

VII. Die Bedeutung der Vegetation für die Selbstreinigung der Flüsse.

Von Dr. B. Schorler.

Kanalisation oder Abfuhr? Rieselfelder oder Schwemmsystem? Das sind Fragen, die heutigen Tages in jeder grösseren Gemeindevertretung erörtert werden, und jedes dieser Verfahren findet seine eifrigen Verfechter. Offenbar wäre es für eine an einem Flusse gelegene Stadt das Einfachste und Bequemste, ihren Unrath los zu werden, wenn derselbe in den Fluss geleitet würde. Leider hat auch dieses einfache Verfahren einen grossen Nachtheil, und der besteht in der Verunreinigung des Flusses, welche für die Anwohner flussabwärts schwere Schädigungen im Gefolge haben kann. Aber trotzdem hat dieses System recht zahlreiche Anhänger. Man hat nämlich beobachtet, dass die Verunreinigungen, genau wie die Trübungen des Flusswassers nach einem heftigen Gewitterregen, nach kürzerer oder längerer Zeit wieder vollständig verschwinden. Man sagt, der Fluss reinigt sich selbst. Eine solche Selbstreinigung ist bei den verschiedenen Flüssen nach ganz verschieden langem Lauf beendet. In dem durch Frankfurt stark verunreinigten Main kann in Orten, die weiter als 3 km mainabwärts gelegen sind, keine Spur von Verunreinigung mehr wahrgenommen werden; das schmutzige Isarwasser ist 7 km unterhalb München wieder so vollständig rein, „dass nichts mehr zu sehen, zu riechen oder zu schmecken, auch nichts mehr chemisch oder bakteriologisch von Stoffen nachzuweisen ist, was berechtigte, von einer Flussverunreinigung zu sprechen“; die durch Köln bewirkte Verunreinigung des Rheinwassers ist wenige Meilen stromabwärts nicht mehr bemerkbar und die durch Paris früher arg verpestete Seine endlich führte bei Meulan wieder reines genussfähiges Wasser. Die Selbstreinigung dieser Flüsse ist also eine feststehende Thatsache.

Fragen wir uns nun nach den Ursachen dieses Reinigungsprocesses, so kommen eine ganze Reihe mitwirkender Kräfte in Betracht. Zunächst möchte man an die gleichen Vorgänge denken, welche die Trübungen des Flusswassers namentlich nach heftigem Gewitterregen beseitigen, an Niederschlag oder Sedimentirung. Aber gerade diese Sedimentirung ist nicht im Stande, irgendwie reinigend zu wirken. Es ist etwas ganz anderes, ob sich die anorganischen im Wasser schwebenden Theilchen der Regentrübungen niederschlagen, oder die organischen Massen der Ver-

unreinigungen, welche auch nach dem Niederschlag zum Faulen leicht geneigt sind und dann dem Flusse den Stempel dauernder Verunreinigung aufdrücken. Gerade diejenigen Flüsse, deren träge fließendes Wasser den Schmutztheilchen sich niederzuschlagen gestattet, erscheinen am stärksten verunreinigt, so die Themse bei London und ehemals die Seine bei Paris, während die rasch strömende Tiber, die schon seit Tarquinius Priscus, also seit mehr als 2000 Jahren, den ganzen Unrath der Stadt Rom aufnimmt, keine organischen Sedimente zeigt, ebenso die Isar unterhalb München, welche eine Geschwindigkeit von durchschnittlich 120 cm in der Sekunde hat. Bei grösseren Flüssen ist die bedeutendere Wassermenge vielfach der Sedimentirung hinderlich. Es ist schon vor Jahren von Pettenkofer (dessen Darstellung der beregten Verhältnisse auf der Naturforscherversammlung zu Halle 1891 ich im Wesentlichen hier folge) der Satz aufgestellt worden, dass jeder Fluss sich selbst zu reinigen vermag, „wenn dessen Wassermenge beim niedersten Wasserstande mindestens das Fünfzehnfache von der durchschnittlichen Menge des Sielwassers bei trockenem Wetter beträgt, und wenn die Geschwindigkeit des Flusses keine wesentlich geringere als die des Wassers in den Sielen ist“. Es ist ferner zu beachten, dass durch Sedimentirung wohl die festen Theilchen aus dem Wasser entfernt werden könnten (wie das z. B. in den Klärbassins geschieht), nie aber die im Wasser gelösten Stoffe und die freischwimmenden Bakterien.

Wenn also die Sedimentirung bei dem Selbstreinigungsprocess der Gewässer nicht in Anschlag zu bringen ist, so müssen wir uns nach anderen Ursachen umsehen, und da stossen wir auf chemisch wirkende und biologische Kräfte. Die ersteren bestehen der Hauptsache nach in Oxydationen. Wichtig sind hierfür Untersuchungen, die man an der Seine und Isar angestellt hat. In dem durch die Cloaken verunreinigten Seinewasser in und unterhalb Paris fehlt der Sauerstoff vollständig, er ergänzt sich dann allmählig und ist erst bei Meulan wieder normal. Das Isarwasser zeigt oberhalb München im Liter 6,4 ccm Sauerstoff, nach Einmündung der Schleussenabwässer dagegen 3,0—3,2 ccm, aber schon 5 km weiter flussabwärts wieder 6,4 ccm. Der Sauerstoff tritt entweder direct oxydirend auf, namentlich den gelösten organischen Stoffen gegenüber, die dadurch vergast werden, oder er wird verbraucht durch Oxydation von Wasserstoff und Schwefelwasserstoff, die bei der Fäulniss erzeugt werden, und von denen namentlich der letztere für pflanzliches und thierisches Leben giftig wirkt. Die Hauptmasse des Sauerstoffes aber wird verbraucht durch den Athmungsprocess von Mikroorganismen, welche in dem mit gelösten organischen Stoffen reichlich angefüllten Wasser sehr günstige Existenzbedingungen finden. Damit kommen wir zur dritten Gruppe von reinigenden Kräften, zu den biologischen.

Wir wissen seit den Untersuchungen Pasteur's, dass die Fäulniss nicht durch physikalische und chemische Kräfte entsteht, sondern allein durch den Lebensprocess niederer Wesen, der Fäulnissbakterien. Diese nehmen Sauerstoff auf, verzehren die gelösten organischen Stoffe, die entweder zum Aufbau ihres Körpers benutzt oder als Wärme- und Kraftbildner verathmet werden, und scheiden endlich Kohlensäure und Wasser ab. Auch die Entwicklung von Sumpfgas ist der Thätigkeit der Fäulnissbakterien zuzuschreiben. Dass diese Wasserbakterien durch ihren Lebensprocess eine reinigende Wirkung auf das Wasser ausüben, sehen wir am

deutlichsten an den Sandfiltern. Bei der Untersuchung der Filter der Berliner Wasserwerke hat man in den oberen 10—12 cm mächtigen Kies- und Sandschichten dieselben zu Milliarden beobachtet, auch weiss man, dass neue Filter, denen diese Wasserbakterien noch fehlen, im Anfang nicht so gründlich das Wasser zu reinigen vermögen. Nach der Meinung Pettenkofer's sollen diese Wasserbakterien auch sehr rasch mit den in das Wasser gelangenden pathogenen Bakterien, z. B. Typhusbacillen und ähnlichen aufräumen. Die Wasserbakterien selbst können dann höheren Lebewesen zur Nahrung dienen, denn auch solche leben in dem verunreinigten Wasser, namentlich Amöben, Infusorien, Flagellaten, Rotatorien, Würmer, Krebsthiere und eventuell auch Fische, die auch durch das Verzehren der organischen festen Stoffe bei dem Selbstreinigungsprocess eine Rolle spielen. Die Hauptrolle aber bei der Reinigung der Flüsse von organischen Stoffen und namentlich von sogenannten Fäkalien spielt, nach der Ansicht Pettenkofer's, die Flussvegetation. Die Wirkungsweise derselben kann eine doppelte sein. Wir haben oben gesehen, welche wichtige Aufgabe der Sauerstoff, theils als Oxydationsmittel, theils als Lebensluft für die Wasserbakterien in dem verunreinigten Flusse hat. Die Ergänzung desselben geschieht zwar allmählig durch Aufnahme aus der Luft, sie wird aber unzweifelhaft beschleunigt durch die Assimilation der chlorophyllführenden Wasserpflanzen, welche den freiwerdenden Sauerstoff direct in das Wasser ausscheiden. Mit dieser wichtigen Thätigkeit als Sauerstofflieferanten scheint aber die Wirkung der Wasserpflanzen noch keineswegs erschöpft zu sein. Wenigstens ein Theil von ihnen ist wahrscheinlich im Stande, auch organische Stoffe aufzunehmen. Es sind ja seit lange eine grosse Anzahl höherer und niederer Pflanzen bekannt, und zwar chlorophyllfreie und chlorophyllführende, welche die Fähigkeit organischer Nahrungsaufnahme besitzen. Kerner widmet dieser interessanten Gruppe von Pflanzen in seinem Pflanzenleben ein längeres Kapitel. Neben den eigentlichen Schmarotzerpflanzen, den Pilzen, *Cuscuta*-Arten, den Santalaceen und Rhinanthaceen, der Schuppenwurz und den Orobanchen, der Mistel und anderen werden in dieser Zusammenstellung die sogenannten fleischfressenden Pflanzen und die „Verwesungspflanzen“ aufgezählt. Unter den letzteren, die entweder im verunreinigten Wasser oder auf der Borke der Bäume, an Felsen oder im Humus der Wälder etc. leben, finden wir Algen, Pilze, Moose, Bärlappe und Farne, Aroideen und Orchideen vertreten. Uns interessiren hier besonders die Wasserbewohner: In der Jauche der Düngerstätten und in den urinhaltigen Pfützen an den Viehställen und anderwärts kommen oft kleine grüne Euglenen vor, „die sich hier so massenhaft vermehren, dass die Flüssigkeit binnen wenigen Tagen nicht mehr braun, sondern grün erscheint. Der von stinkender Flüssigkeit überrieselte Schlamm an den Mündungen der Cloaken und Abzugsgräben ist übersponnen von dem grünen *Hormidium murale* und der lebhaft schwingenden, dunkelen *Oscillaria limosa*, und vor Allem macht sich hier die räthselhafte *Beggiatoa versatilis* breit, welche aus der schleimig-häutigen, weisslichen Grundmasse lange, schwingende Fäden aussendet, die nach Sonnenuntergang hervorkriechen, um dann bis zum nächsten Tage in unzählige Stäbchenbakterien zu zerfallen.“ Wird nun bei diesen Arten auch vielfach nur aus dem Standort auf die Aufnahme von organischer Nahrung geschlossen, so wird diese Annahme doch durch Beobachtungen und Ernährungsversuche, wie sie namentlich Löw und Bokorny, G. Klebs

und Beyerinck an Algen angestellt haben, bestätigt. Genannte Forscher cultivirten die verschiedensten Algen in organischen Flüssigkeiten, wie Lösungen von Zucker, Glycerin, Pepton, Methylsulfid, Methylalkohol, Methylal, Glycol, formaldehyd-schwefligsaurem Natrium u. s. w. und beobachteten an ihren Versuchspflanzen entweder Längenwachsthum oder Theilungen oder Stärkebildung. Löw und Bokorny halten es daher für wahrscheinlich, dass viele Fäulnisprodukte als Nährstoffe für Algen ebenso wie für Pilze dienen können. Dass auch höhere Pflanzen, die sich für gewöhnlich normal ernähren, aus solchen organischen Flüssigkeiten Stoffe aufzunehmen vermögen, ersieht man daraus, dass abgeschnittene und ent-stärkte Blätter oder Triebe bei Lichtabschluss in Zucker- oder Glycerin-lösungen Stärkebildung aufweisen.

Für die Frage nach der Bedeutung der Wasservegetation für die Selbstreinigung der Flüsse ist nun in erster Linie wichtig die Constatirung der in einem verunreinigten Flusse vorhandenen Arten, „die Aufnahme des floristischen Inventars“ und ihr mehr oder minder massenhaftes Auftreten, die Abundanz. Ausführliche derartige Untersuchungen liegen uns bis jetzt vom Rheine vor, die Schenck bei Bonn und Köln anstellte und im Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege 1893 veröffentlichte. Im Folgenden seien die Resultate dieser Untersuchungen kurz angegeben. Die Phanerogamen fehlen im Rhein bei Bonn und Köln vollständig. Wegen der starken Strömung und des beweglichen Substrates des Uferbodens können weder die Samen keimen, noch angeschwemmte Sprosse sich anwurzeln. Auch für die Algen liegen die Verhältnisse aus den gleichen Gründen ungünstig. Freischwimmende Formen fehlen ganz, nur solche, die sich durch besondere Haftorgane (Rhizoiden) an festliegenden Steinen oder Ufermauern befestigen können und kräftig genug gebaut sind, um von der Strömung nicht zerrissen zu werden, oder solche, die durch Gallertbildung zu Massen verbunden werden, welche in Form von Ueberzügen oder Schichten dem festen Uferboden aufsitzen, kommen hier vor. Ausgeschlossen vom Rheine sind demnach auch jene freischwimmenden Formen, die vorwiegend in stark verunreinigtem Wasser oder in stinkender Jauche vorkommen, wie die obenerwähnten Euglenen u. a., die in erster Linie für eine etwaige Verarbeitung von organischen Substanzen in Betracht kommen könnten. Der grösste Theil des Flussbettes von der Mitte bis zur Uferzone ist wegen des beweglichen Gerölles und Sandes und wegen des herrschenden Lichtmangels vegetationslos, nur eine einzige kleine Fadenalge, die *Chantransia chalybaea* Fr., fand sich bei 4 m Tiefe und einige Diatomeen bei 6 m. Die Hauptmasse der Algenvegetation ist auf die schmale Uferzone beschränkt. Die schrägen oder senkrechten Steinmauern und Bühnendämme tragen dünne, schmutzig grünlich-braune Ueberzüge, die im Wesentlichen von der blaugrünen *Oscillaria membranacea* und gesellig vegetirenden Diatomeen gebildet werden. Eingestreut finden sich hier die fluthenden Büschelchen von *Cladophora glomerata*, oder die sammetartigen Flecke von *Ulothrix zonata*. Sandige oder kiesige, flache Uferstrecken sind entweder ganz vegetationslos, oder die festliegenden Steine sind mit einer feinen Schlammschicht mit Diatomeen überzogen oder zeigen die *Oscillaria*-Vegetation der Ufermauern. Günstige Standortbedingungen bieten dann auch die schwimmenden Holzmassen der Brücken, Schwimmbassins und Schiffe, welche neben langfluthenden Rasen von *Cladophora* schöne reine Ueberzüge von Diatomeen und Oscillarien aufweisen.

Eine ganz andere Vegetation stellt sich unterhalb der Einmündung der Abwässersielen grösserer Uferstädte ein. „Das stark verunreinigte Wasser ist hier die Bedingung für die massenhafte Ansiedelung der Fadenspaltpilze, vor Allem der *Beggiatoa alba*, in geringerer Masse *Cladothrix dichotoma*, zu denen im Winter auch die Saprolegniee *Leptomitus* hinzukommen kann. Die Beggiatoen bilden je nach der Menge des einflussenden Schmutzwassers mehr oder weniger weit flussabwärts sich hinziehende schleimige Ueberzüge am Ufergrund.“ In den Schleimmassen der *Beggiatoa* selbst leben oft in grosser Menge Diatomeen. Auch die schon oben erwähnten Algen, *Cladophora* und *Ulothrix*, kommen neben *Stigeoclonium* an solchen Orten vor. Für die Frage der Flussreinigung können von den erwähnten assimilirenden Algen in erster Linie wegen ihres massenhafteren Vorkommens eigentlich nur Diatomeen und Oscillarien in Betracht kommen. Nun ist zwar für beide die Benutzung organischer Substanz wahrscheinlich, aber nicht erwiesen, auch kommen sie an den Sielen nie in besonders üppiger Entwicklung vor. Schenck pflichtet daher für den Rhein der Ansicht Pettenkofer's, dass die Algen besonders für die Selbstreinigung der Flüsse in Betracht kommen, nicht bei und erwähnt, dass auch J. Uffelmann zu der Ueberzeugung gelangt ist, „dass man die Rolle der Algen für die Flussreinigung nicht überschätzen dürfe, denn es stehe fest, dass die grünen Fadenalgen und die meisten Diatomeen nur in frischem, wenig verunreinigtem Wasser existiren können, dass also ihre Wirksamkeit gerade da fehlen werde, wo sie am erwünschtesten sei.“ Dagegen schreibt Schenck den chlorophyllfreien Wasserbakterien die Hauptrolle der Flussreinigung, soweit sie von lebenden Organismen besorgt wird, zu, namentlich der *Beggiatoa*-Vegetation, die selbst noch in den Cloaken und Fabrikabwässern gedeiht und unterhalb der Sielen den Uferboden auf eine mehrere Meter breite Zone dicht mit fluthenden, oft Decimeter langen, dicken schleimigen Massen bedeckt. Wenn nun das verunreinigte Wasser über die *Beggiatoa*-Vliesse strömt, so entziehen diese demselben die zu ihrer Ernährung nöthigen organischen Stoffe, verathmen oder assimiliren sie, vermehren sich stark und nehmen so anderen schädlichen Bakterien die Existenzbedingungen weg. Sie selbst aber dienen niederen Wasserthieren zur Nahrung. Auch in der Isar unterhalb Münchens hat man diese *Beggiatoa*-Vegetation in gleicher Ausbildung nachweisen können, sie lässt sich hier 14,5 km weit flussabwärts verfolgen, aber schon auf der Hälfte des Weges hört die üppige Entwicklung, die sich in der reichlichen Rasenbildung ausspricht, auf, weil hier der Fluss schon soweit gereinigt ist, dass die Nahrung für die *Beggiatoa*-Vegetation ungenügend wird.

In der geschilderten Weise gestalten sich die Vegetationsverhältnisse in einem grossen Flusse mit bedeutender Wassermenge und starker Strömung. Wir sahen, dass hier die Phanerogamen für das Leben im Wasser nicht die geringste Rolle spielen. In kleineren Flüssen mit langsam fliessendem oder theilweise stehendem Wasser und seichtem Ufer ist das anders. Da können, wenn ein solcher durch Schleussenabwässer verunreinigt ist, auch die höheren Pflanzen bei der Selbstreinigung in Betracht kommen. Es seien deshalb hier noch die Vegetationsverhältnisse besprochen, wie sie sich in der stark verunreinigten Luppe und Elster unterhalb Leipzigs vorfinden. Die betreffenden Untersuchungen wurden von mir im letzten Sommer im Auftrage des Deutschen Fischerei-Vereins,

in dessen Zeitschrift für Fischerei auch die Resultate ausführlich beschrieben sind, unternommen. Da es sich um die Beantwortung einer anderen mit der Selbstreinigung allerdings innig zusammenhängenden Frage handelte, so sind der Hauptsache nach nur die Phanerogamen berücksichtigt worden. Oberhalb Leipzigs fliesst das Wasser der Elster rein und klar über den meist kiesigen Boden des Flussbettes. Die Verunreinigungen, welche Gera, Zeitz und Pegau der Elster zugeführt haben, sind vollständig verschwunden. Ist die Configuration des Ufers für Pflanzenwuchs geeignet, so breitet sich hier als schmaler Saum eine Schilf- und Röhrichtformation (siehe Drude: Deutschlands Pflanzengeographie, Seite 364), aus, die sich im Wesentlichen zusammensetzt aus grösseren oder kleineren, reinen oder gemischten Beständen von *Sparganium ramosum* (cop.³ greg.), *Sagittaria* (cop.¹ greg.) und *Glyceria spectabilis* (spor. greg.) oder *Typha latifolia* (spor. greg.), unter die sich noch sporadisch *Alisma Plantago* und *Butomus* mischen. Der hier zur Ausbildung gekommene Typus der Wasserpflanzenformation (a. a. O. Seite 366) zeigt Schwimm- und Tauchpflanzen. Unter den ersteren ist besonders *Nuphar luteum*, die Nixblume, zu nennen, die mit ihren lederartigen Schwimmblättern an Stellen mit stehendem oder langsam fliessendem Wasser grössere Flächen des Wasserspiegels mehr oder weniger dicht bedeckt. Zwischen den Schwimmblättern sind die an die Blätter des Gartensalates erinnernden submersen Blätter, die für die Wechselbeziehungen zwischen thierischem und pflanzlichem Leben noch wichtiger sind, bemerkbar. Mit der Nixblume vergesellschaftet, oder an den nämlichen Stellen auch selbstständig kleinere Trupps bildend, wächst *Potamogeton natans*, der auch zuweilen submerse Blätter ausbildet. Auch die fluthende Form von *Sparganium simplex* (spor.) und die grosse und kleine Wasserlinse (cop.¹ greg.), welche da vorkommen, wo andere festsitzende Schwimm- oder auch Tauchpflanzen ihnen Schutz vor dem Fortgeschwemmtwerden gewähren, sind noch als Vertreter der Schwimmpflanzen zu nennen. Die Tauchpflanzen, denen ja bei der Frage nach der Bedeutung der höheren Pflanzen für die Selbstreinigung die Hauptrolle zufallen müsste, bilden auch ausgedehnte Bestände. So kleiden zuweilen die fluthenden Vliesse von *Potamogeton perfoliatus* für sich allein oder in Gesellschaft mit *Potamogeton pectinatus* **interruptus* Kit. den Boden des Flussbettes auf 10—15 m Länge vollständig aus. Ganz ähnliche Vegetationsformen zeigen, namentlich an den Kiesbänken, *Ranunculus fluitans* mit seinen oft mehrere Meter langen Rasen, und an tieferen Stellen *Myriophyllum spicatum*. Die Gesellschaft von *Ceratophyllum demersum* und *Lemna trisulca* imponirt zwar nicht durch ihre Ausdehnung, stellt aber an ruhigen Stellen oft eine recht beträchtliche Menge assimilirender Pflanzensubstanz dar. In dieser Ausprägung lassen sich die beiden Formationen bis nahe an die Stadt Leipzig verfolgen, wenn auch die Beschaffenheit des Standortes mancherlei Unterbrechungen derselben hervorruft. Das Vegetationsbild des Flusses ändert sich aber sofort an der Einmündung des Elstermühlgrabens, welcher die grosse nördliche Vorfluthschleuse aufnimmt und deren schmutzigen Inhalt hinter dem Rosenthal in die alte Elster leitet. Die trüben, dicken, übelriechenden Fluthen, die sich aus dem Mühlgraben hereinwälzen, sind dicht mit Sumpfgasblasen und vereinzelt schwimmenden schwarzen Schlammballen, die durch Sumpfgas getragen werden, bedeckt. Da die Elster langsamer fliesst als

das Wasser des Mühlgrabens, kommt dieser schwarze Schlamm an der Einmündungsstelle in, wie es scheint, ziemlich mächtiger Bodenschicht zur Ablagerung. Darauf deuten wenigstens eigenthümliche, von Zeit zu Zeit eintretende Sumpfgaseruptionen. Das Gas bildet sich in der dicken Bodenschicht durch die Fäulniss der organischen Massen, durchbricht schliesslich die zähe Schlammdecke und bringt das Wasser über einer solchen Durchbruchsstelle in brodelnde Bewegung. Dabei werden grosse Mengen des schwarzen Schlammes entweder in Form grösserer Klumpen, oder in feiner Vertheilung mit emporgerissen, die das Wasser schwarz färben. Die empordringenden Gasblasen aber erzeugen beim Zerplatzen auf dem Wasserspiegel ein deutlich wahrnehmbares zischendes Geräusch. Von den höheren Wasserpflanzen des nicht verunreinigten Flusses ist hier keine Spur mehr vorhanden. Dafür tritt aber die oben erwähnte *Beggiatoa*-Vegetation in üppigster Entwicklung auf. Der Boden des Flussbettes ist, am Ufer wenigstens, mit ihren weissen, fluthenden oder festsitzenden, schleimigen Rasen dicht bedeckt, die, Leinenfetzen vergleichbar, dem schwarzen Schlamm aufsitzen. Weiter flussabwärts aber überziehen sie Aeste, höhere Wasserpflanzen etc. mit einem grauweissen schlüpfrigen Schleim. Ueber der Wasserlinie bemerkt man am Ufer einen vegetationslosen, oft glänzend pechschwarzen Schlammstreifen, auf dem sich dann allmählig einige kümmerliche Exemplare von *Sparganium ramosum* und *Sagittaria* einfinden. Auf dem ersten reichlichen Kilometer, von der Einmündung des Elstermühlgrabens an gerechnet, zählte ich drei Stöcke derselben. Weiter flussabwärts werden diese häufiger, und schon unterhalb der Einmündung der Pleisse (1,8 km), deren Wasser nicht nennenswerth verunreinigt ist, umrahmen den Fluss wieder reine oder gemischte Bestände von *Sparganium ramosum*, *Glyceria spectabilis* und *Alisma*, unter die sich noch sporadisch *Butomus* mischt. Auch die ersten Schwimm- und Tauchpflanzen treten hier unter dem Einfluss des belebenden Pleissenwassers auf: *Ceratophyllum demersum* mit *Lemna minor* bilden neben *Ranunculus fluitans* und *Elodea canadensis* einen kleinen Bestand. Doch kehren ähnliche Bestände von Wasserpflanzen im Flusse selbst auf weite Strecken nicht wieder. Der Boden ist streckenweise mit feinem, lockerem, schwarzem Schlamm bedeckt, und am Uferschilf hängen die grauweissen Schleimüberzüge der *Beggiatoa*-Vegetation. In reicherer Entwicklung tritt die Formation der Wasserpflanzen zuerst in den Theilen des Flusslaufes unterhalb der Wehre auf, die das Wasser für die Mühlgräben abfangen, wodurch grössere und kleinere Strecken mit stagnirendem Wasser zu Stande kommen, denen nur von Zeit zu Zeit bei Hochwasser und an Feiertagen neue Verunreinigungen zugeführt werden. Es haben diese Theile mehr den Charakter der pflanzenreichen Altwässer, nur mit dem Unterschiede, dass sie an ihrem unteren Ende mit dem Hauptflusse in offener Verbindung stehen. Die erste derartige Stelle bildet das sogenannte Hundewasser, das sich bei Wahren (4,2 km) von der Elster abzweigt und erst bei Lützschena sich wieder mit derselben vereinigt. Eine zahlreiche Gesellschaft von *Nuphar luteum*, *Lemna* und *Potamogeton natans*, *P. pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum* und anderen hat sich hier zwischen dem Geschilf am Ufer, das hauptsächlich aus *Sparganium ramosum* und *Sagittaria* besteht, zusammengefunden. Aehnliche Vegetationsbilder begegnen uns unterhalb der Wehre bei Hänichen, Altscherbitz und Schkeuditz. Die offene Verbindung dieser

Flusstheile mit dem Hauptflusse gestattet den Pflanzen auch den Uebertritt in den eigentlichen Flusslauf, wie es hier geschieht, wo sie dann auch von den durch diese Orte herbeigeführten der Masse nach geringeren Schmutzabwässern gespült werden. Von Schkeuditz (15 km) an abwärts treten im Flusse selbst neben dem Geschilf am Ufer auch die Wasserpflanzen einzeln, oder kleinere und grössere Haufen bildend, auf: die fluthende Form von *Sparganium simplex* mit ihren hellgrünen Blättern, die dunkelgrünen langen Vliesse von *Potamogeton pectinatus*, die Stöcke von *Ceratophyllum demersum* mit ihren in dem fliessenden Wasser weichen biegsamen Zweigen, zwischen denen an geschützten Stellen die grosse und die kleine Wasserlinse sich ansiedeln, und endlich *Nuphar luteum* mit reichem submersen Blätterschmuck sind hier bemerkenswerth. Bei Wesmar (26 km) und noch mehr bei Rassnitz (27 km) schliessen sich diese Pflanzen in Verbindung mit *Sparganium ramosum* und *Sagittaria* zu einem so üppigen Bestande zusammen, wie wir ihn weiter oberhalb nur in den Altwässern oder höchstens noch in den Flusstheilen unterhalb der Wehre finden. Eine reiche Fischwelt tummelt sich ausserdem zwischen den Wasserpflanzen, so dass die Elster hier nicht mehr den Eindruck eines verunreinigten Flusses macht. Auch weiter abwärts lässt sich diese Wasservegetation in mehr oder minder vollkommener Ausprägung bis zur Saale verfolgen. Im Vergleich mit den im Anfang genannten Flüssen, besonders der Isar und dem Main ist also die Selbstreinigung in der Elster unterhalb Leipzigs recht spät erst beendet.

Etwas anders noch liegen die Verhältnisse bei der Luppe, jenem Elsterarm, der sich unterhalb Plagwitz abzweigt und, mit der Elster ungefähr parallel westwärts fliessend, endlich in die Saale mündet. Für die Luppe ist kennzeichnend die im Verhältniss zur Grösse der Verunreinigung recht geringe Wassermenge. Bei ihrer Abzweigung erhält sie reines Elsterwasser und zeigt daher auch die oben beschriebene Vegetation des nicht verunreinigten Mutterflusses, auf ihrem Lauf durch Lindenau aber wird sie stark durch Fabrikabwässer, die aus den dortigen Felfärbereien, einer Indigofabrik etc. stammen, verunreinigt. Es werden aber hier noch keine Schleussenabwässer eingeleitet. Unterhalb Lindenau ist das wenige Wasser des Flusses durch die erwähnten Fabrikabwässer tief dunkelblau gefärbt. Man sollte meinen, dass sich in diesem so stark verunreinigten Wasser keine Pflanzen halten könnten. Und doch ist dem nicht so. Nur auf einer Strecke von nicht ganz 1 km Länge fehlen die höheren Wassergewächse ganz, während die *Beggiatoa*-Vegetation auch hier in Form weisser schleimiger Rasen den Boden überzieht. Dann aber stellt sich mit vereinzelt Stöcken von Igels- und Rohrkolben am Ufer, und mit dem Froschlöffel, dem Wasserstern und dem Pfeffer-Knöterich auf dem schwarzen Schlamm Boden im Wasser selbst *Potamogeton pectinatus* in Gesellschaft der *Lemna minor* und *L. polyrrhiza* ein und bildet gleich mächtige Rasen, die das schmale Flussbett auf einige Meter Länge vollständig auskleiden. Die freudig grünen Rasen machen in ihrer üppigen Entwicklung nicht den Eindruck, als ob die Pflanzen hier mit ungünstigen Existenzbedingungen zu kämpfen hätten. Diese reiche Wasservegetation reicht flussabwärts bis zu der Stelle, wo ein grosses Siel die Schleussenabwässer von Plagwitz-Lindenau der Luppe zuführt, und bildet hier, wo sich das blaue Luppen- mit dem schmutziggrauen Schleussenwasser mischt, eine scharfe Grenzlinie. Unterhalb der Sieleneinmündung ist der Fluss

wieder vegetationslos, obgleich die Bodenverhältnisse noch die gleichen sind. Grössere Mengen von Verunreinigungen werden der Luppe ca. 100 m weiter flussabwärts durch die Nahle zugeführt, einem zweiten Elsterarm, der sich ungefähr 1 km unterhalb der Einmündung des erwähnten Elstermühlgrabens abzweigt und in Folge dessen stark verunreinigt ist. In dem so doppelt belasteten Flusslauf tritt als erste gegen Verunreinigung am wenigsten empfindliche Wasserpflanze wieder *Potamogeton pectinatus* unmittelbar unterhalb der einmündenden Nahle auf Kiesbänken in zwei grösseren Rasen auf, die allerdings dick mit *Beggiatoa*-Schleim überzogen sind und dadurch ein recht krüppelhaftes Aussehen haben, aber Ende October die für diese Art charakteristischen Winter- und Vermehrungsknollen in reicher Entwicklung zeigen. Weiter abwärts aber ist der Fluss auf eine Strecke von ca. 6 km wieder ganz vegetationslos, nur am Ufer fristet hier und da ein Exemplar von *Sparganium ramosum* ein kümmerliches Dasein. Dann stellt sich wieder in zerstreuten kleineren und grösseren Rasen das kammartige Laichkraut, seltener das krause Laichkraut in der ebenblättrigen Form (*P. *serrulatus* Schrader) und etwas häufiger *Ceratophyllum demersum* ein. Zu eigentlichen Beständen vereinigen sich diese wenigen Wassergewächse ebensowenig wie die am Ufer zerstreut vorkommenden Schilfpflanzen, ja sie fehlen auf grösseren Strecken mit stehendem Wasser des öfteren gänzlich. So lässt sich das unschöne Vegetationsbild, das durch die missfarbenen grauen Schleimüberzüge der *Beggiatoa* auf allen Blättern und Stengeln auch nicht gewinnt, 31 km weit bis zum Eintritt der Luppe in die alte Saale verfolgen. Auf ihrem ganzen Lauf macht die Luppe überall den Eindruck eines stark verunreinigten Flusses. Ueberall haben, wegen des langsam fliessenden Wassers, die organischen Beimengungen mit losgerissenen oder abgestorbenen Theilen der Fadenbakterien in mehr oder minder dicker schwarzer Bodenschicht sich niedergeschlagen, die nun, der oxydirenden Wirkung des Sauerstoffs entrückt, langsam faulen und durch die Entwicklung von Sumpfgas und anderen übelriechenden Gasen den feinen schwarzen Schlamm beständig aufrühren und dadurch das Wasser immer wieder von Neuem verunreinigen. Es kommt also trotz der Wirkung chemischer und biologischer Kräfte in der Luppe keine vollständige Reinigung zu Stande, weil eben die Hauptbedingungen für dieselbe: eine für die Grösse der Verunreinigung genügend grosse Wassermenge und eine raschere Strömung, um den Niederschlag des schwarzen übelriechenden Schlammes zu verhindern, fehlen.

Wenn wir nun nach diesen Befunden in der Elster und Luppe die Frage nach der Bedeutung der höheren Pflanzen für die Selbstreinigung der beiden Flüsse zu beantworten suchen, so können wir nur die eigentlichen Wasserpflanzen, also Schwimm- und Tauchpflanzen, in Betracht ziehen. Von diesen leben in den stark verunreinigten Flusstheilen und sind gegen die, durch die organischen faulenden Massen geschaffenen, für die höhere Pflanzenwelt ungünstigen Existenzbedingungen am wenigsten empfindlich nur *Potamogeton pectinatus *interruptus* Kit., *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor* und *L. polyrrhiza* und endlich *Potamogeton crispus *serrulatus* Schrad. *Nuphar luteum* und *Myriophyllum spicatum* dagegen, die in der verunreinigten Luppe nicht vorkommen, verlangen schon einen höheren Grad von Reinheit im Wasser, wie ihr Auftreten in der Elster zeigt. Lässt man nun auch die noch offene Frage der Auf-

nahme organischer Stoffe bei der Ernährung dieser Wasserpflanzen ganz unberücksichtigt, so stellen doch immerhin die erst erwähnten Gewächse, und namentlich *Potamogeton pectinatus*, eine so beträchtliche Menge assimilirender Substanz dar, dass sie durch die Production von Sauerstoff, welcher ja, wie wir in der Einleitung gesehen haben, bei dem Reinigungsprocess eine so wichtige Rolle spielt, als wichtige Hilfskräfte bei der Selbstreinigung der Elster und Luppe von Bedeutung sind.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [1895](#)

Autor(en)/Author(s): Schorler Bernhard

Artikel/Article: [VII. Die Bedeutung der Vegetation für die Selbstreinigung der Flüsse 1079-1088](#)