

Mitteilungen über die biologische Elbe-Untersuchung des Naturhistorischen Museums in Hamburg.

Nach drei im Naturwissenschaftlichen Verein zu Hamburg gehaltenen Vorträgen

von

RICHARD VOLK.

(Mit 3 Tafeln und 1 Karte.)

I.

Allgemeines.

Schon vor zehn Jahren wurde im Naturhistorischen Museum der Plan zu eingehenden Studien über das Tierleben in der Unterelbe erörtert, und es waren auch zu diesem Zweck bereits im Sommer 1898 Fangfahrten im Hafengebiet unternommen worden, als im Frühjahr 1899 die Staatsbehörde den Auftrag erteilte, mit diesen Studien Untersuchungen über die Einwirkung der Sielwässer des Städtekomplexes Hamburg-Altona-Wandsbek auf das Tierleben der Elbe zu verbinden.

Weil aber Tier- und Pflanzenleben überall aufs innigste mit einander verknüpft sind und sich in gegenseitiger Abhängigkeit von einander abspielen, konnte die einseitige Bearbeitung der Fauna ohne gleichzeitiges Studium der Flora, insbesondere der Mikroflora, zu keiner befriedigenden Lösung der gestellten Aufgabe führen. Was uns ursprünglich als eine zwar sehr wünschenswerte aber doch nur gelegentliche Nebenarbeit für die botanischen Kollegen erschienen war, die Erforschung unserer niederen Wasserflora, mußte nunmehr als vollwertiges Glied der Gesamtarbeit behandelt werden. Da ferner Wohl und Weh aller das Wasser bewohnenden

Lebewesen — einerlei ob Tiere oder Pflanzen — durchaus abhängig ist von der Beschaffenheit des Wassers, d. h. von der Natur und Menge der in ihm gelösten oder ungelöst fein verteilten leblosen Stoffe, waren wir zur Erklärung von wichtigen biologischen Erscheinungen auch darauf hingewiesen, bestimmte chemische Untersuchungen vorzunehmen. (Die regelmäßige chemische und bakteriologische Kontrolle des Elbwassers gehört dagegen in den Wirkungskreis anderer Staatsanstalten; sie wird demgemäß in den Laboratorien des Hygienischen Instituts und der Stadt-Wasserwerke vorgenommen.)

Erschwert wurden unsere Arbeiten, besonders zu Beginn der Untersuchungen, einerseits durch eine Reihe örtlicher Umstände, zu denen in erster Linie Ebbe und Flut gehören, andererseits aber auch dadurch, daß damals überhaupt noch keinerlei Erfahrungen gesammelt, jedenfalls noch nicht veröffentlicht waren über derart ausgedehnte biologische Stromuntersuchungen in Verbindung mit wirtschaftlichen und hygienischen Feststellungen, wie wir sie vorzunehmen hatten. Aus diesem Grunde war ich als Leiter des Unternehmens mehrfach genötigt, neue Wege einzuschlagen, auch den Verhältnissen entsprechende, neue Methoden auszuarbeiten und zur Anwendung zu bringen.

Bevor wir näher auf diese Methoden eingehen, die im großen und ganzen auf den Eigenschaften und Lebensbedingungen der Wasserbewohner beruhen, möchte ich einiges über die Topographie der hier in Frage kommenden Gewässer, über Tidenwirkung und andere physikalische Erscheinungen, ferner über den Umfang unserer chemisch analytischen Feststellungen und endlich über ein bisher bei hydrobiologischen Untersuchungen noch wenig gepflegtes Hilfsmittel, die Ausnutzung der Mikrophotographie, sagen.

Unser recht vielgestaltiges Arbeitsgebiet reicht von der Ortschaft Gauert, oberhalb der Trennung von Norder- und Süderelbe ¹⁾ im Süßwasserbereich und weit oberhalb aller Ein-

¹⁾ Vergl. die beigegebene Karte.

wirkung Hamburgischer Sielwasser-Bestandteile, bis zum dritten Feuerschiff und der Insel Neuwerk vor der Elbmündung, wo wir bei Hochwasser und Seewind fast den vollen Salzgehalt des Nordsee-Wassers antreffen.¹⁾ Diese ganze Strecke des Stromes samt seinen kleinen Nebengewässern steht — soweit letztere nicht wie Bille und Alster durch Schleusen gesperrt werden — unter der gewaltigen, das ganze Bett der Unterelbe bei jedem Tidenwechsel, besonders aber bei stärkerem Einsetzen der Flut, wieder und immer wieder aufwühlenden Wirkung der Gezeiten oder Tiden. Doch während das Wasser aus dem unteren Hafengebiet in einer Ebbetide bis Schulau (17 Kilometer stromabwärts) gelangt, um bei der nächsten Flut wieder bis Neumühlen zurückgetrieben zu werden, äußert sich die Flut 15 Kilometer oberhalb der Häfen, bei Gauert, schon weniger energisch, hauptsächlich durch Stauung und wesentlich geringeres Zurückfluten des Wassers. Weil im Hafengebiet im Durchschnitt der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser (bei regelmässigem Verlauf der Tiden) über 2 Meter beträgt, ist es erklärlich, daß jede Ebbe hier eine spülende Wirkung auf die einzelnen Hafenbecken ausübt. Von größerer Bedeutung ist indessen die Wirkung der Flut, indem sie — in einer für die später zu besprechende »Selbstreinigung« des Stromes höchst günstigen Weise — eine rasche Verdünnung der Sielwässer und deren Verteilung auf die Wassermassen des Elbbettes veranlaßt.

Von großem Einfluß auf das Tierleben der Elbe (wie auch in anderen Flüssen) und leider ungünstig für manche Fischarten ist die Stromregulierung, durch welche sowohl Stau- wie Stromlaichern ihre Laichplätze vielfach vernichtet oder doch beschränkt werden. Das Gebiet der eigentlichen Unterelbe, etwa von Blankenese abwärts, wo bei der großen Strombreite nur eine verhältnismäßig schmale Fahrrinne betriebsfähig zu erhalten

¹⁾ In der vorliegenden Arbeit kommen übrigens nur die Ergebnisse aus der Strecke Gauert—Schulau zur Besprechung; die Resultate aus der Brackwasserregion und dem eigentlichen Mündungsgebiet bleiben einer späteren Veröffentlichung vorbehalten.

ist, und wo seit einer Reihe von Jahren beim Entleeren des Baggergrundes mit aner kennenswerter Rücksicht auf die Fischerei verfahren wird, kommt hier kaum in Betracht gegenüber dem Oberlauf, wo stromaufwärts von Gauert bis oberhalb von Torgau, auf einer Strecke von über 480 Kilometern, Tiefe und Breite des Stromes, abgesehen vom Baggereibetrieb, durch Tausende von Buhnen reguliert werden. Andererseits freilich werden die stillen Wasserwinkel, die sich an gewissen Stellen zwischen je zwei aufeinander folgenden Buhnen bilden, wieder zu Brutstätten pflanzlichen und tierischen Kleinlebens, das vielfach den Fischen als wertvolles Futter zu gute kommt.

Bei Hamburg münden in die Norderelbe außer einer Anzahl von Prielen und Fleeten die Flüßchen »Dove-Elbe« (mit Goose-Elbe), »Bille« und »Alster«. Während die »Alte Dove-Elbe« mit der »Moorfleeter Konkave« bis zu einem gewissen Grad, nämlich soweit dies innerhalb des Tidengebietes überhaupt möglich ist, den Charakter eines Altwassers zeigt, und das Alsterflüßchen sich zu einem flachen See erweitert, haben die verschiedenen Hafenbecken wieder eine ganz andere, eigenartige Beschaffenheit. Trotz ihrer senkrechten Kaimauern und dem Fehlen jedes phanerogamischen Pflanzenwuchses, haben sie faunistisch eine gewisse Ähnlichkeit mit kleinen Seen oder großen, tiefen Teichen, besonders diejenigen, welche wie »India«- und »Grasbrookhafen« ganz ohne Durchfluß sind. Der »Altonaer Hafen« ist dagegen z. T. offene Reede, z. T. nur durch einen oben und unten offenen Leitdamm vom Strome geschieden. An vielen Stellen treffen wir im Hafengebiet neben Kaimauerung auch auf hölzernes Bollwerk, Pontons und »Dückdalben«¹⁾; verankerte Tonnen zur Bezeichnung des Fahrwassers sind auf der ganzen Strecke vom Hafengebiet bis jenseits Cuxhaven ausgelegt. In den Fleeten²⁾, welche einzelne Stadtteile durchziehen, kommt der durch die Tiden bewirkte Wechsel des Wasserstandes am sichtbarsten zur

¹⁾ Mächtige, eingerammte Pfahlgruppen zum Festlegen von Schiffen.

²⁾ Die für kleine Fahrzeuge schiffbaren und vielfach überbrückten Kanäle, welchen Hamburg die Beseichnung »Elb-Venedig« verdankt.

Geltung, denn während sie bei Hochwasser bis zwei Meter und mehr Wasser haben, laufen verschiedene von ihnen bei Ebbe ganz leer, sodaß ihr Schlammgrund zu Tage liegt.

Die Nebenflüßchen, welche unterhalb Hamburgs in die Elbe münden, kommen bei den Untersuchungen, die hier besprochen werden, nicht in Betracht, und von dem ganzen Kanalsystem, durch das sich die Süderelbe wieder mit der Norderelbe vereinigt, sind eigentlich nur der »Köhlbrand« und das »Köhlfleet« von Bedeutung.

Oberhalb des Hafengebietes werden die Ufer durch schräge Steinsetzungen geschützt, die Deiche selbst treten dagegen meistens weiter zurück; unterhalb der Städte sind die unmittelbaren Ufer vielfach abgeflacht und bilden bei Niedrigwasser sandige Strandzonen.

Der Grund des Strombettes ist vorwiegend sandig, dabei in seiner oberen Schicht stets mehr oder weniger aufgewühlt und in treibender Bewegung. Oberhalb der Einmündung der Dove-Elbe ist das Elbbett von den Ausläufern eines Torflagers durchzogen, und im Hafengebiet stößt man vielfach auf grauen Ton, der, nicht überall vom Sande bedeckt, hie und da freiliegt, aber auch auf Schlick- und lockere Moddeansammlungen von verschiedener Mächtigkeit. Außerdem fördert das Grundnetz überall im Hafengebiet auch Steinkohlen, Schlacken, Backstein- und vielerlei andere Trümmer zutage. Südlich vom Fahrwasser, unterhalb Altonas, besonders von Blankenese abwärts, finden sich zwischen den Sandbänken, von denen manche bei Niedrigwasser als Inseln sichtbar werden, häufig muldenartige Vertiefungen. Das Fahrwasser selbst hat oberhalb des Hafengebietes eine durchschnittliche Tiefe bis zu 4 Meter, im Hafengebiet und in der Unterelbe ist es für den Verkehr der Seeschiffe auf 10 Meter ausgebaggert; Bagger sind in großer Zahl den größten Teil des Jahres hindurch in Tätigkeit.

Während bei Gauert die Strombreite etwa 500 Meter beträgt und sich dann in der Norderelbe wesentlich verringert, erlangt sie bereits bei Schulau die ansehnliche Ausdehnung von 2 Kilometern.

Die umfangreichen Sielnetze, welche die drei Nachbarstädte Hamburg, Altona und Wandsbek entwässern, bestehen aus dem großen Hauptsystem, das seine Abwässer durch das große »Haupt-Stammsiel« bei St. Pauli der Elbe zuführt¹⁾, und einer Anzahl kleinerer Systeme, deren Mündungen auf beiden Seiten des Stromes durch das ganze Hafengebiet von Altona bis zu den Elbbrücken verteilt sind. Altona entwässert hauptsächlich unterhalb seines Hafens in die Elbe.

Bei der Vielgestaltigkeit des Arbeitsbezirks, von der Trennung der beiden Elbarme bis unterhalb des Hafengebietes, war es geboten, abgesehen von der ausgedehnten Durchforschung der Uferzone und des Grundes, eine Reihe bestimmter Untersuchungs- und Fangstellen regelmäßig zu besuchen. Dies geschah drei Jahre hindurch (wöchentlich einmal) an 13 Örtlichkeiten, von denen die »obere Station« weit oberhalb, die übrigen 12, bis nach »Teufelsbrück« hin, innerhalb des Sielwasserbereichs liegen. In den Spätsommern und Herbstanfängen 1904 und 1905 wurden noch die beiden Uferzonen und die Mitte des Fahrwassers oberhalb von Schulau ebenso regelmäßig besucht.

Bei jedem Besuch dieser Stationen wurden Wasserwärme und Luftdruck beobachtet und Wasserproben zur chemischen Untersuchung entnommen. Aus technischen Gründen mußte letztere auf die Bestimmung des in den gelösten Chloriden enthaltenen Chlors, des im Wasser vorhandenen freien Sauerstoffs und die Feststellung der Oxydierbarkeit der gelösten organischen Stoffe beschränkt werden.

Die biologische Untersuchung erstreckte sich auf die Feststellung der Formen der im Untersuchungsgebiet lebenden

¹⁾ Bis vor 2 Jahren entleerte das alte Geest-Stammsiel und das Hamburg und Altona gemeinsame Grenzsiel seinen gesamten Inhalt unweit des Ufers bei St. Pauli. Jetzt sind die drei Ausflüsse der vereinigten Sielssysteme soweit in den Strom verlegt, daß die äußerste Mündung die Mitte des Elbbettes erreicht, wodurch eine wesentlich schnellere Verteilung der Sielwässer erzielt wird. Größere Fäkalmassen werden vorher durch besondere Vorrichtungen abgefangen und auf Schuten nach der Tradenau gebracht.

Wasserpflanzen und -Tiere, auf ihre quantitative Verteilung in demselben und auf ihr Verhalten an den verschiedenen Beobachtungsstellen. Unsere Untersuchungsmethoden mußten demnach auf den Eigenschaften und Lebensgewohnheiten der Wasserbewohner begründet sein und auf den Bedingungen, unter welchem sich ihr Lebensprozeß abspielt. Eine kurze, allgemeine Darlegung dieser Verhältnisse wird wesentlich zum Verständnis der angewandten Methoden beitragen.

Alle Wasserbewohner, einerlei ob Pflanzen oder Tiere, scheiden sich ihrem Aufenthalte nach in zwei große Gruppen: sie sind entweder Bewohner der Uferzone und des Grundes, wo viele von ihnen auf fester Unterlage haften, oder sie leben im freien Wasser, in welchem sie ein dauerndes Schwebedasein führen. Die Gesamtheit dieser (im Süßwasser) meist mikroskopisch kleinen Schwebewesen, die nach allgemein verbreiteter Ansicht weniger durch eigene Kraft (wie z. B. die Fische) »schwimmen«, sondern vielmehr durch ihr geringes spezifisches Gewicht, innere Reibung des Wassers und mancherlei mechanische Vorrichtungen ihres Körpers im Wasser »treiben«¹⁾, hat Professor HENSEN in Kiel bekanntlich als Auftrieb, Plankton, bezeichnet. Seinen Bestandteilen nach spricht man von Pflanzen- oder Phyto- und von Tier- oder Zooplankton, von denen zwar bald die eine, bald die andere Gruppe vorwaltet, aber niemals getrennt und für sich allein vorkommt. Nach Beschaffenheit des Wassers unterscheidet man Meeres- und Süßwasserplankton, und im Brackwasser findet sich neben spezifischen Bewohnern desselben ein aus vorwaltenden Meeres- und wenigen angepaßten Süßwasser-

¹⁾ Das ist freilich durchaus nicht bei allen dem Plankton zugezählten Tieren der Fall. So kann man z. B. bei den Planktonkrebsen, die z. T. recht erhebliche Muskelkraft entwickeln, wenigstens in stehenden Gewässern, wirklich nicht von willenlosem »Treiben« sprechen, wie sich ja das Gegenteil davon schon aus ihren tageszeitlichen Vertikalwanderungen ergibt. Daß die Planktonkruster des Süßwassers durchaus nicht von ihrer geringen Eigenschwere oder durch innere Reibung des Wassers schwebend erhalten werden, kann man an jedem Hüpferling sehen, der jedesmal zu sinken beginnt, sobald er seine stoßweisen Ruderbewegungen einstellt.

formen zusammengesetztes Mischplankton. Je nach der Art der Binnengewässer werden noch die Bezeichnungen Seen-, Teich-, Sumpf- oder Flußplankton gebraucht. Das Plankton der stehenden, oder besser gesagt, nicht gleichmäßig dahinflutenden Gewässer, besitzt zwar auch für Seen, Teiche und Sümpfe eigentümliche Organismen, doch kann man wenigstens in den Seen und Teichen die meisten Schwebewesen des Süßwassers vereinigt finden, und was nun gar das Fluß- oder Potamoplankton (mit dem wir bei diesen Untersuchungen zu tun haben) anbelangt, so ist von ihm zu sagen, daß es neben allen Schwebeformen der »stehenden« Gewässer auch noch viele Bewohner des Ufers und des Grundes enthält, worüber später noch zu sprechen sein wird. Außerdem finden sich noch als Epöken oder als wirkliche Parasiten in echten Planktonten gewisse Organismen, die ich Planktongäste nenne, während die durch Wasserbewegung mitgerissenen und den Schwebewesen zugesellten Ufer- und Grundbewohner als Planktongenossen zu bezeichnen wären. Den treibenden Detritus pfllegt man allgemein Pseudoplankton zu nennen.

Eingehende Studien haben gelehrt, daß manche Wasserbewohner, Tiere sowohl wie Pflanzen, hauptsächlich in einem Wasser gedeihen, das, wie reinstes Quellwasser, nur Spuren organischer (fäulnisfähiger) Stoffe enthält, wogegen andere schon eine stärkere Dosis von solchen ertragen und zu ihrem Lebensunterhalt bedürfen, während endlich wieder andere durch die Art und Weise ihrer Entwicklung geradezu auf stark mit organischer Substanz belastetes Wasser zu ihrem Gedeihen angewiesen sind. Eine noch größere Formenreihe, vielleicht die meisten Wasserbewohner, scheinen den Aufenthalt in reinem wie in nicht übermäßig »verschmutztem« Wasser gleichmäßig ohne Schädigung zu ertragen. Wäre die Gliederung der Wasserorganismen in solche des reinen und solche des Schmutzwassers (Katharobien und Saprobien) in allen Fällen eine einigermaßen scharfe, so würden uns die Träger dieser Begriffe ohne weiteres als Anzeiger für verschiedene Wasserwerte

gelten können. Ganz so einfach ist indessen die Sache doch nicht, denn gerade so wie manche Geschöpfe zwar im allgemeinen typische Bewohner des reinen Quellwassers sind und trotzdem einige Zeit in einem abwasserreichen Gewässer leben können (und demgemäß auch darin zuweilen lebend beobachtet werden), so vermögen auch unzweifelhafte Abwasserformen, durch irgend einen Zufall in reines Wasser versetzt, hier noch einige Zeit ihr Leben zu fristen, bis sie dem Hungertode verfallen. Demnach können an sich typische Rein- bzw. Schmutzwasser-Bewohner nur dann als »lebende Reagentien« oder »Leitorganismen« gelten und zuverlässige Wegweiser für die Wasserbeurteilung werden, wenn wir sie in größerer Formen- und Individuenzahl zu Lebensgenossenschaften (Biocönosen), vergesellschaftet finden. Durch die Feststellung solcher Biocönosen leistet die biologische Wasseruntersuchung allerdings Hervorragendes, ja sie vermag uns — ähnlich und unter Umständen vielleicht noch in höherem Grade als die bakteriologische Methode — noch da zu sicheren Ergebnissen zu führen, wo die chemische Analyse gänzlich versagt.

Aus dem hier Gesagten geht hervor, daß wir unsere Aufmerksamkeit nicht nur auf die verschiedenen Formen der kritischen Organismen, sondern auch auf das Mengenverhältnis ihres Vorkommens zu richten hatten. Wir mußten demnach neben qualitativen auch quantitative biologische Analysen vornehmen, um durch Vergleichung der Resultate aus dem »Reinwasser« mit solchen aus dem »Sielwasserbereich« ausfindig zu machen, ob und welche Veränderungen Fauna und Flora des Elbwassers durch die Sielwasser-Ergüsse erleiden.

Die Mengenbestimmung der Ufer- und Grundbewohner kann immer nur schätzungsweise vorzunehmen sein und wird darum bei einem Gewässer von der Breite und Tiefe der Unterelbe, das überdies ganz und gar unter dem tief eingreifenden Einfluß der Ebbe und Flut steht, nicht überall die gewünschte Sicherheit gewähren. Darum mußte in erster Linie der ziffermäßige Mengen-Nachweis der Schwebewesen des Stromes

geführt werden, weil er allein über wichtige Verhältnisse Aufklärung geben, und als Unterlage zu bindenden Schlüssen dienen konnte, sobald es gelang, eine Fangmethode zu schaffen, durch welche der wahre Planktongehalt bestimmter Wassermengen ausfindig gemacht werden konnte.¹⁾

Diese weitgehende Berücksichtigung des Planktons war in unserem Fall umsomehr gerechtfertigt, als die aus dem »Reinwasser-Gebiet« des oberen Stromlaufs in das Wirkungsbereich der Siel-Ergüsse gelangenden Schwebewesen nicht einfach an Hamburg-Altona vorüberfluten, wie das bei den Uferstädten des Binnenlandes der Fall ist, sondern durch die wiederkehrenden Fluttiden mehrmals zurückgetrieben und darum 48 und mehr Stunden unter einer verhältnismäßig kräftigen Abwasserwirkung gehalten werden, bevor sie in dem mittlerweile durch biologische und rein chemische Vorgänge wieder reiner gewordenen Wasser stromabwärts treiben. Jedenfalls dauert in unserem Sielwasser-Gebiet der Einfluß der Abwasser-Bestandteile auf die z. T. recht empfindlichen Schwebewesen länger als nötig zu einer erkennbaren Reaktion, die sich, im Fall einer verderblichen Äußerung auf das Tierleben, durch eine Verminderung der Individuenzahl der betreffenden Mikroorganismen bemerklich machen müßte. Weil diese kleinen und überaus zarten Geschöpfe sehr bald nach Eintritt des Todes zerfließen und bis auf ihre Chitin- und Kieselhüllen aus dem Wasser verschwinden, müßte sich eine Verminderung sicher nachweisen lassen.

Daneben war selbstverständlich — soweit dies die geschilderten eigenartigen Stromverhältnisse zuließen — die Untersuchung der freien und sesshaften Flora und Fauna der Uferzone und des Grundes und besonders das Vorkommen und die Verbreitung der auf irgend einer Unterlage feststehenden typischen Abwasserorganismen nicht zu vernachlässigen.

Im folgenden werde ich nunmehr zunächst unsere Methoden und Hilfsmittel und dann die seither erzielten wichtigeren Resultate

¹⁾ Eine Veröffentlichung über die Verteilung der Grundbewohner (Mollusken Würmer u. s. w.) im Elbebett und in den Häfen wird später erfolgen.

besprechen, doch werde ich mich, unter Ausschluß der eingehenden systematischen, faunistischen und floristischen Daten, auf solche Ergebnisse beschränken, die biologisch, hygienisch und wirtschaftlich von größerem Interesse sind.

II.

Methoden und Hilfsmittel.

A. Biologische Methoden.

1. **Die qualitative Bestimmung der Organismen.** Das Material zu diesem Teil der Untersuchungen wird in bekannter Weise mit Hilfe zweckentsprechender Geräte (Handkäscher, Plankton-, Grund- und Schrapnetze), wie sie allgemein üblich sind, gefangen.

Neu eingeführt habe ich nur eine Vorrichtung zur Erlangung von Streckenfängen, durch die es ermöglicht wird auf einer Tagfahrt die ganze 120 Kilometer lange Strecke von Hamburg bis zur Höhe von Neuwerk (vor der Elbmündung) auf Plankton zu befischen. Zu diesem Zweck ließ ich auf beiden Seiten des Staatsdampfers »Norder-Elbe« (Taf. 1) je ein 5 Meter langes eisernes Rohr von 3,5 Zentimeter Weite derart befestigen, daß die vorderen Rohrenden unter Wasser tauchen, während sich die hinteren in ungefährer Höhe des Decks befinden. Bei gewöhnlicher Fahrgeschwindigkeit steigt nun das Wasser derart in diesen Röhren, daß es aus den hinteren (oberen) Enden in gleichmässigem Strahl ausfließt und seinen Planktongehalt zum großen Teil in untergehängten Gazenetzen zurückläßt. Sobald der Dampfer eine bestimmte Strecke zurückgelegt hat, werden die Netze ohne Unterbrechung der Fahrt gegen andere ausgewechselt und ihr Inhalt wird in signierte Flaschen entleert, während sich die Ersatznetze füllen, welche nachher wieder gegen die mittlerweile ausgewaschenen ersten Netze ausgetauscht werden u. s. f. Am Schluss der Fahrt enthält dann jede der Sammelflaschen eine Planktonprobe aus einer bestimmten Teilstrecke, die ganze

Flaschenreihe aber in lückenloser Kette die zeitlich gleichwertigen Plankton-Typenfänge vom Süßwasser des Hafengebietes durch alle Grade der Salinität des Brackwassers bis zum hohen Salzgehalt der Nordsee, wie er sich günstigen Falls zur Zeit von Hochwasser und Seewind bei Neuwerk einstellt.

Jeder Qualitativfang wird z. T. in Formalinwasser konserviert, z. T. in weithalsigen konischen Flaschen in einer Eiskiste untergebracht und zum Studium solcher Organismen verwandt, die in Berührung mit Konservierungsflüssigkeit ihre charakteristische Form einbüßen und darum nur lebend mit Erfolg zu untersuchen sind.

2. **Die quantitative Bestimmung des Planktons.** a) **Geschichtliches.** Nachdem schon ASPER und HEUSCHER sowie IMHOFF Versuche zur Mengenbestimmung von Planktonorganismen angestellt hatten, begründete HENSEN¹⁾ die erste quantitative Planktonmethode. Diese Methode beruht auf Vertikalfängen mit konischen Netzen aus feinsten Müllergaze (Vgl. Taf. 2). Die Netze haben eine im Verhältnis zur Gazezfläche kleine Öffnung von genau bestimmtem Querschnitt. Bei senkrechtem Aufzug sollte nach HENSEN's Ansicht ein feststehender Bruchteil des Planktongehaltes einer Wassersäule ins Netz gelangen und in dessen unterstem Teil, dem »Eimer«, gesammelt werden, deren Höhe der Zuglänge und deren Querschnitt der Netzöffnung entspricht. Das gefangene Plankton wird sehr sorgfältig in Flaschen gespült und konserviert. Zur analytischen Bearbeitung bringt HENSEN die den Planktonfang enthaltende Flüssigkeit durch Zusatz von verdünntem Alkohol auf ein bestimmtes Volumen, verteilt darin durch Schütteln das Plankton möglichst gleichmäßig und entnimmt mittels einer von ihm konstruierten Stoßpipette dem Gemisch genau gemessene Stichproben, welche nunmehr auf Objektträgern ausgebreitet und unterm Mikroskop — jede Art für sich — ausgezählt werden.

¹⁾ HENSEN, V. Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren. 5. Bericht f. wiss. Unters. d. deutschen Meere. Kiel 1887.

Leider führt aber diese Methode, die ursprünglich von HENSEN zur Bestimmung des Meeresplanktons ausgearbeitet und später durch APSTEIN den Verhältnissen des Süßwassers angepaßt wurde,¹⁾ in den planktonreichen Binnengewässern ausnahmslos zu falschen Resultaten. Das hatte ich bereits im Sommer 1893 bei Fängen im Ratzeburger See erkannt und 1901 ebendort ziffernmäßig bewiesen.²⁾ Auch FRENZEL³⁾ hat bei Untersuchungen im Müggelsee und KOFOID⁴⁾ im Illinoisfluß gleiches gefunden und einige Jahre später hat LOHMANN⁵⁾ dieselbe Beobachtung bei Meeresuntersuchungen gemacht. Trotz der großen Feinheit der Netzgaze (es kommen zwischen 5000 und 6000 Maschen auf den Quadratcentimeter) gehen zu Anfang eines jeden Aufzugs sehr viele der kleinsten Planktonten durch die Maschen, welche letztere sich aber bald mehr und mehr verstopfen und darum immer weniger Wasser durchlassen, bis schließlich das meiste samt seinem Planktongehalt vor der Netzöffnung wie vor einem dichtwandigen Gefäß vorbeigedrängt wird, sodaß man aus den oberen Wasserschichten häufig nur noch einen ganz kleinen Bruchteil des wirklich vorhandenen Planktons fängt. Auch die weitere Vorbereitung der Fänge und die Entnahme der Stichproben geben zu weiteren, wenn auch weniger wesentlichen, Fehlerquellen Veranlassung.

b) Unsere Planktonmethode. Weil nun bei der Elbuntersuchung möglichst sichere und gut vergleichbare Resultate aus der Sielwasser-Region wie aus dem »Reinwasser« oberhalb Hamburgs von größter Wichtigkeit waren, mußte zur Erlangung

¹⁾ APSTEIN, C. Das Süßwasserplankton, Methode und Resultate d. quantit. Untersuchung. 1896.

²⁾ VOLK, RICH. Mitteilungen a. d. Naturhistorischen Museum XVIII. p. 138 bis 140 u. 174—177. (2. Beiheft zum Jahrbuch der Hamb. Wiss. Anstalten XVIII. 1901).

³⁾ FRENZEL, JOHS. Zur Planktonmethodik. — *Biolog. Zentralblatt* XVII. 1897.

⁴⁾ KOFOID, C. A. On some important sources of error in the Plankton method. *Science* VI. 1897.

⁵⁾ LOHMANN, G. Neue Untersuchung. üb. d. Reichtum d. Meeres an Plankton etc. — *Wissensch. Meeresuntersuchungen*, Abt. Kiel, N. F. VII. 1902.

solcher eine neue, zuverlässigere Methode ausgearbeitet werden. Zu diesem Zweck konstruierte ich eine »Planktonpumpe«, die hier von der Firma BOLDT & VOGEL nach meinen Angaben ausgeführt wurde.¹⁾ Sie besteht in der Hauptsache aus einer Rotationspumpe mit mechanischer Hebevorrichtung für den an langem Spiralschlauch befestigten Saugkorb und einem in der Druckleitung der Pumpe befindlichen zylindrischen Mischkessel von 100 Liter Inhalt. Eine Rotationspumpe mußte gewählt werden, weil die andauernd großen Mengen von Treibsand im Strombett der Elbe die Anwendung einer Kolbenpumpe ausschließen. Mit Hilfe dieser »Planktonpumpe« können aus jeder beliebigen Tiefe des jeweiligen Wasserstandes, wie auch aus der gesamten Wasserschicht vom Grund bis zur Oberfläche, genau gemessene Wassermengen mit ihrem vollständigen Planktongehalt gefördert werden. Nur zur Bestimmung der verhältnismäßig großen Copepoden und Cladoceren, und auch nur dann, wenn das Wasser an der betreffenden Fangstelle besonders arm an diesen Krebschen ist, werden große Wassermengen (bis zu 1200 Liter) durch ein Planktonnetz gepumpt; sonst ist der Gebrauch der Netze bei Quantitativfängen ausgeschlossen. Vielmehr werden zur quantitativen Bestimmung aller übrigen Planktonwesen (und auch der Kleinkruster, wenn sie das Wasser stärker bevölkern) aus dem genannten Mischkessel der Pumpe, nachdem sein Inhalt mit Hilfe eines durchgepumpten Luftstromes gleichmäßig gemischt ist, 25 Liter in weithalsige Sedimentierflaschen abgelassen und zur Abtötung und Erhaltung der Organismen mit Formalin versetzt. Nach einigen Tagen der Ruhe im Laboratorium sind alle Planktonwesen zu Boden gesunken und können, nach dem Absaugen der klar überstehenden Flüssigkeit, quantitativ genau in eine kleinere, vorher tarierte Flasche gespült werden. Hier fügt man dem Material bis zu einem bestimmten Gewicht einen mit Formalin versetzten Quittenschleim zu und verteilt es in diesem ganz gleichmäßig durch vorsichtiges Umschwenken. Von diesem innigen Gemisch, in welchem eine

¹⁾ Tafel III zeigt die Planktonpumpe auf der Dampfbarke »Gaffky«.

Entmischung durch Absetzen während der Arbeit gänzlich ausgeschlossen ist, werden dann auf der Analysenwage ausgewogene Stichproben (ähnlich wie bei der HENSEN'schen Methode die gemessenen) unterm Zählmikroskop ausgezählt.¹⁾ Die Zählergebnisse werden nicht wie von dem Begründer der Planktonanalyse auf die Wassermasse unter einem Quadratmeter Oberfläche (bei Meeresuntersuchungen), sondern, des ständig wechselnden Wasserstandes wegen, stets auf den Raummeter Wasser als Einheit berechnet.

Wie groß der Unterschied in den Ergebnissen beider Methoden ausfallen kann, ist aus der Tatsache zu ersehen, daß — bei vergleichenden Versuchen an einer bestimmten Stelle des Ratzeburger Sees — der Pumpenfang 22,4 mal so viel Planktonorganismen lieferte wie die entsprechenden Züge mit einem neuen Planktonnetz. In der Elbe fällt diese Differenz noch sehr viel größer aus, indessen ist das strömende und detritusreiche Elbwasser zu vergleichenden Versuchen nicht geeignet. Aus diesem Grunde hatte ich dieselben bei Windstille auf dem genannten Binnensee vorgenommen.²⁾ (Übrigens arbeiten die Kieler Planktologen seit einigen Jahren ebenfalls mit einer Planktonpumpe.)

¹⁾ Ich bewahre seit 5 $\frac{1}{2}$ Jahren Hunderte von Planktonproben in Quitten schleim auf, in welchen bis heute durch das unbewaffnete Auge keinerlei organischer Bodensatz zu erkennen ist. — Nebenbei bemerkt, ist reiner, durch Schütteln von Quittensamen mit kaltem Wasser frisch bereiteter Quittenschleim ein vorzügliches Einbettungsmittel für lebende Kleintiere. Ciliaten und Rotatorien entfalten zwar ihr Wimperspiel, Copepoden und Cladoceren bewegen ihre Gliedmaßen, aber sie kommen nicht von der Stelle und können darum mühelos stundenlang lebend unter dem Mikroskop beobachtet werden.

²⁾ Die genaue Beschreibung unserer Methoden findet sich in meinen beiden Schriften: »Die bei der Hamburgischen Elb-Untersuchung angewandten Methoden zur quantitativen Ermittlung des Planktons. Mit 3 Tafeln und 17 Textfiguren. — Mitteilungen a. d. Naturhist. Museum. (Jahrbuch d. Hamburg. Wissensch. Anstalten XVIII. 2. Beiheft 1901.) — Nachträge und Abänderungen in Hamburgische Elbuntersuchung VIII. »Studien über die Einwirkung der Trockenperiode im Sommer 1904 auf die biologischen Verhältnisse der Elbe bei Hamburg«. Mit einem Nachtrag über chemische und planktologische Methoden. Mit 2 Tafeln und 1 Karte. — Mitteil. a. d. Naturhist. Museum XXIII. (Jahrbuch d. Hamburg. Wissensch. Anstalten XXIII. 2. Beiheft 1906.)

c) **Die Schöpfmethode.** Die neuerdings beliebte Schöpfmethode, bei welcher 25 oder 50 Liter Wasser geschöpft, durch ein Planktonnetzchen gegossen und dann Proben des Netzurückstands zur Auszählung gebracht werden, liefert nur die größeren Organismen quantitativ »zur Strecke«, während eine große Menge der kleineren Formen, ähnlich wie bei den HENSEN'schen Netzzügen, durch die Maschen schlüpft und damit verloren geht. Es handelt sich also hier höchstens um eine Bruttomethode, zumal sie ja auch nur Oberflächenplankton zu liefern imstande ist. Mit Vorteil verwendbar ist diese Fangweise übrigens da, wo es sich um das Studium der tageszeitlichen Vertikalwanderungen der Planktonkruster in nicht fließenden Binnengewässern handelt.

d) **Die volumetrische Bestimmung des Planktons** durch Sedimentierung oder Zentrifugierung, die, wie ich schon an anderer Stelle näher gezeigt habe,¹⁾ selbst für stehende Gewässer nur einen recht zweifelhaften Wert hat, ist in Strömen mit namhaftem Detritusgehalt des Wassers, wie ihn ja auch die Elbe führt, gänzlich ausgeschlossen; Gewichts- und chemische Bestimmungen ganzer Fänge sind bei dem Elbplankton aus demselben Grunde zu verwerfen.²⁾

B. Physikalische und chemische Methoden.

1. **Die Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit** des Wassers durch Versenken einer weislackierten Blechscheibe bis zur Grenze der Sichtbarkeit und Messung der überstehenden Wasserschicht kann bei Windstille in Teichen und Seen immerhin einen wertvollen Fingerzeig für den Planktongehalt des Gewässers geben. In unserm Untersuchungsgebiet würde aber die Verwendung auch dieses Hilfsmittels des großen Detritusgehaltes wegen, der noch dazu durch die Tidenbewegungen einem vielfachen Wechsel unterworfen ist, wertlos sein und nur eine nutzlose Zeitverschwendung bedeuten.

¹⁾ Mitteilungen a. d. Naturhistor. Museum XVIII 1901, p. 156.

²⁾ Über die Gewichts- und chemische Wertbestimmung der Planktonkruster siehe unten Seite 18 und 44—45.

2. **Die Schwankungen des Luftdrucks** müssen auf jeder Fangfahrt beobachtet und notiert werden, weil diese Notizen später bei der Reduktion der analytisch gefundenen Werte des im Wasser gelösten freien Sauerstoffs unentbehrlich sind.

3. **Die Wasserwärme** wird bei unseren Fahrten an jeder Fangstelle und bei der Entnahme von Wasserproben zur chemischen Untersuchung gemessen, und zwar unter der Oberfläche und am Grunde, bei größeren Tiefen auch in der Mitte der Wasserschicht.

4. **Die chemischen Feststellungen** mußten auf den qualitativen Nachweis von Ammoniak, salpetriger und Salpetersäure und die quantitative Bestimmung des in den Chloriden enthaltenen Chlors, des im Wasser gelösten freien Sauerstoffs und der Oxydierbarkeit der im Wasser gelöst vorhandenen organischen Stoffe beschränkt werden.

Die Bestimmung des Chlors geschieht nach der MOHR'schen, die des Sauerstoffs nach der WINKLER'schen Methode. Eine große Anzahl von Parallelbestimmungen des Sauerstoffs mit dem »Tenax-Apparat« hat nicht befriedigt. Die gerühmte Zeitersparnis durch Verwendung dieses Apparates kann ich nicht bestätigen, und außerdem haben sich in den Resultaten mehrfach zu große Differenzen gegenüber der rein chemischen Methode ergeben. Für unsere Zwecke noch weniger geeignet ist die Abschätzung nach der HOFER'schen Farbentafel. Die Oxydierbarkeitsbestimmungen (nach KUBEL) werden nur noch im Wasser vorgenommen, das vorher durch BERKEFELD'sche Serumfilter gelaufen ist, weil das »Rohwasser« der Elbe meistens etwas zu hohe Zahlen ergibt, die suspendierten Stoffe setzen zu langsam ab und manche von ihnen lassen sich durch Papierfilter nicht zurückhalten.

Zur Verwertung der Sauerstoffzehrung konnte ich mich nicht entschließen, weil ich nach einer langen Reihe von Versuchen — in Dunkelkammer und Tageslicht — zu große Schwankungen in den Ergebnissen dieser Methode beobachtet hatte, wie das ja schon aus rein biologischen Erwägungen vorauszusehen war. Etwas

eingehender habe ich die Sauerstoffzehrung schon vor Jahresfrist besprochen,¹⁾ weitere Resultate werde ich später veröffentlichen.

Andere hydrochemische Bestimmungen konnten umsomehr unterbleiben, als solche, wie bereits bemerkt, dauernd in zwei anderen Staatslaboratorien ausgeführt werden.

In den letzten Jahren habe ich auch Wertbestimmungen unserer beiden wichtigsten Planktonkrebse, *Eurytemora affinis* POPPE und *Bosmina longirostris-cornuta* JURINE als Fischnahrung vorgenommen. Dabei wurden bestimmt »lebendes« Gewicht, Wassergehalt und Trockensubstanz, und in dieser wieder Muskelsubstanz, Fett, Chitin und Mineralsalze. Von weiter spezialisierten Untersuchungen in dieser Richtung mußte ich wegen Zeitmangel absehen.

C. Verschiedene Hilfsmittel.

Mikroskopische Dunkelfeld-Beleuchtung. Seit mehreren Jahren habe ich sowohl bei der mikroskopischen Durchmusterung der Planktonfänge, wie auch beim eingehenden Studium vor Einzelformen, in weitgehender Weise die durch Ablendung des zentralen Lichtes erzielte sogenannte Dunkelfeld-Beleuchtung ausgenutzt. Doch während ich bis vor kurzem diesen Effekt durch schwarze Papierscheibchen (von empirisch gefundener Größe) die zwischen der zweiten und dritten Kondensorlinse oder über der obersten Objektivlinse eingeschaltet waren, nur in einer nicht ganz vollkommenen Weise erzielt hatte, hat neuerdings H. SIEDENTOPF vom Gelehrtenkollegium der Firma ZEISS die altbekannte Sternblende unter dem Kondensator mit Metallscheibchen von berechnetem Durchmesser versehen, und hat — das ist eine Hauptsache — den Kondensator durch Immersions-Öl mit der Unterseite des Objektivträgers verbunden. Die aus dem Kondensator austretenden, stark gebrochenen Randstrahlen gelangen durch totale Reflexion von der Oberseite des Deckglases als »Oberlicht« auf das Objekt, das nun helleuchtend auf dunklem Grunde erscheint. Diese Beleuchtungsweise gestattet nunmehr eine Aus-

¹⁾ Hamburgische Elb-Untersuchung VIII p. 53—55 (Mitteil. a. d. Naturhistor. Museum XXIII 1906.)

nutzung der Trockensysteme, wie sie mit denselben Objektiven bei durchfallendem Licht in vielen Fällen nicht zu erreichen ist.

Abgesehen von manchen sonst nur im gefärbten Zustand sichtbaren Geißeln gewisser Mastigophoren oder schwer erkennbaren Einzelheiten bei Rädertieren und Protophyten, sieht man mühelos durch das ZEISS'sche Achromat 4 mm, in Verbindung mit den Kompensationsokularen 12 oder 18, sogar die lebende (ungefärbte) *Spirochaete pallida* SCHAUDINN im frischen Syphiliseiter. Dies ist ein Erfolg, welchen man bei durchfallendem Licht nur schwierig mit dem stärksten Immersionssystem erzielt.

Übrigens bedingen solche Höchstleistungen die Anwendung des dreiteiligen Kondensors von 1,4 numerischer Apertur, und als Einbettungsmittel Wasser oder eine Substanz von ähnlichem Brechnungsvermögen. Immersionssysteme können hier selbstverständlich nicht in Anwendung kommen.

Die Mikrophotographie. Wesentliche Dienste leistet uns die Mikrophotographie, die noch vor nicht sehr langer Zeit ihrer bis dahin fast durchweg nur wenig befriedigenden Resultate wegen wohl von den meisten Fachgelehrten kaum höher als eine interessante Spielerei eingeschätzt wurde. Erst mit Einführung der von ERNST ABBE berechneten »Achromatsysteme«¹⁾ mit »Kompensationsokularen« durch CARL ZEISS in Jena gelangte dieser Zweig der Photographie zu höchster Bedeutung, und heute ist er, wie die Photographie überhaupt, vielfach zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel für die naturwissenschaftliche Forschung geworden.

Früher war man einzig und allein auf das äußerst mühevoll und zeitraubende Abzeichnen der mikroskopischen Bilder angewiesen, ein — trotz Zeichenprisma u. s. w. — doch nur subjektives Verfahren der Formenwiedergabe, dessen Erzeugnisse von einer ganzen Reihe äußerer und innerer Einflüsse auf den Zeichner (Nebenlicht, ungleiche Befähigung und Ermüdung des Auges,

¹⁾ Für die Mikrophotographie liegt der hohe Wert der ABBE-ZEISS'schen Achromatsysteme z. T. in ihrer großen Lichtstärke, hauptsächlich aber im Fehlen der Fokusdifferenz, weil der optische mit dem chemischen Brennpunkt zusammenfällt.

verschiedenartige Auffassung des Geschehenen u. s. w.) abhängig und darum nicht immer zuverlässig gewesen sind. Dagegen erhält man jetzt bei richtiger Handhabung des mikrographischen Apparats und des photographischen Verfahrens auf der nie ermüdenden und nie phantasierenden lichtempfindlichen Platte absolut genaue Abbildungen der Objekte, und zwar bis über die äußerste Grenze des direkten mikroskopischen Erkennens durch normale Augen.

Der Nutzen, welchen die Mikrophotographie unseren biologischen Elbstudien gewährt, erstreckt sich hauptsächlich nach zwei Seiten hin. Einmal gewinnt man unter Anwendung schwächerer Vergrößerungen charakteristische Gruppenbilder mikroskopischer Lebensgenossenschaften, und dann dienen die stärkeren Vergrößerungen — bis zur Höchstleistung der ZEISS'schen Achromate — zu den eingehendsten Untersuchungen von Einzelorganismen. Diese Reihen von Abbildungen erlangen für uns vielfach den Wert wissenschaftlicher Dokumente.

Weil es sich bei unseren Untersuchungen häufig auch um die Abbildung von Tieren handelt, die bei Eintritt des Todes oder in Berührung mit Konservierungsmitteln ihre Gestalt bis zur Unkenntlichkeit verändern, oder die im Leben so beweglich sind, daß man Dutzende von Aufnahmen machen könnte ohne ein befriedigendes Bild zu erzielen, sah ich mich zur Konstruktion einer Vorrichtung genötigt, welche Momentaufnahmen der Organismen bei gleichzeitiger Beobachtung auf einer sekundären Visierscheibe gestattet. Der Apparat, der unmittelbar hinter dem Okular des wagrecht umgelegten Mikroskops eingeschaltet wird, besteht aus einem modifizierten Fallbrettschlitzverschluß, mit einem total reflektierenden Prisma und der genannten zweiten Mattscheibe. Solange dem Strahlengang durch den aufgezogenen Verschluß der Weg in die Kamera und zu der geöffneten Kassette versperrt ist, wird er rechtwinklig zur optischen Achse nach der Sekundärscheibe abgelenkt, die genau so eingestellt ist wie die Kassette mit der lichtempfindlichen Platte. Erscheint nun das Bild des betreffenden Geschöpfes in

wünschenswerter Stellung in der Mitte der zweiten Scheibe, so löst man den Verschuß aus und erzielt so eine Aufnahme im gewünschten Moment. Besonders empfindliche Tiere, z. B. verschiedene Rotatorien, reagieren übrigens auf die großen Lichtmengen die zur Erzeugung von Augenblicksbildern unerlässlich sind, ähnlich durch Formenentstellung wie auf chemische Konservierungsmittel, und darum mußte für sie noch ein besonderer Lichtschützer angebracht werden. Derselbe besteht aus einer bräunlichen Glimmerplatte, die zwischen dem Objekt und der Lichtquelle (Bogenlampe für 20 Ampère Stromstärke) eingeschaltet ist. Indem die Platte die Bestrahlung des Tieres genügend mildert, gestattet sie immer noch genaue Beobachtung des Bildes auf der Sekundärscheibe; aber im selben Augenblick, in dem der Verschuß ausgelöst wird, wird die Glimmerscheibe durch einen Hebel zur Seite geschoben und das Tier ist photographiert, noch ehe es Zeit zu einer Gestalt- oder Stellungsveränderung gefunden hat.

An Fahrzeugen hatten wir zu den Arbeiten in den Häfen und auf dem Strom bei Hamburg-Altona die Dampfbarkasse »Gaffky« (Taf. 3) des Hygienischen Instituts mit dem Motorboot »Rotenburgsort« der Stadt-Wasserwerke, zu den Fahrten bis zur Nordsee die beiden Staatsdampfer »Johannes Dalmann« und »Norder-Elbe« (Taf. 1) und für die Untiefen des Stromes außerhalb der Fahrinne die Motorbarkasse »Strom- und Hafenzbau XI« (Taf. 2) zur Verfügung.

Die systematische Bearbeitung des überaus formenreichen Materials, das auf hunderten von Fangfahrten aus unserem vielgestaltigen Arbeitsgebiet bis jetzt zusammengebracht ist, und das sich noch weiter vermehren wird, kann naturgemäß nur durch weitgehende Arbeitsteilung bewältigt werden. Es hat sich denn auch ein ganzer Stab von einheimischen und auswärtigen Spezialforschern in entgegenkommendster Weise zur Hilfeleistung bereit finden lassen, sodaß wir bis jetzt schon 9 Arbeiten veröffentlichen konnten.

III.

Ergebnisse.

Ziemlich vorgeschritten sind bis jetzt unsere floristischen und faunistischen Studien, und zu einem gewissen Abschluß gelangten die Untersuchungen über die Einwirkung der Sielwässer auf das Pflanzen- und Tierleben in der Elbe bei Hamburg-Altona. Dabei beanspruchen die Ergebnisse aus der Trockenperiode des Sommers 1904 einen besonderen Wert, weil sie unter der denkbar ungünstigsten Wasserführung des Stromes erzielt wurden.

Die ganz außerordentliche Armut dieses Sommers an atmosphärischen Niederschlägen hatte bekanntlich in den »stehenden« und fließenden Gewässern des größten Teiles von Europa überaus niedrige abnorme Wasserstände zur Folge; in der Elbe führte sie oberhalb Hamburgs zu monatelanger Unterbrechung der Schifffahrt und in ihrem Oberlauf sogar zu stellenweiser Trockenlegung des Flußbettes.

Es liegt auf der Hand, daß unter solchen Umständen die bei Hamburg in den Strom gelangenden Abwässer mit ihren gelösten organischen Stoffen bei weitem nicht diejenige Verdünnung, die von ihnen mitgeführten festen, fäulnisfähigen Körper nicht den Grad der Verteilung erfahren konnten, wie dies bei normaler Wasserführung der Fall ist. Entsprechend dieser Tatsache hätten sich Übelstände, die durch eine im Verhältnis zur Wassermenge allzugroße Zufuhr fäulnisfähiger Stoffe unzweifelhaft in jedem Gewässer entstehen, auch in unserem Arbeitsgebiet bemerklich machen müssen, wenn das vorhandene Elbwasser nicht mehr zu dem Grade der Verdünnung ausgereicht hätte, der zur Einsetzung (nicht bakterieller) »Selbstreinigungsvorgänge« (vergl. Seite 3 u. 48) unerlässlich ist.

Zum besseren Verständnis wichtiger biologischer Erscheinungen, wie sie durch unsere Untersuchungen festgestellt wurden, lasse ich hier den Abschnitt der chemischen Ergebnisse dem der biologischen vorausgehen.

A. Hydrochemische Ergebnisse.

1. **Die Vermehrung von Abwasser-Bestandteilen** in der Elbe bei Hamburg und Altona. Zu den normalen Bestandteilen eines jeden Flußwassers gehören unter anderem auch geringe Mengen von Chlornatrium und organischen Stoffen. Beide sind Stoffe, beziehungsweise Stoffgruppen, welche — ganz abgesehen von gewissen Industrieanlagen — in den Abgängen des menschlichen Haushaltes in sehr erheblichen Mengen auftreten. Daher unterliegt es keinem Zweifel, daß die Entwässerung der Wohnstätten von rund einer Million Menschen, mit der wir hier zu rechnen haben, dem Strom einen an sich bedeutenden Zuwachs an Kochsalz und fäulnisfähiger Substanz, von denen er aus seinen Oberlauf schon große, stets wechselnde Mengen mitbringt, zuführen muß; trotzdem aber werden wir gleich sehen, daß dieser Zuwachs im Verhältnis zur Wasserführung doch nur ein recht bescheidener ist.

An Urin liefert die hier in Betracht kommende Bevölkerung in 24 Stunden höchstens etwa 1000 kbm. und darin 11000 kg Kochsalz und 30000 kg gelöste organische Substanz, oder, ungünstig gerechnet, in der Sekunde 12 Liter Urin mit 130 Gramm Kochsalz und 360 Gramm organischer Substanz. Da nun aber die Norderelbe allein (für gewöhnlich) im Durchschnitt 360 Sekunden-Raummeter Wasserzufluß hat, so ergibt sich aus der ganzen Urinmenge nur eine Anreicherung von 1 Teil Kochsalz auf 2700000 Teile und gelöste organische Stoffe 1 Teil auf 1000000 Teile Wasser, welche nicht mehr quantitativ nachweisbar sind, und die wir darum mit dem Ausdruck verschwindend klein bezeichnen dürfen, selbst wenn wir noch die organischen Stoffe aus den Fäkalien hinzurechnen, die in ihrer Gesamtmenge etwas weniger betragen als die aus der Urinproduktion.

Alle diese organischen Verunreinigungen, mögen sie sich aus dem menschlichen Stoffwechsel, von den Abfällen der Haushaltungen oder aus der Industrie herleiten, werden durch Selbstreinigung des Stromes zum größten Teil wieder aus dem Wasser entfernt.

Aus den vorstehenden Betrachtungen geht hervor, daß chemisch-analytische Vergleiche zwischen dem Wasser unseres

Sielwassergebietes mit demjenigen des »Reinwassers« oberhalb Hamburgs bei der verhältnismäßig geringen Feinheit der chemischen Methode kaum irgend welchen Unterschied erkennen lassen konnten. Dies war um so weniger der Fall, als zu den Schwierigkeiten, die sich aus der großen Verdünnung ergeben, noch zwei weitere hinzutraten:

1) führt das Elbwasser schon aus dem Oberlande wechselnd große Mengen gelöster und ungelöster (Detritus) organischer Stoffe mit sich und

2) enthält es ganz abnorme, ebenfalls ständig wechselnde Quantitäten Chlorverbindungen.

In beiden Fällen handelt es sich nicht nur um die durch atmosphärische Niederschläge hervorgerufenen, natürlichen Schwankungen, sondern hauptsächlich um die wesentliche Beeinflussung der Mengenverhältnisse durch die Abwässer mannigfacher Industrieanlagen im oberen Stromgebiet der Elbe.

2. **Der Chlorgehalt.** Ganz besonders sind es die Chlorsalze, deren normaler Bestand durch die Effluven der Montanindustrie des Saalegebiets (Kaliumfabriken, Wasserhaltung von Bergwerken) einen ganz enormen Zuwachs von Chlornatrium und anderen Chloriden erhält, wobei die Mengen, je nach dem Stande der Industrie, zuweilen recht erheblich variieren. Obwohl man in Berücksichtigung all' dieser Umstände, wie schon vorhin bemerkt, bezüglich des Chlorzuwachses durch unsere Sielwässer, aus vergleichenden Analysen keinen Erfolg erhoffen konnte, mußte ich doch im Hinblick auf die Gesamtziele unserer Arbeiten, bei denen es sich um alle Grade des Salzgehaltes der Untereibe bis zur Nordsee handelt, vom Beginn unserer Untersuchungen an jeder Fangstelle und bei jedem Fang den Chlorgehalt des Wassers feststellen.

Hunderte von Bestimmungen in Wasserproben, die auf der Strecke Gauert — Schulau (oberhalb der Brackwasser-Region) entnommen waren, hatten in der Zeit vom Mai 1900 bis Oktober 1905 sehr erhebliche Schwankungen des Chlorgehaltes ergeben. Abgesehen von dem für uns nicht kontrollierbaren Zufluß aus der

Montanindustrie des Saalegebietes, zeigte sich durchweg eine große Einwirkung der Wasserführung des Stromes auf die relativen Chloridmengen im Wasser. Bei hohen Wasserständen sinkt naturgemäß durch die größere Verdünnung der Salzgehalt, während er bei geringer Wasserführung steigt. So stieg 1900 das Chlor von 99,4 Mgr. im Liter im Mai während einer Trockenperiode mit dauernden östlichen Winden im Hochsommer desselben Jahres bis zu 356,2 Mgr. Viel geringer waren die Schwankungen während des Jahres 1902, indem sie sich zwischen 81,6 bis 106,5 Mgr. bewegten. Wie vorauszusehen war, stiegen die Chlorzahlen im Hochsommer 1904 sehr erheblich, nämlich bis zu 400 Mgr. fürs Liter, während meine höchste Beobachtungsziffer von 1905 (13. September) nur 193,5 war. Im Durchschnitt erhielt ich aus meinen Analysen im September des Trockenjahres 1904 367,2 Mgr. Chlor gegen 157,5 in der gleichen Zeit des folgenden normalen Jahres.

Aus einer Reihe älterer Untersuchungen des Elbwassers bei Hamburg, von 1852 bis zum Beginn unserer eigenen Feststellungen, gewinnt man übrigens — abgesehen von zeitweiligen Schwankungen — in der jahrzehntelang beobachteten andauernden Steigerung des Chlorgehaltes gewisse Anhaltspunkte für das Einsetzen und die Entwicklung der Kaliindustrie im Saalegebiet. Vor 1871 war das Elbwasser bei Hamburg normal salzig, sein natürlicher Chlorgehalt war lediglich von der Menge der atmosphärischen Niederschläge abhängig und bewegte sich nach den aus der Zeit von 1852 bis 1870 vorhandenen Analysen zwischen 18,5 und 29,7 Mgr. Chlor im Liter. 1871 fand ULEX dagegen schon 59,3, 1875 SCHORER 85,2, 1887 WIBEL 116,0, WOHLWILL 1889 bereits 218,4 und 1892 gar 483,0 Mgr. Durch die Wasserhaltung der Mansfelder Gruben in Verbindung mit den Staßfurter etc. Laugen stieg plötzlich im Januar 1893 der Chlorgehalt auf 693,1 Mgr., welche einer Salzmenge entsprechen, die sich umsomehr durch den Geschmack des Wassers geltend macht, als es sich hier nicht nur um Kochsalz, sondern auch um einen namhaften Gehalt an Chlormagnesium handelt. Nach

einem rapiden Fallen im Frühjahr stieg der Chlorgehalt im August desselben Jahres noch einmal auf 605,1 Mgr., doch wurden meines Wissens solche Zahlen seitdem nicht wieder beobachtet, obwohl die Elbe von der Einmündung der Staßfurter etc. Laugen abwärts dauernd als abnorm salzig und überhaupt als der salzhaltigste Strom Europas zu gelten hat. Ein Vordringen des Chlorgehalts aus dem Brackwasser-Gebiet bis in die Gegend von Hamburg ist ausgeschlossen, ja selbst in der Trockenperiode 1904 konnte ich nicht einmal bei dem 17 Kilometer stromabwärts gelegenen Schulau auf chemischem Wege ein Vorrücken des Brackwassers bis zu dieser Stelle nachweisen.

3) **Die Oxydierbarkeit der im Wasser gelösten organischen Stoffe.** Die in ihrer Zusammensetzung meistens unbekanntes Kohlenstoffverbindungen, welche man in ihrer Gesamtheit als »gelöste organische Substanz« bezeichnet, befinden sich größtenteils in einer dauernden, von verschiedenartigen Faktoren beeinflussten Umwandlung. Unter Verbrauch von im Wasser gelöstem freien Sauerstoff, der bekanntlich für das Leben und Gedeihen der Wasserbewohner unentbehrlich ist, werden Stoffe zersetzt und zugleich neue gebildet, die mehr oder weniger eingreifend die inmitten solcher Vorgänge lebenden Organismen beeinflussen. Bei der außerordentlichen Vielgestaltigkeit und Veränderlichkeit des in der »organischen Substanz« vorhandenen Stoffgemisches ist eine Mengenbestimmung wie bei einem chemischen Individuum nicht möglich. Wir müssen uns vielmehr mit dem Vergleich der Zahlen begnügen, welche die zur Oxydation dieser Stoffe nötigen Mengen Sauerstoff oder Kaliumpermanganat liefern.

Dieser Verbrauch an Kaliumpermanganat schwankte in der warmen Jahreszeit normaler Jahre zwischen 25,2 und 33,9 Mgr. im Liter. Selbstverständlich mußte er bei geringerer Wasserführung des Stromes, die hier gerade so wie bei dem Chlorgehalt, gleichbedeutend ist mit einer erhöhten Konzentration, stärker werden. In der Tat ergaben demgemäß die Analysen im September 1904 bis zu 38,9 Mgr. Permanganat-Verbrauch aufs Liter.

Ausdrücklich muß hervorgehoben werden, daß das Elbwasser aus dem oberen Stromlauf mit einem relativ hohen Gehalt an organischen Stoffen — gelösten und ungelösten — bei Hamburg eintrifft. Auch auf die Menge dieser uns aus dem Binnenlande zugeführten Stoffe übt die dortige Industrie, ähnlich wie wir es bei den Chloriden gesehen haben, einen unverkennbaren Einfluß, und zwar sind es die Zuckerfabriken, die zur Zeit der »Zuckerkampagne« eine Steigerung des Gehalts an organischen Stoffen herbeiführen.¹⁾ Weil aber diese Steigerung in eine Zeit fällt, in welcher mit dem Sinken der Wasserwärme die Intensität der Lebensvorgänge der Wasserbewohner wesentlich herabgestimmt ist, verläuft sie in unserem Arbeitsgebiet ohne nachweisbaren schädigenden Einfluß auf Tier- und Pflanzenleben.

Wie bereits auf Seite 23 angeführt, erfährt der aus dem Oberlande mitgebrachte Gehalt des Elbwassers an organischen Stoffen durch unsere Sielwasser-Ergüsse selbstverständlich eine Anreicherung; sie macht sich aber nur in der Nähe der Sielmündungen, wo also die Verdünnung und Durchmischung der Abwässer mit dem Wasser des Stromes noch recht mangelhaft ist, bemerkbar, um sich weiter stromabwärts schon bald wieder der Beobachtung zu entziehen.

4) **Der Sauerstoffgehalt** eines Gewässers, d. h. sein Gehalt an gelöstem freiem Sauerstoff, steht im innigen Zusammenhang mit dem Grade der Verschmutzung des Wassers durch fäulnisfähige Stoffe, aber auch mit seinem größeren oder geringeren Reichtum an pflanzlichen und tierischen Wasserbewohnern.

Während reines destilliertes Wasser aus der Luft deren Bestandteile, also auch den Sauerstoff, einfach durch Diffusion aufnimmt und sich mit ihnen je nach dem zur Zeit herrschenden

¹⁾ Nach WEIGELT werden in etwa 300 Zuckerfabriken des Elbgebietes täglich mindestens 2 000 000 Zentner Rüben verarbeitet, denen mindestens 1 000 000 Kbm. Fabrikabwässer mit (sehr niedrig gegriffen) täglich 500 000 Kg. organischer Substanz entsprechen; oder in 80 Tagen mittlerer Kampagnedauer 40 000 000 Kg, welche in die Elbgewässer gelangen (Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde Bd. III Heft 2 p. 231 1907).

Luftdruck und der Wasserwärme sättigt, treten im Wasser der freien Natur noch zwei Faktoren auf, die mit wechselnder Intensität den Sauerstoffgehalt beeinflussen: das sind auf der einen Seite die Produzenten, auf der anderen die Konsumenten des Sauerstoffs im Wasser.

Zu den Produzenten gehören — so lange sie leben — alle diejenigen pflanzlichen Geschöpfe, welche durch Assimilation die im Wasser vorhandene freie Kohlensäure¹⁾ tagsüber zerlegen, indem sie von deren Kohlenstoff, unter gleichzeitiger Abscheidung freien Sauerstoffs, der im Wasser gelöst wird, zum Aufbau ihres Körpers verwenden.²⁾ Sauerstoffkonsumenten dagegen sind alle Tiere und neben ihnen alle toten organischen Stoffe, die entweder von Kadavern oder, als Auswurfstoffe, von lebenden Organismen herkommen. Im Leben verbrauchen die Tiere Sauerstoff zum Atmungsprozeß, während ihre flüssigen und festen Absonderungen ebenso wie die abgestorbenen Tier- und Pflanzenkörper als fäulnisfähige Substanz, durch die Vermittelung von Bakterien, bei diesem Zerfall große Sauerstoffmengen konsumieren.

Zusammenfassend können wir demnach sagen: »Der Gehalt eines Gewässers an freiem Sauerstoff ist das Produkt aus dem Zusammenwirken von Luftdruck und Wassertemperatur in Gemeinschaft mit den im Wasser sich abspielenden Lebensvorgängen seiner Bewohner.«

Zwar wird im allgemeinen ein Gewässer um so sauerstoffreicher sein, je weniger es mit fäulnisfähigen Stoffen belastet ist, doch kann hier, bei nicht allzu starker Verschmutzung, ein reicher Pflanzenwuchs ausgleichend wirken. Geht aber der Sauerstoffgehalt infolge von Fäulnisvorgängen, zumal bei gleichzeitig

¹⁾ Man gestatte mir den Gebrauch dieses handlicheren, altgewohnten Ausdrucks an Stelle des wissenschaftlicheren »Kohlensäure-Anhydrid« oder »Kohlenstoff-Dioxyd«.

²⁾ Wenn dieselben Organismen bei der Atmung zwar wieder Sauerstoff aufnehmen, so ist dieser Verbrauch gegenüber ihrer Produktion verhältnismäßig so gering, daß wir ihn bei dieser Betrachtung übergehen können.

gesteigerter Entwicklung giftiger Zersetzungsprodukte wie Kohlen- und Schwefelwasserstoff, Schwefelammon etc., sehr stark zurück, so kann dadurch ein mehr oder weniger umfangreiches Absterben von Metazoen, besonders auch von Fischen, bewirkt werden, während viele zu den Protozoen gehörige Abwassertiere (vgl. S. 8) in solcher Brühe üppig gedeihen.

Die Gefahr des Fischesterbens droht bekanntlich besonders bei hoher Wasserwärme im Sommer, zu welcher Zeit die gesamte Lebenstätigkeit der Wassertiere (und mit ihr selbstverständlich auch der Sauerstoffverbrauch) eine wesentlich erhöhte ist. Dann kommt es zwar hier und da vor, daß Fischern ihr Fang bei unsachgemäßem Aufenthalt in der Nähe von Sielmündungen abstirbt, oder daß bei schwerem Gewitterregen oder bei sonstwie veranlaßten ungewöhnlichen Sielergüssen an gleichen Stellen Jungfische eingehen, aber ein weitergreifendes Fischsterben, das auf allgemeinen Sauerstoffmangel zurückzuführen wäre, habe ich während unserer nunmehr schon acht Jahre andauernden Untersuchungen weder im Strom noch in den Häfen feststellen können. Vielmehr hatte ich ständig auf der Strecke zwischen Gauert und Schulau, einschließlich der Trockenzeit von 1904, einen Sauerstoffgehalt gefunden, der mehr als genügend war für das Sauerstoffbedürfnis selbst unserer sauerstoffhungrigsten Fischarten. Infolge reicher Produktion von Planktondiatomeen (*Asterionella*, *Melosira*, *Coscinodiscus*) wurde sehr häufig — zuweilen sogar noch innerhalb der Sielwasserregion — Übersättigung des Wassers mit Sauerstoff wahrgenommen. Die gefundenen Sauerstoffmengen schwankten zwischen 4,01 und 8,78 Kubikzentimeter im Liter.

Ebenso gefährlich, ja noch gefährlicher wie die Sommerwärme, kann bekanntlich auch die Winterkälte für das Tierleben im Wasser werden, sobald sich letzteres für längere Dauer mit einer Eisdecke überzieht. Dann kann sich in dem von der Luft abgeschlossenen Wasser der Sauerstoff, welcher durch die Atmung der Wassertiere sowie durch Zersetzungs Vorgänge allmählich aufgebraucht wird, nicht wieder durch Diffusion ersetzen, und weil

zu dieser Zeit auch das Pflanzenleben auf seinen niedersten Stand angekommen ist, und damit dieser »Sauerstoffproduzent« seine Lieferungen auf ein Minimum reduziert hat, sinkt der Gehalt an »Lebensluft«, während das Wasser zu gleicher Zeit eine Anreicherung von Zersetzungsprodukten (Sumpfgas, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure etc.) erfährt.¹⁾ Bei stärker verschmutzten Gewässern bewirkt der Sauerstoffmangel das Erstickten vieler Wassertiere, insbesondere der Fische, und zwar in Konkurrenz mit Vergiftung durch die genannten Zersetzungsprodukte. Wenn nun auch in zugefrorenen Flüssen die Gefahr wesentlich geringer ist als in »stehenden« Gewässern, und in einem Strom von dem Wasserreichtum der Elbe meines Wissens überhaupt noch nicht beobachtet wurde, so liegt sie doch immerhin auch hier nicht ganz außerhalb des Bereichs der Möglichkeit.

Indessen ist es erstaunlich, wie rasch sich in einem Fluß die Aufnahme von Sauerstoff vollzieht, sobald sein Wasser wieder in Berührung mit der Atmosphäre kommt. So war im letzten Winter die Elbe oberhalb des Hamburgischen Gebietes auf weite Strecken zugefroren und hatte unter der Eisdecke einen Teil ihres Sauerstoffbestandes eingebüßt. Während das Elbwasser anfangs Januar bei Lauenburg nur 6,17 Kbcm. Sauerstoff im Liter enthielt, hatte es schon wenige Kilometer unterhalb des Eises bereits wieder soviel Sauerstoff aus der Luft aufgenommen, daß sein Gehalt in der Nähe Hamburgs auf 7,55 Kbcm. im Liter gestiegen war.

5. **Das Schwefeleisen im Elbschlamm.** Wie in den Ablagerungen mancher anderer Gewässer, verdient auch in der Unterelbe die Bildung und Sedimentierung von schwarzem Schwefeleisen Beachtung. Ihre Vorbedingungen haben wir wie anderwärts zum Teil in den biologischen, zum Teil in den hydrochemischen Verhältnissen des Stromes zu suchen.

Es gibt keine Lebewesen, somit auch keine Wasserbewohner,

¹⁾ Vergl. auch »PAULUS SCHIEMENZ, das Aussticken der Fische im Winter durch die Abwässer der Zucker- und Stärkefabriken«. Ztschr. f. Fischerei XI. 1903, Heft 1.

ohne Proteinstoffe. Außer Kohlen- Wasser-, Sauer- und Stickstoff enthalten diese sehr kompliziert zusammengesetzten Körper auch bis über 2⁰/₀ Schwefel. Unter überaus verwickelten Vorgängen, welche man als Fäulnis und Verwesung bezeichnet, zerfallen diese Proteinstoffe nach dem Absterben des Pflanzen- oder Tierkörpers derart, daß neben einer ganzen Reihe anderer Zersetzungsprodukte auch Schwefelwasserstoff und Schwefelammon auftreten, die sich in eisenhaltigen Gewässern — und die Unterelbe ist ein solches — mit den vorhandenen Eisenverbindungen zu Schwefeleisen umsetzen. Der im Wasser unlösliche spezifisch schwere Körper sinkt an weniger bewegten Stellen des Stromes zu Boden und trägt hier mit der Zeit zur Bildung einer schwarzen Schlammschicht bei. Von diesen weit verbreiteten, seit den Anfängen organischen Lebens in allen eisenhaltigen Gewässern waltenden Vorgängen, geben uns übrigens noch heute Schwefeleisen-Versteinerungen urweltlicher Tiere und Pflanzen Kunde und zwar aus Zeiten, zu welchen noch lange keines Menschen Stoffwechsel-Reste »die deutschen Flüsse verpesteten«, (wie ein modernes Schlagwort lautet).

In der Elbe haben wir aber außer dem genannten noch einen zweiten Faktor, der sehr wesentlich zur Schwefeleisen-Bildung beiträgt. Außer dem bereits erörterten großen Reichtum an Chloriden, enthält das Elbwasser auch nicht unerhebliche Mengen von gelöstem Gips und anderen Sulfaten. Diese werden in Gegenwart organischer Stoffe durch Bakterienarbeit zu Sulfiden bzw. Sulphydraten reduziert, die ihrerseits dann ebenso mit den im Wasser gelösten oder fein verteilten ungelösten Eisenverbindungen durch Wechselersetzung Schwefeleisen bilden wie die schwefelhaltigen Zersetzungsprodukte der Eiweißkörper. Daß dies von Unwissenden so sehr gefürchtete Schwefeleisen weiter nichts ist, als das sichtbare Endprodukt eines Teils der vielgestaltigen Selbstreinigungsprozesse eines Gewässers, kann man auch, fern von irgend welchen menschlichen Zutaten, an jedem eisenhaltigen Waldbach, aber auch in sehr hohem Grade in den Gräben vieler unserer Marschwiesen beobachten.

Der Zuwachs, welchen die Proteinstoffe aus den Abwässern Hamburgs u. s. w. zur Schwefeleisenbildung bringen, ist nur ganz gering, gegenüber der normalen Produktion dieses Körpers in der Unterelbe.

B. Biologische Ergebnisse.

1. Fauna und Flora der Uferzone und des Grundes.

a) Der Oberlauf der Elbe oberhalb Hamburgs bis Gauert. Dieser Abschnitt ist, wie das Strombett im Untersuchungsgebiet überhaupt, äußerst arm an phanerogamischen Pflanzen und damit auch an solchen Tieren der Uferzone, deren Gedeihen an einen reichen Pflanzenwuchs gebunden ist. Weder die Steinböschung des Ufers (vergl. Seite 5), noch der Treibsand des Grundes sind hier der Ansiedelung von Gefäßpflanzen günstig, und die wenigen, die zwischen den Steinen der Böschung meist nur ein kümmerliches Dasein fristen, können weder für die Wasserfauna, noch für die biologischen Vorgänge im Wasser in Betracht kommen. Aber selbst die unter Wasser auf den Steinen des Uferschutzes wachsenden Vertreter der Mikroflora die (abgesehen von verschiedenen Grünalgen) aus sesshaften Diatomaceen und Schizophyceen besteht, sind nur wenig entwickelt und beherbergen darum nur einen bescheidenen Bestand von Kleintieren: Protozoën, Rotiferen, Würmer und kleine Kruster, ferner einige Insektenlarven und nur sehr wenige Mollusken.

Augenscheinlich trägt zu dieser, schon durch die Uferverhältnisse an sich erklärlichen Dürftigkeit noch ganz besonders auch die energisch spülende Wirkung der Kielwellen von ständig vorübereilenden Schleppern und anderen Dampfern bei, und zweifellos sind diese, die Böschung bei mittlerem Wasserstand bis über ihre Krone abfegenden Wellenkämme auch geeignet, das Anhaften von Fischlaich gründlich zu verhindern.

Ein Bild üppigen Pflanzenlebens zeigt dagegen das Gebiet zwischen der Krone der Uferböschung und der Basis der Deiche. Vielfach zwischen Weidengebüsch wachsend, verbreiten sich hier,

entweder in zusammenhängenden Beständen, oder zwischen solchen eingestreut, jene Vertreter der Flora, die wir überall in dem Marschboden des Uferrandes unserer Binnengewässer zu finden gewohnt sind. Indessen wird dieser überreiche Bestand von Uferpflanzen nur ausnahmsweise bei Hochwasser überflutet und bleibt darum ohne merklichen Einfluß auf das Tierleben im -Strom.

In der Nähe der Gehöfte wird die Steinböschung vielfach von Prielen und kleinen Bootshäfen unterbrochen, deren Seiten meistens durch Bollwerke geschützt sind. In diesen verhältnismäßig ruhigen Einschnitten findet man vorwiegend Schlammgrund und in ihm wurzelnd eine besser als im Strombett entwickelte Vegetation. Innerhalb der Bollwerke wachsen an den Rändern dieser Einschnitte nicht nur die charakteristischen Uferpflanzen, sondern wir begegnen zwischen denselben auch einer Reihe flutender und schwimmender Phanerogamen. Dementsprechend hat sich denn auch hier, im Schutz vor zu starker Wasserbewegung und unter günstigen Nahrungsverhältnissen, ein reicheres Tierleben als an den Steinböschungen des Elbbettes angesiedelt.

b) **Die Dove-Elbe und Moorfleether Konkave.** Ähnlich wie in den Prielen finden wir die Verhältnisse von Fauna und Flora an vielen Stellen der »Dove- und Gose-Elbe« und noch mehr in der »Alten Dove-Elbe«, sowie in der »Moorfleether Konkave«. Die beiden letztgenannten Abschnitte bilden eigentlich eine zusammenhängende, stille Bucht, welche in ihrem zurückliegenden Teil — wie bereits auf Seite 4 angeführt — bis zu einem gewissen Grad, d. h. soweit dies innerhalb einer gemäßigten Tidenbewegung des Wassers möglich ist, den biologischen Charakter eines Altwassers zeigt. Entsprechend der hier stärker entwickelten Wasserflora (unter der wir auch einem interessanten Wasserfarn, *Salvinia natans*, begegnen), hat sich hier, besonders auch an großen Beständen älteren Floßholzes, ein bemerkenswerter Reichtum von niederen Wassertieren eingefunden.

Im Verlauf der Ebbe wird der Schlammgrund mit seinem Bestand an Würmern, Schnecken und Muscheln auf große Strecken

frei gelegt, wodurch viele Vögel, wie Störche, Reiher, Kibitze, Uferläufer, sowie Scharen von Möven und Fluß-Seeschwalben herbeigelockt werden, zumal ja auch beim Sinken des Wasserspiegels Lachen mit größeren und kleineren Fischen zurückbleiben.

c) **Die Bille.** Eine noch üppigere, ja stellenweise überreiche Flora, mit *Villarsia nymphacoides* als Charakterpflanze, hat die Bille. Sie ist durch eine Schleuse von der Elbe abgesperrt und dadurch der Einwirkung von Ebbe und Flut entzogen. Trotz der Aufnahme von z. T. recht bedenklichen Fabrik-Abwässern, hat dieses kleine Flüßchen, seinem starken Pflanzenwuchs entsprechend, auch eine reiche und vielgestaltige Fauna, in der neben *Cordylophora lacustris* und interessanten Bryozoën (z. B. *Pectinatella magnifica*, *Lophopus*, *Fredericella*, *Paludicella* und *Cristatella*) die Mollusken, aber auch Insekten, Hydrachniden etc., durch Formen- und Mengenreichtum auffallen. Nahe bei ihrer Mündung erweitert sich die Bille zu dem teichartigen »Billebrack«.

d) **Die Alster.** Weit weniger reich an Pflanzen und Tieren ist das Alsterflüßchen, das bei Eppendorf die durch Fabrik-Abwässer stark verschmutzte, aber nur wenig Wasser führende Tarpenbeck aufnimmt und sich bald darauf zu dem seenartigen Becken der Außen- und Binnenalster erweitert. Das Ufer der Binnenalster ist gänzlich, das der Außenalster zum großen Teil durch solide Mauerung geschützt, die freilich bei angrenzenden Privat-Grundstücken vielfach durch Bollwerk ersetzt wird. Auf weite Strecken fehlt indessen auch dieser Uferschutz, und wir sehen Geröll und Grasnarbe bis zur Wasserfläche herantreten. Der teils sandige, teils schlammige Grund beherbergt Paludinen und viele Zweischaler, unter letzteren in besonders großer Anzahl die an Steinen, Holzwerk u. s. w. oft in dicken Klumpen haftende *Dreysensia polymorpha*; stellenweise sind auch Chironomuslarven in Menge vorhanden.

Reich entwickelt zeigt sich das Pflanzenplankton der beiden Alsterbecken; *Clathrocystis* gibt zuweilen zu sehr starker »Wasserblüte« Veranlassung. Das Zooplankton tritt dagegen auffallend

zurück und läßt eine besondere Armut an Rädertieren erkennen. Auch die Fankrebse sind bis auf *Bosmina coregoni*, für welche die Alster eine bemerkenswerte Brutstätte bildet, viel seltener als im Hafengebiet. Öfter als dort findet man übrigens einzelne Formen wie *Sida crystallina*, *Daphnia longispina* und *Leptodora Kindtii*. Ähnlich der Bille ist auch die Alster durch Schleusen von der Elbe abgesperrt und damit der Tidenwirkung entzogen.

e) Die **Fleete**, vielfach überbrückte Kanäle, welche ganze Stadtteile durchziehen, sind für kleine Fahrzeuge, wie Schuten, Ewer, flachgehende Barkassen und Schlepper, bei mittlerem Wasserstand schiffbar. Sie werden z. T. durch Mauern, z. T. durch Bollwerk eingedämmt und haben sehr verschiedene Breite. Ihr durchweg mehr oder weniger verschlammter Grund ist vielfach mit Scherben, leeren Konservenbüchsen etc. nebst den verschiedenartigsten, in allen Stadien der Zersetzung befindlichen Abfällen aus Warenspeichern und Wohnungen wie übersät. In den meisten Fleeten ist die Wasserströmung gering und fast allein von der Tidenbewegung abhängig; bei Niedrigwasser liegt ihr Schlammgrund größtenteils zu Tage und ist auch zuweilen der direkten Bestrahlung durch die Sonne ausgesetzt. Indessen kann diese Wirkung der Sonne, der hohen Gebäude wegen, die sich am Rande dieser Wasserstraßen erheben, keine langandauernde und darum auch keine tiefeingreifende sein. Gleichwohl scheint sich hier doch ein gewisser Einfluß auf einen Teil des Tierbestandes zu äußern, der augenscheinlich im Hochsommer etwas zurückgeht, ohne indessen jemals gerade arm zu werden.

Trotz des Zusammentreffens offenbar ungünstiger Verhältnisse, entwickelt sich vielmehr, wenigstens zeitweise, in diesen Kanälen ein recht reiches Tierleben. Neben Würmern (hauptsächlich Tubificiden und Hirudineen) nehmen hier — im Gegensatz zu anderen Angaben — die Mollusken mit einer ganzen Reihe von Formen eine hervorragende Stellung ein. Mehrfach wurden im Frühling und zu Anfang des Sommers Mauern und Bollwerke

mit Bythinien und Limnaeen¹⁾ dicht besetzt gefunden, während der Grund grosse Mengen von Paludinen und Sphärien lieferte. Außer von den genannten, werden die Fleete auch noch von anderen in der Elbe gefundenen Tiergruppen bevölkert.

f) **Die Hafengebäude**, von welchen India- und Grasbrookhafen, die Sackgassen darstellen, ohne Wasserdurchfluß sind, bilden tiefe und breite, fast durchweg mit solidester Kaimauerung aus Steinquadern eingefasste Abschnitte. Mit wenigen Ausnahmen sind sie für Seeschiffe bestimmt und dann bis zu 10 Meter Tiefe ausgebaggert. Unter diesen Verhältnissen ist das Auftreten von Gefäßpflanzen selbstverständlich ausgeschlossen. An den Mauern und mehr noch an den Dükdalben machen sich Rasen von *Oscillatorien*, Diatomaceen, Grünalgen u. s. w. bemerklich; irgendwie hervortretende Bestände von festsitzenden Wasserpilzen fehlen dagegen. Neben grauem Ton fördert das Grundnetz Sand, dazu fast überall organischen Detritus, der sich auf dem Boden als lockere Moddeschicht von wechselnder Stärke, seltener als Schlick abgelagert hat. In dieser Modde- bzw. Schlammsschicht leben große Mengen von Detritusfressern: Protozoën, Philodinaeen, Würmer (Tubificiden) und Mollusken — neben vorwaltenden Bivalven auch Paludinen, Bythinien etc. —, die alle in dem organischen Detritus reichliche Nahrung finden. Pflanzenfresser dagegen, soweit sie nicht von der Algenflora leben, sucht man hier vergeblich.

Zwar spielen sich in den Schlammmassen der Tiefe ununterbrochene Zersetzungs Vorgänge ab, in der warmen Jahreszeit stärker als in der kalten, doch können sie niemals mit solcher Intensität auftreten, daß sie den Lebewesen gefährlich werden. Zweifellos ist eine genügende Aufnahme bzw. Produktion von Sauerstoff vorhanden, um die Atmungsbedürfnisse einer überaus reichen Grundfauna von Detritusfressern, Raubtieren und

¹⁾ Bei dem gänzlichen Mangel an grösseren Wasserpflanzen sind die Pflanzenfresser hier auf die Ernährung durch Planktonalgen angewiesen; den Detritusfressern werden die Fleete vielfach zu »Fettweiden«.

Omgabten vollständig zu befriedigen. Durchweg sind die verschiedenen Hafenbecken, darunter selbst der Petroleumhafen, auffallend fischreich; Aale werden in großer Menge gefangen.

g) Der **Altonaer Hafen** ist z. T. offene Reede, z. T. wird er vom freien Strom durch einen langen, aus Steinschüttung hergestellten, von oben und unten offenen Leitdamm getrennt. Auch dieser Hafen besitzt eine solide Kaimauerung, doch finden wir in ihm verhältnismäßig mehr Holz verwendet als in den verschiedenen Hamburger Häfen.

Wenn wir berücksichtigen, daß die Stadt Altona-Ottensen vollständig im Bereich dieses Hafens entwässert, so wird es uns nicht wundern, wenn wir an seinen Mauern und mehr noch an dem Holze seiner Bollwerke, Pontons, Dükdalben u. s. w. mehr oder weniger kräftig entwickelte, zu Zeiten lammfellartige Bezüge von Abwasserpilzen finden. In erster Linie sind es *Sphaerotilus natans* und *Cladothrix dichotoma*, zeitweilig auch *Leptomitus lacteus* (untermischt mit anderen *Saprolegniaceen*), die hier ihre Lebensbedingungen als typische Abwasser-Organismen finden; *Beggiatoa* wurde dagegen — wohl infolge der für sie zu starken Wasserbewegung — nicht in der Ausdehnung getroffen, die man unter den gegebenen Umständen hätte voraussetzen dürfen. Der Schlammgrund ist sehr reich an Detritusfressern, besonders an Cycladen und Tubificiden. Schon an dem nur 2 Kilometer stromabwärts von der Haupt-Sielmündung Hamburgs und in größerer Nähe der Sielergüsse Altonas gelegenen Schlengen,¹⁾ am unteren Ende des Leitdammes nimmt *Sphaerotilus natans* Formen an, die nach R. KOLKWITZ charakteristisch sind für einen vorgeschrittenen Abbau der im Wasser vorhandenen fäulnisfähigen Stoffe. Noch weitere 3 Kilometer abwärts von dieser Stelle, also nur 5 Kilometer von der Hamburgischen Haupt-Sielmündung entfernt, waren auch die letzten Reste von schwimmenden,

¹⁾ Eigentlich schwimmende Faschinen, hier aber aus Balken und Bohlen hergestellte, flache Gerüste, die, an den Dükdalben verankert, bei jedem Wasserstand an der Oberfläche schwimmen.

makroskopisch erkennbaren Sphaerotilusflocken aus dem Wasser verschwunden.¹⁾

Zwischen den seßhaften Pilzbeständen der vorhin genannten Schlengen findet man eine ausgedehnte Lebensgenossenschaft von Abwasserorganismen, von welchen indessen schon mehrere als für wenig verunreinigtes Wasser bezeichnend gelten, während sich auch noch Pflanzen und Tiere hier angesiedelt haben, die den Aufenthalt in schmutzigem, sauerstoffarmen Wasser nicht auf die Dauer zu ertragen vermögen. Dicht unter der Wasser oberfläche leben hier dauernd und in großen Mengen beisammen: *Sphaerotilus natans* und *Cladophora glomerata* (besetzt mit *Rhoicosphenia curvata*); in geringerer Menge *Cymbella cystula*, *Gomphonema*, *Coconcis pediculus*, *Nitzschia palea*, *Hantzschia amphioxys* und *Synedra ulna*. Zu diesen zum Teil ausgesprochenen Bewohnern des verdünnten Abwassers kommen dann als Typen des weniger verschmutzten Wassers: *Scenedesmus acutus*, *Diatoma vulgare* und *Melosira varians*, sowie weiter noch eine große Reihe Diatomaceen, die überhaupt nicht zu den Bewohnern des verunreinigten Wassers gezählt werden. Zwischen diesem dichten Gewirre von Pilzen und Algen lebt eine reiche Kleinfaua. Zumeist sind es Abwasser-Protozoen, wie *Paramaccium caudatum* und *Carchesium Lachmanni*, dazwischen aber auch wieder Ciliaten des reineren Wassers und von Metazoen, neben Mückenlarven und verschiedenen Würmern, *Lumbricillus lincatus* (Müller), der nach MICHAELSEN ein ausgesprochener Abwasser-Bewohner ist, in auffällender Menge auch *Gammarus pulex*, ein gegen Verschmutzung

¹⁾ Gegenüber der Tatsache, daß infolge der Sielergüsse Dresdens noch 52 Kilometer unterhalb dieser Stadt makroskopische *Sphaerotilusflocken* in Menge im Elbwasser treiben, spricht das Verhalten dieses Abwasserpilzes in unserem Untersuchungsgebiet überzeugend für die günstige Einwirkung der Gezeiten auf die Selbstreinigungsvorgänge in der Unterelbe (vergl. Seite 3, 48 und 54).

Während ich diese Angaben Herrn Prof. KOLKOWITZ verdanke, schreibt mir neuerdings Herr Prof. LAUTERBORN, dem vom Reichsgesundheitsamt die biologische Untersuchung des Oberrheins übertragen ist, daß er dort in einem Falle Sphaerotilusflocken noch bis über 60 Kilometer stromabwärts von der Infektionsstelle verfolgen konnte.

empfindliches, sehr sauerstoffbedürftiges Tier. Im Sommer sind außerdem größere Flächen des Holzes mit einem Süßwasser-Schwamm (*Ephydatia flaviatilis*) überzogen.

Ich gebe dieses Bild einer für die betreffende Stromstelle bezeichnenden Biocoenose etwas ausführlicher, um zu zeigen, wie unter Umständen auch einmal »Leitorganismen« für recht verschiedene Wasserwerte dauernd in großer Eintracht zusammenleben können! Die Anwesenheit so verschieden gearteter, darunter recht sauerstoffhungriger Organismen ist — trotz der noch merklich vorhandenen Abwasser-Bestandteile — durch die vielfältige Anwesenheit von Sauerstoffproduzenten und durch die Lage der betreffenden, ohne Unterbrechung von den Wellen bespülten Örtlichkeit zu erklären. Entsprechend den vorgeschrittenen Reinigungsvorgängen hat das Grundnetz hier fast reinen Sand zu Tage gefördert.

h) **Unterhalb des Altonaer Hafens** hören die zusammenhängenden Kaimauerungen und Bollwerke auf, das Ufer wird flach und bietet das Bild eines sandigen, stellenweise mit Geröll bedeckten Strandes. Bei Oevelgönne und noch etwas weiter hin läßt sich zuweilen, aber durchaus nicht ständig, ein dünner Schlicküberzug erkennen, der indessen immer wieder bei stärkerer Wasserbewegung weggespült wird, so daß es hier nicht zu dauernden Schlickablagerungen von Bedeutung kommt.

Hin und wieder, besonders bei starkem Wellengang während der Flutide, werden größere Mengen lebender Mollusken (hauptsächlich Paludinen) an den Strand geworfen, wo nach Eintritt der Ebbe viele von ihnen liegen bleiben. In der Sommerwärme, zumal bei direkter Bestrahlung durch die Sonne, sterben diese Tiere bald ab und gehen in Fäulnis und Verwesung über. Nur Unwissenheit und gänzlicher Mangel an Beobachtungsgabe kann in diesem Vorgang die Folge einer allgemeinen »Schneckensterbe« im Flußbett erblicken.

Ähnlich wie oberhalb Hamburgs ist auch hier die Uferflora eine äußerst dürftige und darum auch der Entwicklung einer entsprechenden Fauna nicht günstig. Aus der Tiefe des Fahr-

wassers bringt das Schleppnetz stellenweise eine erhebliche Menge von Schnecken und Zweischalern (Sphaerien und Pisidien) hierauf, während andere Strecken an einer großen Armut der Grundfauna leiden, eine Erscheinung, die wesentlich durch die Schrauben der großen Seedampfer und den ununterbrochenen Baggereibetrieb hervorgerufen wird. In den muldenartigen Vertiefungen des flachen Wassers südlich von der Fahrrinne ist der Tierbestand durchweg bedeutender, auch bilden diese Örtlichkeiten hauptsächlich die Brutstätten für die Copepodenmassen, von denen weiter unten eingehend zu berichten sein wird.¹⁾

2. Das Plankton.

a) **Allgemeines, qualitative Ergebnisse.** Wie bereits im ersten Teil dieser Mitteilungen angeführt wurde, darf man sich unter »Flußplankton« (Potamoplankton) durchaus keine spezifische Genossenschaft von Schwebewesen denken. Vielmehr finden wir in ihm nicht nur alle Planktonorganismen der »stehenden« Gewässer, sondern auch noch eine unbegrenzte Formenreihe erratischer Ufer- und Grundbewohner, welche durch die Wasserbewegung aus den angestammten Wohnsitzen entführt wurden und zwischen die echten Planktobionten geraten sind, mit denen sie nun, heimatlos geworden, als Reisegenossen weiterziehen, wenn sie nicht irgend ein günstiger Zufall wieder in ruhiges Wasser führt, in dem sie zu Boden sinken und dann wieder in altgewohnter Weise weiterleben können. Aber selbst die ausgesprochenen Planktontiere haben in der Elbe oberhalb Hamburgs nur zum geringeren Teil, sozusagen auf der Reise, das Licht der Welt im strömenden Wasser erblickt. Ihre wirkliche Heimat ist, wie die der meisten Erranten, ebenfalls in wenig bewegten Altwässern, langsam fließenden Nebengewässern und besonders auch in den tausenden von stillen

¹⁾ Die Ufer- und Grundfauna soll in späteren Vorträgen eingehender besprochen werden.

Wasserwinkeln zu suchen, die sich zwischen den Buhnen bilden, welche bis oberhalb von Torgau zur Stromregulierung (vgl. Seite 4) angelegt sind. Sie alle, Euplanktonen und Genossen, werden von den Fluten der Strommündung und damit dem sicheren Tode im Salzwasser zugeführt. Wohl kann bei manchen Formen auf der weiten Reise, wie schon angedeutet, noch eine Tochtergeneration erstehen, aber sie ist sicher dem Untergange ohne weitere Nachkommen geweiht, und damit ist auch jede Möglichkeit der Entwicklung von »Anpassungsformen an das strömende Wasser« ausgeschlossen.

Für gewisse Bestandteile des Unterelb-Planktons, besonders für die große Mehrzahl der Bosminen, bilden unsere Hafenbecken die Brutstätte, während die Copepoden (*Eurytemora*), welche den Strom von Hamburg bis zur Mündung zeitweise in ungeheuren Schwärmen bevölkern, von den muldenartigen Vertiefungen der flacheren Stellen des Strombettes ihren Ausgang nehmen.

Etwas anders, als mit dem Zooplankton, scheint es sich mit der Mengenfaltung gewisser Planktonalgen zu verhalten, deren Vermehrungsfähigkeit ja bekanntlich eine viel größere ist, als die der Tiere. Wenn auch vielleicht noch die unmittelbaren Vorfahren der im Strom auftretenden Melosiren und Asterionellen mit dem Zooplankton die gleiche Heimat teilen, so muß doch zugestanden werden, daß das strömende Wasser ihrer weitgehenden Vermehrungsfähigkeit anscheinend keinerlei Abbruch tut, und daß darum die in unserem Arbeitsgebiet beobachteten Massen dieser Diatomaceen zum großen Teil im Strom selbst erzeugt sein können. Ganz anders verhält es sich dagegen mit den ursprünglich marinen Formen *Coscinodiscus subtilis* und *Coscinodiscus concinnus*, die sich im Unterelbgebiet auch vollkommen dem Leben im Süßwasser angepaßt haben und darum — ähnlich wie *Eurytemora affinis* — durch alle Grade des Salzgehaltes im unteren Elbbett gleich gut gedeihen. Beide kommen zwar auch noch oberhalb Hamburgs vor, werden aber weiter hinauf immer seltener, während hier die *Melosira*-Arten (ausgesprochene Süß-

wasseralgen) häufiger und in größeren Mengen auftreten.¹⁾ Abwärts vom Hafengebiet dagegen geben sie durch ihr massenhaftes Vorkommen häufige Veranlassung zu dem Phänomen einer düsteren Wasserblüte, die der Unkundige, gleich der grauen Wolke der Copepodenschwärme, als »Elbschmutz« zu bezeichnen pflegt. Schon aus dem hier Gesagten ist ersichtlich, daß die qualitative Zusammensetzung des Elbplanktons bei Hamburg eine bunte und formenreiche sein muß. Nicht nur bringt die Elbe aus dem Binnenland viele Arten und Abarten ihres ausgedehnten und vielgestaltigen Stromgebiets herab, sondern es rücken auch, wie wir gesehen haben, Formen aus dem Mündungsgebiet — Tiere und Pflanzen — bis zu uns herauf, die, wie gesagt, mit besonderem Anpassungsvermögen an das Süßwasser begabt sind. Um das Maß voll zu machen, liefern Ufer und Grund noch viele ihrer Bewohner zu der im Wasser treibenden Organismenmenge; sie werden zugleich mit den »legitimen« Planktonkomponenten gefangen und gelangen mit diesen zusammen zur wissenschaftlichen Bestimmung. So konnten wir denn auch bis jetzt, allein im Süßwasser und abgesehen von einer Reihe zweifelhafter Elemente, 424 Metazoën, 330 Protozoën und 827 Protophyten, im ganzen 1584 Arten und Abarten feststellen, von denen übrigens verschiedene nur im September 1904 beobachtet wurden. Denn neben anderen eigenartigen Erscheinungen brachte uns die Trockenperiode dieses Sommers auch einen ausgesprochenen Artenzuwachs der Wimper-Infusorien und, unterhalb Hamburgs, der Diatomaceen. Unter den letzteren machten sich verschiedene Salzwasserformen bemerklich, die, augenscheinlich infolge der durch den Wassermangel geringer werdenden Strömung, vorübergehend bis in die

¹⁾ Daß schon seit langen Zeiten ein solches Zusammenleben von *Coscinodiscus*- und *Melosira*-Formen besteht, konnten wir in Material aus der mineralogischen Sammlung des Museums, Proben aus dem unteren Diluvialton von Weningen bei Dömitz (ca. 100 Kilometer oberhalb unseres Arbeitsgebiets) sehen. In diesem Ton hat unser botanischer Mitarbeiter H. SELK unter anderem auch 5 *Melosira*- und 3 *Coscinodiscus*-Arten bestimmt.

Gegend von Schulau vorgedrungen waren. Die meisten Ciliaten besonders die ausgesprochenen Saprozoën unter ihnen, wurden zur selben Zeit ebenfalls in größerer Menge beobachtet als in normalen Jahren.¹⁾

b) **Quantitative Ergebnisse.** Von nicht zu unterschätzendem wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Interesse sind die Ergebnisse unserer quantitativen Planktonanalysen. Diese mühevoll und zeitraubende Zählarbeit wurde vor 7 Jahren in der Voraussetzung begonnen, daß etwaige das Tierleben schädigende Wirkungen der Abwässer in einer Abnahme besonders empfindlicher Planktontiere innerhalb der Sielwasserzone gegenüber dem »Reinwasser« zur Geltung kommen müßten. Aus Hunderten von Zähl-Analysen hat sich indessen keine derartige Wirkung erkennen lassen; es zeigten sich vielmehr gerade im Hafengebiet und unterhalb desselben einzelne Tierarten, und zwar gerade die als Fischfutter wichtigen Planktonkruster, in auffallendster Weise vermehrt. Während das ganze Jahr hindurch der Bestand an Cladoceren oberhalb Hamburgs im »Reinwasser« einige Tausend im Raummeter nicht übersteigt, wurden diese Krebschen im Sielwasserbereich nach ebenso vielen Millionen gezählt. So fanden sich z. B. am 10. Oktober 1905 im Raummeter Wasser des Indiahafens 11 040 000 *Bosminen* (*B. longirostris-cornuta* JUR). Noch auffallender in ihrer Mengenverteilung im Strome verhalten sich die Copepoden. Unterhalb des Hafengebietes bevölkern sie, wie schon bemerkt, die Elbe in gewaltigen Scharen. Während ich am 26. September 1905 als Mittel aus einer Reihe von Fängen im Strom-Querschnitt oberhalb von Schulau 6 244 000 Individuen im Raummeter fand, war diesem Befunde aus dem »Reinwasser« bei Gauert überhaupt nichts entgegenzustellen. Bei unseren nächstwichtigen Planktontieren, den Rotatorien, konnte ich Ähnliches wie bei den Krustern nicht beobachten.

¹⁾ Ähnliches hat SCHORLER 1904 auch bei Dresden beobachtet. (Vgl. Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde II, 1, 1907. Seite 355—357.)

In den Hafenbecken, in denen die *Eurytemora* bei weitem nicht so stark vertreten sind wie unterhalb derselben, ist im allgemeinen der Rädertierbestand nicht wesentlich verschieden von dem des »Reinwassers«. Auf der Unterelbe dagegen schwindet er zusehends mit der Vermehrung der Copepoden, die, neben Planktonalgen und Detritus, überhaupt jedes Geschöpf auffressen, das sie bewältigen können, wobei sie selbst nicht die Jungen und Schwachen der eigenen Art verschonen.

Einschaltend muß ich hier bemerken, daß die *Eurytemora* in ausgesprochenster Weise zur Schwarmbildung neigen, während die *Bosmina* in den Hafenbecken horizontal und vertikal auffallend gleichmäßig verteilt sind. Die hell- und bräunlichgrauen Wolken, welche die Copepoden-Schwärme in der Unterelbe bilden, kann man sehr wohl vom Dampfer aus sehen, wobei der Unkundige leicht geneigt sein wird, sie für aufgewühlten Schlamm zu halten. Schwerer begreiflich ist es aber, daß diese Wolken von sonst recht zuverlässigen Fischern hin und wieder für treibende Fischeier gehalten werden.

c) **Wert der Planktonkruster als Fischfutter.** Angesichts der zeitweise erstaunlichen Krustermengen im Hafen- und Unterelb-Plankton lag für mich natürlich der Wunsch nahe, den Wert dieser Tiere als Fischfutter kennen zu lernen. Nach Methoden, die ich anderwärts eingehend beschrieben habe¹⁾, konnten die Krebschen in genügender Menge und Reinheit vom übrigen Auftrieb abgetrennt und näher untersucht werden. Indessen mußte ich auf eine umfassende Analyse verzichten und mich lediglich auf die gewichtsanalytische Feststellung der in nachstehender Tabelle genannten Stoffgruppen beschränken.

In den betreffenden Fängen betrug durchschnittlich das Gewicht einer *Eurytemora* = 0,064 Milligr., das einer *Bosmina* = 0,0086 Milligr. Es enthielten:

¹⁾ Mitteilungen a. d. Naturhistorischen Museum XXIII, 1906 p. 61—63.

	100 Gewichtsteile <i>Eurytemora</i> — <i>Bosmina</i>	
Wasser	— 87,360	82,141
Muskel- und andere Gewebe	9,920 —	13,899 —
Fett	0,784 —	1,905 —
Chitin	1,400 —	1,466 —
Mineralsalze	0,536 —	0,589 —
Gesamte Trockensubstanz	— 12,640	— 17,859
	<hr/>	
zusammen	— 100,000	— 100,000

Ausdrücklich muß ich indessen zu diesen Zahlen bemerken, daß sie keinen Anspruch auf Allgemeingiltigkeit erheben. Vielmehr bin ich der Überzeugung, daß Analysen, die zu anderen Jahreszeiten und mit Material aus anderen Gewässern vorgenommen werden, ebensogut zu abweichenden Resultaten führen können, wie dies z. B. auch bei vergleichenden Untersuchungen von Schlachtvieh verschiedener Herkunft vorkommt.

Aus der vergleichenden Zusammenstellung dieser gewichtsanalytischen Ergebnisse mit denen der entsprechenden Zählanalysen, läßt sich unschwer das Gewicht der lebenden Krebse und ihrer als Fischfutter in betracht kommenden Trockenstoffe für bestimmte, von ihnen belebte Wassermengen berechnen.

Danach war der innere Indiahafen (315 000 Raummeter) am 10. Oktober 1905 von rund 30 000 kg *Bosminen* mit 5340 kg wertvoller Trockensubstanz bevölkert.

Die Copepoden-Menge bei Schulau ergab sogar für einen Stromabschnitt von 2 Kilometern bei der gleichen dort vorhandenen Breite und einer sehr bescheiden angenommenen Durchschnittstiefe von nur 3 Metern, 4 800 000 kg lebender *Eurytemora* (volle Ladung für eines unserer großen Vier- und Fünfmast-Segelschiffe) mit 540 000 kg an trocknen Nährstoffen. Untersuchte Fische fanden sich häufig geradezu vollgepfropft von diesen Krustern.

d. **Mengentfaltung des Pflanzenplanktons.** Leider lassen sich die übrigen Komponenten des Elbplanktons nicht in ähnlicher Weise wie die beiden Kruster isolieren und getrennt

gewichtsanalytisch untersuchen. Das ist besonders bedauerlich im Hinblick auf die erstaunlichen Zählergebnisse des Planktonplanktons. Durch unsern Mitarbeiter H. SELK wurden nämlich bis über 92 Milliarden Algen und Pilze im Raummeter Elbwasser gefunden, wobei zu bemerken, daß Coenobien Familien und Bänder immer nur = 1 gezählt wurden.

Es waren <i>Chlorophyceen</i>	19 356 000 000
<i>Diatomaceen</i>	61 115 000 000
<i>Schizophyten</i>	10 617 000 000
Unsicherer Stellung	1 731 000 000
Zusammen	<u>92 819 000 000</u>

Diesem Ergebnis liegt eine fast siebenmonatliche Arbeit meines Freundes SELK am Zählmikroskop zugrunde. Gezählt wurde bei 250—750 facher Vergrößerung.

e) **Die Periodicität des Elb-Planktons.** Nicht das ganze Jahr hindurch finden wir die Mengenfaltung des Planktons auf solcher Höhe, wie sie uns in den besprochenen Fällen entgegen getreten ist. Ähnlich wie bei den pflanzlichen und tierischen Bewohnern des Landes ist auch für die Wasserbewohner die kalte und lichtärmere Winterzeit die Zeit der Ruhe. Der »Kreislauf des Lebens«, der Stoffwechsel, vollzieht sich langsamer als in den an Wärme und Licht reicheren Sommermonaten: die Produktion an Lebewesen erreicht von Dezember bis Februar ihren Tiefstand. Mit der Zunahme von Licht und Wärme im Frühling steigt auch das Leben des Wassers; die höheren Wasserpflanzen entfalten ihre Dauerknospen, in den Sporen und Dauerformen der Protophyten erwacht die Lebenstätigkeit ebenso wie in den Wintereiern und Encystierungen der niederen Wassertiere. Das Gewässer, das kurz zuvor noch wenig belebt erschien, wimmelt bald von Mikroorganismen.

Unsere jahrelang durchgeführten quantitativen Bestimmungen zeigen denn auch mit voller Klarheit für das Plankton in seiner Gesamtheit den zuerst allmählich, dann immer rascher erfolgenden Mengenanstieg, bis in der wärmsten und lichtreichsten Zeit, mit

der auch die relativ größte Sauerstoffproduktion der Algen zusammenfällt, die Höchstentfaltung des Zooplanktons erreicht wird, die dann wieder zu Beginn des Herbstes zu sinken anfängt, um im Winter nur noch spärliche Reste des so reich gewesenen Tierlebens zu hinterlassen. Beispielsweise können wir an den Eurytemoren der Unterelbe meistens ein Frühlings- und Herbst-, bei den Bosminen der Hafenbecken ein Frühsommer- und Herbstmaximum erkennen, während bei den Rädertieren der jahreszeitliche An- und Abstieg im allgemeinen mit größerer Regelmäßigkeit verläuft, obwohl auch zuweilen bei einzelnen Arten aus noch unbekanntem Gründen »irreguläre« Massenentfaltungen vorkommen.

Ähnlich wie bei unseren charakteristischen Planktonkrustern liegen die Verhältnisse auch bei der Mehrzahl der Planktonalgen, speziell der wichtigeren Diatomaceen: sie haben im allgemeinen ebenfalls zwei Maxima, die in der Hauptsache mit denen der Kruster zusammenfallen, wodurch Wechselbeziehungen zwischen Algen- und Krusterproduktion sehr wahrscheinlich werden. Aber auch bei den Algen kommen (ähnlich wie bei den Rotatorien) nicht selten zwischen den regelmäßig wiederkehrenden normalen, auch außergewöhnliche und dann so hochgradige Massenproduktionen vor, daß sie die Erscheinung einer »Wasserblüte« (vgl. S. 34) bewirken können, deren spezielle Erreger sich in der Elbe schon an dem Farbton des Wassers erkennen lassen.

Hervorheben muß ich noch, daß, wie auf dem Lande, so auch im Wasser durchaus nicht alljährlich dieselbe Fruchtbarkeit herrscht, daß wir vielmehr auch hier, insbesondere unter den Planktonorganismen, fruchtbare und unfruchtbare Jahrgänge zu verzeichnen haben,¹⁾ und daß zwischendurch — ebenfalls wie bei den Landbewohnern — zuweilen einzelne, für gewöhnlich seltene Formen plötzlich in ungeahnten Mengen auftreten und dann sogar zu einer gewissen, vorübergehenden Störung des biologischen Gleichgewichts führen können.

¹⁾ Zwar machen sich auch bei der Grundfauna ähnliche Erscheinungen bemerklich, doch bei weitem nicht in dem Maßstab wie bei den Schwebewesen.

3. Zur Selbstreinigung des Stromes

von organischen Abwasserstoffen. Unter »Selbstreinigung« der Gewässer versteht man das Zusammenwirken einer Reihe physikalischer, chemischer und biologischer Vorgänge durch welche Fremdkörper, besonders organische, fäulnisfähige Stoffe, die das Wasser aufgenommen hatte, wieder aus diesem ausgeschieden werden.¹⁾

Wie aus früher Gesagtem zu folgern ist, können die selbsthaften Abwasserpilze (*Beggiatoa*, *Sphaerotilus*, *Leptomitus* etc.) in den Wassermassen unseres Arbeitsgebietes keine quantitativ hervortretende Rolle bei der biologischen Verarbeitung der organischen Abwasserstoffe übernehmen. Der Löwenanteil an dieser Arbeit kommt anderen Organismen zu, wohl in erster Linie den freilebenden Spaltpilzen (Bakterien), dann den Planktonalgen, den Protozoën und detritusfressenden Metazoën

Die Lebensvorgänge der Bakterien, die vielfach bis zur vollständigen Mineralisierung und Vergasung von fäulnisfähigen Stoffen im Wasser führen, können ihrer Vielseitigkeit und Verwickeltheit wegen hier nur genannt, aber nicht näher besprochen werden. Sie beginnen schon bei einer Konzentration der Abwässer, in der höher stehende Organismen zumeist nicht leben können.

Erst wenn eine gewisse Verdünnung und Verteilung der Abwässer erreicht ist, wie sie hier ja durch die Wirkung der Gezeiten in günstigster Weise beschleunigt wird, setzt neben der Bakterienarbeit auch die »reinigende« Tätigkeit der Planktonalgen ein. Die Lebensprozesse dieser Protophyten sind nach zwei Richtungen hin von Bedeutung: der Aufbau und die Vermehrung ihres Körpers erfolgt gleichzeitig durch Assimilation (Kohlensäure-Zerlegung unter Kohlenstoff-Aufnahme und Sauerstoffproduktion) und durch Absorption von organischen, fäulnisfähigen Lösungen.

Während bei den Algen, ebenso wie bei den Bakterien, die Nahrungsaufnahme mit ihren Begleiterscheinungen lediglich im

¹⁾ Anorganische Fabrik-Abwässer kommen in der Unterelbe verhältnismäßig wenig in Betracht.

innigen Kontakte der Körperoberfläche mit der »Nährflüssigkeit« eingeleitet wird, bedürfen die an der Wasserreinigung beteiligten Tiere, mit Ausnahme der Rhizopoden, dazu bestimmter Körperteile.¹⁾ Die Geißel- und Wimperinfusorien (Mastigophoren und Ciliaten) ernähren sich wohl hauptsächlich von Bakterien, zu denen ja auch bekanntlich die Erreger von Typhus, Cholera, Milzbrand und anderen Infektionskrankheiten gehören, die sie in der Tat in umfangreicher Weise zu vertilgen vermögen. Außer Bakterien fressen sie aber auch noch Algen, andere Protozoen und die größeren von ihnen auch kleine Metazoen wie z. B. kleine Rotatorien. Derselben Nahrung gehen die Rädertiere nach, von welchen die Gruppe der Philodinaeen außerdem auch — gleich den meisten Würmern — Detritus frisst. Die ausgesprochensten Omnivoren, die »Mastschweinchen« des Planktons, sind dessen Kruster. Sie fressen Bakterien und Planktonalgen, Protozoen und Rädertiere, ja sie werden zum Teil zu Kannibalen, welche die Jugendformen (*Nauplien*) und schwachen Individuen der eigenen Art nicht verschonen, und im Fall der Not verschlingen sie auch noch große Mengen von organischem Detritus. Die größten Detritusvertilger finden wir übrigens unter den Würmern (Tubificiden) und unter den Mollusken. Besonders letztere sind wahre Riesen gegenüber den Planktonkrustern, die das Hafengebiet und auch andere Teile des Elbbettes in ganz gewaltigen Massen bevölkern. Vergessen dürfen wir auch nicht die das Wasser bewohnenden Insekten und besonders die Larven der Wasserkäfer, Mücken (*Chironomus*, *Culex*, *Anopheles* etc.), der Köcherfliegen, Libellen und Ephemeriden, unter denen wir eben so gut Pflanzen-, Fleisch- und Allesfresser finden wie bei den Planktontieren.

Aus den im Vorstehenden skizzierten, überaus vielgestaltigen Lebenserscheinungen, die in ihrem Zusammenwirken zu dem führen, was wir »biologische Selbstreinigung« der Gewässer nennen, resultiert ein gewisses biologisches Gleichgewicht, indem

¹⁾ Die Absorptionsbefähigung vieler Protozoen muß hier unerörtert bleiben.

die zugeführten toten organischen Stoffe im Wasser eine Vermehrung von lebender Tier- und Pflanzensubstanz hervorbringen. Es führen also diese Prozesse zum Teil wieder zur Inkarnation unserer organischen Auswurfstoffe, zum Teil aber beseitigen sie durch Mineralisierung und Vergasung das Übermaß von fäulnisfähiger Substanz und bewahren die Elbe vor ausgesprochener, schädlicher Verunreinigung.

Die Fleischwerdung von Sielinhalt tritt uns zuerst in einer Vermehrung der Bakterien, Algen und Protozoën, handgreiflicher in derjenigen von Planktonkrustern, Würmern und Mollusken entgegen, und sie gelangt dadurch, daß sehr viele, vielleicht die meisten dieser Geschöpfe als Nährstoffe zum Aufbau des Fischkörpers verbraucht werden, zu einer hohen Bedeutung für den menschlichen Haushalt. Wir lernen aus diesen Tatsachen, daß die Stoffwechselreste unseres eigenen Ernährungsprozesses, die wir, neben anderen organischen Abfällen unseres Haushaltes, durch die Siele in die Elbe schicken, statt sie auf den Acker zu fahren, wirtschaftlich durchaus nicht ganz verloren gehen, sondern, daß sie vielmehr, wenn auch nicht in Gestalt von Feldfrucht (und Mastvieh), so doch in nicht zu unterschätzender Menge als Fischfleisch, wieder zu einem wertvollen Nahrungsmittel des Menschen werden.

Die Frage nach dem Verbleib der Auswurfstoffe der im Wasser selbst lebenden Organismen und schließlich nach dem Verbleib der abgestorbenen Wasserbewohner selbst erledigt sich in gleicher Weise wie die Frage nach den durch menschliches Zutun den Strom zugeführten Verunreinigungen. Das Endergebnis bleibt dasselbe, und während viele Tausende von Zentnern der auf die eine oder die andere Weise in den Strom gelangten, und in ihm zu neuem Leben erweckten Auswürflinge durch das Netz des Fischers aus dem Wasser geholt werden, entsteigt ihm, freilich nur in bescheidenen Mengen, ein anderer Teil in den Körpern von geflügelten Insekten, deren Jugendformen in der Elbe gelebt hatten, ohne im Fischmagen ihr Grab gefunden zu haben.

4. Das Verhalten der Fische.

Hier will ich nur kurz über das Ergebnis von Fischkastenversuchen berichten, die ich im Verein mit den Herren Professoren Dr. v. BRUNN und Dr. SCHIEMENZ und Fischereidirektor LÜBBERT im August vorigen Jahres angestellt habe, sowie über Wanderungen des Elbbutts in der Trockenzeit des Sommers 1904.

a) **Fischkastenversuche.** In drei besonders konstruierten, geräumigen Fischkasten wurden 55 Fische (Barsch, Zander, Kaulbarsch, Quappe, Butt, Plötze, Aland, Güster und Aal) verteilt. Kasten No. 1 wurde im sauerstoffreichen Wasser des Köhlfleetes, No. 2 in der Nähe der Sielmündungen bei St. Pauli-Landungsbrücken und No. 3 an derselben Seite, stromabwärts bei Nienstedten verankert. Die Fische in No. 2 bekamen bei Flut, die in No. 3 bei Ebbe die Wirkung eines verhältnismäßig noch wenig verdünnten Sielwassers zu kosten. Gleichwohl waren nach vier Tagen in No. 2 nur ein Kaulbarsch und ein Plötz, in No. 3 kein Fisch eingegangen, während in No. 1 ebenfalls 2 Tiere, ein Plötz und ein Butt, gestorben waren. Alle übrigen Fische waren vollkommen gesund geblieben.

Wäre das Wasser bei St. Pauli oder bei Nienstedten den Fischen wirklich schädlich gewesen, so würde der größte Teil, wenn nicht alle Insassen der Kästen 2 und 3, bei der viertägigen Dauer des Versuches zugrunde gegangen sein. Demnach bestätigte der Verlauf dieses Versuchs vollkommen die Ergebnisse unserer biologischen Studien.

b) **Absterben gefangener Fische.** Obwohl Versuche, wie ich sie soeben beschrieben habe, bereits in unserem ursprünglichen Arbeitsplan vorgesehen waren, wurde ihre Vornahme noch direkt durch Zeitungsangaben beeinflusst, nach welchen aufkommenden Fischern ihre Fänge schon bei Schulau, infolge schlechter Beschaffenheit des Elbwassers, im Bunn der Fahrzeuge abgestorben sein sollten. Es hatte sich aber gezeigt, daß selbst bei dem geringsten beobachteten Sauerstoffgehalt in der Trockenzeit des Sommers 1904 immer noch mehr als genügend von diesem Gase

im Wasser vorhanden war, als selbst für das Atmungsbedürfnis der sauerstoffhungrigen Salmoniden erforderlich ist. Demnach mußte es als ausgeschlossen gelten, daß den Fischern ihre Fänge an schlechter Beschaffenheit des Wassers im freien Strom zugrunde gegangen waren, wohl aber mochte das infolge der Verschlechterung des Bünnwassers durch eine übermäßige Besetzung geschehen sein. Bei solcher »Übersetzung« wird, hauptsächlich durch die Plattfische, der Wasserwechsel durch die Löcher im Boden des Fahrzeugs aufgehalten, und daher durch zu viele Tiere der Sauerstoffbestand des vorhandenen Wassers unter entsprechender Kohlensäureerzeugung — zumal in der Sommerwärme — bald aufgezehrt, so daß die Fische dann den Erstickungstod unter Beihilfe von Kohlensäurevergiftung erleiden. Weil die Atmungsgeschwindigkeit der Fische mit der Steigerung der Wasserwärme zunimmt, findet ein derartiges Absterben leichter im Hochsommer als zu anderer Jahreszeit statt, sodaß eine reichliche Besetzung des Bünns, die bei 10° Wasserwärme ohne Schädigung verläuft, in gleicher Stärke bei 20° den Tod des ganzen Fanges zur Folge haben kann. Seefischer erzählten mir, daß sie unter ähnlichen Umständen schon auf hoher See das Absterben ganzer Fänge erlebt hätten. Verständige Fischer »übersetzen« ihren Bunn überhaupt nicht, oder sie helfen sich ganz sachgemäß damit, daß sie durch Umrühren mit Stange oder Ruder den Inhalt von Zeit zu Zeit in lebhaftere Bewegung bringen.

c) **Wanderungen des Elb-Butt** (Flunder = *Pleuronectes flesus*). Daß sich die Fische in der Freiheit auch einmal vorübergehenden Belästigungen zu entziehen wissen, zeigte mir folgender Vorfall. In der wasserärmsten Zeit des Spätsommers 1904 begegnete ich am 9. September oberhalb der Häfen, bei den Elbbrücken, einer Reihe von Buttfishern bei der Arbeit. Ich hörte von ihnen, daß der Butt seit etwa 14 Tagen (zur Zeit der höchsten Wasserwärme) diese kleine Strecke von den Häfen stromaufwärts gewandert sei und hier nun — wie ich selbst gesehen hatte — auffallend gute Fänge liefere. Auch am

12. September traf ich noch die Buttfischer, später aber nicht mehr. Die Erhebungen des Herrn Fischereidirektors LÜBBERT haben ergeben, daß in der ersten Septemberhälfte 30—40 Finkenwärder Buttjollen oberhalb Hamburgs gefischt und ganz bedeutende Fänge, namentlich an großem Butt, gemacht hatten. Mit Eintritt kälterer Witterung waren die Butte plötzlich wieder verschwunden. Nach Schätzung der Fischer selbst (die ja selten zu hoch gegriffen wird) sind in dem kleinen hier in Betracht kommenden Stromabschnitt täglich 800 bis 1000 Stieg Butt gefangen worden. Da der Fang über 14 Tage dauerte, wurden in dieser Zeit mindestens 240 000 Stück erbeutet. Obwohl durch diese starke Zufuhr die Marktpreise gedrückt wurden, verdiente doch manches Fahrzeug 50—60 Mark am Tage.

Aus dem unteren Hafengebiet war der Butt nach dem näher gelegenen Köhlbrand »in Sommerfrische« gegangen, aber auch hier mit dem Sinken der Wasserwärme wieder zu seinen Fettweiden im würmer- und molluskenreichen Hafengebiet zurückgekehrt.

Eine ähnliche Bewegung unter den anderen Fischarten wurde mir nicht bekannt, ebensowenig ein umfangreicheres Fischersterben in dieser kritischen Zeit. Auf die rein örtliche Schädigung von Jungfischen durch noch nicht genügend verdünnte Abwässer in größerer Nähe der Haupt-Sielmündungen, wie sie wohl früher am Ufer bei St. Pauli beobachtet wurde, habe ich bereits auf Seite 29 hingedeutet. Nach der Verlegung und Verteilung der Sielmündungen im mittleren Elbbett (vergl. Fußnote auf Seite 6) und der damit verbundenen ungleich günstigeren Verteilung der Abwässer auf die Wassermassen des Stromes, dürfte die Möglichkeit derartiger Vorkommnisse für die Folgezeit ausgeschlossen sein.

IV. Schlußfolgerungen.

Abgesehen von den rein wissenschaftlichen, faunistischen und floristischen Forschungsergebnissen, hat der im vorstehenden besprochene Teil unserer Studien den Beweis erbracht, daß der Strom die fäulnisfähigen Stoffe, die ihm bei Hamburg durch die Sielwässer zugeführt werden, selbst unter so überaus ungünstigen Verhältnissen, wie sie der Hochsommer 1904 mit einer seit vielen Jahren nicht dagewesenen Wasserarmut gebracht hatte, ohne nachweisbare Schädigung seiner Bewohner, aufzunehmen vermag. Durch die vielgestaltigen, energischen Selbstreinigungs-Vorgänge im Strombett wird ein Teil der organischen Abwasserstoffe bis zur vollständigen Mineralisation und Vergasung zerstört und damit aus dem Wasser geschafft, während zugleich ein anderer Teil, wieder zu lebender Substanz werdend, zu einer gewaltigen Vermehrung der Organismen des Planktons und der sesshaften Grundfauna führt, die ihrerseits wieder als Fischnahrung zu hoher wirtschaftlicher Bedeutung gelangt.

Alles in allem liegen die biologischen Verhältnisse so, daß von einer die Fischerei schädigenden Verunreinigung der Unterelbe durch die Sielergüsse von Hamburg, Altona und Wandsbek überhaupt keine Rede sein kann.

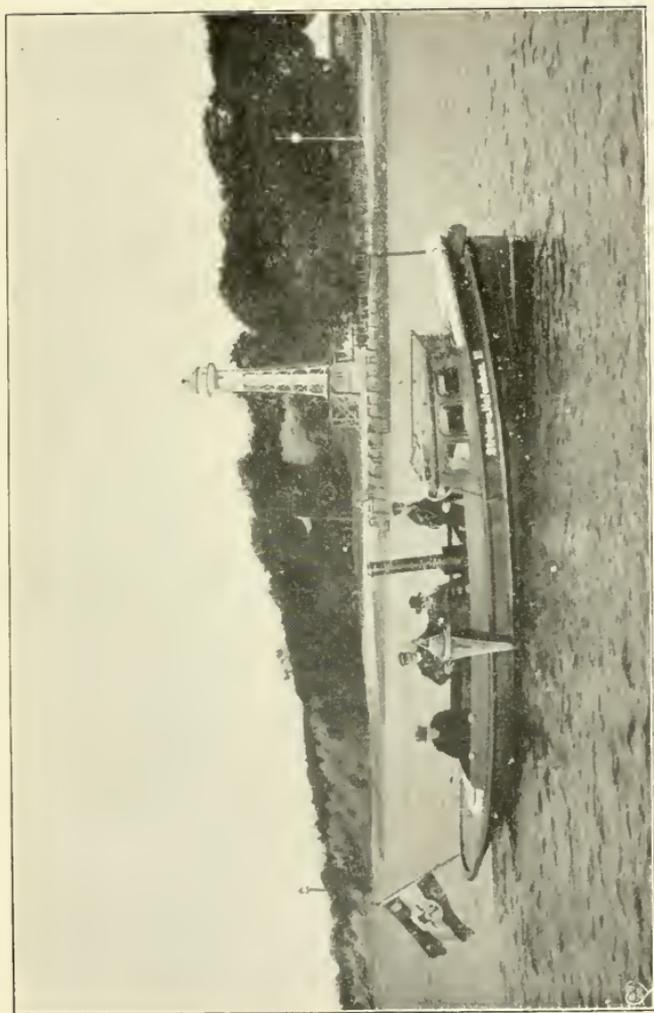
Zum Schluß möchte ich noch einmal darauf hinweisen, daß wir bei Hamburg den auffallend günstigen Abbau fäulnisfähiger Stoffe hauptsächlich der durch die Tiden bewirkten, verhältnismäßig raschen Verteilung der Abwässer auf die Wassermassen des Stromes verdanken, und daß es darum nicht angängig sein würde, von den Verhältnissen der Unterelbe Schlüsse auf die Entwässerung volkreicher Städte im Binnenlande zu ziehen.



Tafel I.

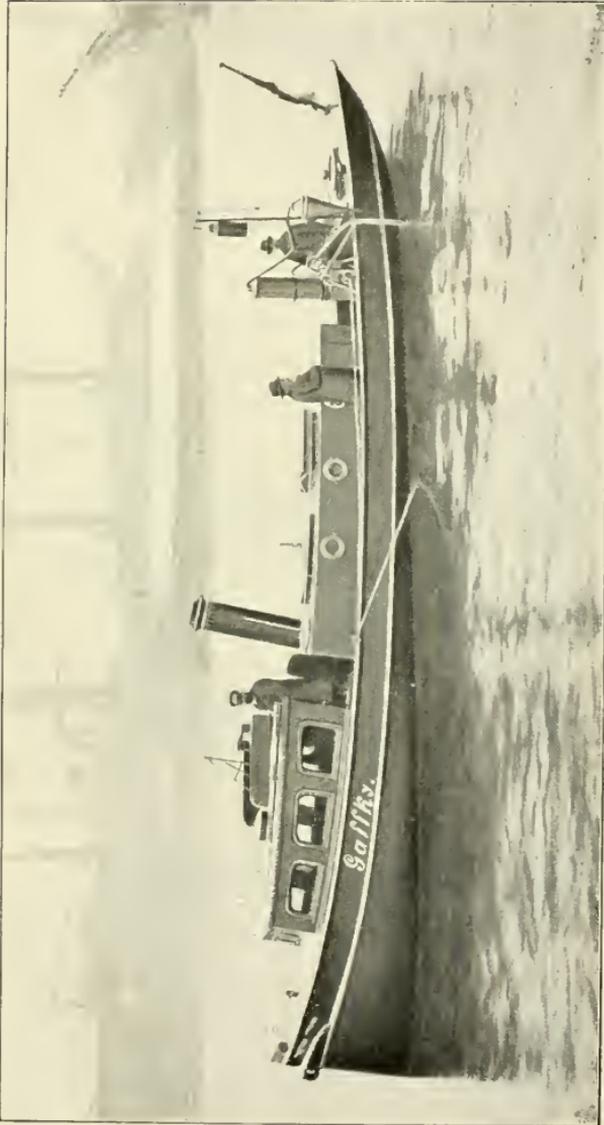


Dampfer „Norder-Elbe“ mit Streckenfang-Vorrichtung.



Motorbarkasse „Strom- und Hafengebäude XI“ mit Planktonnetz.

Tafel III.

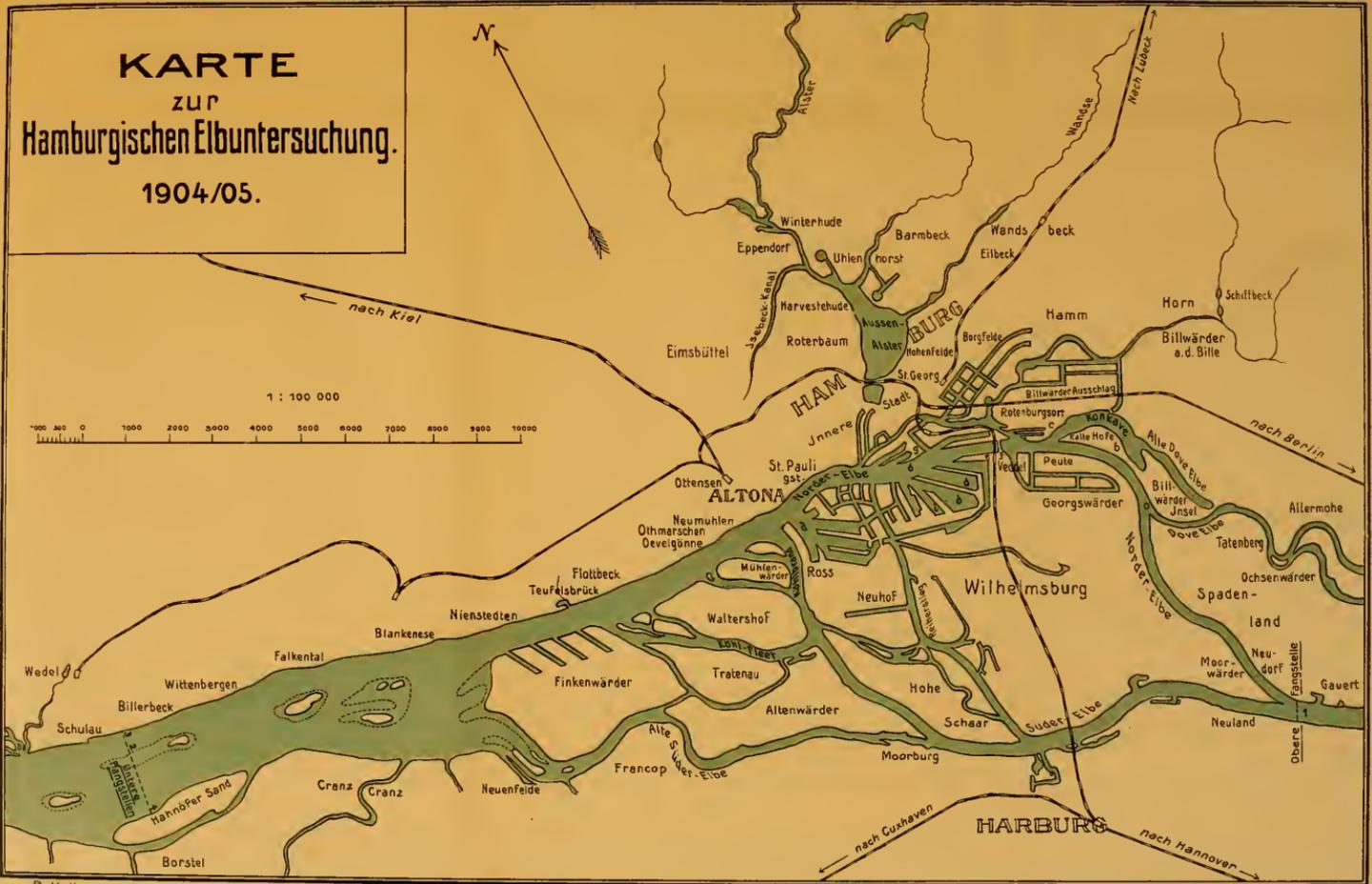
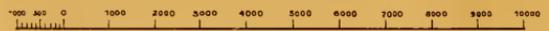


Dampfbarkasse „Gaffky“ mit der Planktonpumpe.

KARTE ZUR Hamburgischen Elbuntersuchung. 1904/05.



1 : 100 000



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Volk Richard

Artikel/Article: [Mitteilungen über die biologische Elbe-Untersuchung des Naturhistorischen Museums in Hamburg 1-54](#)