zahlenangaben). Auch Wehrbauten, Buhnen und Parallelwerke können auf die Mitführung von Schmutzstoffen verzögernd wirken, bzw. ihre Festhaltung an gewissen Stellen veranlassen. Die übelsten Zustände treten bei kleinen Küsten-(Tide-)Strömen ein, wenn die Einleitungsstelle der Schmutzstoffe so weit vom offenen Meere entfernt liegt, daß erstere mit dem nächsten Ebbstrom nicht bis ins Meer hinausgeführt werden, vielmehr sich, wenn der Flutstrom von neuem einsetzt, noch an einem oberhalb liegenden Punkte des Flusses befinden. Sie werden alsdann mit ersterem wieder ein Stück flussaufwärts geführt, oder bleiben — im günstigsten Falle — eine Zeit lang liegen und gelangen erst durch mehrmaligen Tidewechsel ins offene Meer hinaus.

In dieser ungünstigen Lage befindet sich z. B. London, welches Anfang der 80er Jahre täglich bei Barking und Crossness (44 bzw. 49 km unterhalb London-Bridge) 650000 cbm Abwasser = 7,5 cbm sekundlich, an die Themse abgab; der Fluss führt bei Kleinwasser nur 16 bis 23 cbm, bei stärkerem Zufluß 57 cbm, so daß der Verdünnungszustand der Abwässer nur etwa 1 : 3 bzw. 1 : 7,5 betragen würde. Bei dem bedeutenden Flutwechsel jedoch, den die Themse noch bei London besitzt (4—5 m), und durch den gewisse Mengen frischen Wassers bis oberhalb Barking und Crossness hinaufgeführt worden, stellte sich das mittlere Verdünnungsverhältnis etwa = 1 : 6; der Wasserquerschnitt bei mittlerem Ebbestande ist 26000 qm, bei mittlerem Flutstande

6500 qm. Die offene See wird von der Themse etwa 75 km unterhalb London-Brigde erreicht, d. h. also 26 km, bzw. 31 km unterhalb der Auslässe bei Crossness und Barking.

Gegen Ende der 70er Jahre wurden über die Verunreinigung der Themse so viele Beschwerden laut, daß die Regierung sich genötigt sah, einen Untersuchungsausschuß einzusetzen, welcher feststellte: daß in der etwa 20 km langen Flußstrecke, welche sich bis etwa 8 km aufwärts und 12 km abwärts der Ausmündungsstellen bei Barking und Crossness erstreckt, sich große Massen von fauligem Schlamm befinden, die beim Durchpassieren von Dampfern u. s. w. einen unerträglichen Geruch verbreiten. Die auf dem Strome dauernd verkehrenden Schiffsmannschaften, Fischer u. s. w. leiden vielfach an Atmungsbeschwerden, Ubelkeit und Fieberanfällen, und es wird Uferbewohnern in der Nähe der Mündungsstellen der Auslässe die fernere Benutzung ihrer Wohnungen immer mehr erschwert. Früher wurde mit der Themse bis etwa 30 km oberhalb Barking (= 14 km unterhalb London-Brigde) Fischfang getrieben. Dieser obere Anfangspunkt hat sich nach Anlage der Einlässe 60 km stromabwärts verschoben, so daß er jetzt (in den 80er Jahren) 30 km unterhalb Barking liegt. In der verpesteten Flußstrecke ist alles Fischleben ausgestorben, und nicht nur das: es können die vom unteren Strom kommenden Fischerfahrzeuge ihren Fang nicht einmal mehr in Netzen nachschleppen, sondern müssen denselben in an Bord aufgestellten Büttten transportieren, weil die Fische bei ersterer Transportweise sterben würden.

Die mitgeteilten Erscheinungen erklären sich daraus, daß die mittlere Ebbegeschwindigkeit der Themse 22 mm, diejenige bei Flutstrom kaum 9 mm beträgt. Diese Geschwindigkeiten gelten für die Flußstrecke in der Nähe von Crossness und Barking; weiter abwärts werden dieselben noch geringer. Aus diesen Geschwindigkeitszahlen würde sich ein tägliches Vorrücken der Schmutzstoffe der See zu von etwa 1300 m ergeben; es ist aber bei Schwimmversuchen dies Vorrücken nur zu 535 m ermittelt worden.

Als drittes wirtschaftliches Interesse kommt die Schädigung, welche das Fischleben in verunreinigten Gewässern erleidet, in Betracht. Zu diesem Punkte müssen mehrere Thatsachen festgehalten werden:

- a) Das Fischleben der Flüsse wird nicht nur durch die Schmutzwasserzuführungen aus den Städten geschädigt, sondern ebenfalls durch die fortschreitenden Regulierungen und den Schiffsverkehr. Durch beides werden dem Fischleben die Ruheplätze entzogen und aus dem Schiffsverkehr erwächst den Flüssen unter Umständen eine sehr weitgehende Verunreinigung.
- b) In reinem Wasser kann Fischleben nicht gedeihen, weil ihm darin die Nahrung fehlt; denn solches Wasser bietet weder Algen noch andern Tieren, noch Pflanzenwuchs die Möglichkeit der Existenz. Die ganz reinen Gewässer in den schottischen Hochlanden sind ohne Fischleben, während englische Flüsse, die sich durch Ackerland ziehen und englische Küstenstrecken, an welchen die Schmutzwasserkanäle großer Städte ausmünden, sehr fischreich sind.
- c) Aber ebenso wenig vermag Fischleben in stark verunreinigten Gewässern zu gedeihen, weil hier gewisse Stoffe entweder im Uebermaß vorhanden sind, oder in einem Zustande, den das Fischleben nicht verträgt, daneben aber gewisse unentbehrliche Stoffe fehlen. Die Anwesenheit von Stickstoff in Schmutzwässern scheint, ähnlich wie für die Atmungsluft der Menschen, so auch für das Fischleben von keiner Bedeutung zu sein. Wichtig für dasselbe ist aber die Temperatur, die bei vielen Fischarten nicht hoch liegen darf. Im Winter sind verunreinigte Wasser den Fischen viel weniger schädlich als im Sommer. Darin begründet sich das Verbot der Einleitung hoherwärmten Wassers in offene Gewässer mit Fischleben. Ob Bakterienreichtum eines Flusses dem Fischleben zu- oder abträglich ist, kann nicht allgemein entschieden werden. Einerseits vermindern Bakterien den Sauerstoffgehalt des Wassers; anderseits dienen sie auch der niederen Fauna und Flora des Flusses gewissermaßen als Unterbau, führen also dem Fischleben Nahrung zu. (Eine ausführliche Bearbeitung dieses Gegenstandes lieferte Weigel im Archiv für Hygiene 1885; ferner sind zu vergleichen: Fischer,

Das Wasser, Berlin 1891, S. 51 ff., König, Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1887 und Jurisch, Die Verunreinigung der Gewässer, 1890.)

Nach a) und b) bedarf Fischleben gewisser Mengen von Fremdstoffen im Wasser, d. h. einen gewissen, niedrig liegenden Verunreinigungszustand, welcher das Gedeihen von Pflanzen- und niederem Tierleben im Flusse ermöglicht. Dies gilt allgemein; gewisse Fischarten machen Ausnahmen, beispielsweise der Aal und der Lachs, auch noch viele andre. Im übrigen spielen verschiedene Ursachen, wie z. B. Alter, Größe und andres bei der Widerstandsfähigkeit der Fische eine Rolle. Was das Fischleben im allgemeinen nicht verträgt, sind in starker Fäulnis befindliche Stoffe, Gifte und einige besondere, teils anorganische, teils organische Stoffe. Auch Schwebestoffe, die an sich harmlos sind, scheinen den Fischen insofern gefährlich werden zu können, als sie sich in den Kiemen derselben festsetzen und die Atmung hindern. Faulende Stoffe sind den Fischen auch deshalb nicht zuträglich, weil das Wasser, welches sie enthält, arm an Sauerstoff ist. Bei Versuchen ergab sich, daß Forellen in Flußwasser, von welchem 5 Teile mit 1 Teil Kanalwasser versetzt waren, nach 13—18 Stunden Erkrankung zeigten und daß derselbe Fisch in Mischungen von 1 Teil Kanalwasser mit 10, 20—30 Teilen Flußwasser nach 2—5 Tagen starb.

Eine in kanalisierten Städten nach Regenfällen zu machende Beobachtung besteht darin, daß bald, nachdem die Regenauslässe (Notauslässe) in Wirksamkeit getreten sind, in der Nähe der Mündungen dieser großen Mengen kleiner Fische tot auf dem Wasser schwimmen. In der Regel zeigen sich die Kiemen derselben mit Schmutz gefüllt; man weiß daher nicht, ob sie durch chemische Wirkungen oder etwa bloß durch Hemmung der Kiemenbewegung oder andre Ursachen zu Grunde gegangen sind. In Berlin hat man beobachtet, daß nach Regenfällen (bezw. Thätigkeit der Notauslässe) die in Rede befindliche Erscheinung sich nur zeigt, wenn der Regenfall mit Gewittern verbunden war, im andern Falle aber ausbleibt. Man sieht den Grund darin, daß durch Gewitter die Fische in Unruhe versetzt werden und aus der Tiefe zur Oberfläche aufsteigen. Hier schwimmen aber die beim Beginn des Regenfalls von den Straßen abgewaschenen leichten Schmutzstoffe, welche in die Atmungswerze der Fische eingesaugt werden.

Besonders heftig wirkende Gifte sind für Fische Schwefelwasserstoff und Ammoniak; minder heftige Kohlensäure, Chlor, Alkalien, schweflige Säure, Eisen, Aluminium, sowie Kupfer- und Quecksilbersalze, auch Mineralsäuren. Ungiftig sind für Fische arsenige Säuren und arseniges Natron. Bei allen genannten Stoffen aber kommt es durchaus auf den Konzentrationszustand an, in welchem sie sich befinden.

Im allgemeinen scheinen demnach für das Fischleben die Abwässer aus Fabriken gefährlicher zu sein als gewöhnliche städtische Abwässer, wenn diese nur nicht alt, sondern frisch und nicht in zu großen Mengen auf einmal zugeführt werden. Es kommt also, wie man sieht, dabei auch auf die Beschaffenheit (Größe) des Stadtbezirks an. Abwässer von Städten geringer Größe, die sich nicht durch Kanäle großen Profils, sondern durch enge (Röhren-)Kanäle in einen Fluß ergießen, mögen für das Fischleben ganz ungefährlich sein, zumal Fische empfindliche Sinne haben und deshalb schädlichen Strömungen rasch ausweichen. In die auf den Berlinern Rieselfeldern befindlichen Teiche, die vom Drainwasser der Rieselfelder gespeist werden, läßt man in Zwischenräumen gewisse Mengen ungereinigtes Schmutzwasser ein, um dem reichen Leben dieser Teiche an Edelfischen Nahrung zuzuführen.

Weiterhin ersieht man, daß bei dem abweichenden Verhalten des Fischlebens ein Schluß dahin, daß Wasser, welches Fischen erträglich ist, auch für Menschen erträglich sein wird, nicht zulässig sein kann.

§ 46. Verunreinigungen enthalten die Flüsse teils in gelöster, teils in nicht gelöster Form. Erstere für das Auge nicht erkennbaren Stoffe sind die gefährlichsten und es bereitet gerade ihre Wiederentfernung aus dem Wasser die größten Schwierigkeiten, während man Schwebestoffe verhältnismäßig leicht absondern kann.

Der bloße Augenschein kann für den Verunreinigungszustand eines Wasserlaufs um so weniger maßgebend sein, als dabei noch manche andre Faktoren mitsprechen. Gewöhnlich hat das Wasser offener Gewässer einen Stich ins Graue; auch sieht Wasser in tiefer Schicht unreiner aus als solches in flacher Schicht, und hängt übrigens die Durchsichtigkeit auch von der Färbung des Grundes ab. Gewisse Stoffe bewirken schon in den geringsten Mengenteilen starke Trübung oder Färbung, während andre in größeren Mengen vorhanden sein können, ohne das Aussehen des Wassers merklich zu beeinflussen. So kann schon 1 g fein geschlämpter weißer Thon, in 1 cbm Wasser geschüttet, den Eindruck einer stärkeren Trübung hervorbringen, wenn die Schicht 1 m hoch und der Grund des Gefäßes dunkelfarbig ist, und 50 mg Indigo in dieselbe Wassermenge wie vor gebracht, lassen die Färbung des Wassers blau erscheinen.

Einen bei der Ermittlung von Trübungen, d. i. für den Gehalt des Wassers an Sinkstoffen, namentlich für die Vergleichbarkeit brauchbaren Maßstab, bildet die Niederschlagshöhe, welche in einer gewissen Zeit in einem Glase entsteht. Wenn es sich aber um Wechsel in den Sinkstoffen, um spezifisch leichtere und schwerere Stoffe handelt, ist dieser Maßstab nicht mehr brauchbar. Gute Dienste leistet eine mit Skala versehene liegende Glasröhre von etwa 2—3 cm Weite und 20 bis 30 cm Länge, die an dem einen Ende mit einer Glasplatte verschlossen ist, an dem andern mit einer Stopfbüchse, durch die ein Draht in die Röhre geführt ist, auf dessen Spitze eine blanke, mit großen Ausschnitten am Umfange versehene Platte gesteckt ist. Je mehr diese Platte dem vor das andre Ende der Röhre gebrachten Auge genähert werden muß, um sichtbar zu werden, je trüber ist die in die Röhre gebrachte Wasserprobe und umgekehrt. Ebenfalls kann man stehende skalierte Glassylinder mit einem auf dem Boden befindlichen Körper benutzen, in die die Wasserprobe so hoch eingeschüttet wird, damit der erwähnte Körper noch von oben sichtbar ist. — Eine für das Auge nicht mehr erkennbare Verunreinigung von Wasser kann oft noch durch den Geruch festgestellt werden. Eis aus verunreinem Wasser stößt beim Auftauen einen üblen Geruch aus.

§ 47. Für das mechanische Verhalten der Schwebestoffe, namentlich in fließendem Wasser, ihre Verteilung, sind Form und spezifisches Gewicht bestimmend. Nach Form und Schwere kann man Schwebestoffe etwa wie folgt einteilen:

- a) Schwimmende oder Schwebestoffe, zu denen Papier, Zeugreste, Stroh, Haare, Federn, Reste von Gemüsen und Früchten u. s. w. rechnen. Da dieselben nicht niedergeschlagen werden, sondern nur zufällig an Rauheiten der Fassung hängen bleiben, ist die Entfernung aus den Abwässern, bevor dieselben den Fluß erreichen, von großer Bedeutung für letzteren.
- b) Leichter Schlamm. Derselbe bleibt nur bei größeren Geschwindigkeiten als 150—300 mm schwimmend und sinkt bei kleineren zu Boden.
- c) Feiner Sand. Er wird bei Geschwindigkeiten über 300 mm mitgeführt, bei kleineren niedergeschlagen.
- d) Gröberer Sand. Derselbe bedarf je nach der Korngröße und Gestalt zur Mitführung Flussgeschwindigkeiten von 300—600 mm. Sand wird bei Wassergeschwindigkeit von 150 mm rasch niedergeschlagen. Der Niederschlag wird sehr stark, wenn die Geschwindigkeit nur 2—3 mm beträgt. (Dies

ist daher auch die Geschwindigkeit, welche bei der Klärung von Schmutzwässern vielfach verwendet wird.)

Der Anteil an Schweben- und Sinkstoffen, welcher von häuslichen Abwässern mitgeführ wird, liegt zwischen den Grenzen  $\frac{1}{1000}$  und  $\frac{1}{5000}$ , häufig an  $\frac{1}{3000}$ . Nimmt man einmal den Anteil  $\frac{1}{1000}$  und ein andermal  $\frac{1}{3500}$  an, so liefern 10000 cbm Abwasser 10 bzw. 3,5 cbm Schwebestoffmengen. Denkt man (wie es bei einer Stadt von 100 000 Einwohnern etwa zutrifft) diese Abwässermenge in einem Tag zufließend, so würde der betreffende Flusslauf in einem Jahre 3650 bzw. 1277 cbm feste Stoffe aufzunehmen haben. Bei dauernder Zuführung können dadurch sehr bedeutende Veränderungen seiner Bettform, des Gefälles u. s. w. entstehen. Doch ist zu beachten, daß nur ein Teil der Stoffe dauernder Besitz des Flusses bleibt, nämlich nur der in mineralischer Form befindliche, während der aus organischen Stoffen bestehende Teil von dem Tier- und Pflanzenleben des Flusses aufgezehrt, bzw. durch Mineralisierung auf ein geringeres Volumen zurückgeführt wird.

Unter den verunreinigenden Stoffen kommt einzelnen besondere Bedeutung zu. Dies gilt zunächst von spezifischen Giften anorganischer Art, alsdann von den Mikroben. Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen, Chlor, Natron, Schwefelsäure spielen die analoge Rolle wie bei Bodenverunreinigungen (S. 72 ff.), während Kalk- und Magnesiaverbindungen hier in der besonderen Richtung wirken, daß sie bei Anwesenheit freier oder halbgebundener Kohlensäure eine Vermehrung der Härte des Flusses\*) herbeiführen.

§ 48. Indem die Verunreinigungsstoffe von Wasser in einem fortwährenden Umbildungsprozesse begriffen sind, können innerhalb kurzer Zeit wesentliche Änderungen ihres Zustandes stattfinden. Dies gilt nicht nur mit Bezug auf die Fremdstoffe, sondern auch mit Bezug auf das organisierte Leben des Flusswassers. Es kann die Bakterienzahl in kurzer Zeit sich erheblich verändern. Den auf chemischen und biologischen Vorgängen beruhenden Veränderungen treten diejenigen durch Sedimentation hinzu, denen nicht nur die schwereren Stoffe, sondern auch die Mikroben unterliegen. Letztere sinken in stillstehendem oder wenig bewegtem Wasser zu Boden, sei es, daß dies vermöge der Eigenschwere erfolgt, sei es, daß sie an schweren Fremdkörpern haften und von diesen beim Sinken mit niedergerissen werden.

Aus dem raschen und vielseitigen Wechsel der Dinge ergiebt sich die Notwendigkeit, die Untersuchung von Wasserproben möglichst sogleich nach der Entnahme derselben auszuführen, da später ausgeführte Untersuchungen ein vergleichbares Resultat nicht liefern können.

Von wesentlichem Einfluß sind ferner Zeit und Ort der Entnahme, sowie die Entnahmeweise selbst, besonders wenn es sich darum handelt, Zahlen über die Durchschnittsbeschaffenheit des Wassers zu ermitteln. In diesem Falle werden die zuverlässigsten Zahlen vielleicht gefunden, wenn man das Auffanggefäß nicht in das — fließende — Gewässer selbst bringt, sondern dasselbe seitlich am Ufer aufstellt und es durch eine schwimmende — bzw. in bestimmter Tiefe festgehaltene — Einlaßvorrichtung mit dem Fluss in Verbindung bringt. Läßt man die Verbindung einige Stunden bestehen und ist das Gefäß so eingerichtet, daß das Wasser immerwährend durchpassieren kann, so wird man eine Probe erhalten, die frei von den Zufälligkeiten ist, welche bei unmittelbarer und rascher Entnahme im Flusse selbst sich geltend machen können.

\*) 1 Härtegrad deutsch bezeichnet den Anteil von 1 Gewichtsteil kohlensaurem Kalk ( $\text{CaO}$ ) in 100 000 Teilen Wasser, oder von 10 mg in 1 l oder 10 g in 1 cbm.

1 Härtegrad englisch = 0,800 Härtegrade deutsch.

1 Härtegrad französisch = 0,560 Härtegrade deutsch.

Ein gewisses Bild von der Wirksamkeit unerwarteter Nebenfaktoren, die bei Untersuchungen verunreinigter Flußwässer mitspielen können und welches die Notwendigkeit erkennbar macht, für solche Untersuchungen einheitliche Normen zu schaffen, gewährt eine Mitteilung von Köhn in der Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspf. Bd. 25 (1893), welche sich auf Untersuchungen des Spreewassers bei Charlottenburg bezieht.

Die vorstehend berührten Umstände kommen um so mehr in Betracht, je größer und unregelmäßiger der Flußlauf ist und je größer die Unterschiede in der Geschwindigkeit des Wassers an verschiedenen Stellen seines Querprofils sind.

Auch der Menge der zu einer Untersuchung benutzten Wasserprobe kommt Bedeutung zu. Die Menge des geschöpften Wassers soll nicht unter 2 l sein; zur Untersuchung werden davon gewöhnlich 100 ccm benutzt, eine Menge, die einerseits noch „handlich“ ist und andererseits auch Zahlen von ausreichender Genauigkeit liefert. Zu feine, auf Millionstel ausgedehnte Genauigkeit, bei kleineren Mengen als 100 ccm angewendet, hat keinen Zweck, ist vielmehr leicht der Gefahr ausgesetzt, bei mit der Bedeutung von Zahlen weniger vertrauten Laien unrichtige Vorstellungen zu erwecken. Sind in 100 ccm = 100 g Wasser  $x$  g Fremdstoffe enthalten, so ist das Verhältnis:

$$\frac{x}{100} = \frac{10x}{1000} \text{ g} = 10x \text{ mg} = \frac{10000x}{1000} \text{ mg} = \frac{10x}{11} \text{ mg} = \frac{10x}{1 \text{ cbm}} \text{ g},$$

demnach bequem übersehbar.

Dagegen werden Mikrobenzahlen in Wasser fast immer auf die Menge von 1 ccm Wasser bezogen; wenigstens gilt dies, wenn nicht anders hinzugefügt ist.

§ 49. Die Untersuchung von Abwässern auf die Mikrobenzahl ist ein Vorgang erst der neueren Zeit. Es liegen ihm verschiedene Ursachen zu Grunde. Während bei Fabrikwässern das Bedeutsame in der Regel in dem Anteil an mineralischen Fremdstoffen liegen wird, kommt es nach der neueren Auffassung in gewöhnlichen städtischen Abwässern auf diese Stoffe weniger an. Selbst die Anteile organischer Herkunft, die in diesen Wässern sich finden, haben an ihrer früheren Bedeutung eingebüßt und werden heute mehr nur noch als Indikatoren, die über die Herkunft eines Wassers die wahrscheinlichste Auskunft geben, benutzt. Entsprechend hat das Untersuchungsverfahren eine Wandlung dahin erlitten, daß man neuerdings darauf hinausgeht, die besondere Schädlichkeit im Wasser — die pathogenen Mikroben — direkt aufzufinden. Nahm man früher an, daß zwischen der Menge der — am bedenklichsten geltenden — organischen Substanz im Wasser und der Mikrobenzahl desselben ein gewisser Parallelismus bestehe, so hat sich diese Annahme als irrtümlich erwiesen. Wenn auch ein gewisser Zusammenhang vorhanden ist, so wird doch die Erkennbarkeit desselben durch eine ganze Reihe von Umständen verwischt. Es braucht hier bloß auf die großen Einflüsse hingewiesen zu werden, die die chemischen, biologischen und physikalischen Vorgänge, Ort, Fließgeschwindigkeit, Jahreszeit, Temperatur, Form der Stoffe, Kohlensäure-Armut oder -Reichtum des Wassers u. s. w., austüben, Einflüsse, die bei der organischen Substanz wenigstens in anderer Weise zur Geltung gelangen können, als bei dem mikroskopischen Leben eines Gewässers. Entsprechend zeigt die Beobachtung, daß mit einem geringen Anteil an organischen Stoffen eine hohe Entwicklung des mikroskopischen Lebens und auch die umgekehrte Erscheinung parallel gehen kann. Jedenfalls aber — und hierin beruht der Wert, den die biologische Untersuchung von verunreinigten Wässern besitzt, insbesondere — ist das Bild, welches die letztere von dem Zustande liefert, ein viel schärferes als dasjenige, was bei

der chemischen Untersuchung gewonnen wird, weil einem Mehr oder Minder der organischen Substanz von einigen Milligramm ein Mehr oder Minder von Hunderttausenden oder gar von Millionen Keimen entsprechen kann. Hierzu ist insbesondere zu vergleichen eine ausführliche Arbeit von Frank, Verunreinigung der Gewässer in Hygien. Rundschau 1893. Beim Durchlauf der Spree durch Berlin ändert sich beispielsweise der zur Oxydation der organischen Substanz des Wassers erforderliche Bedarf an übermangansaurem Kali (S. 68) von 16,9 mg auf nur 23 mg, während die Zahl der Keime gleichzeitig von 6140 auf 329 900 steigt.

§ 50. Wenn aber bei gewissen Verunreinigungen die chemische Untersuchung unentbehrlich ist und wenn sie in jedem Falle angewendet werden muß, wo es darauf ankommt, den Zustand eines Flusses allseitig zu erkennen, so liegt und lag von jeher der Gedanke nahe, durch Festsetzung von Grenzwerten für gewisse Fremdstoffe, die in verunreinigtem Flußwasser in der Regel angetroffen werden, einen Maßstab für seine Brauchbarkeit, bzw. den zulässigen Grad einer unvermeidlichen Verunreinigung mit diesen Fremdstoffen zu gewinnen.

Die ersten Versuche dieser Art liegen, wie bereits S. 12 erwähnt ward, in England vor. Die nach Vorschlägen der sog. Rivers Pollution Commission festgelegte Grenzzahlenreihe und weiterhin das Gesetz von 1876 blieb indes mehr oder weniger ein toter Buchstabe, besonders wegen der in ihm enthaltenen Klausel, daß bereits bestehende Anlagen, um ungebunden zu sein, nur den Nachweis zu liefern hatten, daß die bestmöglichen überhaupt verwertbaren Mittel gegen Flußverunreinigung von ihnen bereits angewendet würden. Da nun auch erkannt ward, daß das Gesetz manche berechtigten Interessen unnötigerweise schädigte, so ward 1886 ein neues Gesetz mit neuen Grenzzahlen erlassen, welches diese verschieden festsetzte, je nachdem es sich um Flüsse mit oder ohne Trinkwassernutzung handelte. Daß diese generelle Trennung ebenfalls zu ganz unnötigen Härten gegen städtische Interessen führen kann, wird weiterhin nachgewiesen werden. Jedenfalls ist das Vorgehen Englands mit der Festsetzung von Grenzzahlenreihen bisher kein erfolgreiches gewesen, da die englischen Flüsse heute im allgemeinen stärker verunreinigt sind, als diejenigen der Länder des Kontinents. In einzelnen besonders schlimmen Fällen steht aber der englischen Verwaltung, um Abhilfe zu schaffen, das Mittel eines Verbots durch die höchste Verwaltungsstelle zu Gebote (eine Order of the High Court of Chancery).

Die beiden englischen Grenzzahlenreihen sind, zusammen mit den von dem badischen Fischereigesetz (S. 14) normierten Grenzzahlenreihen in folgender (aus Fischer, Das Wasser, entnommenen) Tabelle wiedergegeben:

Es sind zulässig Milligramm in 1 l Abwasser:

Stoffe	In England nach dem Gesetz von		In Baden nach dem Fischereigesetz von 1888	
	1876	1886	allgemein	im Rheinstrom
1. Schwebestoffe, organische . . . . .	10	20	100 000	100 000
anorganische . . . . .	30	50	—	—
2. Organischer Kohlenstoff . . . . .	20	20	—	—
3. Organischer Stickstoff . . . . .	3	10	—	—
4. Metalle . . . . .	20	—	1000	5000
5. Arsen . . . . .	0,5	—	1000	5000
6. Chlor . . . . .	10	20	0	0
7. Schwefel, als $H_2S$ oder lös. Sulfid	10	20	1000	5000
8. Freie Säure, als HCl berechnet . . .	20	100	1000	5000
9. Alkalien, als NaOH berechnet . . . .	20	20	1000	5000
10. Erdöl oder Kohlenwasserstoff . . . .	0,5	0,5	0	0
11. Über 50° erhitztes Wasser . . . . .	—	—	0	0

Gelegentlich der in Berlin 1883 stattgefundenen internationalen Hygieneausstellung wurden einige Preise für die Abfassung einer Schrift über Flussverunreinigung und deren Abhilfe mit besonderer Rücksicht auf Gesundheit und Leben der Fische ausgesetzt. Unter den darauf eingegangenen Arbeiten wurde derjenigen des Professors König, die später unter dem Titel: König, Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1887, veröffentlicht worden ist, der erste Preis zuerkannt. In dieser Schrift trat der Verfasser für die gesetzliche Feststellung von Grenzzahlenreihen ein und machte später auf dem sechsten internationalen Kongress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887\*) folgende Vorschläge: Es soll verboten sein, in öffentliche Gewässer Abwässer einzuleiten, welche seinen Gehalt an Fremdstoffen in 1 l über die folgenden Zahlen hinaus erhöhen:

5—10 mg	suspendierte Schlammstoffe,
3 "	Stickstoff in irgend welcher Verbindung,
2 "	Schwefelwasserstoff, oder eines löslichen Schwefelmetalles,
5 "	freie Schwefelsäure oder freies Alkali,
0,01 "	Arsen,
10 "	Zink- oder Eisensulfat,
30 "	Eisen- oder Aluminium-Alaun,
200 "	Chlorcalcium oder Chlormagnesium,
500 "	Chlornatrium,
0,05 "	eines ölichen oder theerigen Produktes.

Zur Oxydation der organischen Substanz soll nicht mehr als 2 mg übermangansaures Kali erforderlich sein, und das Flusswasser durch den Einlaß keine höhere Temperatur als 17° C. erlangen.

Dies sind sehr strenge Anforderungen, die wohl nur in seltenen Fällen eingehalten werden können (vergl. die S. 76 mitgeteilten Grenzzahlen für Trinkwasser). Die Königschen Vorschläge wiegen um so schwerer, als sie sich auf eine große Anzahl von Stoffen beziehen und Kompensationen unter denselben ausgeschlossen sind. Sie dürften danach kaum je Aussicht auf Annahme haben. Auch bietet die Erfahrung Beispiele stärkerer Verunreinigungen von Wasser, das dennoch ohne auffälligen Schaden für die Gesundheit als Trinkwasser benutzt wird.

Indem manche Hygieniker noch heute das einzig Bedenkliche der Abwässer in dem Gehalt derselben an organischer Substanz sehen, wenn diese einen gewissen Konzentrationszustand überschreitet, verlangen sie nichts weiter als die Erreichung eines gewissen Verdünnungszustandes. So hat v. Pettenkofer noch vor wenigen Jahren die Einleitung solcher Abwassermengen in Flussläufe für zulässig erklärt, bei denen das Verhältnis  $\frac{\text{Flusswasser}}{\text{Abwasser}} \leq \frac{15}{1}$  ist; er hat aber später das Verhältnis auf  $\frac{40}{1}$  erhöht und im Interesse des raschen Eintritts der Verdünnung, sowie der Verhinderung von Ablagerungen die Bedingung hinzugefügt, daß an der Eintrittsstelle die Flussgeschwindigkeit größer sein müsse als die des Abwasserstromes. Das Verhältnis  $\frac{40}{1}$  ist von der Isar entnommen. Andere erheben strengere Anforderungen; so z. B. verlangten die Londoner Commissioners of the Metropolitan Sewage Discharge das Verhältnis von  $\frac{40}{1}$  selbst für die einem chemischen Reinigungsverfahren unterworfenen Abwässer, und Stearns vom Massachusetts State Board of Health

\*) Berichte über die Verhandlungen des 6. internationalen Kongresses für Hygiene und Demographie zu Wien. 1887.

will das Verhältnis  $\geq \frac{130}{1}$  haben; selbst diese Verdünnung könne für gewisse gewerbliche Zwecke noch nicht ausreichen und vom Standpunkt der gesundheitlichen Interessen möge sie immer bedenklich sein\*).

Letztere Auffassung ist zwar theoretisch unanfechtbar und gilt auch für noch viel weiter gehende Verdünnungen, hat in praxi, gegenüber dem „Unvermeidlichen“, das hier eintritt, aber keine Bedeutung zu beanspruchen. Nach der Erfahrung können und müssen gewisse Verunreinigungen der Gewässer toleriert werden, und es wird daher nur die Aufgabe sein, diejenige Verdünnungsgrenze einigermaßen sicher festzulegen, mit welcher den berechtigten Ansprüchen der Gesundheitspflege einerseits und des wirtschaftlichen Lebens anderseits in etwa gleicher Weise genügt ist. Diesen bestimmten Zweck hat das S. 18 mitgeteilte Wirken des deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege bei der Ermittlung von Grenzzahlen im Sinne, dem aber ein Erfolg bisher versagt geblieben ist.

Wenn in den meisten Grenzzahlenreihen für Trinkwasser ein Anteil von 10 mg pro 1 l = 10 g pro 1 cbm organischer Substanz zulässig gehalten wird und ein Mensch pro Tag 40 g organische Substanz ausscheidet, so würden um diese Ausscheidung so weit zu verdünnen, daß das Flußwasser als Trinkwasser brauchbar wäre, nur 4 cbm von organischer Substanz freies Flußwasser notwendig sein, die der betreffende Fluß pro Tag abführen müßte. Um also die Fäkalien einer Stadtbevölkerung von 10 000 Menschen ausreichend zu verdünnen, hätte der Fluß in 24 Stunden die Wassermenge von 40 000 cbm, d. h. sekundlich  $\frac{40\,000}{86\,400}$  rund 0,5 cbm von organischen Anteilen freies Wasser abzuführen; es würde also schon eine sehr geringe Flußgröße genügend sein, um die Fäkalien aus dieser Stadt bis zur Unschädlichkeit zu verdünnen.

Die Erfahrung lehrt überall, daß dies Ergebnis durchaus unrichtig ist, und die Gründe davon liegen auch auf der Hand. Zwei davon: daß das Flußwasser selbst nicht frei von organischer Substanz ist und daß außer den Fäkalien auch aus andern Quellen bedeutende Mengen von organischer Substanz dem Flusse zugeführt werden, fallen besonders ins Gewicht. Letztere Mengen, bei denen hauptsächlich an die Küchenwässer und andre Abwässer des Hauses, sowie an das Straßenwasser zu denken ist, müssen sehr bedeutende sein, um die meist hohe Verunreinigung erklären zu können, welche kleinen Flüsse und selbst mittlere Flüsse in Städten regelmäßig aufweisen. Daraus aber folgt mit Sicherheit, daß die Fäkalien bei der Flußverunreinigung oft nur die kleinere Rolle spielen und die andern Faktoren den überwiegenden Einfluß äußern.

§ 51. Mit dieser Schlussfolgerung ist für die Vertreter des „tout à l'égout“ gegenüber denjenigen der Trennsysteme eine Basis gewonnen, die um so mehr unanfechtbar erscheint, als jene Folgerung durch die Erfahrung bestätigt wird: die Abwässer aus Städten mit Schwemmkanalisation und solchen, aus denen die Fäkalien gesondert abgeführt werden, unterscheiden sich in ihrer Verunreinigung nur unmerklich. Diese Thatsache ist in durchschlagender Weise von der englischen Rivers Pollution Commission\*\*) festgestellt, welche die Kanalwasser einer großen Anzahl von Städten analysierte und dabei folgendes Ergebnis fand:

\*) Röchling, Rivers Pollution and Rivers Purification. S. 9.  
\*\*) First Report u. s. w.

Fremdstoffe	Es enthalten (Milligramm in 1 l) die Kanalwasser	
	aus 15 Städten mit Gruben- oder Kübelsystem im Durchschnitt aus 37 Analysen	aus 16 Städten mit Wässerklosets im Durchschnitt aus 50 Analysen
Gelöst: Organischen Kohlenstoff . . . . .	41,81	46,96
Stickstoff . . . . .	19,75	22,05
Ammoniak . . . . .	54,35	67,03
Stickstoff, als Nitrite und Nitrat . . . . .	0	0,03
Stickstoff, insgesamt . . . . .	64,51	77,28
Chlor . . . . .	115,4	106,6
Gesamtrückstand . . . . .	824,0	722,0
Suspendiert . . . . .	391,1	446,9
In den suspendierten Stoffen Organisches . . .	213,0	205,1

Allerdings liegen die Grenzen der Zahlen, aus denen die vorstehenden Durchschnittszahlen ermittelt sind, weit auseinander.

Frank hat im Jahre 1886/87 (April bis April) systematische Untersuchungen der Spree auf ihrem Laufe durch Berlin ausgeführt\*), deren Ergebnisse ein hohes Interesse insofern bieten, als sie erweisen, daß auch in kanalisierten Städten die Flußverunreinigung noch recht bedeutend sein kann. Von der damaligen Bevölkerungszahl Berlins = 1350 000 waren 1105 000 = 82% an die Kanalisation angeschlossen; nichtsdestoweniger nahm der Verdampfungsrückstand und der Chloranteil des Spreewassers bei seinem Laufe durch die Stadt zu und ebenso wuchs die Menge des zur Oxydation der organischen Substanz erforderlichen Sauerstoffs. Ein recht scharfes Bild aber lieferte die Zählung der Keime, aus welcher die Zahlen für einige Hauptstationen hier mitgeteilt werden sollen.

Nr.	Stationen	Entfernung von der Anfangsstation km	Ermittelte Keimzahl in 1 ccm Wasser Grenzen	Mittelzahlen aus allen Beobachtungen (3—6)
1	Oberbaumbrücke, am Ostende der Stadt .	0,0	1900— 65 000	9 000
2	Jannowitzbrücke . . . . .	2,3	3 000— 63 000	13 400
3	Friedrichsbrücke . . . . .	4,3	5 700— 130 000	26 700
4	Ebertsbrücke . . . . .	4,9	4 100— 154 000	37 500
5	Marschallsbrücke . . . . .	5,9	3 500— 171 000	39 000
6	Moltkebrücke . . . . .	6,7	4 500— 385 000	69 400
7	Moabiter Brücke . . . . .	8,5	5 400— 154 000	51 000
8	Schleuse bei Ruhleben . . . . .	20,0	32 600— 1 250 000	197 000
9	Spandau, beim Zusammentritt mit der Havel	22,0	33 700— 2 520 000	330 000
10	Pichelsdorf . . . . .	33,0	6 300— 893 000	188 000
11	Gatow . . . . .	36,0	9 000— 486 000	137 000
12	Cladow . . . . .	38,0	2 900— 650 000	131 000
13	Sacrow . . . . .	45,0	1 700— 296 000	10 200

Den Zahlen ist etwa folgendes beizufügen: Bis zur Station Moltkebrücke berührt die Spree Stadtteile, die bereits kanalisiert waren; bis dahin ist die Verun-

\*) Frank, Bemerkungen zur Frage der Flußverunreinigung in Hygien. Rundschau. 1893.

reinigung mäßig. Alsdann geht die Spree an dem noch nicht kanalisierten Stadtteil Moabit vorüber und wird hier stark verunreinigt, noch stärker bei ihrem Durchfluß durch die ebenfalls noch nicht kanalisierte Stadt Spandau, unterhalb welcher (zwischen Station 9 und 10) alsbald wieder eine starke Abnahme der Keimzahl eintritt. Diese Abnahme geht langsam weiter, bis nach 45 km langem Lauf die Verunreinigung etwa wieder auf diejenige am Anfangspunkt der Strecke zurückgegangen ist. Unentschieden bleibt, welchen Einfluß bei dieser Selbstreinigung des Flusses etwa die Veränderungen des Flußregimes spielen, die in der Strecke stattfinden. Von Spandau abwärts bildet der Fluß seeartige Becken, in denen nur minimale Geschwindigkeiten stattfinden, also die Sedimentierung der Mikroben zur besondern Geltung kommen kann. Außerdem wird durch den Zufluß der Havel in Spandau die Wassermenge des Flusses auf etwa das Doppelte erhöht, was im allgemeinen als gleichbedeutend mit einer auf das Doppelte herabgesetzten Verdünnung der Fremdstoffe erachtet werden kann.

Von Interesse ist noch die Nebeneinanderstellung von Zahlen, die sich auf die Verunreinigung einiger Flußläufe beziehen, denen die Fäkalien teils zugeleitet, teils vorenthalten werden.

Milligramm in 1 l	1. Neckar		2. Lech bzw. Wertach		3. Isar		4. Elbe	
	unterhalb Stuttgart	in Cannstatt	oberhalb Augsburg	unterhalb Augsburg bei Gooshofen	oberhalb München	unterhalb München bei Freising	oberhalb Dresden	unterhalb Dresden
Suspendierte Stoffe . . .	35,3	39,9	5,7	3,8	28,2	13,0	12,7	7,3
Gelöste Stoffe (Abdampfrückstände) . . .	310,4	331,6	219,6	235,6	240,0	219,2	224,0	136,8
Chlor . . . . .	7,3	9,8	0,98	1,47	1,96	1,96	2,94	8,9
Sauerstoffverbrauch bei der Oxydation . . .	3,35	3,45	1,33	2,80	2,66	2,42	2,48	18,4 (organ. Substanz)
Ammoniak . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	0,3
Salpetersäure . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	3,8
								2,5

Da Stuttgart und Augsburg gut eingerichtete Abfuhrreinrichtungen besitzen, so werden in beiden Städten die Fäkalien den Kanälen vorenthalten; in München gelangen aber große Mengen Fäkalien in den Fluß hinein, in Dresden alle. Der Unterschied tritt in den Zahlen der Tabelle wenig merkbar hervor, als weiterer Beweis, daß die Zuführung oder Vorenthaltung der Fäkalien keinen so großen Einfluß auf die chemische Beschaffenheit des Flußwassers, speziell die Verunreinigung ausübt, als vielfach angenommen wird.

Es seien schließlich als Beispiel noch ein paar Analysen mitgeteilt, welche sich auf das Wasser der Luppe bei Leipzig (eines Armes der Elster) beziehen. Die Luppe nimmt sowohl die Leipziger Abwässer als die Abwässer einer Anzahl Vororte der Stadt, als endlich diejenigen einer Anzahl von Fabriken, worunter besonders Gerbereien, chemische Fabriken, Rauchwarenfärbereien, Seifenfabriken, auf. Die Zahlen sind aus Fischer, Das Wasser etc., entnommen.

\*) Ohne der Zahl eine besondere Bedeutung beizulegen, mag bemerkt werden, dass man im gewöhnlichen Flußwasser etwa 500 Keime antrifft.

Wasser von Tiefbrunnen und vor Verunreinigungen geschützten Quellen enthält 0 bis 50 Keime, etwas höhere Zahlen das Wasser aus Brunnen mit maschineller Förderung. Durch sorgfältige Sandfiltration kann die Keimzahl selbst von stark verunreinigten Flußwässern auf 100 und weniger herabgezogen werden. Die Zahl 100 ist vom Reichsgesundheitsamt als Grenzzahl für gefiltertes Wasser festgesetzt worden.

Fünf Analysen des Wassers, an verschiedenen Stellen des  
Flußlaufes entnommen:

Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm	I	II	III	IV	V
Verdampfungsrückstand . . . . .	297,3	262,0	280,9	261,2	249,2
Glühverlust . . . . .	48,2	67,3	70,5	57,4	47,5
Organisch . . . . .	14,3	17,5	37,8	19,1	18,1
Ammoniak . . . . .	0,3	0,3	1,3	1,1	0,8
Salpetersäure . . . . .	0,5	4,0	1,9	1,5	5,2
Salpetrige Säure . . . . .	Spur	Spur	—	Spur	0,5
Chlor . . . . .	14,9	17,7	24,2	21,3	19,4
Schwefelsäure . . . . .	39,8	41,4	39,8	41,0	38,9
Kohlensäure . . . . .	41,5	39,2	51,3	46,2	43,2
Kalk . . . . .	63,2	63,3	70,8	66,5	65,9
Magnesia . . . . .	18,8	13,1	14,5	13,3	13,4
Phosphorsäure . . . . .	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
Damit korrespondierende mittlere Wassergeschwindigkeiten . . . . .	1,99	0,50	—	0,17	0,22
Sekundliche Wassermenge in Kubik- metern . . . . .	2,85	2,91	1,58	4,49	4,53

§ 52. Da die Menge der Abfallstoffe einer Stadt in einem gewissen, wenn auch wechselnden Verhältnis zur Einwohnerzahl derselben steht, sind Versuche so erklärlich als berechtigt, aus der Einwohnerzahl einer Stadt, der Wassermenge und der Geschwindigkeit eine Norm für die zulässige Verunreinigung eines Flusses zu gewinnen. Stillschweigende Voraussetzung ist dabei, daß die Verunreinigung nur diesen, nicht auch noch andern Ursachen entstammt. Normen, die nur die Einwohnerzahl einer Stadt berücksichtigen, sind also da unanwendbar, wo der Fluß nicht einem regen Schiffsverkehr dient. Auf den Wasserflächen der Spree in Berlin (zusammen 180 ha) wurden 1890 nicht weniger als 3787 Köpfe Schiffsbevölkerung gezählt, d. h. pro ha 21 Köpfe, d. h. ebenso viel als in dünn bevölkerten Städten Bewohner auf 1 ha Stadtgebiet kommen.

Eine Norm der obigen Art ist, soviel bekannt, zuerst von Fleck aufgestellt; dieselbe lautet:

$$\frac{q \cdot v}{E} \geqq 0,0001 \text{ oder auch: } E \leqq \frac{q \cdot v}{0,0001} \leqq 10\,000 \text{ q.v.}$$

Darin bezeichnet  $E$  die Einwohnerzahl der Stadt,  $q$  die sekundliche Wassermenge und  $v$  die sekundliche Geschwindigkeit des Flusses. Wäre etwa  $q = 1$  (cbm) und  $v = 1$  m, so würden hiernach dem Flusse die Abwässer einer Stadt bis zu 10 000 Einwohnern übergeben werden können, bei  $q = 1$  cbm und  $v = 0,5$  m einer Stadt bis zu 5000 Einwohnern und bei  $q = 0,5$  cbm,  $v = 0,5$  m einer Stadt bis zu 2500 Einwohnern. Die Flecksche Norm läßt also verhältnismäßig hohe Einwohnerzahlen zu, ist aber auch von ihrem Urheber nur auf den noch nicht verunreinigten Oberlauf eines Flusses anwendbar erklärt worden. Bei bereits von oben her verunreinigten Flußstrecken würde man mit entsprechend verminderten Zahlen rechnen müssen.

Die Flecksche Norm steht dem Einwand offen, daß sie keine Rücksicht darauf nimmt, ob etwa die gesamte Bewohnerschaft der Stadt, oder nur ein Teil derselben ihre Fäkalien dem Flußlaufe überweist. Diesem Umstände, dem freilich nach dem,

was oben vorausgeschickt, keine durchschlagende Bedeutung beizumessen ist, trägt eine von Baumeister aufgestellte Norm\*) Rechnung, welche lautet:

$$k = \frac{Q \cdot v}{(1+c)} \cdot E,$$

worin  $q$  die in 24 Stunden abfließende Wassermenge des Flusses ist,  $v$  dieselbe Bedeutung wie oben hat und  $c$  eine Verhältniszahl, welche angibt, der wievielste Teil der Stadtbewohnerschaft dem Flusse die Fäkalien zusendet. Bei Städten ausschließlich mit Abfuhr ist  $c = 0$ , bei Städten mit vollständig durchgeföhrtem Schwemmsystem ist  $c = 1$ ; bei gemischten Zuständen hat  $c$  einen entsprechenden, zwischen 0 und 1 liegenden Wert.  $k$  bezeichnet einen Koeffizienten, an dessen eventuelle gesetzliche Festlegung gedacht werden könnte.

Man kann leicht bestimmen, bei welchem Wert des Koeffizienten die Baumeistersche Norm übereinstimmende Werte mit der Fleckschen giebt. Beispielsweise findet sich für die obigen zusammengehörenden Werte von  $q$  und  $v$ , sowie für  $c = 1,0$ ,  $c = 0,5$  und  $c = 0$ :

$$E = \frac{86400 \cdot 1 \cdot 1}{1+1} \cdot \frac{1}{k} = \frac{43200}{k}; \text{ und entsprechend: } E = \frac{43200}{k} \cdot \frac{4}{3} = \frac{57600}{k};$$

$$\text{und ferner: } E = \frac{43200}{k} \cdot 2 = \frac{86400}{k}; \text{ bzw.}$$

$$E = \frac{86400 \cdot 1 \cdot 0,5}{1+1} \cdot \frac{1}{k} = \frac{21600}{k}; \text{ und entsprechend: } E = \frac{21600}{k} \cdot \frac{4}{3} = \frac{28800}{k};$$

$$\text{und ferner: } E = \frac{21600}{k} \cdot 2 = \frac{43200}{k}; \text{ bzw.}$$

$$E = \frac{86400 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{1+1} \cdot \frac{1}{k} = \frac{10800}{k}; \text{ und entsprechend: } E = \frac{10800}{k} \cdot \frac{4}{3} = \frac{14400}{k};$$

$$\text{und ferner: } E = \frac{10800}{k} \cdot 2 = \frac{21600}{k}.$$

Diesen Zahlen würden, um auf die Einwohnerzahlen der Fleckschen Norm zu kommen, folgende Werte von  $k$  entsprechen:

$$k = 4,32; \quad k = 5,76; \quad k = 8,64.$$

Voraussetzung der Anwendbarkeit der Baumeisterschen Norm wird bei Benutzung derselben, wie hier geschehen, sein müssen, daß der Fluß rein sei; man kann aber diese Voraussetzung durch eine entsprechende Festsetzung über  $k$  zum Ausdruck bringen. Im übrigen hat der Autor seine Norm nicht unmittelbar für diese Verwendungswise bestimmt, vielmehr für den Zweck der Vergleichung der Verunreinigung von Flüssen bei ungleich großen Städten und ungleichen Zuständen, was die Beseitigungsweise der Fäkalien anbetrifft. Er berechnet a. a. O. für eine Anzahl von Städten den Wert von  $k$  und findet denselben in so weiten Grenzen schwankend, daß damit die unterschiedlose, auf die betreffenden Zustände der Stadt und die besonderen Verhältnisse des Flusses keine oder nur wenig Rücksicht nehmende Beurteilung und Behandlung der Flussverunreinigung, wie sie vereinzelt auch heute noch stattfindet, ad absurdum geführt erscheint. Näheres muß in den Quellen selbst nachgelesen werden.

Beiden obigen Normen ist es gemeinsam, daß sie auf die Temperaturen des Wassers und die besondere Beschaffenheit des Flußbettes — ob reguliert oder nicht, ob von fester oder lockerer Beschaffenheit, ob breit oder schmal, gleich-

\*) D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspf., Bd. 24 (1892), und Hyg. Rundsch. 1892.

mäßig oder wechselnd tief, Faktoren, welche auf den Verunreinigungszustand eines Flusses erheblich einwirken — keine Rücksicht nehmen; doch erscheint es auch unmöglich oder doch sehr schwierig, derartige Faktoren in ziffermäßiger Form zum Ausdruck zu bringen.

§ 53. Auf einen den verschiedensten Gesichtspunkten, die bei der Flussverunreinigung in Betracht kommen, wohl am meisten entsprechenden Standpunkt stellt sich Flügge, indem er (Flügge, Grundriß der Hygiene) folgendes ausspricht:

„Werden die Abwässer der Stadt unterhalb derselben in den Fluss eingelassen und liegen auf längere Strecken keine Ortschaften am Flusse, oder wird wenigstens das Wasser des Flusses in keiner Weise von den Anwohnern benutzt, so ist geringe oder gar keine Gelegenheit zur Infektion gegeben, und in solchen Fällen hat auch die Statistik einen gesundheitsschädlichen Einfluß der Flussverunreinigungen nicht nachweisen können [hierzu würden Ausnahmen hinsichtlich der Tideströme und der Flüsse, in welchen sich Stauwerke befinden, zu machen sein, auch die halb oder ganz ‚stehenden‘ Gewässer sind auszunehmen. D. V.].

„Es würde unrichtig sein, die Einleitung der Kanalwässer in die Flüsse prinzipiell für alle Fälle zu verbieten; die Entscheidung ist vielmehr abhängig zu machen 1. von der Menge [und Beschaffenheit! D. V.] der Kanalwässer, 2. der Wassermenge und Geschwindigkeit des Flusses, 3. der Ufergestaltung und dem Verlauf des Flusses [Form, Tiefe u. s. w. des Flussbettes. D. V.], 4. von der Bewohnung der abwärts gelegenen Uferstrecken und der Benutzung des Flusswassers.“

Die bei Arbeitern im Kanalisationsbetriebe selten beobachtete Infektion ist hauptsächlich auf die starke Durchmischung und Verdünnung der Abwässer zurückzuführen. Die einzelnen konzentrierten Infektionsquellen sind verteilt und in dem Chaos von harmlosen Bakterien und körperlichen Elementen anderer Art untergegangen. Finden auch Berührungen mit minimalen Teilen dieser Masse statt, so bestehen doch keinerlei Chancen dafür, daß in diesen kleinsten Partikelchen Infektionserreger enthalten sind. Etwas anderes ist es, wenn ganze Bevölkerungen von einem hochgradig verunreinigten Wasser vielseitigen Gebrauch machen, dasselbe fortgesetzt trinken etc. Dadurch würde eine so ausgiebige Berührung mit den Kanalwässern hergestellt werden, daß mit großer Wahrscheinlichkeit gelegentlich auch Infektionserreger aufgenommen werden würden.“

§ 54. Seit dem Ende des Jahres 1888 wird in Preußen bei der Beurteilung von Flussverunreinigungsfragen nach Normen verfahren, die von der Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen festgestellt und auf S. 17 bereits erwähnt worden sind. Diese Normen werden, samt einem Auszug aus der Begründung derselben, nachstehend im Wortlaut mitgeteilt.

**Normen der Wissenschaftlichen Deputation vom 24. Oktober 1888,  
betreffend Flussverunreinigung.**

Vom Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege ist es erforderlich, daß die Verwaltungsbehörden bei den Anordnungen zur Verhütung einer gemeinschädlichen Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe (worunter alle fließenden Gewässer ohne Unterschied des Eigentumsrechts verstanden sind) folgende Grundsätze beachten:

- I. Gemeinschädliche Verunreinigungen öffentlicher Wasserläufe entstehen:
1. durch Infektionsstoffe,
  2. durch fäulnisfähige Stoffe,
  3. durch toxisch wirkende Stoffe,
  4. durch andre Stoffe, die den Gebrauch des Flußwassers zum Trinken, zum Hausgebrauch, in der Landwirtschaft, oder in der Industrie beschränken, oder die Fischzucht gefährden.

Zu 1. Infektionsstoffe können enthalten sein in allen aus den menschlichen Wohnungen oder deren Umgebung herrührenden Schmutzwässern, also nicht bloß in den Fäkalien, sondern in allen, im menschlichen Haushalt gebrauchten und aus demselben wieder zu entfernenden Wässern, sowie in den Niederschlags- und Reinigungswässern von Höfen, Straßen und Plätzen. Das Gleiche gilt von den Abgängen aus Schlächtereien und aus solchen Gewerbebetrieben, die Lumpen, Felle, Haare oder tierische Abfälle verarbeiten.

Die Verwaltungsbehörden haben deshalb dafür Sorge zu tragen, daß alle solche Schmutzwässer den öffentlichen Wasserläufen, so weit dies irgend thunlich, erst zugeführt werden, nachdem dieselben zum Zwecke der Unschädlichmachung einem von der Aufsichtsbehörde als geeignet anerkannten Verfahren unterworfen worden sind.

Zu 2. Hinsichtlich der zu 1. oben erwähnten Schmutzwässer und hinsichtlich derjenigen Abwässer aus gewerblichen Anlagen, die nicht unter Nr. 1 fallen, aber fäulnisfähige Stoffe enthalten, ist darauf zu achten, daß solche Wässer den öffentlichen Wasserläufen erst in völlig geklärtem Zustand zugeführt und in dem letzteren so weit verdünnt werden, daß später nicht stinkende Fäulnis eintreten kann. Alle Abwässer dieser Art — auch die Straßenwässer — sind fäulnisfähig und demgemäß zu behandeln.

Die Feststellung von Grenzwerten für den Gehalt der gereinigten Abwässer an fäulnisfähigen Stoffen verschiedener Art mit Rücksicht auf Temperatur und Bewegung des Wassers ist notwendig. Vorläufig ist der zulässige Grad der Verunreinigung danach zu bemessen, daß unverkennbare Anzeichen stinkender Fäulnis, wie Fäulnisgeruch und Entwicklung von Gasblasen auch beim niedrigsten Stande des Flußwassers und bei höchster Sommertemperatur fehlen müssen.

Die getrennte Beseitigung der Fäkalien macht die übrigen Schmutzwässer nur unwesentlich weniger fäulnisfähig.

Zu 3. Toxisch wirkende Stoffe kommen, und zwar nach den gegenwärtigen Erfahrungen, nur als mineralische Gifte (Arsenik, Blei) und betreffs der gewerblichen Abwässer in Betracht. Sehr geringe Mengen sind unschädlich. Es wird darauf Bedacht zu nehmen sein, daß die Grenze durch Sachverständige bestimmt festgesetzt wird, innerhalb deren die Zuführung solcher Stoffe in die öffentlichen Wasserläufe zulässig sein würde.

Zu 4. Auch durch andre als die zu 1.—3. bezeichneten Stoffe können Wasserläufe so verunreinigt werden, daß das Flußwasser zum Gebrauch als Trink- und Wirtschaftswasser, für andre Industrien und für die Landwirtschaft unbrauchbar, oder die Fischzucht gefährdet wird. Es gilt dies insbesondere für Zuflüsse von Färbereien, Soda-, Gas- und andern chemischen Fabriken, Abgängen von Paraffin und Petroleum, heißen Kondensationswässern, Chemika-

lien, welche zur Klärung und Desinfektion von Abwässern gedient haben u. s. w.

Entscheidend für die Frage, ob die Zuführung dieser Abwässer auf so geartete Stoffe erst von einer vorhergehenden Reinigung abhängig zu machen sei, bleibt der Satz, daß das Flusswasser in seiner Klarheit, Farblosigkeit, im Geschmack, Geruch, Temperatur und Gehalt an gelösten Mineralstoffen (Härte) nicht wesentlich verändert sein darf.

Allgemein anwendbare, in bestimmten Zahlen ausgedrückte oder die Grenze sonst genau bezeichnende Bestimmungen darüber, wann dies anzunehmen sei, sind bis jetzt bei uns nicht aufgestellt. Da übrigens die Rücksicht auf die Gesundheit dabei nur selten in erheblicher Weise und nur mittelbar, meist aber nur Vermögensobjekte in Betracht kommen, so werden die verschiedenen Interessen in ihrer Wichtigkeit verständig gegen einander abzuwagen sein.

Insofern als Flusswasser als Trinkwasser verwendet werden soll, ist es wünschenswert, daß die für die zulässigen Veränderungen festzustellenden Grenzwerte dabei zur Anwendung kommen.

- II. 1. Die Haushaltungs- und Abtrittswässer, sowie die Niederschlagswässer von Höfen, Straßen und Plätzen können nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen mit dem nachstehend dargelegten Maßstabe gemessen, so vollständig als nötig gereinigt werden.
  - a) Sie werden durch das Berieselungsverfahren von Infektionsstoffen und fäulnisfähigen Stoffen so weit befreit, daß die Ableitung der Rieselwässer in öffentliche Wässer ohne weiteres geschehen kann.
  - b) Sie werden durch geeignete, mit mechanischen Einrichtungen verbundene chemische Verfahren (Aetzkalk, in Verbindung mit andern Fällungsmitteln) von Infektionsstoffen und suspendierten fäulnisfähigen Stoffen vollständig, von gelösten fäulnisfähigen Stoffen aber nur teilweise befreit. Um nachträgliche Fäulnis zu verhüten, muß die Menge des Flusswassers ausreichen, die gelösten Stoffe gehörig zu verdünnen; andernfalls muß das Wasser noch einen genügenden Zusatz eines fäulniswidrigen Mittels (Kalk u. s. w.) enthalten. Die Reinigung muß in zweckmäßig angelegten einheitlichen Anstalten geschehen. Durch die Anhäufung von Schlammwasser dürfen neue Schädlichkeiten nicht hervorgerufen werden.
2. Die zu 1. aufgestellten Sätze gelten für gewerbliche Abwässer in gleicher Weise.
3. Notauslässe von Kanalisationsanlagen sind bei beiden Verfahren (1.a und 1.b) zulässig; der Ort ihrer Anlage, ihre Zahl und ihre Benutzung sind zu kontrollieren; Zahl und Benutzung ist möglichst einzuschränken.
4. Die gesamten Reinigungsverfahren müssen fortlaufend auf ihre ausreichende Wirksamkeit kontrolliert werden.
5. Die Wissenschaftliche Deputation nimmt davon Abstand, für die Reinigung der Abwässer von den zu Satz I. Nr. 4 oben aufgeführten Stoffen Vorschläge zu machen, aus demselben Grunde, aus welchem solche Vorschläge in betreff der anorganischen Verunreinigungen von ihr oben nicht gefordert worden sind.

III. Ob ein Fluss durch Infektionsstoffe so verunreinigt ist, daß eine Abhilfe des bestehenden Zustandes erforderlich wird, kann man auf Grund einer bak-

teriologischen Untersuchung des Flußwassers an den verschiedenen, dabei in Betracht kommenden Stellen, im Vergleich mit den Abwässern an demjenigen Punkt, an welchem sie in den Fluß eingeleitet werden, erkennen. Außerdem wird das Auftreten einer Infektionskrankheit, welche auf Benutzung des Wassers zu beziehen ist, sehr entscheidend mitsprechen. Es darf aber mit der Abhilfe bis dahin nicht gewartet werden.

Schließlich kann auch die Thatsache, daß solche Abgänge, von denen zu befürchten ist, daß sie zur Entstehung von Infektionskrankheiten Anlaß geben und welche undesinfiziert in einen Flußlauf gelangen, ein amtliches Einschreiten erfordern. Dies wird insbesondere der Fall sein, wenn die Abgänge aus Krankenhäusern, Waschanstalten, oder aus Wohngebäuden mit infektionskranken Personen herrühren. Das Vorhandensein fäulnisfähiger Stoffe im Uebermaß wird man daran erkennen, daß das Flußwasser erheblich gefärbt, oder verschlammt, oder stinkend wird. Das Aufsteigen von Gasblasen aus dem am Boden des Flusses abgelagerten Schlamm ist ein unträgliches Kennzeichen eines Zustandes, welcher der Abhilfe bedarf.

Ob toxicisch wirkende Stoffe in einem Umfange vorhanden sind, daß Abhilfe notwendig ist, wird im Einzelfall durch sachverständige Prüfung zu ermitteln sein.

Ob endlich andre derartige Stoffe sich in den, einem Flusse zugeführten Abwässern befinden, wird aus den eingetretenen unverkennbaren Mißständen sich ergeben.

IV. Die Beurteilung einer geplanten Anlage in Bezug auf die davon zu erwartende gemeinschädliche Verunreinigung öffentlicher Wasserläufe hat in jedem einzelnen Falle unter Berücksichtigung der voraussichtlich produzierten Schmutzwässer und der beabsichtigten Vorkehrungen zur Reinigung derselben auf Grund der in obigen Thesen aufgestellten Grundsätze zu geschehen.

V. Es ist wünschenswert, daß eine Kommission eingesetzt wird, welche dafür zu sorgen hat, daß die noch fehlenden wissenschaftlichen Unterlagen für eine endgültige Regelung der Maßnahmen zur Reinhaltung der öffentlichen Wasserläufe beschafft werden.

Aus der Begründung der vorstehenden Normen wird hier nur folgendes Wichtigere mitgeteilt:

... Die Zahl der Infektionskrankheiten, deren Keime, wenn sie in öffentliche Wasserläufe geraten, Epidemien hervorrufen können, ist allem Anschein nach nur eine beschränkte. Mit Sicherheit kann man vorläufig nur Milzbrand, Unterleibstypus und Cholera dahin rechnen. Die Typhusepidemien von Genf und Zürich und die Choleraepidemien in London (später 1892 in Hamburg und 1892/93 in Niedleben) lieferten den unwiderleglichen Beweis dafür, daß die Verunreinigung eines öffentlichen Wasserlaufs bedeutende und oft explosionsartig auftretende Epidemien veranlassen kann. Durch Milzbrandkeime können der Erfahrung gemäß unter ähnlichen Verhältnissen Epizootien hervorgerufen werden. Unzweifelhaft finden aber auch noch andre Infektionsstoffe, zu denen beispielsweise die Eier und Embryonen von Eingeweidewürmern rechnen, ihren Weg in die öffentlichen Wasserläufe, um von da aus wieder in den menschlichen Körper zu gelangen.

Abgesehen von den Milzbrandkeimen, welche wohl ausschließlich mit den Abgängen aus Abdeckereien, Gerbereien, Fabriken zur Verarbeitung von Tierhaaren u. s. w. dem Wasser zugeführt werden, sind die übrigen Infektionsstoffe in den Abgängen aus dem menschlichen Haushalte enthalten; und zwar können in dieser Hinsicht alle Abgänge Träger von Infektionsstoffen sein.

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 Schluffolgerung, 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. Ermittlungen an der Seine bei Paris lieferten folgende Ergebnisse, nach denen die darin stattfindenden Wechsel in den Mengen jener beiden Stoffe in umgekehrten Richtungen verlaufen<sup>\*)</sup>:

Das Seinewasser enthält in 1 cbm:

	Sauerstoff ccm	Stickstoff 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 Einlaufstellen 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 Themswassers 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 "

<sup>\*)</sup> 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 Kanalisationssanlage, 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 niedrigem Pflanzenleben, z. B. auf Geröllen, welche das Bett des Wasserlaufs be-

\*) Hulwa, Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1883, auch Ergänzungshefte z. Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspf. 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 gehörte 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 Wiederzusammensetzungspunkts 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 Fabrikwässern werden durch die chemische Analyse am genauesten erkannt, Verunreinigungen mit häuslichen Abwässern sicherer durch die bakteriologische Untersuchung. Bei Verunreinigungen nur mit Fabrikwässern

\*) 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	Albuminoïd- 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 <sub>4</sub>	Am- moniak	Chlor	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. Moabitler 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 Substanzen	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- Einzündung (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 <sub>4</sub>	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
Ziegelstadt (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 Flusgeschwindigkeit. 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 Flusgeschwindigkeit ist groß, aber auch die Wassermenge des Flusses, da sie 700 cbm sekundlich beträgt. Chicago übergiebt seine Schmutzwasser einem kleinen Fluslauf, 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 Fluslauf noch die Hauptmasse (?) der Schmutzstoffe im Flusswasser angetroffen.

Außer den im vorstehenden angezogenen Schriften sind zum Kapitel der Flusverunreinigung 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 Flusverunreinigung, 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.