

Die biologische Selbstreinigung unserer Gewässer.

Von

Robert Lauterborn.

Die fortschreitende Kultur hat neben einer Reihe blendender Errungenschaften auch so manche Schattenseiten gezeitigt. Immer mehr wird die ursprüngliche Natur verdrängt und zerstört, um Raum zu schaffen für den, der sich als Herr der Erde fühlt und seine Herrschaft vor allem dadurch betätigt, daß er die ganze belebte und unbelebte Natur in die Fesseln gewinnsüchtiger Ausbeutung zu zwingen sucht. Mag damit auch so manche Schönheit der heimatlichen Erde schwinden, die Tausenden das Auge erfreute und das Herz weitete — „Nutzbarmachung“ heißt heute das Schlagwort, das auch den Raubbau beschönigt.

Was ist nur aus unsern Gewässern geworden und was wird noch aus ihnen werden! Rauschende Bergbäche und stürzende Wasserfälle, die einst die Dichter begeisterten, werden jetzt in erster Linie nach der Zahl der Pferdekkräfte bewertet, die sie der Industrie liefern könnten. Kaum sind die herrlichen einzigartigen Stromschnellen Laufenburgs, für alle Ewigkeit zerstört, den Nutzbarmachern ausgeliefert, schielen, dadurch ermutigt, profitlüsterne Blicke bereits nach dem Juwel unseres Rheinfalls. Immer weiter werden Flüsse und Ströme korrigiert und zu Kanälen für die Schifffahrt umgewandelt. Aber damit noch nicht genug. Immer größer wird die Zahl der Städte und Fabriken, welche in Fluß und Strom auch die große Kloake sehen, die all ihren Unrat wegschwemmen soll. So stehen wir denn heute vor einer Verschmutzung unserer

Wasserläufe, die immer mehr zunimmt, und zwar derart, daß nicht nur der Freund und Forscher der Natur sowie der Fischer, sondern vielerorts bereits auch der Hygieniker allen Grund zu ernstlicher Besorgnis hat.

Und in der Tat — wundern müssen wir uns beinahe, daß manche Gewässer noch nicht völlig verjaucht sind, so groß ist die Menge der Abwässer, die sie verarbeiten sollen. Wenn dieser Zustand bis jetzt noch nicht eingetreten ist, so danken wir das vor allem der sog. Selbstreinigung. Wir verstehen darunter die Fähigkeit eines Gewässers, zugeführte Abwässer derart zu verarbeiten, gewissermaßen zu verdauen, daß nach einer kürzeren oder längeren Strecke seines Laufes der Fluß annähernd wieder dieselbe Beschaffenheit zeigt wie oberhalb der Verunreinigungsstelle.

Über die bei der Selbstreinigung wirksamen Vorgänge herrschen in weiteren Kreisen vielfach noch recht unklare Anschauungen. Unter diesen Umständen dürften die folgenden Ausführungen vielleicht manchem von Interesse sein.

Die neueren Untersuchungen haben mit immer größerer Sicherheit dargetan, daß die Selbstreinigung im wesentlichen ein biologischer Prozeß ist, also durch die Lebentätigkeit von Organismen bedingt wird. Daraus geht hervor, daß eine wirkliche Selbstreinigung nur bei organischen Abwässern möglich ist, wie sie unseren Städten, weiter den Brauereien, Zucker- und Stärkefabriken usw. entströmen. Die Selbstreinigung muß dagegen versagen bei allen Abwässern, die Giftstoffe, wie Säuren, Laugen, Chlor usw. aus chemischen Fabriken, Bleichereien usw. enthalten. Bei diesen tritt eine Abnahme der schädigenden Wirkungen nur auf dem Wege fortschreitender Verdünnung, bei säurehaltigen Abwässern auch durch Bindung und Abstumpfung der Säure ein.

Um nun ein Bild zu gewinnen, wie die Selbstreinigung in unseren Gewässern sich vollzieht, dürfte es sich empfehlen, in großen Zügen einmal das Schicksal städtischer Abwässer in einem Flusse zu verfolgen. Derartige Ab-

wässer enthalten die Abgänge von Haushaltungen, Küchen, Ställen, Aborten, verschiedenen gewerblichen Betrieben usw. und sind ihrer Herkunft nach stets sehr reich an fäulnisfähiger organischer Substanz in gelöster und fester Form.

Die gelöste organische Substanz wird im Flusse zunächst von dem Heer der Bakterien angegriffen, deren Zahl in einem Kubikzentimeter Abwasser in die Hunderttausende und Millionen gehen kann. Zum allergrößten Teil auf vorgebildete organische Nahrung angewiesen, spalten die Bakterien die Eiweißverbindungen, Kohlehydrate und Fette der Abwässer und führen dieselben in immer einfachere Verbindungen über, bis zu den stabileren Endprodukten Kohlensäure CO_2 , Ammoniak NH_3 , Schwefelwasserstoff H_2S , die als Gase dem Wasser entweichen können. Die reichste Entwicklung zeigen die Bakterien im Fluß meist in der Region der stärksten Konzentration der Abwässer, also nahe deren Einmündung. Hier treten auch festsitzende Kolonien von Bakterien auf, die eine für diese Organismen ganz ungewöhnliche Größe erlangen können. *Sphaerotilus natans* flutet hier oft in weit über fußlangen grauen schlüpfrigen Strähnen an Steinen und Holzwerk, bisweilen so dicht, daß in Bächen das ganze Bett wie mit Schaffell gepolstert erscheint. An stilleren Stellen überzieht die Schwefelbakterie *Beggiatoa alba* den schwarzen faulenden Schlamm weithin in kreidig-weißen spinnwebeartigen Filzen. Auch andere Pilze stellen sich ein: so vor allem die Saprolegniacee *Leptomitus lacteus*, im äußeren Habitus *Sphaerotilus* sehr ähnlich; weiter die Gattung *Fusarium*, welche Cellulose-Abwässer bevorzugt¹⁾.

Die eben genannten Gattungen sind typische Abwasserpilze und gedeihen in größerer Üppigkeit nur dort, wo ein kontinuierlicher Strom gelöster organischer Substanz sie umspült; bei Abnahme der Verunreinigung und stärkerer Verdünnung der Abwässer fluß-

1) Alle diese Formen wurden beim Vortrag in natura demonstriert.

abwärts werden ihre Rasen schwächer und verschwinden schließlich ganz. Wir sind somit im Stande, aus der Erstreckung und Üppigkeit der Pilzvegetation in einem Bach oder Flußlauf direkte Schlüsse auf die jeweilige Ausdehnung und Intensität der Verunreinigung zu ziehen. An Stellen, wo der Einlauf der Abwässer in den Fluß verdeckt ist, läßt sich an dem plötzlichen Auftreten der Pilzrasen auch der Ausgangspunkt der Verschmutzung mit aller Sicherheit erschließen.

Sind nun durch die Tätigkeit der Bakterien und Pilze die hochmolekularen Eiweißkörper und Kohlehydrate der Abwässer bis zu einem gewissen Grade abgebaut, so sind auch Algen und höhere Pflanzen imstande, dieselben aufzunehmen. Von den ersteren sind es besonders blaugrüne Algen, Cyanophyceen, dann die braunen Diatomeen, weiter eine ganze Anzahl von Grünalgen, Chlorophyceen, welche gelöste organische Substanz verarbeiten können. Der Beginn einer üppigeren Vegetation dieser Algen, welcher meist mit dem Zurücktreten der Pilze zusammenfällt, zeigt also an, daß hier die Selbstreinigung immer weitere Fortschritte macht. Auch höhere Wasserpflanzen haben diese Fähigkeit und tragen bei der großen Oberfläche, die sie den Abwässern darbieten, mit zu deren Reinigung bei.

Die feste organische Substanz der Abwässer wird meist auf eine andere Art dem freien Wasser entzogen: sie wird von den Tieren gefressen. All die festen Abwasserreste (Fäkalbröckchen usw.), welche von den Fluten stromab getragen werden, sedimentieren hier je nach ihrer Schwere und der Geschwindigkeit der Strömung in kürzerer oder weiterer Entfernung von ihrem Ausgangspunkt. Am Boden des Flusses, am Ufer, an den Wasserpflanzen — überall lauern Tausende und Abertausende von Tieren, welche die langsam niederrieselnden organischen Partikel auffangen und als Nahrung verwenden. Da nun nach einem unerbittlichen Naturgesetz kleinere Formen hier immer wieder von größeren gefressen werden, erlebt die organische

Substanz eine fortschreitende Reihe von Inkarnationen, die im Wasser ihren natürlichen Abschluß im Fisch finden. Und der Fisch selbst wird dann oft wieder den Vögeln der Luft¹⁾ und schließlich vor allem dem Menschen zur Beute.

Unter den Tieren, welche für das verunreinigte Wasser charakteristisch sind und hier durch ihre Massentwicklung zur Reinigung desselben ihr gutes Teil beitragen, sind Angehörige sehr verschiedener Klassen vertreten. Da haben wir zunächst einmal die *Protozoën*, welche das, was ihnen an Körpergröße abgeht, durch ungeheure Individuenzahl und gewaltige Vermehrungsfähigkeit reichlich ersetzen. Am wichtigsten unter ihnen sind neben einigen Flagellaten vor allem die *Infusorien*, die ein recht beträchtliches Kontingent zu den eigentlichen Abwasserorganismen stellen. Sie leben teils frei im Schlamm und zwischen den Pflanzen wie die Gattungen *Paramecium*, *Glaucoma*, *Colpoda*, *Chilodon* usw., teils sitzen sie, zu Kolonien vereinigt, festgeheftet an Steinen, Holzwerk und Pflanzen wie die Gattungen *Vorticella*, *Carchesium*, *Epistylis*, und oft in solchen Mengen, daß sie das Substrat wie mit einem Schimmel überziehen.

Einen sehr bedeutungsvollen Anteil an der Selbstreinigung nehmen weiterhin die Würmer, neben den mikroskopischen Nematoden und Rotatoiren ganz besonders die größeren Borstenwürmer oder *Tubificiden*, Verwandte unseres Regenwurms. Man sieht in verunreinigten Bächen mit etwas langsamer fließendem Wasser den schwarzen Schlamm am Grunde oft weithin mit blutroten Flecken durchsetzt, welche bei einer Erschütterung des Wassers oder des Ufers blitzschnell verschwinden. Es sind dies Tausende und aber Tausende rötlicher Borstenwürmer der Gattung *Tubifex* und *Limnodrilus*, welche hier, dicht gedrängt in lockeren Schlammröhren steckend, mit den hervorragenden

1) Unter den Vögeln tragen die Möven, besonders die Lachmöve (*Xema ridibundum*) zur Abwasserreinigung auch direkt bei, indem sie Fäkalbrocken und ähnliche feste Abgänge als Nahrung aufnehmen.

Hinterenden lebhaft schlängelnde Bewegungen vollführen. Diese Tiere vertilgen sehr beträchtliche Mengen fester Abwasserreste, außerdem durchlüften sie, genau wie der Regenwurm auf dem festen Lande, den Schlammboden und bewahren ihn dadurch vor stinkender Fäulnis. Welche ungeheure Individuenmenge diese Würmer erreichen können, zeigen Hofers Befunde in der stark verschmutzten Isar unterhalb München. Hier ergab ein mit Hilfe eines Metallzylinders ausgestochenes Stück Flußboden von einem Meter Höhe und 600 qcm Grundfläche (etwa einem großen Teller entsprechend) nicht weniger als zwei Millionen Borstenwürmer! Unter den *Crustaceen* tritt vor allem die Wasserassel (*Asellus aquaticus*) oft massenhaft in verunreinigten Gewässern auf und beteiligt sich lebhaft an der Vertilgung des organischen Schlammes. Die Wasserflöhe (*Daphniden*), welche in schmutzigen Teichen und Tümpeln so zahlreich auftreten können, daß sie das Wasser manchmal fast in einen rötlichen Tierbrei verwandeln, sind in Flüssen nur ganz spärlich vertreten. Dasselbe gilt annähernd auch von den *Copepoden*, die nur in stillen Buchten etwas zahlreicher vorkommen.

Insekten sind in der eigentlichen Abwasserzone fast ausschließlich durch Larven vertreten. Die bedeutendste Rolle spielen unter diesen die blutrot oder gelblich gefärbten Larven der Fliegengattung *Chironomus* (im weitesten Sinne), die recht beträchtliche Verunreinigung ertragen. Sehr resistent in dieser Hinsicht ist auch die ebenfalls schlammbewohnende Larve der sog. Wasserflorfliege *Sialis lutaria* und *S. fuliginosa*.

Die Mollusken meiden mit wenigen Ausnahmen (z. B. *Limnaea ovata*) im allgemeinen die sehr stark verschmutzten Flußstrecken. Um so häufiger erscheinen sie, wo die Verunreinigung im Abflauen begriffen ist, wo also die höheren Wasserpflanzen wieder aufzutreten beginnen. Hier weiden vor allem die Schnecken der Gattungen *Limnaea*, *Planorbis*, *Paludina*, selbst *Physa* den an die flutenden Pflanzenbüsche antreibenden feinen

Schlamm immer wieder ab, während am Grunde die kleinen Muscheln der Gattung *Sphaerium* bisweilen so massenhaft vorhanden sind, daß der Schlamm Boden durch sie stellenweise wie gepflastert erscheint. Die größeren Muscheln der Gattungen *Unio* und *Anodonta* sind dagegen gegen Verunreinigungen recht empfindlich.

Mit den eben aufgezählten Tieren ist die Zahl derjenigen Organismen, welche die Aufarbeitung der festen Verunreinigungen besorgen, natürlich noch lange nicht erschöpft. Was hier erwähnt werden konnte, sind vor allem diejenigen Formen, welche durch ihre Massentwicklung den Hauptanteil an der Selbstreinigung nehmen.

Je mehr nun durch die Tätigkeit der Tiere und Pflanzen sowie durch die Verdünnung der Abwässer die gelösten und festen Verunreinigungen im Flusse abnehmen, desto mehr ändert sich auch entsprechend der bisherige Charakter der Fauna und Flora. Eine Annäherung zum Normalzustand wird immer unverkennbarer. Die eigentlichen Abwasserorganismen werden nach und nach spärlicher und bald beginnen neben ihnen, erst einzeln, dann immer zahlreicher, jene Pflanzen und Tiere wieder aufzutreten, welche auch oberhalb des Ausgangspunktes der Verunreinigung vorkamen. Wo das Wasser des Flusses wieder als „rein“ zu bezeichnen ist, kann jeweils nur eine sorgfältige Prüfung des biologischen Gesamtcharakters entscheiden; denn wir dürfen nicht vergessen, da manche sonst reines Wasser liebenden Pflanzen und Tiere auch einen gewissen Grad von Verunreinigung ertragen können, wenn nur der Sauerstoffgehalt des Gewässers nicht unter eine bestimmte Grenze sinkt. Im allgemeinen wird man aber sagen dürfen, daß die Selbstreinigung im wesentlichen beendet ist, wenn von Muscheln auch die *Unionen* und *Anodonten* wieder zahlreicher auftreten, wenn der Flohkrebs (*Gammarus pulex*), die Larven der Eintagsfliegen (*Ephemeriden*) und gewisser Köcherfliegen (*Trichopteren*) in größeren Mengen die Steine des Ufers beleben. Für das Wiedereintreten normaler Zustände in Flüssen, welche durch giftige

Abwässer aus Fabriken usw. verschmutzt werden, gibt u. a. das Erscheinen der in dieser Hinsicht recht empfindlichen Strudelwürmer, vor allem der *Planaria gonocephala*, einen guten Indikator ab.

Die vorstehenden Ausführungen dürften dargetan haben, welch bedeutungsvollen Anteil die Tier- und Pflanzenwelt an der Aufarbeitung der Abwässer nimmt. Nun ist aber, wie bekannt, die Lebenstätigkeit der Tiere in hohem Maße abhängig von dem Sauerstoffgehalt des Wassers¹⁾. Dieser kann nun durch die grünen Pflanzen sehr beträchtlich gesteigert werden: haben dieselben doch die Fähigkeit, bei der Assimilation der Kohlensäure im Sonnenlicht Sauerstoff abzuspalten. Sind in einem verunreinigten Gewässer die grünen Pflanzen nur wenig entwickelt oder wird die Menge der Abwässer zu groß, dann überwiegt der Verbrauch an Sauerstoff durch die zahlreichen Bakterien, Pilze und Tiere dessen Zufuhr; es tritt dann beträchtliche Sauerstoffzehrung ein, besonders gern des Nachts, wo die Assimilation ruht, die Atmung der Tiere und Pflanzen aber andauert. Ausgedehnte Fischsterben sind nur zu oft die Folgen des eingetretenen Mangels an Lebensluft.

Aber nicht nur als Durchlüfter spielen die grünen Pflanzen eine wichtige Rolle im Haushalt unserer Gewässer. Die höheren unter ihnen wirken da, wo sie noch in größeren Beständen vorkommen, auch als biologische Filter: ihre zahllosen, oft noch fein zerteilten und zerschlitzten Blätter vergrößern sehr beträchtlich die reinigende Fläche, mit welcher die zuströmenden Abwässer in Berührung kommen müssen. Diese Rolle der höheren Pflanzenwelt ist bisher noch viel zu wenig gewürdigt worden, obwohl ihr in manchen Fällen eine geradezu ausschlaggebende Bedeutung zukommt.

Ein sehr lehrreiches Beispiel nach dieser Richtung hin bietet die J11, welche die sehr beträchtlichen Abwasser-

1) Unter den Bakterien sucht *Sphaerotilus natans* nach Möglichkeit die Stellen auf, welche eine reichlichere Luftzufuhr gestatten wie Mühlräder, Überfälle von Wehren usw.

mengen einer so volkreichen Stadt wie Straßburg aufnimmt. Durch eine Reihe von Untersuchungen ließ sich zeigen¹⁾, daß sich im Winter der Einfluß dieser Abwässer selbst in dem 18 Kilometer entfernten Rheine noch weit hin bemerkbar macht, im Sommer dagegen so gut wie gar nicht. Das ist hier in allererster Linie der höheren Pflanzenwelt zu danken, welche während der wärmeren Jahreszeit in der Jll stellenweise äußerst tüppig entwickelt ist. Ungefähr in der Mitte zwischen der Einmündung der Straßburger Abwässer und der Mündung der Jll in den Rhein zeigt sich das Flußbett fast in seiner ganzen Breite erfüllt mit flutenden Büschen von *Batrachium fluitans*, Laichkräutern wie *Potamogeton pectinatus*, *P. natans*, *P. fluitans*, *P. lucens*, *P. perfoliatus*, dann *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum*, Bandblättern von *Sparganium*, *Scirpus lacuster*, während am Grunde *Elodea canadensis* und *Nuphar luteum* förmliche Wiesen bilden. Diese mächtigen Pflanzenbänke filtrieren die durchströmenden Abwässer, fangen die dahintreibenden Schmutzstoffe auf und geben sie der Verarbeitung durch die Tierwelt preis, die sich an den Blättern und Stengeln in überaus großer Art- und Individuenmenge angesiedelt hat.

Wie tiefgreifend der Einfluß dieser Pflanzenbarren auf die Selbstreinigung der Jll, besonders auf die Entfernung der festen Abwasserreste ist, läßt die Tabelle auf Seite 484 und 485 auf das deutlichste sogar zahlenmäßig erkennen. Man findet hier die Ergebnisse von zwei Jll-Untersuchungen einander gegenübergestellt, die ich im November 1909 und im August 1910 gemeinsam mit meinem verehrten, nun leider bereits dahingegangenen Kollegen und Freunde Herrn Dr. J. Forster, Professor der Hygiene an der Universität Straßburg, durchführte, wobei Forster den bakteriologischen, ich den biologischen Teil übernommen hatte. Die Tabellen enthalten die bio-

1) R. Lauterborn, Acht Berichte über die Ergebnisse biologischer Rheinuntersuchungen in den Arbeiten der Kaiserl. Gesundheitsamtes, Bd. XXV—XXXVI (1907—1910).

logischen und bakteriologischen Befunde einer Anzahl Stationen von der Mündung der letzten Straßburger Abwässer¹⁾ bis zum Rhein. Besonderes Interesse verdienen hierbei die Bakterien-Zahlen. Da die Bakterien, wie auch die direkte Beobachtung unter dem Mikroskope ergibt, meist an feinen organischen Partikeln sitzend, im Flusse abwärts treiben, so bedeuten ihre abnehmenden Zahlen gleichzeitig auch die entsprechende Abnahme der festen Abwasserreste. Man beachte hierbei ganz besonders den gewaltigen Rückgang der Bakterienzahlen im August 1910 auf der vergleichsweise kurzen Strecke zwischen Station II und Station III: erstere liegt oberhalb, letztere unterhalb der Hauptpflanzenbänke. Obwohl um diese Zeit der Bakteriengehalt der JII ein sehr beträchtlicher war — viel bedeutender als im November 1909 —, fällt unterhalb der Pflanzenbänke die Zahl der Bakterien von 131700 im Kubikzentimeter auf nur 4830 und bleibt von nun an auch so nieder bis zum Rhein — der beste Beweis, daß es sich hier nicht um einen Zufall handeln kann. In der kälteren Jahreszeit dagegen, wo die Pflanzen mehr und mehr zurückgehen und zu Boden sinken, erfolgt, wie die Tabelle ausweist, die Abnahme der Bakterienzahlen in freiem Wasser viel langsamer, hauptsächlich wohl durch die fortschreitende Verdünnung. Dennoch macht sich auch hier die reinigende Strecke zwischen Station II und Station III noch durch einen stärkeren Abfall bemerkbar als weiter abwärts, da im November die resistenteren Pflanzen wie *Batrachium*, *Ceratophyllum*, *Elodea*, die Bandblätter von *Sparganium*, *Scirpus* usw. am Grunde noch ausdauern²⁾. (S. Tabelle S. 484 und 485.)

1) Unterhalb der eigentlichen Straßburger Abwässer münden noch diejenigen der Vororte Schiltigheim und Bischheim ein.

2) Man wird bei der reinigenden Wirkung der Pflanzen, wie sie hier geschildert wurde, auch in Betracht ziehen müssen, daß Pflanzenbänke, welche das ganze Flußbett erfüllen, hier auch einen gewissen Stau bewirken, der seinerseits wieder die Sedimentation fördert. In der JII sind im Sommer mehrere Mähmaschinen aufgestellt, welche zur Herstellung geregelter

Nach all diesen Feststellungen sind wir also wohl berechtigt zu sagen: Je reicher ein Gewässer an Tieren und Pflanzen, desto größer seine selbstreinigende Kraft. Oder mit anderen Worten: Die Selbstreinigungskraft eines Gewässers ist direkt proportional der Absorptionsfläche seiner Pflanzen- und Tierwelt.

Nun bedarf es keines Beweises, daß die Bedingungen zur Entfaltung einer üppigen und artenreichen Flora und Fauna in fließenden Gewässern vor allem dort gegeben sind, wo der natürliche Zustand des Flußbettes und der Ufer gewahrt blieb. Welcher Gegensatz aber gerade hier zwischen einst und jetzt! Unsere Bäche, Flüsse und Ströme werden immer mehr korrigiert, ihr Lauf wird möglichst gerade gelegt, das natürliche Strombett in eine gleichförmige Rinne verwandelt, die Ufer werden mit glatten Steinböschungen befestigt, die Buchten abgeschnitten und verbaut, die Altwasser nach Möglichkeit verlandet. Alle diese Eingriffe schränken die Existenzmöglichkeiten der Tier- und Pflanzenwelt immer mehr ein, teilweise bereits bis zur völligen Vernichtung. Der Rückgang unserer Flußfischerei spricht da eine nur zu beredte Sprache. Aber damit nicht genug. Die jetzt beliebte Art der Korrektur unserer Flüsse schwächt auch deren natürliche Selbstreinigungskraft in einer ganz bedenklichen Weise — und das alles zu einer Zeit, wo man auf der anderen Seite die Gewässer immer stärker mit Abfallstoffen aller Art belastet und die giftigen Abwässer zahlreicher Industrien die Tier- und Pflanzenwelt des fließenden Wassers weithin vernichten. Man fragt sich unwillkürlich, wohin das noch führen soll, wenn diesen unhaltbaren Zuständen nicht bald Einhalt geboten wird; denn schließlich hat die Selbstreinigungskraft auch des größten Flusses einmal ihre Grenzen. —

Abfluß-Verhältnisse die Pflanzen unter Wasser abschneiden. Vor der Untersuchung im August 1910 war auf unsere Veranlassung hin die Tätigkeit dieser Maschinen auf einige Zeit eingestellt worden.

Jll unterhalb Straßburg, 13. November 1909.

Station (Entfernung i. Kilometern unterhalb d. Einmünd. d. Straßburger Abwässer)	Mikroskopisch-biologischer Befund des Flußwassers	Zahl der Bakterien in cbcm (Flußmitte)
I. Kil. 2,2 (200 Meter unterhalb der Bischheimer Abwässer)	Im freien Wasser sehr zahlreiche feste Abwasserreste (Fäkalreste, Cellulosefasern usw.), sehr viele treibende Pilzflocken von <i>Sphaerotilus</i> , <i>Leptomitus</i> , große Bakterien-Zooglooen.	77 140
II. Kil. 6,5 (beim Englischen Hof)	Abwasserreste sehr zahlreich, <i>Sphaerotilus</i> -Flocken sehr häufig, ebenso Cellulosefasern. Fäkalreste treten etwas zurück.	25 710
III. Kil. 11,3 (ca. 300 Meter oberhalb der Wanzenauer Brücke)	Abwasser-Plankton noch immer sehr voluminös, flockig durch <i>Sphaerotilus</i> , <i>Cladotrix</i> usw. Cellulosefasern noch ziemlich häufig, Fäkalreste noch mehrf.	17 620
IV. Kil. 13 (1,5 Kil. unterhalb der Wanzenauer Brücke)	Abwasser-Plankton recht voluminös, viel <i>Sphaerotilus</i> , <i>Cladotrix</i> , öfters inkrustiert. Bakterien-Zooglooen einzeln, Fäkalreste weniger, Cellulosefasern nicht selten.	16 650
V. Kil. 17,4 (ca. 200 Meter oberhalb der Jllmündung)	Abwasser-Plankton noch etwas flockig, ziemlich viele Räschen von <i>Sphaerotilus</i> und <i>Cladotrix</i> , Cellulosefasern nicht selten. Fäkalreste noch mehrfach nachweisbar.	15 930
VI. Rhein (ca. 3 Kil. unterhalb Jllmündung)	Abwasserreste von Straßburg selbst hier noch entlang des linken Stromufers im Plankton deutlich nachweisbar!	13 370

Jll unterhalb Straßburg, 2. August 1910.

Station (Entfernung i. Kilometern unterhalb d. Einmünd. d. Straßburger Abwässer)	Mikroskopisch-biologischer Befund des Flußwassers	Zahl der Bakterien in ebem (Flußmitte)
I. Kil. 2,2 (200 Meter unterhalb der Bischheimer Abwässer)	Feste Abwasserreste aller Art massenhaft; zieml. viele kirschgroße Fäkalbrocken in der Strommitte.	395 300
II. Kil. 6,5 (beim Englischen Hof)	Abwasser-Plankton recht voluminös, zum größten Teil aus äußerst feinem organischem Detritus, dann aus Exkrementen v. Tieren (Würmern, Schnecken) bestehend. Viele Pilzflöckchen von <i>Sphaerotilus</i> und <i>Cladotrix</i> , Cellulosefasern. Fäkalreste nicht selten.	131 700
III. Kil. 11,3 (ca. 300 Meter oberhalb der Wanzenauer Brücke)	Plankton mehr oder weniger humifiziert, meist Exkremente von Würmern, Schnecken usw. Nur wenige kleine Pilzflöckchen. Fäkalreste ganz vereinzelt.	4830!
IV. Kil. 13 (1,5 Kil. unterhalb der Wanzenauer Brücke)	Kaum ein Unterschied gegen Station III.	4360
V. Kil. 17,4 (ca. 700 Meter oberhalb der Jllmündung)	Plankton zum größten Teil aus humösen Partikeln bestehend. Einige Cellulosefasern. Keine Pilzflocken mehr. Eine Bakterien-Zoogloea nach längerem Suchen gefunden.	1640
VI. Rhein (ca. 3 Kil. unterhalb Jllmündung)	Lediglich typisches Rhein-Plankton, da Jll rückgestaut. Bakteriengehalt des Rheins höher als derjenige der Jll nahe der Mündung!	2450

Nun noch etwas anderes. Sind die hier vertretenen Anschauungen richtig, dann müssen stehende Gewässer die relativ größte Selbstreinigungskraft haben. Das scheint manchem vielleicht paradox, der noch im Banne der Pettenkoferschen Anschauungen von der hohen selbstreinigenden Kraft fließender Gewässer steht. Eine kleine Überlegung erweist indessen die Richtigkeit unserer Auffassung. In raschfließenden Gewässern ist die Tier- und Pflanzenwelt hauptsächlich auf Boden und Ufer beschränkt; die strömende Welle ist, wenn dem Flusse die Planktonreservoirs der Altwasser und Seen fehlen, meist sehr arm an Organismen. Biologisch gereinigt werden hier also die Abwässer jeweils nur soweit, als sie mit Boden und Ufer, genauer gesagt, mit deren Tier- und Pflanzenwelt in direkte Berührung kommen. Daß hierbei, wie in der Jll, bisweilen wuchernde Pflanzen das ganze Flußbett bis empor zum Wasserspiegel erfüllen und so als biologische Filter die gesamte durchströmende Wassermasse von Schmutzstoffen befreien, ändert natürlich nichts an der prinzipiellen Richtigkeit der Tatsache, daß in allen rascher fließenden Gewässern die Selbstreinigung im wesentlichen eine Funktion der Bodenfauna und -flora ist. Ganz anders in stehenden Gewässern. Hier haben wir neben den Organismen des Bodens auch noch die Lebewelt des Planktons, das, frei schwebend und schwimmend, so oft in gewaltigen Mengen die Fluten bevölkert. Es kann hier also der ganze Bereich des Wassers zur Aufarbeitung der Abwässer ausgenützt werden.

Einen schlagenden Beweis für die hohe Selbstreinigungskraft stehender Gewässer liefern seit langem die Dorfteiche. Diese schmutzigen Tümpel, welche durch stickstoffreiche Abwässer aus Haushaltungen und Ställen geradezu gedüngt werden, sind oft unsere besten Karpfenwasser. Infolge der Düngung entwickeln sich zahllose Algen, Flagellaten usw., welche zusammen mit dem feinen organischen Detritus eine ungeheure Menge von kleinen *Crustaceen*, vor allem *Daphnien* (*D. pulex*, *D. magna*), dann Würmer,

Insektenlarven usw. zu ernähren vermögen. Diese Tiere bilden aber geradezu ein Mastfutter für die Karpfen: ergibt doch solch ein Dorfteich, pro Jahr und Hektar berechnet, einen Zuwachs von 12—15, mitunter selbst 18 Zentner Karpfenfleisch, während ein gewöhnlicher Teich auf humosem Boden nur 3—4, ein solcher auf Sandboden gar nur $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Zentner erbringt.

Diese erstaunliche Fähigkeit der Dorfteiche, selbst sehr beträchtliche Mengen von Abwässern aufzuarbeiten, in Fischnahrung und schließlich in Fischfleisch umzuwandeln, hat Hofer den Gedanken eingegeben auch städtische Abwässer — selbstredend nur solche ohne Giftstoffe aus Fabriken usw. — direkt in Fischteichen zu reinigen. Die bisher erzielten Erfolge sind recht ermutigend. Gelang es doch in einer Versuchsanlage bei Straßburg die täglichen Abwässer von 4000 Menschen in mehreren Fischteichen von zusammen zwei Hektaren Fläche derart zu klären und zu reinigen, daß im Ablauf selbst Regenbogenforellen aushielten. Daneben ergaben die Teiche einen Zuwachs von 10 Zentner Karpfenfleisch pro Jahr und Hektar, indem die im Mai 1911 eingesetzten 700 Karpfen von durchschnittlich $\frac{3}{4}$ Pfund Gewicht in 6 Monaten zu Fischen von $3\frac{1}{2}$, teilweise selbst 4 Pfund Gewicht heranwuchsen¹⁾.

So dürfte also Hofers Methode allem Anschein nach einen beträchtlichen Schritt vorwärts bedeuten in der immer brennender werdenden Frage der Abwasserbeseitigung. Und ich glaube, es wäre ein schöner und volkswirtschaftlich bedeutsamer Erfolg, wenn es gelänge, die übel duftenden Abfallstoffe, die jetzt nutzlos verströmen, nur belästigen und schaden, nach einer Reihe von Inkarnationen in verschiedenen Tierleibern als nahrhaftes Fischfleisch wieder zu ihrem Ausgangspunkte, dem Menschen, zurückzuführen — als weiterer und besonders sinnfälliger Beweis für den ewigen Kreislauf der organischen Materie.

1) Die hier mitgeteilten Ergebnisse der Hofer'schen Fischteiche sind nach späteren Beobachtungen ergänzt.

Verhandlungen
des
Naturhistorischen Vereins
der
preussischen Rheinlande und Westfalens.

Achtundsechzigster Jahrgang, 1911.

Mit Taf. I—VII und 1 Textfigur.

Bonn.

In Kommission bei Friedrich Cohen.

1912.