

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305718

Königl. Preussisches
Ministerium der öffentlichen Arbeiten
Verordnung über die
Bauart der Wasserleitungen

von
Herrn Dr. Julius Wilhelm



Verlag von Gustav Fischer
1917

X
2416

Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers

Von

Prof. Dr. Julius Wilhelmi

Wissenschaftl. Mitglieder der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene
Berlin-Dahlem

Mit 148 Abbildungen im Text

F. N. 31064



Jena
Verlag von Gustav Fischer
1915

9.55
125

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright 1915
by GUSTAV FISCHER, Publisher, Jena.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

III 33108

Akc. Nr. 2188/49

Vorwort.

Bei der Prüfung unserer Gewässer auf ihre Beschaffenheit hat sich neben den chemischen und bakteriologischen Methoden seit längerer Zeit und besonders etwa seit Beginn dieses Jahrhunderts die biologische Untersuchung des Wassers (biologische Analyse des Wassers) als wertvolles Hilfsmittel erwiesen und hat immer weitere Bedeutung gewonnen. Diese Fortschritte verdanken wir — abgesehen von Autoren mancher wertvollen Einzeluntersuchungen — besonders HOFER, KOLKWITZ, LAUTERBORN, MARSSON, MEZ, SCHIEMENZ, THIENEMANN u. a. Mit Rücksicht auf die Bedeutung, welche die biologische Beurteilung des Wassers nunmehr angenommen hat, und mit Rücksicht darauf, daß die interessierten Kreise den verschiedensten Berufskategorien angehören, erscheint es — auch den vielfach geäußerten Wünschen entsprechend — ein Bedürfnis, ein letzteren Verhältnissen Rechnung tragendes kurzes Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers herauszugeben.

In der systematischen Uebersicht der tierischen und pflanzlichen Wasserbewohner sind die deutschen Bezeichnungen der Klassen, Ordnungen etc. nach Möglichkeit mitangegeben worden. Ueber die deutschen Namen und wissenschaftlichen Bezeichnungen der Tier- und Pflanzenarten sowie über die Termini technici gibt im übrigen das ausführliche Sachregister Auskunft.

Tiernamen (lateinische Gattungs- und Speciesbezeichnungen) sind zum Unterschied von Pflanzennamen in *Kursiv*-Schrift wiedergegeben.

Die Zeichnungen sind, soweit sie nicht naturwissenschaftlichen Werken aus dem Verlage von G. FISCHER entnommen wurden, größtenteils von Herrn E. NITARDY, botanischem Hilfsarbeiter der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem, nach der Natur angefertigt worden. Bei der Durchsicht der Korrekturen unterstützte mich in freundlicher Weise Herr Dr. H. HELFER.

Nachdem die Drucklegung der drei ersten Kapitel schon im Juli 1914 begonnen worden war, sah sich Verfasser leider erst im März d. J. in der Lage die Arbeit abzuschließen.

Berlin-Dahlem, März 1915.

J. Wilhelmi.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	III
I. Allgemeines, kurze historische Uebersicht und die wichtigere Literatur	1
II. Binnengewässer und Abwässer	8
1. Natürliche (Selbst-)Verunreinigung und Selbstreinigung der Binnengewässer (Stoffhaushalt der Gewässer)	8
2. Künstliche Verunreinigung der Binnengewässer (durch Abwässer), biologisches Verhalten der Gewässer zur Verunreinigung durch Abwässer und die Rückschlüsse für die biologische Beurteilung der Wasserbeschaffenheit	19
3. Methoden und Apparate zur biologischen Wasseruntersuchung	29
4. Nutzenanwendung der biologischen Selbstreinigungsprozesse des Wassers für die künstliche biologische Abwasserreinigung	34
III. Brack- und Meerwasser und die Einwirkung von Abwässern auf dasselbe	39
1. Allgemeines	39
2. Die Einleitung der Abwässer in das Meer in technischer, chemisch-physikalischer, hygienischer, wirtschaftlicher und biologischer Hinsicht	40
3. System und Methoden der Untersuchungen über Meerwasser- verunreinigung	48
IV. Bedeutung der Biologie für die Trinkwasserversorgung	50
Verzeichnis der Abbildungen	57
Autoren- und Sachregister	59

I. Allgemeines, kurze historische Uebersicht und die wichtigere Literatur.

Unter der „biologischen¹⁾ Analyse des Wassers“ verstehen wir die „Beurteilung der Wasserbeschaffenheit auf Grund der in dem Wasser ermittelbaren tierischen und pflanzlichen Organismen (Hydrofauna und -flora)“. Wenn die biologische Wasseranalyse auch nicht exakte Zahlenwerte wie die chemische und bakteriologische Untersuchung des Wassers bieten kann, so stellt sie doch eine wertvolle Ergänzung dieser Untersuchungen dar, deren Ergebnisse sie abrundet, indem sie in letzter Linie zeigt, wie die festgestellte chemische und physikalische Wasserbeschaffenheit die Zusammensetzung der Belegung des betreffenden Gewässers beeinflusst. Wenn auch von vornherein zu betonen ist, daß die biologische Untersuchung eines Wassers, wie schon aus dem oben Gesagten hervorgeht, im allgemeinen nur Hand in Hand mit der chemischen und physikalischen, eventuell auch bakteriologischen Wasseruntersuchung erfolgen soll, so bietet sie den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß sie in gewisser Hinsicht für die Wasserbeurteilung ausschlaggebend sein kann, wie die folgenden Zeilen zeigen werden.

In unseren Gewässern bildet sich in Abhängigkeit von längerer Einwirkung durch Verunreinigungsstoffe eine spezifische Fauna und Flora als Ufer- und Grundbesatz, die, wenn plötzlich keine weiteren Verunreinigungsstoffe dem Wasser zugeführt werden, nur langsam den normalen Charakter des Ufer- und Grundbesatzes (des nicht verunreinigten Gewässers) wieder annehmen. Wenn nun zur Zeit einer Flußuntersuchung von einer Fabrik keine schädlichen Substanzen oder von einer Kläranlage gar keine oder nur gut gereinigte Abwässer in einen Fluß gelassen werden, so vermag die chemische Analyse des Wassers keine wesentlichen Anhaltspunkte für eine Beurteilung des Wassers zu erbringen, während die biologisch-mikroskopische Analyse des Ufer- und Grundbesatzes es an den Tag bringt, ob hier in vorangegangener Zeit nachteilige Einwirkungen gewaltet haben.

Die allgemeine Hydrobiologie (s. u. S. 2, 3, 8—19), auf deren Geschichte einzugehen außer dem Rahmen des Kompendiums liegt, ist eine

1) Richtiger als „biologisch“ (βίος, das Leben) wäre hier zweifellos der Ausdruck „ökologisch“ (οἶκος, das Haus; λόγος, die Wissenschaft); Oekologie, die Lehre von den Beziehungen der Organismen zur Umwelt und zueinander.

junge Wissenschaft. Daraus ergibt sich, daß die biologische Analyse des Wassers, die zwar einen selbständigen Wissenszweig derselben darstellt, erst nach dem Aufblühen der allgemeinen Hydrobiologie zur rechten Entwicklung kommen konnte. Wenn die biologische Analyse des Wassers sich alle Fortschritte der allgemeinen Hydrobiologie auch jetzt noch ständig zunutze machen muß, so beruhen ihre Grundlagen doch auf vielen Erkenntnissen, die aus Untersuchungen über das biologische Verhalten der Gewässer zu Verunreinigungen und nicht aus den Forschungsergebnissen der allgemeinen Hydrobiologie hervorgegangen sind. Darum erscheint die Bezeichnung „biologische Wasseranalyse oder -beurteilung“ zutreffender als „angewandte Hydrobiologie“.

Die Hauptdaten der Geschichte der biologischen Analyse des Wassers lassen sich, wie folgt, zusammenfassen: Von Vorläufern abgesehen, war der Breslauer Botaniker COHN¹⁾ der erste, der ein System der biologischen Wasserbeurteilung aufzustellen versuchte. Wenngleich er in bezug auf biologische Beurteilung des Trinkwassers keine Grundlagen von Bestand schaffen konnte¹⁾, so war er glücklicher in seinen biologischen Untersuchungen über Verunreinigung von Gewässern (1880—1884)²⁾, indem er gewisse pflanzliche Organismen als (auch heute noch gültige) namhafte Verunreinigungsindikatoren bzw. als Reinigungsfaktoren ermitteln konnte (z. B. *Sphaerotilus* [*Cladotrix*], *Leptomit*, *Beggiatoa*, *Oscillatoria* u. a.). Die biologische Wasserbeurteilung beruhte also zu jener Zeit im wesentlichen auf botanischer Grundlage. Durch die Schule COHNS erfolgten dann weitere einschlägige Untersuchungen, ohne daß aber die biologische Wasserbeurteilung zu weiterer Verbreitung gelangte. Die erste festere Grundlage schuf dann durch zusammenfassende und kritische Bearbeitung der bestehenden Literatur sowie durch eigene Untersuchungen C. MEZ (1898)³⁾, ein Schüler F. COHNS, der auch die einzelligen tierischen Organismen und besonders auch die mikroskopische Ermittlung der (unbelebten) Verunreinigungsstoffe in das Reich der Betrachtung zog.

In eine neue Entwicklungsphase trat die biologische Wasseranalyse mit der Begründung (1901) der Kgl. Prüfungs- und Versuchsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin (jetzige Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene in Berlin-Dahlem) durch auf Grund umfangreichen Materials angestellte Untersuchungen von KOLKWITZ und MARSSON⁴⁻⁸⁾. Die makroskopisch-biologische Beurteilung des

1) COHN, F., Ueber lebendige Organismen des Trinkwassers. Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 4, 1853, S. 229—237.

2) COHN, F., Gutachten über die Abwässer verschiedener Rübenzuckerfabriken im Winter 1881, erstattet auf Grund mikroskopischer Untersuchungen (1882).

3) MEZ, C., Mikroskopische Wasseranalyse, Berlin, J. Springer, 1898.

4) KOLKWITZ, R., und MARSSON, M., Oekologie der pflanzlichen Saprobien. Berichte der Deutsch. Bot. Ges., Bd. 26a, Jahrg. 1908, S. 505—519.

5) KOLKWITZ, R., und MARSSON, M., Oekologie der tierischen Saprobien. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Bd. 2, 1909, S. 126—152.

6) MARSSON, M., Die Bedeutung der Fauna und Flora für die Reinhaltung der natürlichen Gewässer, sowie ihre Beeinflussung durch Abgänge von Wohnstätten und Gewerben. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung, 1910, Heft 14, S. 1—26.

7) KOLKWITZ, R., Biologie des Trinkwassers, Abwassers und der Vorfluter. Handb. d. Hygiene, herausgeg. v. RUBNER, GRUBER u. FICKER, Leipzig, S. Hirzel, 1911, Bd. 2, S. 338—384, 2 Taf. u. Fig. 100—111.

8) KOLKWITZ, R., Pflanzenphysiologie, Jena, G. Fischer, 1914.

Wassers wurde speziell durch SCHIEMENZ¹⁾ entwickelt und besonders auf das Fischereiwesen angewandt. Ferner sind hier als namhafte Mitarbeiter an der biologischen Analyse des Wassers zu nennen: VOLK²⁾, HOFER³⁾, LAUTERBORN⁴⁾ und THIENEMANN⁵⁾. Auch die Arbeit SENFTS⁶⁾ sei erwähnt. Die übrige Spezialliteratur wird in Fußnoten zitiert werden.

Von zusammenfassenden zoologischen, botanischen und allgemeinen hydrobiologischen Werken, die sich nicht direkt auf die biologische Beurteilung des Wassers beziehen, seien hier folgende aufgeführt:

- BÜTSCHLI, O., Protozoa. Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreiches (1880—1889).
KIRCHNER, Die mikroskopische Pflanzenwelt des Süßwassers, 2. Aufl., 1891.
BLOCHMANN, FR., Die mikroskopische Tierwelt des Süßwassers, 1895.
EYFERTH, SCHOENICHEN und KALBERLAH, Einfachste Lebensformen, 4. Aufl., 1909.
STEUER, A., Planktonkunde, Berlin u. Leipzig, B. G. Teubner, 1910.
LAMPERT, K., Das Leben der Binnengewässer, 2. Aufl., Leipzig, Tauchnitz, 1910.
BRAUER, A., Die Süßwasserfauna Deutschlands, Jena, G. Fischer, 1909—1914 (noch nicht ganz vollständig erschienen).
PAASCHER, Die Süßwasserflora Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, Jena, G. Fischer, 1913/14 (ist erst zum Teil erschienen).

Zur Ergänzung seien im folgenden auch einige wichtigere Arbeiten über Wasser und Abwässer in chemischer und physikalischer und bakteriologisch-hygienischer Hinsicht genannt:

WEIGELT, C., Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Deutsch. Fisch.-Ver., Berlin W, Linkstr., 1900.

1) a) SCHIEMENZ, P., Das Aussticken der Fische im Winter durch die Abwässer der Zucker- und Stärkfabriken. Zeitschr. f. Fischerei, 1903. — b) Ders., Die biologische Wasseranalyse und die Beurteilung von Wasserverunreinigungen für die praktische Fischerei. Nachr. a. d. Klub d. Landw. zu Berlin, No. 794 u. 795, 1906. — c) Ders., Weitere fischereiliche Studien über organische Abwässer. Zeitschr. f. Fischerei, Bd. 13, 1906. — d) Ders., Vergleichung der Fruchtbarkeit von Seen und Flüssen. „Aus deutscher Fischerei“, Neudamm 1911 (Fischereiverein der Provinz Brandenburg), S. 75—82.

2) VOLK, R., Hamburgische Elbuntersuchung. Mitt. a. d. Naturhist. Museum Hamburg. Beihefte zum Jahrb. d. Hamb. wiss. Anstalten, Bd. 18—23, 1901—1906.

3) a) HOFER, B., Handbuch der Fischkrankheiten, München 1914. — b) Ders., Kanalisation und Entwässerung von Ortschaften an Binnenseen, München, F. Lehmann, 1898. — c) Ders., Ueber die Vorgänge der Selbstreinigung im Wasser. Münchner med. Wochenschr., 1905, No. 47, S. 2666. — d) Ders., Einfache Methode zur Schätzung des Sauerstoffgehaltes der Flüsse. Allg. Fisch.-Zeitung, 1902, No. 22, S. 409. — e) Ders., Die Einwirkung der Flußverunreinigung auf die Fischerei. Fisch.-Zeitung, 1908, No. 42, S. 671. — f) Ders., Reinigung von Abwässern durch Fischteiche. Gesundh.-Ing., 1909, No. 18, S. 310. — g) Ders. in: Sonderkatalog der Gruppe Städtereinigung. Intern. Hygiene-Ausstellung Dresden, 1911, S. 106.

4) LAUTERBORN, R., Die Verunreinigung der Gewässer und die biologische Methode ihrer Untersuchung, Ludwigshafen 1903, S. 1—31.

5) a) THIENEMANN, A., in: KÖNIGS Handbuch „Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe“, 4. Aufl., Berlin 1911. — b) KÖNIG, J., KUHLMANN, J., und THIENEMANN, A., Die chemische Zusammensetzung und das biologische Verhalten der Gewässer. Landw. Jahrbücher, Jahrg. 1911, S. 409—474, 4 Taf. u. 7 Fig. — c) THIENEMANN, A., Wesen, Wert und Grenzen der biologischen Wasseranalyse. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel sowie Gebrauchsgegenstände, Bd. 27, 1914, S. 273—281.

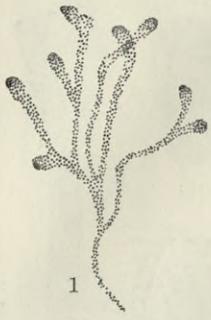
6) SENFT, E., Mikroskopische Untersuchung des Wassers mit Bezug auf die in Abwässern und Schmutzwässern vorkommenden Mikroorganismen und Verunreinigungen, 1905, 196 SS., 10 Taf. u. 86 Textfig.

- OHLMÜLLER und SPITTA, Die Untersuchung des Wassers und Abwassers, 3. Aufl., Berlin, J. Springer, 1910.
- RUBNER, GRUBER und FICKER, Handbuch der Hygiene, Bd. 2, Abt. 2: Wasser und Abwasser. Leipzig, S. Hirzel, 1911.
- TILLMANS, J., Wasserreinigung und Abwasserbeseitigung, Halle a. S., W. Knapp, 1912.
- ABEL, R., Handbuch der praktischen Hygiene, Jena, G. Fischer, 1913.
- KLUT, H., Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle, 2. Aufl., Berlin, J. Springer, 1911.
- SALOMON, H., Abwasser-Lexikon, Jena, G. Fischer, 1906/7, Erg.-Bd. 1911.
- DUNBAR, W. P., Leitfaden für die Abwasserfrage, 2. Aufl., München u. Berlin, R. Oldenbourg, 1912.
- THUMM, K., Ueber Anstalts- und Hauskläranlagen, 2. Aufl., Berlin, A. Hirschwald, 1913.
- Abwasserreinigungsanlagen, ihre Leistungen und ihre Kontrolle. Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, 3. F. Bd. 48, Suppl. 1914.
- WEYL, TH., Handbuch der Hygiene, 2. Aufl., Leipzig, J. A. Barth, 1913/14. Bd. 2: Städtereinigung.

Fig. 1. *Zoogloea ramigera*, × 150; Fig. 2. *Gallionella ferruginea*, × 375; Fig. 3. *Chromatium okenii*, × 375; Fig. 4. *Beggiatoa arachnoidea*, × 375; Fig. 5. *Thiospirillum sanguineum*, × 375; Fig. 6. *Spirulina jenneri*, × 180; Fig. 7. *Anabaena spiroides*, × 150; Fig. 8. *Navicula cuspidata*, × 150; Fig. 9. *Pleurosigma acuminatum*, × 150; Fig. 10. *Gomphonema acuminatum*, × 375; Fig. 11. *Nitzschia sigmoidea*, × 150; Fig. 12. *Asterionella gracillima*, × 180; Fig. 13. *Saccharomyces cerevisiae*, × 375; Fig. 14. *Fragilaria crotonensis*, × 375; Fig. 15. *Tabellaria fenestrata*, × 150; Fig. 16. *Melosira varians*, × 375; Fig. 17. *Lemanea torulosa*, × 1/2; Fig. 18. *Ulothrix zonata*, × 150; Fig. 19. *Pediastrum boryanum*, × 300; Fig. 20. *Solanum tuberosum*, Stärkekekörner, × 180; Fig. 21. *Scenedesmus quadricauda*, × 375; Fig. 22. *Melosira granulata*, × 375; Fig. 23. *Chantransia chalybaea*, × 175; Fig. 24. *Amoeba limax*, × 375; Fig. 25. *Euglena acus*, × 150. Originalzeichnungen von E. NITARDY.

Fig. 26. *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, × 375; Fig. 27. *Actinastrum hantzschii*, × 375; Fig. 28. *Cothurnia crystallina*, × 300; Fig. 29. *Stentor roeseli*, × 150; Fig. 30. *Cyclidium glaucoma*, × 375; Fig. 31. *Closterium parvulum*, × 375; Fig. 32. *Podophrya fixa*, × 150; Fig. 33. *Paramaecium caudatum*, × 150; Fig. 34. *Glaucocystis scintillans*, × 375; Fig. 35. *Didinium nasutum*, × 150; Fig. 36. *Lionotus fasciola*, × 375; Fig. 37. *Spirostomum ambiguum*, × 50; Fig. 38. *Trachelomonas volvocina*, × 375; Fig. 39. *Gomphonema olivaceum*, × 150; Fig. 40. *Polytoma uwella*, × 375; Fig. 41. *Ceratium hirundinella*, × 150; Fig. 42. *Eudorina elegans*, × 375; Fig. 43. *Phaeus longicauda*, × 150; Fig. 44. *Diffugia pyriformis*, × 150; Fig. 45. *Bodo oratus*, × 375; Fig. 46. *Pinnularia viridis*, a) Schalen- und b) Gürtelbandseite, × 375; Fig. 47. *Arcella vulgaris*, × 150; Fig. 48. *Synura uwella*, × 150; Fig. 49. *Peranema trichophorum*, × 150. Originalzeichnungen von E. NITARDY.

Fig. 50. *Stylonychia mytilus*, × 180; Fig. 51. *Coleochaete orbicularis*, × 300; Fig. 52. *Chodatella ciliata*, × 375; Fig. 53. *Mesocarpus scalaris* (Mougeotia), × 150; Fig. 54. *Euastrum oblongum*, × 300; Fig. 55. *Spirogyra weberi*, × 150; Fig. 56. *Ophiocytium majus*, × 150; Fig. 57. *Cladophora glomerata*, × 25; Fig. 58. *Stigeoclonium tenue*, × 150; Fig. 59. *Colpidium colpoda*, × 150; Fig. 60. *Cosmarium botrytis*, × 300; Fig. 61. *Spirillum undula*, × 300; Fig. 62. *Sarcina paludosa*, × 250; Fig. 63. *Oscillatoria chlorina*, × 300; Fig. 64. *Sphaerotilus natans*, × 900; Fig. 65. *Saccharomyces cerevisiae*, × 500; Fig. 66. *Leptomitus lacteus*, × 150; Fig. 67. *Phaeus pyrum*, × 375; Fig. 68. Streptokokken, × 375; Fig. 69. *Sphaerotilus natans*, × 150; Fig. 70. Stärkezellen, × 175; Fig. 71. Kiefernpollen, × 175; Fig. 72. Wollfaser, × 175; Fig. 73. Sammetfaser, × 175; Fig. 74. Daunenstrahl, × 175; Fig. 75. Leinenfaser aus Papier, × 175; Fig. 76. Nadelholzzellen mit Hoftüpfeln, × 175; Fig. 77. Nadelholzrest, × 25; Fig. 78. Korrodiertes Stärkekorn, × 175; Fig. 79. Sandkorn, × 200; Fig. 80. Schmetterlingsschuppe, × 100. Originalzeichnungen von E. NITARDY.



1



2



4



5



7



9



11



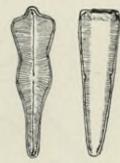
3



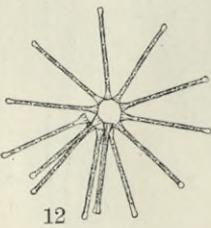
6



8



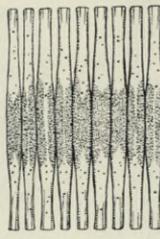
10



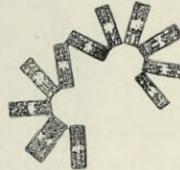
12



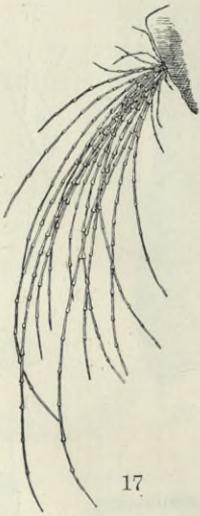
13



14



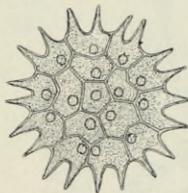
15



17



18



19



16



24



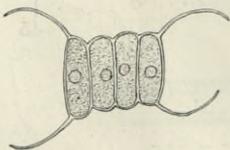
25



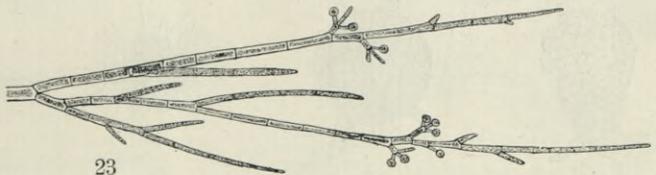
22



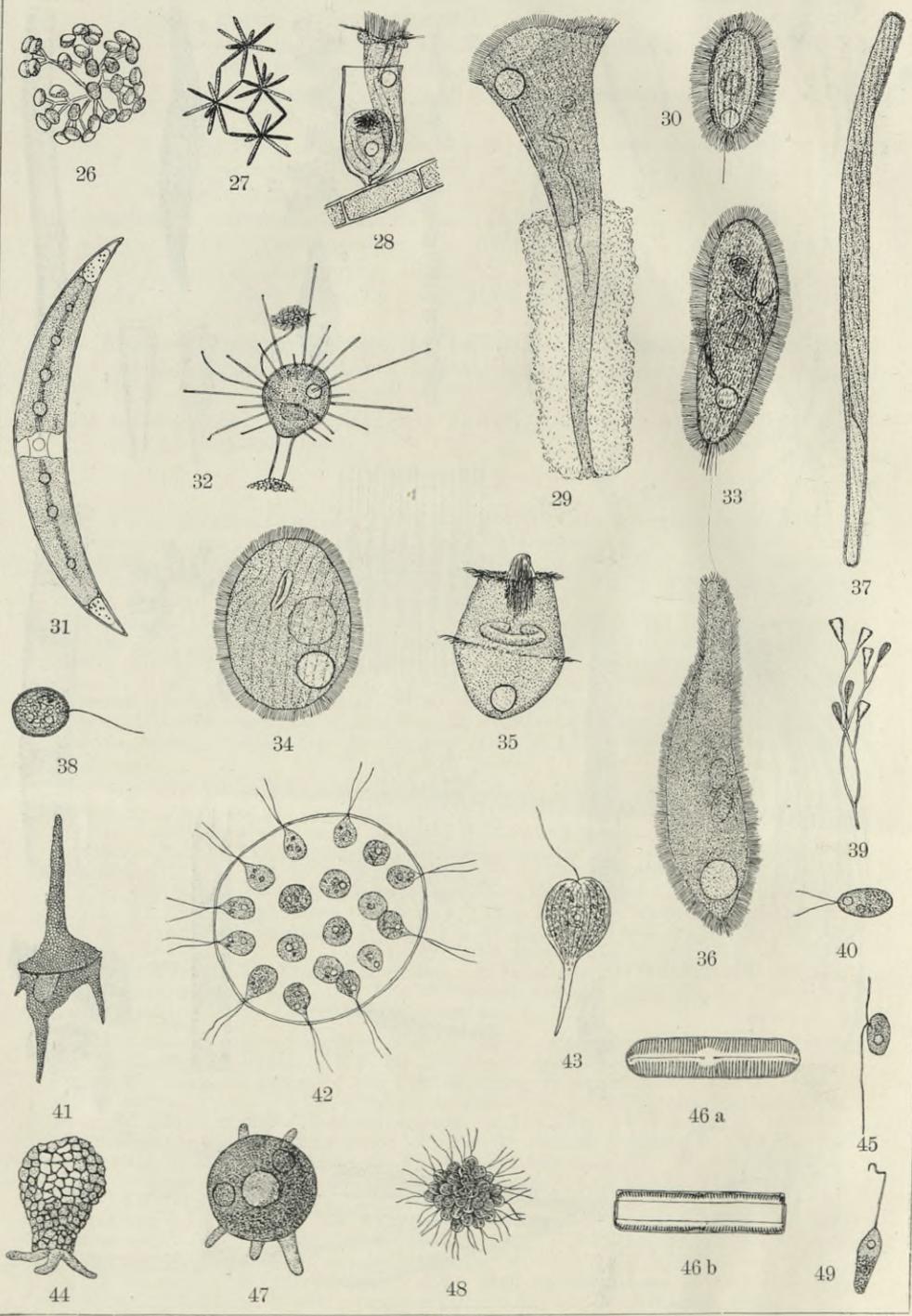
20

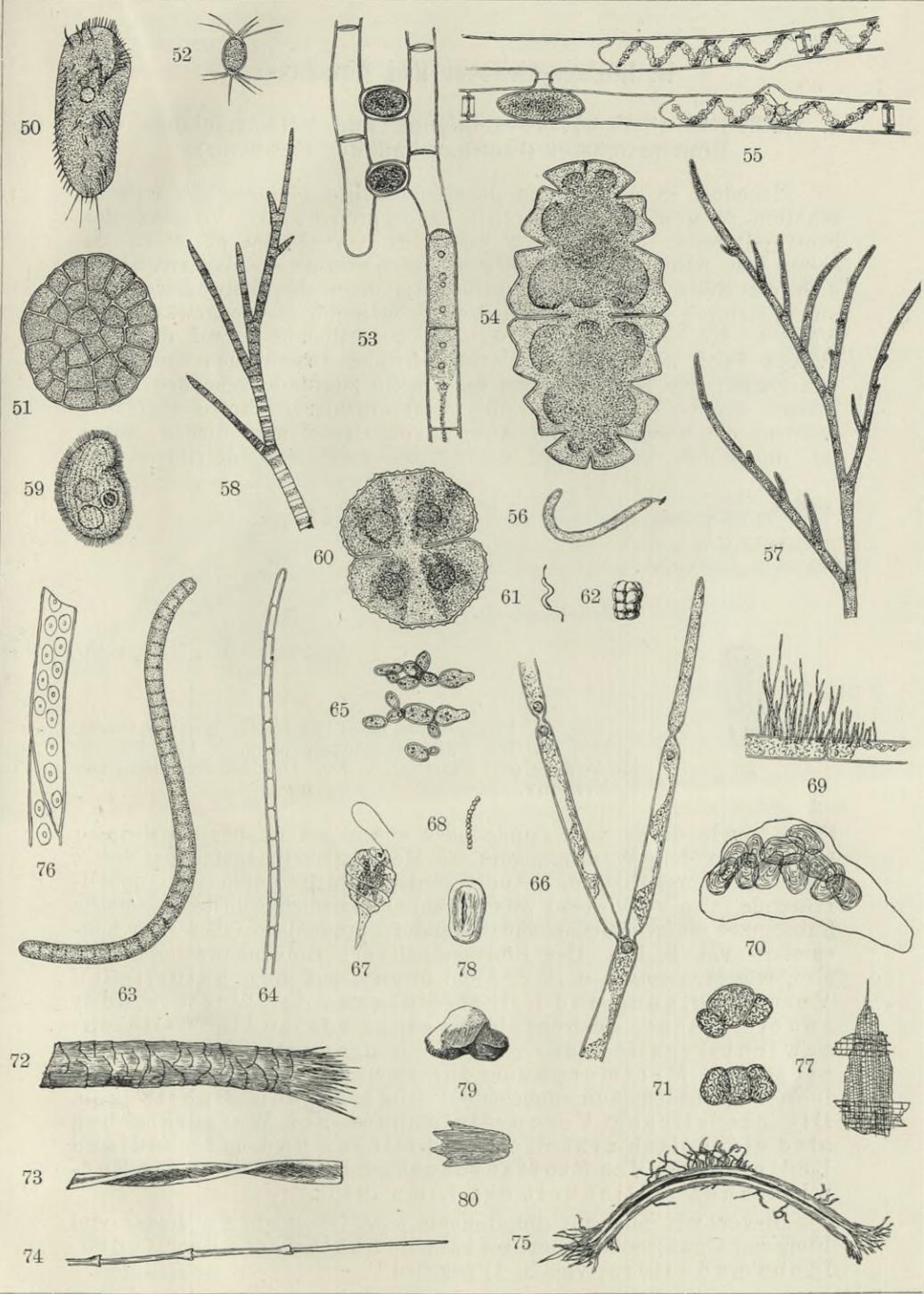


21



23

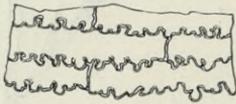




II. Binnengewässer und Abwässer.

1. Natürliche (Selbst-)Verunreinigung und Selbstreinigung der Binnengewässer (Stoffhaushalt der Gewässer).

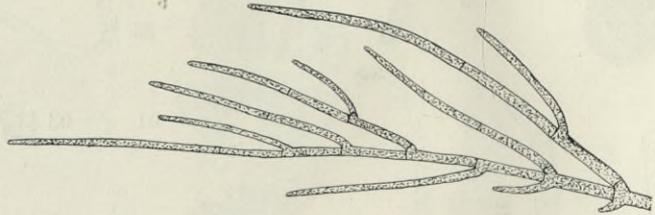
Nachdem in den letzten Jahrzehnten die biologischen Wissenschaften so große Erfolge erzielt haben, sind uns die Vorgänge des Stoffkreislaufes in der Natur deutlicher vor Augen getreten. So haben wir nunmehr durch die genauere Kenntnis des Limnobios, d. h. der tierischen und pflanzlichen Bewohner des Süßwassers, auch einen tieferen Einblick in den Stoffhaushalt der Binnengewässer gewonnen. Er beruht, kurz gesagt, im wesentlichen darauf, daß dem Wasser durch den Stoffwechsel von tierischen Organismen und durch den Zerfall der im Kampf um das Dasein zugrunde gehenden Organismen ständig (gelöste und ungelöste) organische Stoffe zugeführt werden, die wiederum zum Aufbau von Organismen dienen; dabei ist die durch vom Wind zugeführtes Laub und detritusreichen



81



83



82

Fig. 81. Epidermisrest eines Grasblattes (Heu und Stroh), $\times 150$; Fig. 82. *Fusarium aquaeductum*, $\times 150$; Fig. 83. Muskelfaser (aus Fäkalien), $\times 200$. Originalzeichnungen von E. NITARDY.

Staub sowie durch vom Lande oder von der Luft her einfallenden Organismen dem Wasser zugeführte Menge zersetzungsfähiger Stoffe nicht zu unterschätzen. Andererseits werden durch chlorophyllführende (also vorwiegend pflanzliche) Organismen gelöste organische Substanzen aufgenommen und Sauerstoff produziert (aber auch konsumiert, vgl. S. 15). Der Stoffhaushalt der Binnengewässer beruht also, wie MARSSON (l. c. S. 2, Anm. 6) sagt, auf einer natürlichen Verunreinigung und Selbstreinigung des Wassers, oder anders gesagt, er besteht in einer beständigen Gleichgewichtsregulierung zwischen progressiver und regressiver Metamorphose der eigenen bzw. von außen zugeführten (belebten und unbelebten) organischen Substanzen. Die natürlichen Verunreinigungen des Wassers geben also eigentlich erst die wesentlichen und notwendigen Bedingungen des Stoffaufbaues, d. h. sie bieten die Entwicklungsmöglichkeit des Limnobios.

Bevor wir nun auf die Biologie bzw. Oekologie der Fauna und Flora der Gewässer eingehen, sei kurz die Systematik der Hydrofauna und -flora (vgl. S. 1) gegeben.

Systematische Zusammenstellung der wichtigsten Gruppen der Hydrofauna [nach R. HERTWIG¹⁾, etwas geändert und mit deutschen Namen nach Möglichkeit ergänzt]:

- A. I. Stamm: Protozoen (einzellige Tiere, sogenannte Urtiere)
1. Klasse: Rhizopoden, Wurzelfüßler
 2. Klasse: Flagellaten, Geißeltierchen²⁾
 - (3. Klasse: Sporozoen, Sporentierchen)
 4. Klasse: Ciliaten, Wimpertierchen²⁾
- B. Metazoen (vielzellige Tiere)
- II. Stamm: Cölenteraten (Pflanzentiere, Zoophyten)
1. Unterstamm: Spongien (Poriferen, Schwämme; mit Ausnahme weniger Arten Meeresbewohner)
 2. Unterstamm: Cnidarier, Nesseltiere (ganz vorwiegend Meeresbewohner)
 1. Klasse: Hydrozoen (ganz vorwiegend Meeresbewohner)
 2. Klasse: Scyphozoen
 3. Klasse: Anthozoen
 4. Klasse: Ctenophoren(Meeresbewohner)
- III. Stamm: Vermes, Würmer
1. Unterstamm: Scoleciden (Würmer ohne Leibeshöhle)
 1. Klasse: Platyhelminthen (Plattiere; zum großen Teil Parasiten)
 1. Unterklasse: Plathelminthen, Plattwürmer
 2. Gruppe: Turbellarien, Strudelwürmer
 3. Gruppe: Trematoden, Saugwürmer } Parasiten
 3. Gruppe: Cestoden, Bandwürmer }
 2. Unterklasse: Nemertinen, Schnurwürmer
 2. Klasse: Rotatorien, Rädertiere
 2. Unterstamm: Cölhelminthen (Würmer mit Leibeshöhle)
 1. Klasse: Chätognathen, Pfeilwürmer (Meeresbewohner)
 2. Klasse: Nemathelminthen, Nematoden, Rundwürmer
 3. Klasse: Anneliden, Ringelwürmer
 1. Unterklasse: Polychäten, Vielborster (Meeresbewohner)
 2. Unterklasse: Oligochäten, Wenigborster (meist Land-, zum Teil Süßwasserbewohner)
 4. Klasse: Enteropneusten, Pfeilwürmer (Meeresbewohner)

Anhang zu den Würmern: Molluscoiden

Klasse: Bryozoen, Moostierchen

Klasse: Brachiopoden, Armfüßer, Spiralkiemer (Meeresbewohner)
- IV. Stamm: Echinodermen, Stachelhäuter (Meeresbewohner)
1. Klasse: Asteroideen, Seesterne
 2. Klasse: Ophiuroideen, Schlangensterne
 3. Klasse: Crinoideen, Haarsterne
 4. Klasse: Echinodeen, Seeigel
 5. Klasse: Holothurien, Seewalzen
- V. Stamm: Mollusken, Weichtiere
1. Klasse: Amphineuren, Urmollusken
 2. Klasse: Lamellibranchier, Muscheln

1) HERTWIG, R., Lehrbuch der Zoologie, 9. Aufl., Jena, G. Fischer, 1910.

2) Flagellaten und Ciliaten werden auch als Infusorien, Aufgußtierchen, zusammengefaßt; die Flagellaten stelle ich mit HERTWIG zum Tierreich, nicht zum Pflanzenreich.

- 3. Klasse: Gastropoden, Schnecken
- 4. Klasse: Cephalopoden, Tintenfische (Meeresbewohner)
- VI. Stamm: Arthropoden, Gliederfüßer
 - 1. Unterstamm: Crustaceen, Krebstiere
 - 2. Unterstamm: Tracheaten, Tracheentiere
 - 1. Klasse: Protracheaten (Onychophoren, Peripatiden), Landbewohner
 - 2. Klasse: Myriapoden, Tausendfüßer (Landbewohner)
 - 3. Klasse: Insekten (größtenteils Landbewohner, zum Teil auch Wasserbewohner, oder wenigstens während ihres Larvenlebens Wasserbewohner)
 - 4. Klasse: Arachnoideen, Spinnentiere [mit Ausnahme der Wassermilben und einer Wasserspinne, *Argyroneta aquatica*¹⁾, Landbewohner]
- VII. Stamm: Tunicaten, Manteltiere (Meeresbewohner)²⁾
- VIII. Stamm: Vertebraten, Wirbeltiere
 - 1. Unterstamm: Anamnioten
 - 1. Klasse: Acranier, Leptocephalen (*Amphioxus*)
 - 2. Klasse: Cyclostomen, Rundmäuler
 - 3. Klasse: Pisces, Fische
 - 4. Klasse: Amphibien, Lurchtiere
 - 2. Unterstamm: Amnioten
 - 1. Klasse: Reptilien
 - 2. Klasse: Aves, Vögel
 - 3. Klasse: Mammalia, Säugetiere

(größtenteils Landbewohner)

Systematische Zusammenstellung der wichtigsten Gruppen der Hydroflora nach ENGLER (Syllabus, 1912; zum Teil geändert):

Cryptogamae (Sporophyta), blütenlose Pflanzen, Thallophyta (ohne Sonderung in Stamm und Blatt)

- 1. Abt.: Schizophyta, Spaltpflanzen
 - 1. Klasse: Schizomycetes, Spaltpilze (Bacteria, Bakterien)
 - 2. Klasse: Schizophyceae, Spaltalgen (Cyanophyceae, Blaualgen)
- 2. Abt.: Myxomycetes (Mycetozoa, Pilztiere), Schleimpilze
- (3. Abt.: Flagellatae) } s. Systematik der Hydrofauna, S. 9, Anm. 2
- (4. Abt.: Dinoflagellatae) }
- 5. Abt.: Bacillariophyta (Bacillariaceae, Diatomaceae, Diatomeen, Kieselalgen)
- 6. Abt.: Conjugatae (Zygophyceae: Closterium, Spirogyra)
- 7. Abt.: Chlorophyceae, Grünalgen
 - 1. Klasse: Protococcales
 - 2. Klasse: Confervales
 - 3. Klasse: Siphonocladales
 - 4. Klasse: Siphonales
- 8. Abt.: Charophyta, Armleuchtergewächse (*Chara*)
- 9. Abt.: Phaeophyceae, Braunalgen, Brauntange (zumeist marin)
- 10. Abt.: Rhodophyceae, Rottange, Florideen

1) Tiernamen (Gattung und Species) gebe ich zum Unterschied von Pflanzennamen stets in *Kursiv*-Schrift.

2) Von HERTWIG (l. c. S. 9) als Anhangsgruppe zu den Würmern gestellt.

1. Klasse: Bangiales (Bangia)
2. Klasse: Florideae (Lemanea, Batrachospermum)
11. Abt.: Eumycetes (Fungi), echte Pilze
 1. Klasse: Phycomycetes, Fadenpilze (Saprolegnia)
 2. Klasse: Ascomycetes, Schlauchpilze (Fusarium)
 3. Klasse: Basidiomycetes (Landpflanzen)

Archegoniatae

12. Abt.: Embryophyta asiphonogama

I. Bryophyta, Moose

1. Klasse: Hepaticae, Lebermoose (Ricciella)
2. Klasse: Musci, Laubmoose (Cinclidotus, Fontinalis, Limnobium)

II. Pteridophyta, Farne

1. Klasse: Filicales (Salvinia, Azolla)
 - (2. Klasse: Sphenophyllales)
 - (3. Klasse: Equisitales)
 - (4. Klasse: Lycopodiales)
 - (5. Klasse: Psilotales)
 6. Klasse: Isoetales (Isoetes)
 7. Klasse: Cycadofilices
- } Landpflanzen

Phanerogamae (Spermaphyta), Blütenpflanzen

13. Abt.: Embryophyta siphonogama

I. Gymnospermae, nacktsamige Pflanzen (Landpflanzen)

II. Angiospermae, bedecktsamige Pflanzen

1. Klasse: Monocotyledonae (einkeimblättrige Pflanzen, Spitzkeimer)

(Potamogeton, Zostera, Posidonia, Najas, Hydrocharis, Sagittaria [Pfeilkraut], Stratiotes, Vallisneria, Elodea [Wasserpest], Lemna)

2. Klasse: Dicotyledonae (zweikeimblättrige Pflanzen)

(Polygonum amphibium, Batrachium, Nymphaea, Nuphar [Seerosen], Ceratophyllum [Hornkraut], Elatine, Trapa [Wassernuß], Myriophyllum [Tausendblatt], Hippurus [Tannenedel], Hottonia [Wasserfeder])

Unter den wasserbewohnenden Organismen unterscheiden wir nach praktischen Gesichtspunkten:

- 1) Uferbesatz, d. h. tierische und pflanzliche Organismen, die entweder am Ufer festsitzen, oder sich am Ufer kriechend bewegen,
- 2) Grundbesatz (Begriff wie bei dem Uferbesatz, s. o.),
- 3) Nekton¹⁾, Plankton²⁾ [und Seston³⁾].

Als Plankton wurden von HENSEN (1887) die im Wasser lebenden, meist kleineren tierischen und pflanzlichen Organismen bezeichnet, die ihrer Form nach zum Schweben im Wasser geeignet (zum Teil ohne Eigenbewegung, zum Teil aber auch bewegungsfähig) von der Strömung getrieben werden; diejenigen Organismen, die sich auch gegen die Strömung bewegen können (z. B. Fische etc.) werden als Nekton bezeichnet. Unter dem Plankton, dessen deutsche Bezeichnung „Auftrieb“ nicht gerade glücklich gewählt ist, unterscheidet

1) νηκτός (νήχσομαι), schwimmend.

2) πλαγκτός, treibend.

3) σηστός, absiebbar (vgl. S. 13, Anm. 1).

man vielerlei Typen, von denen hier nur die im Rahmen des Compendiums notwendig erscheinenden erwähnt seien. Der Größe nach unterscheidet man ein Makro-, Meso- und Mikroplankton, sowie als Extreme Megalo- und Nannoplankton (Riesen- und Zwergplankton). Das letztere, das durch ein Planktonnetz (vgl. S. 29) von $\frac{1}{15}$ mm Maschenweite nicht zurückgehalten wird, spielt infolge seines massenhaften Auftretens¹⁾ eine nicht unbedeutende Rolle im Stoffhaushalte der Gewässer, da es für eine große Menge anderer Planktonten (z. B. der Rädertiere) die Hauptnahrung darstellt. Die in den letzten Jahren heiß umstrittene Frage, ob auch tierische Organismen (von den

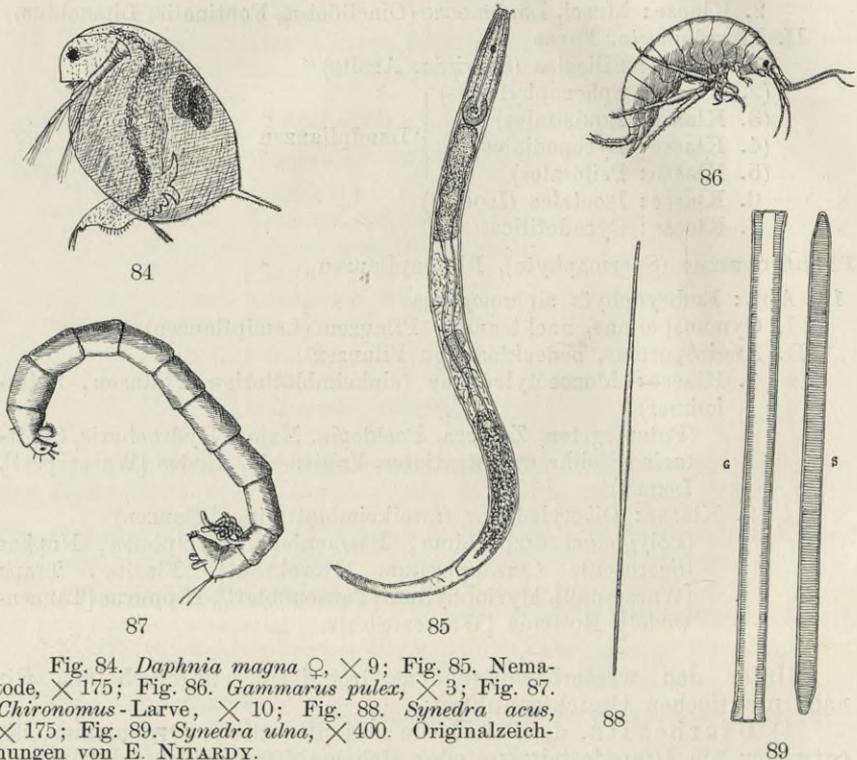


Fig. 84. *Daphnia magna* ♀, $\times 9$; Fig. 85. Nematode, $\times 175$; Fig. 86. *Gammarus pulex*, $\times 3$; Fig. 87. *Chironomus*-Larve, $\times 10$; Fig. 88. *Synedra acus*, $\times 175$; Fig. 89. *Synedra ulna*, $\times 400$. Originalzeichnungen von E. NITARDY.

chlorophyllführenden abgesehen) in der Lage sind, gelöste organische Stoffe als Nahrung aufzunehmen, darf nach dem Nachweis des Nannoplanktons (LOHMANN 1911)¹⁾ und nach anderen Untersuchungsergebnissen im ganzen verneint werden. (Ueber die Bedeutung des Planktons als Fischnahrung s. u. S. 16.)

Systematisch unterscheiden wir Phyto- und Zooplankton (pflanzliches und tierisches Plankton).

In bezug auf den Salzgehalt des Wassers unterscheiden wir Haloplankton, d. h. Meeresplankton (HENSEN 1887), Hyphalmyro-

1) LOHMANN, H., Ueber das Nannoplankton und die Zentrifugierung kleinster Planktonproben in lebendem Zustande. Intern. Rev. f. d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, Bd. 4, 1911, Heft 1.

plankton (LEMMERMANN), d. h. Brackwasserplankton, und Limnoplankton (HAECKEL 1890), d. h. Süßwasserplankton.

Da unter den im Wasser treibenden Planktonten auch Organismen angetroffen werden, die vom Ufer- oder Grundbesatz losgerissen sind, unterscheidet man auch zwischen einem sogenannten Euplankton (echtem Plankton) und einem erratischen bzw. Pseudoplankton. Zu letzterem sind unberechtigterweise häufig auch die unbelebten Schwebestoffe (natürlicher Detritus und Verunreinigungsstoffe, s. S. 30 u. 32) gerechnet worden.

Durchaus praktisch erscheint der Vorschlag von KOLKWITZ¹⁾, alle aus dem Wasser mittels Planktonnetzes oder Planktonsiebes (vgl. S. 29) „absiebbarer“ (belebten und unbelebten) Schwebestoffe als Seston zu bezeichnen. Es liegt auf der Hand, daß dem Plankton (ohne daß eine

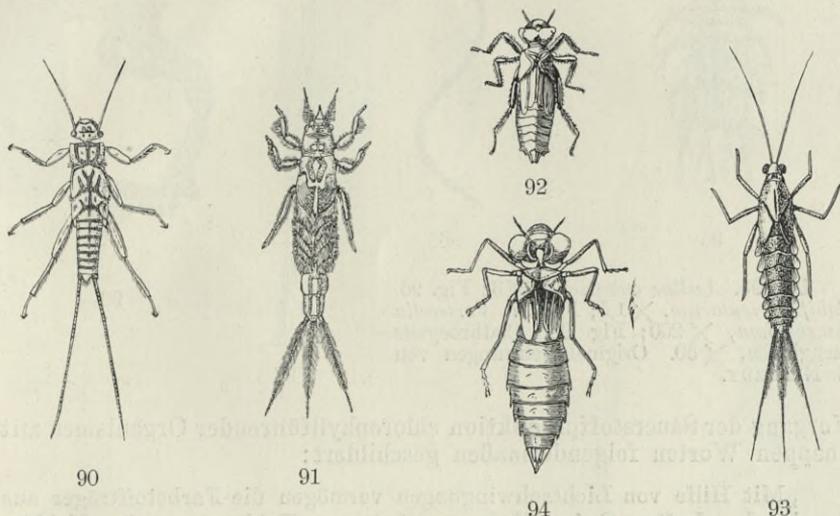


Fig. 90. *Perla maxima*, $\times 0,75$; Fig. 91. *Ephemera vulgata*, $\times 1,5$; Fig. 92. *Libellula depressa*, $\times 0,75$; Fig. 93. *Cloëon dipterum*, $\times 3$; Fig. 94. *Aeschna grandis*, $\times 0,75$. Nach TÜMPEL, Die Geradflügler Mitteleuropas.

künstliche Wasserverunreinigung besteht) eine Menge unbelebter Schwebestoffe (mineralischer und organischer Detritus, z. B. Sandkörner [S. 7, Fig. 79], Karbonate etc., andererseits Tierreste, speziell Kleinkruster- und Insektenreste, Schmetterlingsschuppen [S. 7, Fig. 80], Vogelfederstrahlen [S. 7, Fig. 74], Pflanzenreste [S. 7, Fig. 76, 77, 81] etc.) beigemischt sind.

Die niedrigsten Organismen, die Bakterien, vollführen (als Fäulniserreger) die Zersetzung der organischen (unbelebten) Stoffe, wirken aber (besonders z. B. Sphaerotilus, S. 7, Fig. 64 und 69) auch wiederum als Entfäuler durch Aufnahme gelöster organischer Substanzen. An der Beseitigung der gelösten Stoffe beteiligen sich auch alle einen grünen Farbstoff, das sogenannte Chlorophyll, führenden Organismen, also sämt-

1) KOLKWITZ, R., Das Planktonsieb aus Metall und seine Anwendung. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 29, 1911, S. 511—517. — Nach KOLKWITZ würden alle Schwebestoffe (auch unbelebte) als Seston zu bezeichnen sein, so daß das Plankton (= belebte Schwebestoffe) nur einen Teilbegriff des Sestons darstellt (vgl. auch S. 11)

liche Algen und viele Flagellaten, die ihrerseits wiederum die unter dem Einfluß der Zersetzung organischer Substanzen erfolgende Sauerstoffzehrung durch aktive, unter dem Einfluß des Lichtes erfolgende, Sauerstoffbildung ausgleichen. MARSSON (l. c. S. 2, Anm. 6) hat diesen

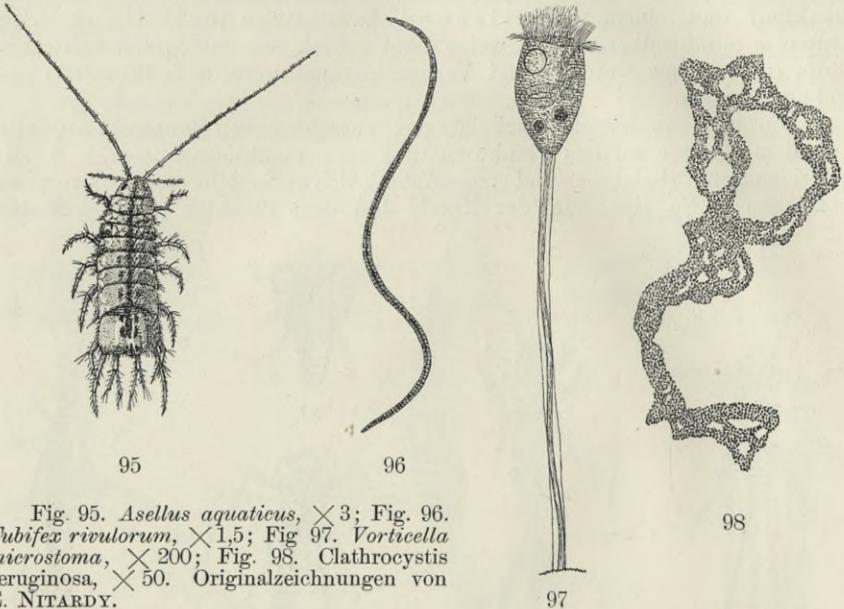


Fig. 95. *Asellus aquaticus*, $\times 3$; Fig. 96. *Tubifex rivulorum*, $\times 1,5$; Fig. 97. *Vorticella microstoma*, $\times 200$; Fig. 98. *Clathrocystis aeruginosa*, $\times 50$. Originalzeichnungen von E. NITARDY.

Vorgang der Sauerstoffproduktion chlorophyllführender Organismen mit knappen Worten folgendermaßen geschildert:

„Mit Hilfe von Lichtschwingungen vermögen die Farbstoffträger aus der in der Luft und im Wasser enthaltenen Kohlensäure den Kohlenstoff abzuspalten, und mit den Elementen des Wassers organische Substanz zu bereiten. Es bilden sich polymerisationsfähige kohlenstoffhaltige

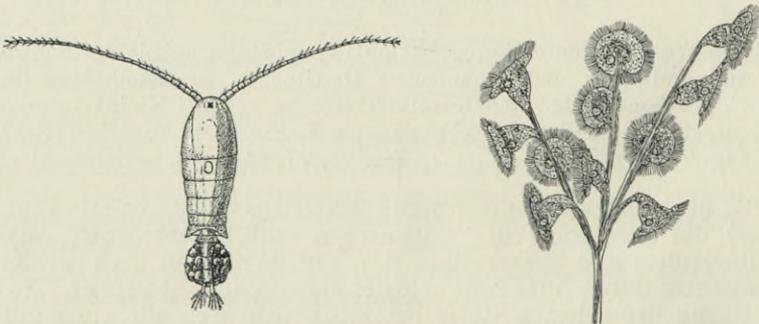


Fig. 99. *Diaptomus* spec., $\times 30$.¹ Nach VOSSELER in LAMPERT. Fig. 100. *Carchesium polypinum*, $\times 200$. Originalzeichnung von E. NITARDY.

Produkte zu Stärke und gewissen Zuckerarten, die in Vereinigung mit den einfachsten Stickstoffverbindungen schließlich zum Aufbau von Eiweiß und anderen komplizierten Verbindungen für die Pflanzen Verwendung

finden und das organische Trockengewicht derselben erhöhen. Der zur Bildung der Eiweißverbindungen nötige Stickstoff wird in Form von Ammoniak und Nitraten bezogen, der Schwefel aus Sulfaten; eine nicht minder wichtige Rolle scheinen bei der Eiweißbildung die Phosphate zu spielen, ferner noch Eisenverbindungen und andere im Wasser und im Boden vorhandene Salze.“

Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die Algen auch wieder Sauerstoff zur Atmung aufbrauchen. In stehenden Gewässern kann die

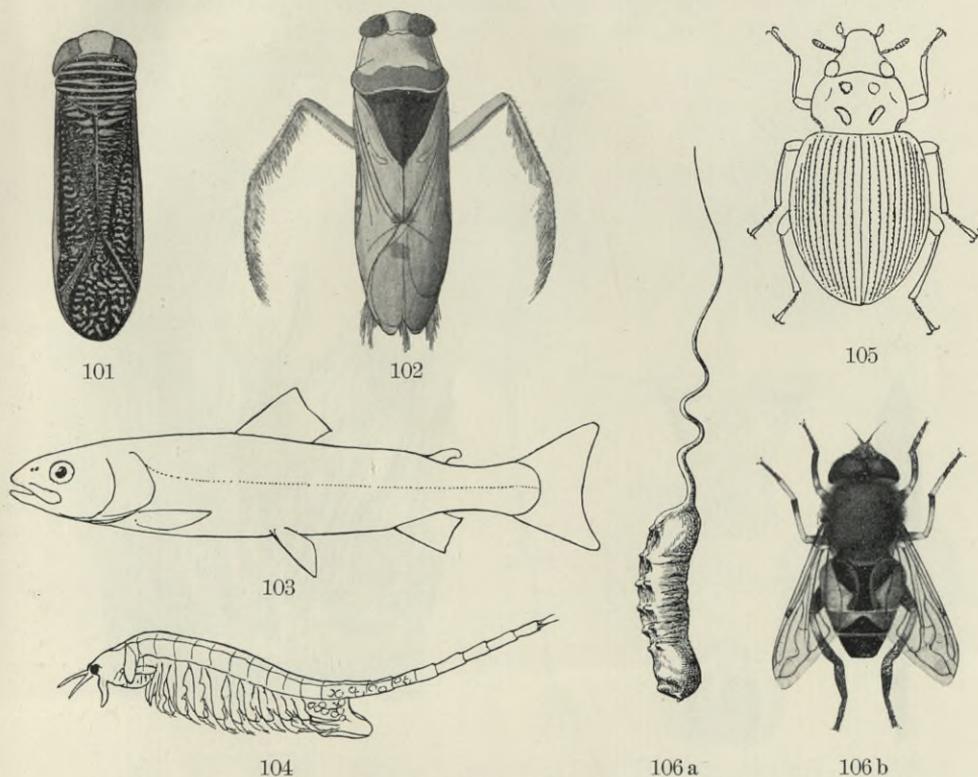


Fig. 101. *Corixa striata*, $\times 6$; Fig. 102. *Notonecta glauca*, $\times 3$; Fig. 103. *Trutta fario*, $\times 0,5$; Fig. 104. *Artemia salina*, $\times 3$; Fig. 105. *Ochthebius spec.*, $\times 20$; Fig. 106. a Larve von *Eristalis*, $\times 2$, b *Eristalis arbustorum*. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

übermäßige Entwicklung von Algen während der Nacht, in der ja kein Sauerstoff von ihnen produziert wird, zu solchen Sauerstoffmangel führen, daß Fischsterben eintritt.

Die so zu reicher Entwicklung gelangenden Organismen (Bakterien und Algen) stellen wiederum Nahrungsproduzenten für einen großen Teil der übrigen Fauna dar, unter denen Bakterien- und Algenfresser bzw. Planktonfresser sowohl unter den einzelligen Tieren (Protozoen) wie unter den vielzelligen Tieren (Metazoen), speziell den Würmern, Mollusken (Schnecken und Muscheln), Crustaceen (Krebstiere), zahlreich vertreten sind. Die Metazoen stellen aber nicht

lediglich räuberisch lebende Tiere dar, sondern weisen auch noch zahlreiche Vertreter auf, die an der Beseitigung der natürlichen Verunreinigungen als Detritusfresser oder auch als Aasfresser regen Anteil nehmen. Ganz bedeutenden Anteil an der Wasserreinigung nehmen als Detritusfresser auch zahlreiche Insektenlarven (S. 12, Fig. 87; S. 13, Fig. 90—94; S. 15, Fig. 106; S. 20, Fig. 126, 127; S. 21, Fig. 128), indem sie, als geschlechtsreife Tiere (Imagines) zum Land- bzw. Luftleben übergehend, dem Wasser direkt organische

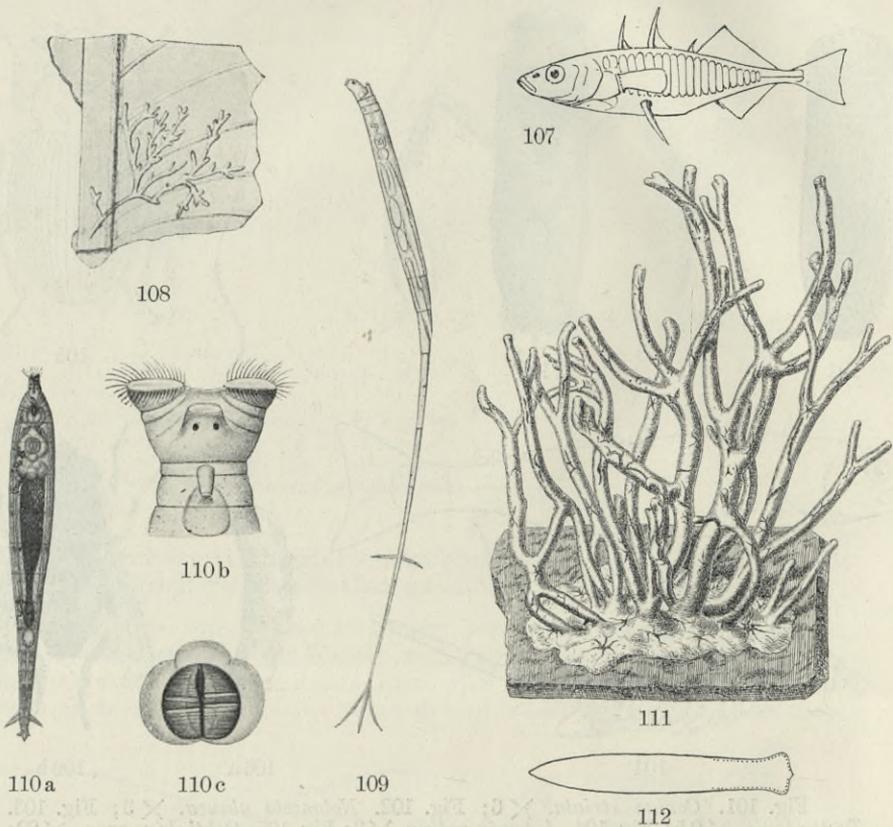


Fig. 107. *Gasterosteus aculeatus*, $\times \frac{3}{5}$; Fig. 108. *Plumatella repens*, $\times \frac{4}{5}$, Kolonie auf einem Seerosenblatt; Fig. 109. *Rotifer actinurus* (*Actinurus neptunius*), $\times 80$; Fig. 110. *Rotifer vulgaris*, $\times 160$; Fig. 111. *Spongilla lacustris* an einem Mauerstein, $\times \frac{1}{5}$; Fig. 112. *Polycelis nigra*, $\times 2,5$. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

Substanz entzogen haben. In Betracht zu ziehen sind bei der natürlichen Verunreinigung der Gewässer, abgesehen von dem Alterstod, abgesehen ferner von den durch Parasiten vernichteten Tieren und auch abgesehen von der Defäkation der größeren wasserbewohnenden Tiere (Amphibien und Fische), in größerem Maße die dem Gewässer von außen her durch Einfallen von Luftbewohnern (darunter größeren Tieren), Blättern, Holzstücken, Uferpflanzen etc. zugeführten organischen Substanzen. Alle natürliche Verunreinigung eines Gewässers bedeutet jedoch nur eine Befruchtung des Limnobios.

Wenngleich unter den im vorstehenden besprochenen wichtigsten niederen Lebewesen des Flusses ein lebhafter Kampf besteht, so stellen sie doch größtenteils „Fischnahrung“ und somit gewissermaßen das letzte Stadium des Stoffabbaues dar. Das Plankton und namentlich die Planktonkruster sind eine ständige Nahrungsquelle der Fische, namentlich der Fischbrut. Die größeren Fische ziehen freilich, wie besonders SCHIEMENZ (1911) zeigte, die reichere Grund- und Uferfauna (z. B. Würmer, Chironomidenlarven und andere Insektenlarven) den Planktonorganismen vor. Außerdem lebt aber ein Teil der Fische räuberisch von kleinen Fischen. Ueber die Ernährungsweise der Fische bemerkt SCHIEMENZ (l. c.):

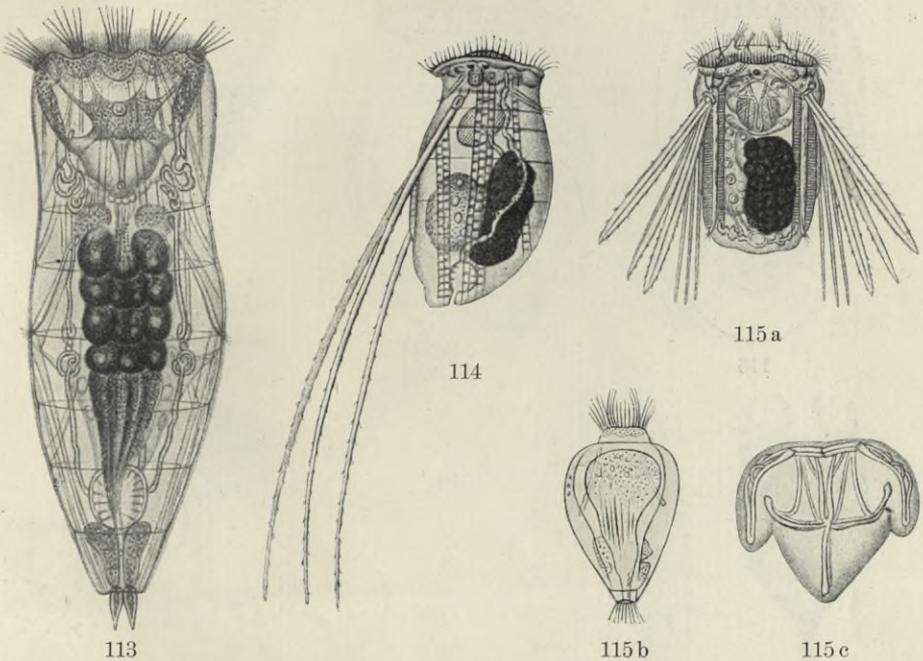


Fig. 113. *Hydatina senta*, $\times 80$; Fig. 114. *Triarthra longiseta*, $\times 200$; Fig. 115. *Polyarthra platyptera*, a Weibchen, $\times 200$; b Männchen; c Kiefer. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

„Solange man noch im Banne der Reklame lebte, welche mit dem Plankton getrieben wurde, mußte man sich unwillkürlich einbilden, daß es die stehenden Gewässer seien, welche am fruchtbarsten seien. Nachdem aber durch eingehende Untersuchungen gezeigt worden ist, daß es nicht das Plankton ist, welches die Hauptnahrung der Fische bildet, sondern daß es die Ufertiere und Bodentiere sind, welche von den Fischen in der Hauptsache gefressen werden und diese dick und fett machen, hat die Sache ein ganz anderes Gesicht bekommen. Es gibt ja nur eine ganz geringe Anzahl von Fischen, welche sich wesentlich von Plankton nähren, nämlich bei uns in Norddeutschland der Stint, der Uklei, die kleine Maräne und der Zander in seiner frühesten Jugend. Auch diese Fische fressen nicht einmal immer Plankton; es frißt der Stint unter Umständen auch Bodennahrung und wird dann ganz erheblich größer, als wenn er

sich von Plankton ernährt, und der Uklei ernährt sich im Sommer hauptsächlich von der Ufernahrung bzw. von der Luftnahrung, d. h. von den Insekten, welche in das Wasser fallen. Die übrigen Fische fressen nur als Gelegenheitsnahrung oder aus Not Plankton und zeigen dann stets ein schlechtes Wachstum, wie es ja bei dem typischen Planktonfresser, dem Stint, soeben erwähnt wurde.“

In Hinsicht auf die Notwendigkeit der organischen Substanzen des Wassers für die Entwicklung des Limnobios erscheint es begreiflich,

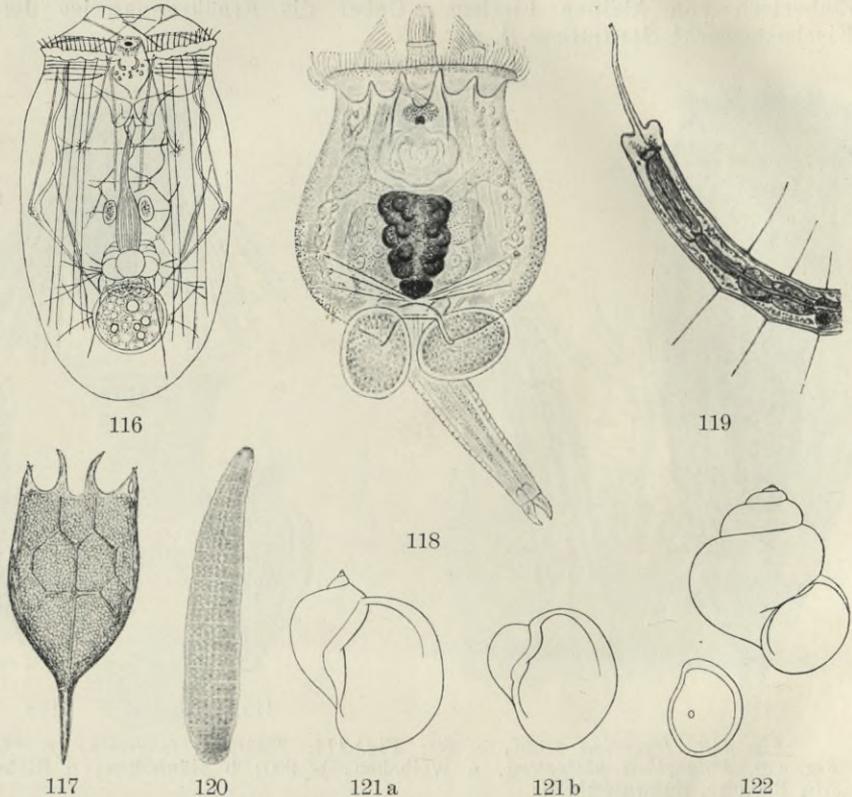


Fig. 116. *Asplanchna priodonta*, $\times 60$; Fig. 117. *Anuraea cochlearis*, $\times 200$; Fig. 118. *Brachionus urecolaris*, $\times 40$; Fig. 119. *Nais proboscidea* (*Stylaria lacustris*), $\times 10$; Fig. 120. *Nephelis vulgaris* (*atomaria*), $\times \frac{3}{2}$; Fig. 121. *Limnaea auricularia*, nat. Gr.; Fig. 122. *Paludina vivipara*, nat. Gr. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

daß das aus dem Boden (nach natürlicher Filtration) entspringende Quellwasser (also Grundwasser mit natürlicher Bodenfiltration) frei von Organismen ist und, sachgemäß gefaßt, als Leitungswasser auch nur wenig Keime pro Kubikzentimeter aufweist, und daß auch das Gletscherwasser fast keimfrei ist, daß der (alpine) Gebirgsbach relativ organismenarm ist, daß erst der im freieren Gelände oder im Waldgebiet fließende Bach oder Fluß infolge der von außen her, gleichzeitig mit der durch die Luft erfolgenden Uebertragung encystierter kosmo-

politischer Wasserorganismen und Zuführung organischer Stoffe eine regere Belebung aufweisen kann, und schließlich, daß das stehende Gewässer, speziell der Teich, dem bei beschränkter Wassermenge mangels der Strömung die Bewältigung aller von außen zugeführten und durch die Selbstverunreinigung entstandenen unbelebten organischen Stoffe zufällt, die reichste Entwicklung des Limnobios und somit die lebhaftesten Vorgänge des Stoffkreislaufes aufweist.

Unter normalen Verhältnissen werden also die natürlichen Verunreinigungen unserer Binnengewässer nicht nur leicht im Stoffkreislaufe derselben bewältigt, sondern stellen sogar eine notwendige Grundlage zur Entwicklung des Limnobios dar.

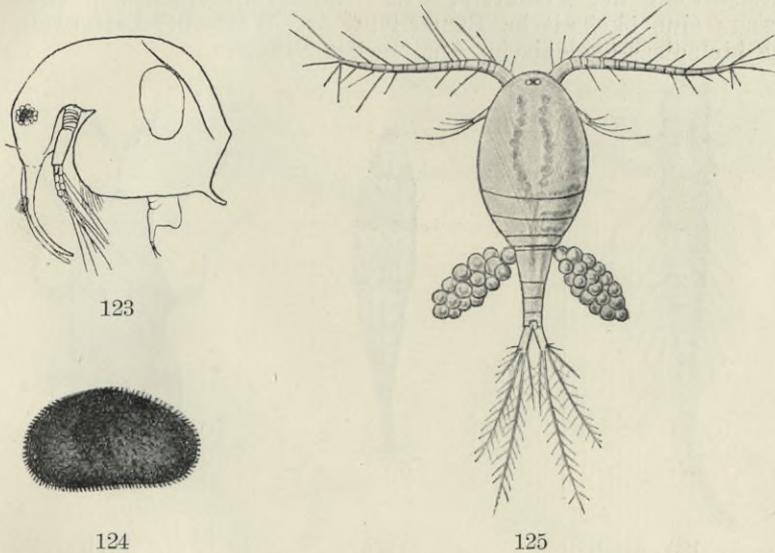


Fig. 123. *Bosmina longirostris-typica*, $\times 65$; Fig. 124. *Cypris fuscata*, $\times 15$; Fig. 125. *Cyclops albidus*, ca. $\times 25$. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

2. Künstliche Verunreinigung der Binnengewässer (durch Abwässer), biologisches Verhalten der Gewässer zu Verunreinigungen durch Abwässer und die biologische Beurteilung der Wasserbeschaffenheit.

Leider macht sich in den Kulturgebieten eine zunehmende Verunreinigung der Gewässer bemerkbar. Die starken Menschenansammlungen in immerwachsenden Städten haben es mit sich gebracht, daß nunmehr fast allen Ortes die häuslichen Abwässer durch Kanalisationen den Gewässern zugeführt werden. Dabei hat sich wiederum die Notwendigkeit erwiesen, die Abwässer vor der Einleitung in die Gewässer einer Reinigung zu unterwerfen, die um so weitgehender sein muß, je konzentrierter die Abwässer sind, und je kleiner das als Vorfluter¹⁾ dienende Gewässer ist. Ganz eigenartig passen sich nun

1) Da der Ausdruck nicht allgemein bekannt ist, sei erwähnt, daß man unter dem Vorfluter das Gewässer versteht, dem Abwässer zugeführt werden.

die Gewässer, speziell die Flüsse, der mehr oder weniger starken Belastung mit organischen gelösten und ungelösten Stoffen — wenn nicht überspannte Verhältnisse vorliegen — an. Besonders interessant ist, daß dieselben Organismen, die den Stoffhaushalt des normalen Flußwassers regulieren, bei organischer Verunreinigung eines Flusses je nach ihrer spezifischen Lebensweise in räumlichen und zeitlichen Abständen auftreten und so einer ökologischen Klassifizierung in Poly-, Meso- und Oligosaprobien (KOLKWITZ und MARSSON, l. c. S. 2, Anm. 4 und 5) unterworfen werden können. Die durch Erfahrung und planmäßige Untersuchungen gewonnenen Resultate über die ökologische Bewertung der Organismen ermöglichen daher durch Untersuchung der Plankton-, Ufer- und Grundorganismen eines Gewässers eine ökologische Beurteilung der Wasserbeschaffenheit, also eine biologisch-ökologische Analyse des Wassers.

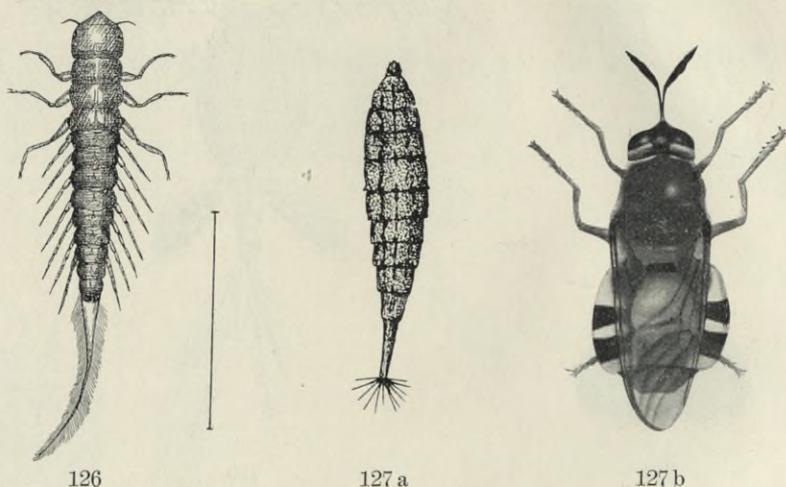


Fig. 126. *Sialis flavilatera*, Larve, ca. $\times 2$; Fig. 127. a *Stratiomys* spec., Larve, ca. $\times 1,5$; b *Stratiomys chamaeleon*, Imago, ca. $\times 2,5$. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

Von den industriellen Abwässern wirken die einen, z. B. solche aus Zuckerfabriken, Stärkefabriken, Brauereien etc., ganz ähnlich auf die Gewässer wie die häuslichen Abwässer, die anderen, z. B. solche aus chemischen Fabriken, üben eine besondere Wirkung aus, indem ein großer Teil der Wasserorganismen durch sie vernichtet wird. Da in letzterem Falle also die normale Selbstreinigung des Gewässers eine gewisse Strecke unterbunden ist, und statt dessen eine sekundäre Verunreinigung durch die abgestorbenen und sedimentierten Organismen eintritt, treten hier die Selbstreinigungsercheinungen, die bei organischer Verunreinigung meist unmittelbar einzusetzen pflegen, erst sekundär und begrifflicherweise oft in spezi-fischer Art auf.

Besonders auffällig bei organischen Verunreinigungen fließender Gewässer ist die mehr oder minder starke Bildung eines Besatzes (des Ufers oder auch des Grundes) mit den sogenannten Abwasserpilzen (*Sphaerotilus natans*, S. 7, Fig. 64 und 69, *Leptomitus lacteus*, S. 7,

Fig. 66, u. a.). Die Pilze haben aber gleichzeitig ein gewisses Sauerstoffbedürfnis, so daß sie nur in fließendem Wasser (oder Seen, die einen Zu- und Abfluß haben) zu stärkerer Entwicklung kommen können. In stehenden Gewässern kommen sie, auch bei Anwesenheit größerer Mengen organischer (gelöster) Substanzen, nicht zu makroskopisch wahrnehmbaren Beständen. Ihre Entwicklung und ihre Existenzbedingungen sind noch nicht genügend bekannt. Ihre Bewertung ist leicht Irrtümern ausgesetzt, wofür folgende Beispiele angeführt seien. Hat man in einem langsam fließendem Gewässer, das stark verunreinigt ist, Abwasserpilze zunächst vermißt, so kann der Fall eintreten, daß hier erst bei einer Besserung der Wasserbeschaffenheit Abwasserpilze zur Entwicklung kommen. Ferner können in verunreinigten stehenden Gewässern (z. B. Schiffahrtskanal) Abwasserpilze völlig fehlen, lediglich an den Stellen, an denen

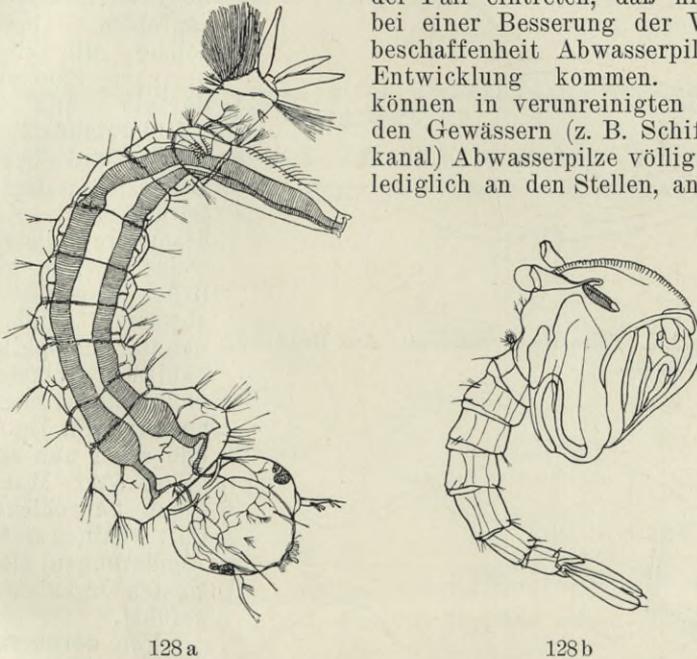


Fig. 128. *Culex annulatus*, a Larve, $\times 10$; b Puppe, $\times 10$. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

reines Wasser (z. B. klare Wiesenbäche) dem Gewässer zufließen, kann aber eine kräftige Entwicklung von Abwasserpilzen bestehen. In beiden Fällen wäre leicht eine irrümliche Deutung des Auftretens der Abwasserpilze möglich.

Da die Abwasserpilze bei zunehmender Wärme sich loslösen (um im Sommer eventuell ganz durch Grünalgen, *Stigeoclonium* [S. 7, Fig. 58], *Cladophora* [S. 7, Fig. 57] u. a. ersetzt zu werden), so wird damit das Wasser eines wichtigen Entfäulers beraubt, und die an ruhigeren Stellen zur Sedimentation kommenden Pilzflocken können zu einer sekundären Verunreinigung führen (vgl. auch Abwasserreinigungsmethoden).

Ganz ähnlich dem Pilzbesatz ist auch die oft massenhaft erfolgende Bildung festsitzender Infusorien (*Carchesium* S. 14, Fig. 100), die etwa gleich wie der Pilzbesatz zu bewerten ist. Die Bewohner

des stark verunreinigten Wassers setzen sich grobenteils aus niederen pflanzlichen und tierischen Organismen zusammen. Unter ersteren sind es ganz vorwiegend Bakterien, unter letzteren besonders Infusorien (Ciliaten und Flagellaten), ferner Schlammwürmer (Tubificiden). Während wir unter den pflanzlichen Polysaprobien also solche Organismen finden, die auf Anwesenheit reicher Mengen organischer Substanz angewiesen sind, oder die bei Fäulnis des Wassers aus dem Schwefelwasserstoff Schwefel aufnehmen können (Schwefelbakterien, z. B. *Chromatium* [S. 5, Fig. 3], *Beggiatoa* [S. 5, Fig. 4], *Lamprocystis*, *Thiospirillum* [S. 5, Fig. 5]), finden wir unter

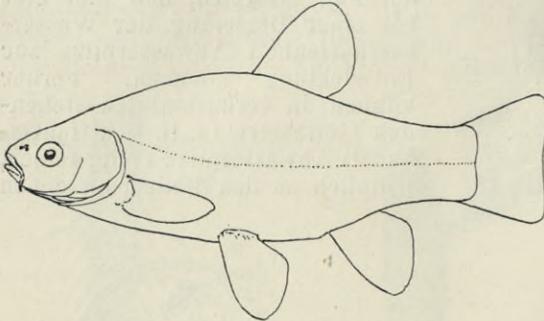


Fig. 129. *Tinca tinca (vulgaris)*. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

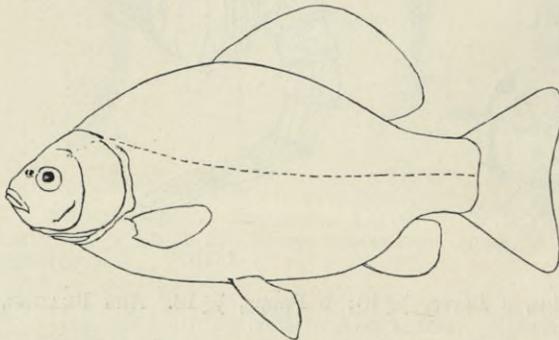


Fig. 130. *Carassius carassius (vulgaris)*. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

den tierischen Polysaprobien besonders solche, die ein sehr geringes Sauerstoffbedürfnis und große Widerstandsfähigkeit

haben und besonders Bakterien- und Detritusfresser. Auf die besondere Einwirkungsweise gewisser gewerblicher Abwässer (Kaliabwässer) und sogenannter halophiler Organismen kommen wir weiter unten noch kurz zu sprechen. Im folgenden seien nun aus dem KOLKWITZ - MARSSONschen Saprobien-system (mit wenigen sachlichen Aenderungen) die wichtigsten Organismen aufgeführt.

Von vornherein sei aber darauf hingewiesen, daß dieses System nicht einfach schematisch angewandt werden kann. Wichtig für die Wasserbeurteilung ist, ob wir

aus einer der drei Gruppen bestimmte Organismen besonders im Ufer- und Grundbesatz in großer Menge antreffen; das vereinzelt Vorkommen polysaprober Organismen ist belanglos. Entscheidend für die Beurteilung des Wassers ist das gesamte biologische Bild, das durch die Untersuchung des Uferbesatzes, der Grundbeschaffenheit und der belebten und unbelebten Schwebestoffe gewonnen wird.

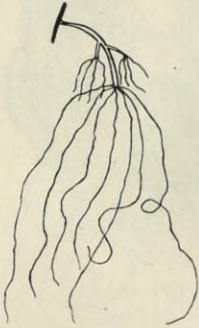
Organismen des stark verunreinigten Wassers (Polysaprobien).

Schizomycetes: *Streptococcus* (S. 7, Fig. 68), *Sarcina paludosa* (S. 7, Fig. 62), *Bacterium vulgare*, *B. coli*, *B. subtilis*, *Spirillum undula*

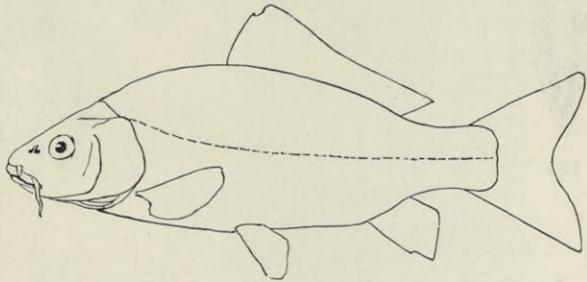
(S. 7, Fig. 61), *Sphaerotilus natans* (S. 7, Fig. 64 und 69), *Zoogloea ramigera* (S. 5, Fig. 1) und andere Z.-Arten, *Beggiatoa alba* und andere B.-Arten (S. 5, Fig. 4), *Lamprocystis roseopersicina*, *Chromatium okenii* (S. 5, Fig. 3), *Thiospirillum sanguineum* (S. 5, Fig. 5); Schizophyceae: *Spirulina jenneri* (S. 5, Fig. 6); Phycomyces: Mucor-Arten; Rhizopoda: *Amoeba (Hyalodiscus) limax* (S. 5, Fig. 24); Flagellata: *Euglena viridis* (S. 5, Fig. 25) und andere E.-Arten, *Bodo saltans*, *Hexamitus*, *Polytoma uvella* (S. 6, Fig. 40); Ciliata: *Paramaecium caudatum* (S. 6, Fig. 33), *P. putrinum*, *Colpidium colpoda* (S. 7, Fig. 59), *Vorticella microstoma* (S. 14, Fig. 97); Vermes (Oligochaeta): *Tubifex*-Arten (S. 14, Fig. 96); (Rotatoria): *Rotifer actinurus* (S. 16, Fig. 109); Diptera: *Chironomus plumosus*¹⁾ (S. 12, Fig. 87).

Organismen des mäßigverunreinigten Wassers
(Mesosaprobien).

Schizomycetes: *Cladotrix dichotoma* (S. 27, Fig. 142), *Thiothrix* (auch polysaprob, festsitzend, Form im übrigen wie *Beggiatoa*, S. 5,



131



132

Fig. 131. *Hydra vulgaris*, $\times 2$; Fig. 132. *Cyprinus carpio*. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

Fig. 4); Schizophyceae: *Oscillatoria*-Arten (S. 7, Fig. 63), *Aphanizomenon flos aquae*; Diatomaceae: *Melosira varians* (S. 5, Fig. 16), *Cocconeis pediculus*, *Navicula*-Arten (S. 5, Fig. 8), *Gomphonema olivaceum*; Conjugatae: *Closterium*- und verschiedene *Cosmarium*-Arten (S. 6 und 7, Fig. 31 und 60), *Spirogyra crassa* und andere Arten (S. 7, Fig. 55); Protococcales: *Scenedesmus*-Arten (S. 5, Fig. 21); Confervales: *Conferva bombycina*, *Stigeoclonium tenue* (S. 7, Fig. 58); Cladophora *crispata*, *C. glomerata* (S. 7, Fig. 57); Mycetes: *Leptomitus lacteus* (S. 7, Fig. 66), *Fusarium*-Arten (S. 8, Fig. 82); Rhizopoda: *Arcella vulgaris* (S. 6, Fig. 47), *Actinosphaerium eichhorni*, *Actinophrys sol*; Flagellata: *Anthophysa vegetans*, *Bodo ovatus* (S. 6, Fig. 45) und

1) Nicht alle Chironomiden sind Bewohner der verunreinigten Wasser; als solche führt THIENEMANN (Beiträge zur Kenntnis der westfälischen Süßwasserfauna, 37. Jahresber. d. Westf. Prov.-Ver. f. Wissensch. u. Kunst, Münster i. W. 1908/09, S. 30—37) nur 9 Arten gegenüber ca. 50 Arten des reinen Wassers an, doch würde es zu weit führen, hierauf näher einzugehen.

andere *B.*-Arten, *Peranema*-Arten (S. 6, Fig. 49), *Trachelomonas volvocina* (S. 6, Fig. 38), *Spirochaeta plicatilis*; Ciliata: *Amphileptus*, *Lionotus fasciola* (S. 6, Fig. 36), *Didinium nasutum* (S. 6, Fig. 35), *Coleps hirtus*, *Chilodon cucullulus*, *Cyclidium glaucoma* (S. 6, Fig. 30), *Spirostomum ambiguum* (S. 6, Fig. 37), *Glaucoma seintillans* (S. 6, Fig. 34), *Halteria grandinella*, *Vorticella microstoma* (auch polysaprob, S. 14, Fig. 97) und andere *V.*-Arten, *Carchesium lachmanni*, *Cothurnia crystallina* (festsitzend, S. 6, Fig. 28), *Stentor*-Arten (S. 6, Fig. 29), *Stylonychia mytilus* (S. 7, Fig. 50), *Podophrya fixa* (S. 6, Fig. 32); Cölenteraten (Spongia): *Ephydatia fluviatilis* (S. 24, Fig. 136), *Euspongia*; (Hydrozoa): *Hydra fusca* und andere *H.*-Arten (S. 23, Fig. 131); Vermes (Plathelminthes): *Polycelis nigra* (S. 16, Fig. 112), *Dendrocoelum lacteum* (S. 24,

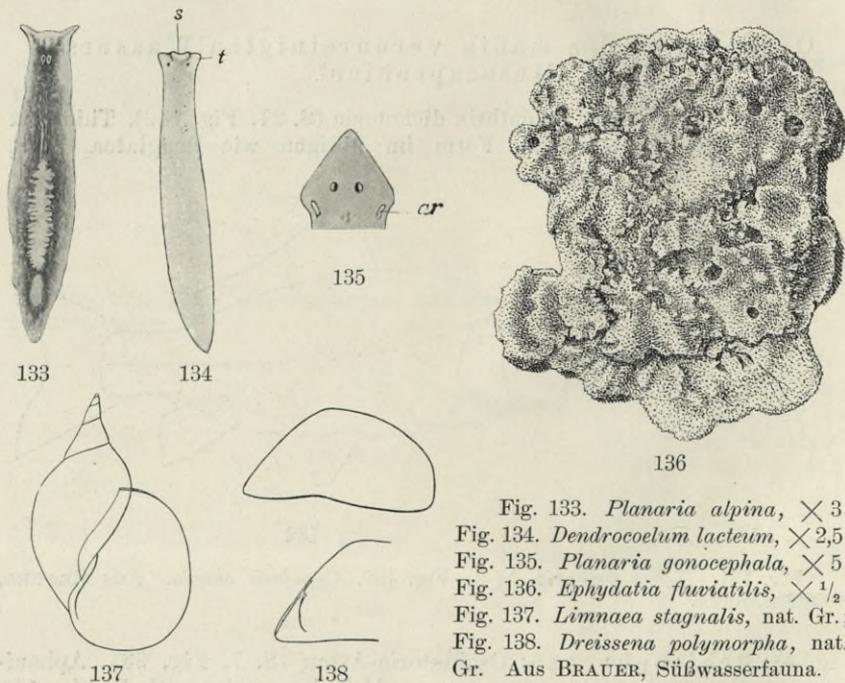


Fig. 133. *Planaria alpina*, $\times 3$;
 Fig. 134. *Dendrocoelum lacteum*, $\times 2,5$;
 Fig. 135. *Planaria gonocephala*, $\times 5$;
 Fig. 136. *Ephydatia fluviatilis*, $\times \frac{1}{2}$;
 Fig. 137. *Limnaea stagnalis*, nat. Gr.;
 Fig. 138. *Dreissena polymorpha*, nat. Gr. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

Fig. 134); (Rotatoria): *Hydatina senta* (S. 17, Fig. 113), *Triarthra longiseta* (S. 17, Fig. 114), *Rotifer actinurus* (auch polysaprob, S. 16, Fig. 109), *Polyarthra platyptera* (S. 17, Fig. 115), *Monostyla lunaris* und andere *M.*-Arten, *Asplanchna priodonta* (S. 18, Fig. 116), *Anuraea*-Arten (S. 18, Fig. 117), *Brachionus*-Arten (S. 18, Fig. 118); (Annelida): *Tubifex rivulorum* und andere *T.*-Arten (S. 14, Fig. 96), *Nais proboscidea* (*Stylaria lacustris*) (S. 18, Fig. 119), *Nepheleis vulgaris* (S. 18, Fig. 120); (Nematodes): *Dorylaima stagnalis* und andere Nematoden (S. 12, Fig. 85); Bryozoa: *Plumatella repens* (S. 16, Fig. 108); Mollusca: *Limnaea auricularia* (S. 18, Fig. 121), *Paludina vivipara* (S. 18, Fig. 122), *Cyclas* (*Sphaerium*) *cornea*; Crustacea: *Daphnia pulex* und andere Cladocerenarten (S. 12 und 19, Fig. 84 und 123), *Cypris*-Arten (S. 19, Fig. 124), *Cyclops strenuus* und andere Cyclopiden (S. 19, Fig. 125), *Diaptomus* (S. 14, Fig. 99), *Gammarus fluviatilis* (auch oligosaprob, S. 12, Fig. 86), *Asellus aquaticus* (S. 14, Fig. 95); In-

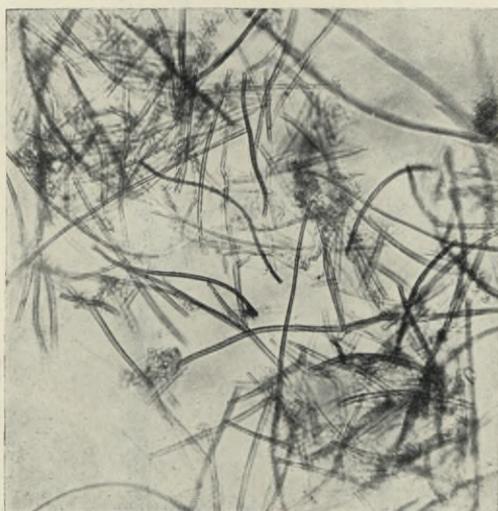
secta: *Sialis lutaria*(-Larven, S. 20, Fig. 126), *Chironomomus*-Larven (vgl. Anm. 1, S. 23; S. 12, Fig. 87), *Stratiomys*(-Larven, S. 20, Fig. 127), *Culex*(-Larven, S. 21, Fig. 128); Pisces: *Cyprinus carpio*, *Carassius vulgaris*, *Tinca vulgaris*, *Gasterosteus* (S. 16, 22 und 23, Fig. 107, 129, 130, 132).

Bewohner nicht verunreinigter Gewässer
(Oligosaprobien).

Schizomycetes: Chlamydothrix (S. 25, Fig. 140), Gallionella (S. 5, Fig. 2), Crenothrix und andere Eisenbakterien; Schizophyceae: Merismopedia elegans, Clathrocystis aeruginosa (S. 14, Fig. 98), Anabaena flos aquae; Diatomaceae: Melosira-Arten ([z. B. S. 5, Fig. 22] außer *M. varians* [S. 5, Fig. 16]), Cyclotella, Tabellaria (S. 5, Fig. 15), Fragilaria-



139



140

Fig. 139. *Haplotaxis gordioides*, etwas verkleinert. Aus BRAUER, Süßwasserfauna.

Fig. 140. *Chlamydothrix ochracea*, leere Scheiden, ca. $\times 300$. Aus MOLISCH, Eisenbakterien, 1910.

Arten (S. 5, Fig. 14), Asterionella (S. 5, Fig. 12), Synedra ulna und *S. acus* (S. 12, Fig. 89, 88), Pinnularia (S. 6, Fig. 46), Navicula-Arten (auch mesosaprob, S. 5, Fig. 8), Nitzschia-Arten (S. 5, Fig. 11), Cymatopleura-Arten, Gomphonema-Arten außer *G. olivaceum* (S. 5, Fig. 10), Pleurosigma-Arten (S. 5, Fig. 9), Bacillaria paradoxa, Surirella-Arten; Conjugatae¹⁾: Closterium-Arten (auch mesosaprob, s. oben), Micrasterias rotula, Staurastrum tetracerum, Mougeotia²⁾ (S. 7, Fig. 53), Spirogyra-Arten (außer *S. crassa*, s. oben); Protozoales: Pediastrum-Arten

1) *Euastrum oblongum* (Fig. 54) ist gleich anderen Desmidiaceen (besonders Staurastrum-Arten) ein typischer Vertreter huminreicher (Torf-)Gewässer.

2) Die Mesocarpeen (*Mesocarpus*, *Staurospermum* u. a.) werden in sterilem — d. h. nicht unterscheidbarem — Zustande am besten unter dem Namen *Mougeotia* zusammengefaßt.

(S. 5, Fig. 19); Confervales: *Ulothrix zonata* (S. 5, Fig. 18), *Cladophora glomerata* (S. 7, Fig. 57, auch mesosaprob, s. oben), *Coleochaete orbicularis* (S. 7, Fig. 51); Florideae: *Chantransia chalybea* (S. 5, Fig. 23), *Lemanea* (S. 5, Fig. 17); Charales: *Chara fragilis* und andere Ch.-Arten; Dicotyledoneae: *Nuphar luteum*; Rhizopoda: *Diffflugia*-Arten (S. 6, Fig. 44), *Euglypha*, *Cyphoderia*, *Rhaphidiophrys pallida*, *Acanthocystis*; Ciliata: *Vorticella nebulifera*; Flagellata: *Eudorina elegans* (S. 6, Fig. 42), *Volvox minor*, *Pandorina morum*, *Synura uvella* (auch in stärker verunreinigtem Wasser, S. 6, Fig. 48), *Phacus*-Arten (S. 6 und 7, Fig. 43, 67), *Dinobryon sertularia* (S. 28, Fig. 143), *Ceratium hirundinella* (S. 6, Fig. 41); Vermes (Plathelminthes): *Planaria alpina* (S. 24, Fig. 133), *Polycelis cornuta* [beide Arten nur in kühlen Quellbächen], *Planaria gonocephala* (S. 24, Fig. 135); (Rotatoria): *Asplanchna priodonta* (S. 18, Fig. 116, auch mesosaprob), *Notholca longispina*; Mollusca: *Limnaea stagnalis* (S. 24, Fig. 137), *Dreissena polymorpha* (S. 24, Fig. 138), *Planorbis*-Arten; Crustaceen: *Bosmina*-Arten (S. 19, Fig. 123, auch mesosaprob), *Leptodora*, *Cyclops viridis* und andere *Cyclops*-Arten (S. 19, Fig. 125), *Astacus fluviatilis*; Insecta: *Ephemera vulgata* (-Larve, S. 13, Fig. 91), *Aeschna grandis* (S. 13, Fig. 94), *Libellula* (-Larve, S. 13, Fig. 92), *Cloëon* (-Larve, S. 13, Fig. 93), *Perla* (-Larve, S. 13, Fig. 90), *Nepa*, *Corixa* (S. 15, Fig. 101), *Notonecta* (S. 15, Fig. 102); Pisces: *Trutta fario* (S. 15, Fig. 103) und die meisten übrigen Fische (vgl. auch S. 25).

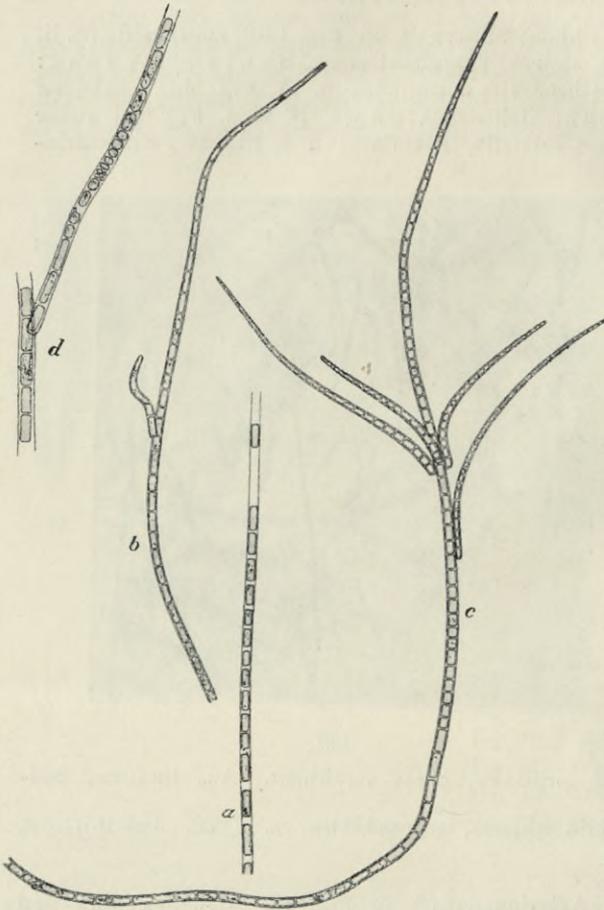


Fig. 141. *Clonothrix ferruginea*, ca. $\times 580$; a Fadenstück, b pseudodichotom verzweigt, c unregelmäßig verzweigt, d Gonidienbildung. Nach MOLISCH, Eisenbakterien, 1910.

bellula (-Larve, S. 13, Fig. 92), *Cloëon* (-Larve, S. 13, Fig. 93), *Perla* (-Larve, S. 13, Fig. 90), *Nepa*, *Corixa* (S. 15, Fig. 101), *Notonecta* (S. 15, Fig. 102); Pisces: *Trutta fario* (S. 15, Fig. 103) und die meisten übrigen Fische (vgl. auch S. 25).

Auf die Anwendung des hier in aller Kürze dargelegten Systems, ebenso auf die Bedeutung der unbelebten Schwebestoffe als Verun-

reinigungskindikatoren kommen wir später bei der Besprechung der Untersuchungsmethoden und Apparate noch eingehender zu sprechen (S. 29).

Unter Bezug auf die obigen Angaben über die Wirkung gewerblicher Abwässer (S. 20) sei hier noch darauf hingewiesen, daß die Ableitung säurehaltiger Abwässer sich insofern leicht bemerkbar macht, als schalentragende Tiere (z. B. Schalentiere, Mollusken) in derart beeinflussten Vorflutern sich natürlich nicht vorfinden. Ferner sei hier erwähnt, daß gewerbliche Abwässer besonders durch ihren Gehalt an teerigen Substanzen (THIENEMANN, l. c.) befähigt sind, das ganze organische Leben eines Vorfluters zu unterdrücken, und so sekundär auch eine Schädigung der Fischerei verursachen können.

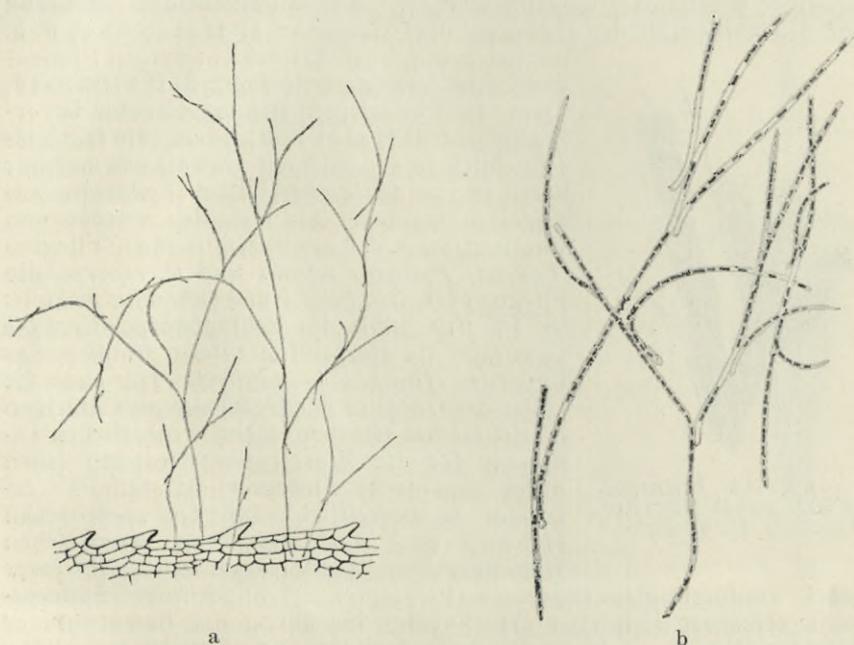


Fig. 142. *Cladotrix dichotoma*; a festsitzend (Habitusbild), ca. $\times 43$; b ca. $\times 260$. Nach MOLISCH, Eisenbakterien, 1910.

Eine spezifische Art der Verunreinigung stellt die durch Abwässer, speziell Kaliabwässer, erfolgende Versalzung und Verhärtung der Gewässer dar. Da die Untersuchungen hierüber aber noch in den Anfangsstadien stehen, so läßt sich einstweilen wenig dazu sagen. Wengleich die in chemischer Hinsicht leicht nachweisbare Einwirkung der Kaliabwässer auf Vorfluter dieselben für Trinkwasserversorgungen (Elbe-Hamburg, Weser-Bremen) und als Nutz- und Brauchwässer (für industrielle Zwecke) stark zu beeinträchtigen vermag, sind in biologischer Hinsicht namhaftere Schädigungen bislang nicht mit Sicherheit ermittelt worden, wenn auch in direkten Kaliabwasserabflüssen spezifische Salzwasserbewohner [so z. B. das Salinenkrebchen, *Artemia salina*¹⁾, S. 15, Fig. 104] angetroffen werden. Da aber in mehr

1) WUNSCH, H. H., *Artemisia (Artemia) salinarum* (L.) in Mitteldeutschland. Zool. Anz., Bd. 43, 1914, S. 328—331.

oder minder salzhaltigen Gewässern viele Süßwasserorganismen des Planktons, Ufer- und Grundbesatzes geschädigt werden, so kann die Fischerei durch Verminderung der Fischnahrung wohl sekundär eine Benachteiligung erfahren, doch ist die direkte Schädigung von Fischen durch Kaliabwässer — von besonderen Fällen, wie starkem Niederwasser, abgesehen — weniger zu befürchten. So sind nach HOFER¹⁾ „Belastungen fließender Gewässer mit Abwässern der Chlorkaliumfabriken, durch welche die Härte bis 50° und der Gehalt an Chlormagnesium bis 0,047 Proz. ansteigt, für die Fauna und Flora nicht schädlich“; hierher auch VOGEL²⁾. In neuerer Zeit ist durch THIENEMANN³⁾ die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Salzwassertierwelt (speziell Westfalens) gelenkt worden. Wir unterscheiden in bezug auf den Salzgehalt der Gewässer drei Gruppen: 1) Haloxene, d. h. nur gelegentlich (als Gäste) in salzigen Binnengewässern vorkommende Tiere, 2) Halophile, Tiere, die die salzigen Binnengewässer bevorzugen, und 3) Halobien, Tiere, die fast ausschließlich in den salzigen Gewässern und nur vereinzelt in den nichtsalzigen Gewässern angetroffen werden. Als Halobien wurden von THIENEMANN (s. u. Anm. 3) ermittelt die Fliegen(Larven) *Ephydra micans* und *E. riparia*, die Fliegen *Philydrus bicolor* und *Ochtebius marinus* (S. 15, Fig. 105), die Schlupfwespe *Urolepis maritima*, die Harpactide *Nitorca simplex*, das Rädertier *Brachionus mülleri*. Da nun die Höhe des Gehaltes der Gewässer an Chloriden in chemischer Hinsicht einen wesentlichen Indikator für die Wasserverunreinigung (auch durch organische Abwässer) darstellt, so erscheint es begründlich, daß die spezifischen Halobien auch der Gruppe der spezifischen Bewohner der durch organische Abwässer

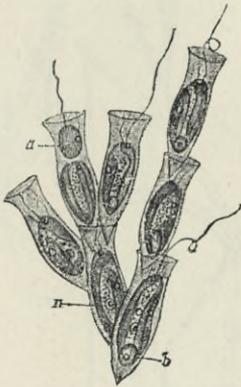


Fig. 143. *Dinobryon*,
× 500. Aus R. HERTWIG,
Lehrbuch der Zoologie.

stark verunreinigten Gewässer (Polysaprobien) angehören. Andererseits offenbart sich eine offenkundige Beziehung der Bewohner der salzigen Gewässer (auch Binnenlandsalinen) zu den Meeressalinen [STEUER⁴⁾], die zur Rohsalzgewinnung dienen, worauf näher einzugehen hier zu weit führen würde. Wir werden bei der Betrachtung der Meeresverunreinigung sehen, daß in dieser Hinsicht auch hier eine Parallele zu spezifisch marinen Saprobien besteht. Erwähnt sei hier auch die, freilich abwasserbiologische Gesichtspunkte nicht berücksichtigende, ausgezeichnete Studie von R. HESSE⁵⁾, in welcher die

1) HOFER, Die Einwirkung der Flußverunreinigung auf die Fischerei (S. 388—412). In: Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller. Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamt, Bd. 25, 1907.

2) VOGEL, J. H., Die Abwässer aus der Kaliindustrie, ihre Beseitigung sowie ihre Einwirkung in und an Wasserläufen, Berlin, Gebr. Bornträger, 1913, 591 SS.

3) THIENEMANN, A., Die Salzwassertierwelt Westfalens, Verlag der Deutsch. Zool. Ges. (23. Jahresversamml.), 1913, S. 56—68.

4) STEUER, A., Biologisches Skizzenbuch für die Adria, Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1910, 82 SS.

5) HESSE, R., Die ökologischen Grundlagen der Tierverbreitung. Geograph. Zeitschr., Jahrg. 15, 1913, S. 241—259, 335—345, 445—460, 498—513.

Bedeutung des Salzgehaltes des Wassers für die ökologische Verbreitung der Tierwelt behandelt wird.

3. Methoden und Apparate zur biologischen Wasseruntersuchung.

Bei der biologischen Untersuchung einer Wasserverunreinigung werden, beispielsweise bei einem Bach, Fluß oder Schiffahrtskanal, zunächst oberhalb des in Frage stehenden Verunreinigungsherdes (Kläranlage, Fabrik) die absiebbaren Schwebestoffe (Planktonten und unbelebte Schwebestoffe) quantitativ und qualitativ untersucht, die Sichttiefe ermittelt, ferner Uferbesatz und Grundproben zur makro- und mikroskopischen Untersuchung entnommen, um festzustellen, wie die biologische Wasserbeschaffenheit in dem Oberlauf der Vorflut ist, bzw. ob nicht hier schon eine von weiter oberhalb her stammende Verunreinigung vorliegt.

Die Untersuchung des Planktons und der unbelebten Schwebestoffe kann sehr mannigfach ausgeführt werden, so durch Zentrifugieren von Schöpfproben, durch Untersuchung mittels schwacher Vergrößerung in einer 1 oder 10 ccm-Planktonkammer¹⁾ und die Abfiltrierung von Wasser mittels Planktonnetzes.

Nur die letztere, wichtigste Methode sei hier näher ausgeführt. Das Planktonnetz (Fig. 144)²⁾, an dessen Stelle auch ein metallenes Planktonsieb³⁾ benutzt werden kann, besteht aus trichterförmigem Gazesack (Müllergaze No. 20 oder 25), dessen spitzes, in einen kleinen Becher auslaufendes Endstück durch kleinen Gummischlauch mit Quetschhahn geschlossen ist. Durch dieses Netz filtriert man eine mittels Literbechers geschöpfte Wassermenge (von 10, 25, 50 oder 100 l Wasser, je nach der Menge der vorhandenen Planktonten und Schwebestoffe). Durch Oeffnen des Quetschhahnes läßt man den gewonnenen Rückstand in eine konisch zugespitzte und auf Zehntelkubikzentimeter graduierte Planktontube laufen. Nach Zusatz von etwas Formalin (zur Konservierung) beginnt die Sedimentation, und nach etwa eintägigem Stehen der Probe kann die Menge der sedimentierten Schwebestoffe abgelesen und auf das Kubikmeter Wasser umgerechnet werden; geeigneter ist es jedoch, die Probe zu zentrifugieren.



Fig. 144.
Planktonnetz.

Da die zur Sedimentation gebrachten Schwebestoffe, je nach ihrer Zusammensetzung aus lockeren, organischen oder massiven, mineralischen Bestandteilen, Wasser in ganz verschiedenen Mengen enthalten (gelegent-

1) KOLKWITZ, R., Das Kammerplankton des Süßwassers und der Meere. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 29, 1911, S. 386—402.

2) Die Klischees für die hier wiedergegebenen Abbildungen der wichtigsten Probenahmeapparate verdanke ich der Firma P. Altmann (Berlin NW, Luisenstr.), bei der die Apparate käuflich sind. Dieselben sind nach Angaben von R. KOLKWITZ (Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, 1907, No. 9, S. 111—144) hergestellt.

3) KOLKWITZ, R., Das Planktonsieb aus Metall und seine Anwendung. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 29, 1911, S. 511—517.

lich bis 95 Proz.), so braucht natürlich der biologisch-quantitative Befund nicht unbedingt dem chemisch-gewichtsanalytisch festgestellten Befund der suspendierten Stoffe zu entsprechen, doch besteht sehr häufig eine Korrelation zwischen den Befunden der beiden Untersuchungsmethoden. Da Bakterien und sehr viele Kleinlebewesen (sogenanntes Zwergplankton) und feine suspendierte Stoffe (z. B. Tonpartikel) von dem Netze nicht zurückgehalten werden, so ist die freilich nicht unbedeutende Menge derselben für den biologisch-quantitativen Befund verloren (kann aber durch Zentrifugieren einer Schöpfprobe oder Untersuchung einer geschöpften Kammerplanktonprobe ergänzt werden). Ferner ist zu erwähnen, daß viele kolloidale Substanzen und alles in gelöster Form vorhandene Eisen das Netz passieren, während sie bei der chemisch-quantitativen Untersuchung mitbestimmt werden. Die biologisch-quantitative Bestimmung der „absiebbarer Schwebestoffe“ (d. h. der Planktonen und unbelebten Schwebestoffe) hat also nur einen bedingten Wert, dient aber namentlich auch mit Rücksicht auf ihre einfache Anwendung zur schnellen, freilich groben Orientierung über die Menge der absiebbarer Schwebestoffe und stellt eine ganz brauchbare Ergänzung der biologisch-qualitativen Untersuchung (s. u.) dar.



Fig. 145.
Ausziehbarer
Planktonstab.

Die qualitative Untersuchung der absiebbarer Schwebestoffe erfolgt auf mikroskopischem Wege, und zwar am besten an einer nicht konservierten Probe, da namentlich einzellige tierische Organismen in konserviertem Zustande schwer oder gar nicht zu bestimmen sind. Die belebten Schwebestoffe werden zunächst bestimmt, wobei gleichzeitig darauf zu achten ist, welche Organismen „vorwiegend“ und welche „mehr vereinzelt“ vorhanden sind. Ferner ist dabei zu berücksichtigen, welche und wieviel Euplanktonen (echtes Plankton, vgl. S. 13) und andere Organismen, die eigentlich dem Uferbesatz oder dem Grund angehören, vorhanden sind. Schließlich sind dann die festgestellten Organismen ökologisch-biologisch nach dem Saprobien-system (S. 22) zu bewerten. In ähnlicher Weise sind die unbelebten Schwebestoffe zu untersuchen. Zunächst ist festzustellen, ob natürlicher Detritus oder künstlich dem Wasser zugeführte Verunreinigungsstoffe vorhanden sind. Der natürliche Detritus setzt sich aus organischen Stoffen (Blattresten, Holzresten, Pflanzenfasern, Pflanzentracheen, Kiefernpollen, Insektenresten, Kleinkrebsresten, Schmetterlingsschuppen, Vogelfederstrahlen, abgeworfenen Häuten von Insekten oder Kleinkrebschen etc.) und aus anorganischen Bestandteilen (Sandkörnern oder -splittern und anderen Gesteinsteilchen, Karbonaten, Eisenhydroxyd etc.) zusammen. Der unnatürliche, d. h. einem Gewässer durch künstliche Verunreinigung (Abwässer) zugeführte Detritus setzt sich aus spezifischen Verunreinigungsindikatoren zusammen, auf die wir weiter unten näher eingehen werden.

Auch die makro- und mikroskopische Untersuchung des Uferbesatzes und der Grundbeschaffenheit soll erst weiter unten behandelt werden.

Die Sichttiefe wird mittels einer weißen, an dünner Kette aufgehängten Porzellan- oder emaillierten, ca. 20×20 cm großen Metallscheibe (SECCHISCHE Scheibe, Fig. 146) gemessen. Als Sichttiefe gilt der Abstand der Scheibe von der Wasseroberfläche, bei dem dieselbe für das Auge nicht mehr bzw. noch ganz schwach wahrnehmbar ist. Bei starker Strömung empfiehlt sich die Anwendung einer emaillierten, an den vier Kanten aufgehängten Metallscheibe, an deren Unterseite in der Mitte ein Gewicht angehängt ist (vgl. Anm. 1, S. 34). Die Sichttiefe ist von der Menge der Schwebestoffe (Plankton, Wasserblüte im Frühjahr und Sommer, feinen suspendierten Stoffen, wie Ton, Eisenhydroxyd etc., natürlichen unbelebten Schwebestoffen und Verunreinigungsstoffen) abhängig, entspricht also meistens dem quantitativ-biologischen Befunde. Erwähnt sei, daß die Sichttiefe von häuslichen Abwässern selten 15—20 cm überschreitet, daß sie in Flüssen in Abhängigkeit von den Schwebestoffen zwischen mehreren Metern schwankt, aber bei kräftiger Wasserblüte oft noch nicht einen Meter erreicht; in Seen ist sie meist beträchtlich, in Meeren oft ganz beträchtlich.

An der Einmündung der Abwässer des fraglichen Verunreinigungsherdes hat sich die Untersuchung im wesentlichen darauf zu erstrecken, ob sich am Ufer sofort ein starker Pilzbesatz (schaffellartiger Pilzrasen) und eine Trübung des Wassers, Aufsteigen von Gasblasen, übler Geruch etc. grobsinnlich wahrnehmbar machen. Auch muß gegebenenfalls mittels Dretsche die Grundbeschaffenheit (s. u.) hier wieder untersucht werden. Ferner kann die Untersuchung hier auch direkt auf die Abwässer selbst ausgedehnt werden, indem die Sichttiefe derselben, die Menge und Zusammensetzung der mit dem Planktonnetz absiebbaren (belebten und unbelebten) Schwebestoffe geprüft wird.

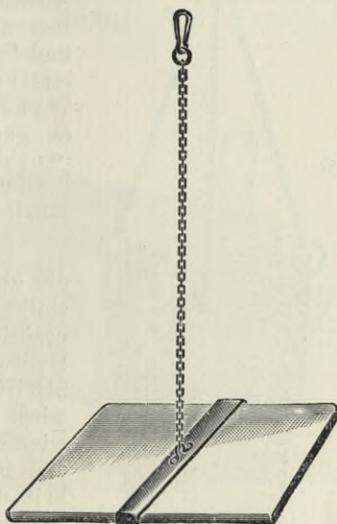


Fig. 146. Sichtscheibe.

Die nächste Untersuchung soll erst dort erfolgen, wo die Abwässer ganz mit dem Wasser der Vorflut gemischt sind. Da die Abwässer öfters längere Zeit an einem Ufer hingleiten, können — sofern die Färbung des Wassers die erfolgte Durchmischung nicht verrät — in den Abwässerabfluß Korkstopfen geworfen werden, deren Verteilung auf der Vorflut dann zu verfolgen ist.

Je nach der Größe des Vorfluters nimmt man dann etwa 100 oder 200, 500, 1000 und mehr Meter unterhalb des Abflusses des fraglichen Verunreinigungsherdes Untersuchungen in gleicher Weise wie oberhalb vor, um festzustellen, an welcher Stelle die Vorflut wieder etwa die gleiche Beschaffenheit wie oberhalb des in Frage stehenden Verunreinigungsherdes annimmt, d. h. an welcher Stelle der Vorgang der biologischen Selbstreinigung der Vorflut als im wesentlichen beendet zu betrachten ist (bezüglich leicht möglicher Fehlschlüsse vgl. S. 21). Zunächst erfolgt dann die Untersuchung der absiebbaren Schwebestoffe. Dabei ist in erster Linie zu berücksichtigen, ob in dem Ver-

hältnis der Zusammensetzung der belebten und unbelebten Schwebestoffe ein wesentlicher Unterschied besteht. Die biologisch-quantitative Untersuchung gibt hier — unbeschadet der oben erhobenen Einwände — gute Auskunft über die dem Gewässer zugemutete Belastung mit mehr oder minder gut gereinigten Abwässern. Die Untersuchung der belebten Schwebestoffe erfolgt in gleicher Weise, wie oben dargelegt (S. 30), unter besonderer Berücksichtigung des Umstandes, inwieweit oberhalb festgestellte Reinwasserbewohner vermisst und in welchem Maße und welcher Art unbelebte Verunreinigungsindikatoren zugenommen haben, bzw. wie weit unterhalb solche Aenderungen festzustellen sind.

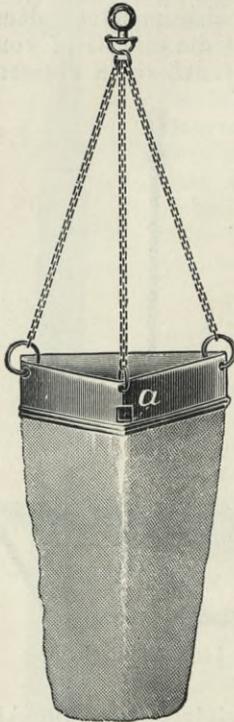


Fig. 147. Dretschke.

Unter den oben nicht näher geschilderten Verunreinigungsstoffen verorten die einen mehr die Einwirkung häuslicher (bzw. organischer), die anderen mehr industrieller Abwässer. Als erstere sind hauptsächlich Muskelfasern (S. 8, Fig. 83), aus Fäkalien stammend, Stoff- und Papierfasern, Waschblau, Kartoffelzellen bzw. -stärkekörner (S. 5 und 7, Figg. 20, 70, 72, 73, 75, 78) zu nennen. Bei industriellen Betrieben kommt es ganz auf den Fabrikbetrieb an: Stofffasern (Tuchfabriken), Papierfasern (Papier- und Zellulosefabriken), Stärkekörner (Stärke- und Leinenfabriken) etc. (S. 7, Figg. 65, 70, 72, 73, 75).

Der von KOLKWITZ (vgl. S. 13, Anm. 1) für die absiebbaren belebten und unbelebten Schwebestoffe geschaffene Ausdruck „Seston“ ist von praktischer Bedeutung, wenn auch die allgemeine Hydrobiologie, die nur die Begriffe „Plankton“ und „Detritus“ kennt, sich damit kaum befreunden wollen wird. Da bei der Wasserbeurteilung verschiedene wissenschaftliche Disziplinen wie Chemie, Biologie etc. mitwirken, so muß eine gewisse Einheitlichkeit der Begriffe herrschen. So stellt der Begriff Seston, d. h. Schwebestoffe (einschließlich des Planktons), eine Konzession an die chemische Wasseruntersuchung dar. Bei der Bestimmung der Sauerstoffzehrung (s. u.) wirken organische „Schwebestoffe“ einschließlich der Planktonen nur als „organische Substanz“. So darf man sich nicht wundern, daß ein nicht verunreinigtes Wasser, das aber an

Plankton oder gar an Wasserblüte reich ist, bei der chemischen Untersuchung (im unfiltrierten Wasser) eine starke Sauerstoffzehrung aufweisen kann. Andererseits zeigt dann wieder die qualitativ-biologische und mikroskopische Untersuchung, worauf diese Sauerstoffzehrung zurückzuführen ist.

Gleichzeitig mit der Untersuchung der belebten und unbelebten Schwebestoffe erfolgt dann unterhalb auch die Sichttiefenmessung in der oben beschriebenen Weise.

Bei der Prüfung des Uferbesatzes ist darauf zu achten, in welchem Maße und bis zu welcher Entfernung Pilzbesatz (*Sphaerotilus*, *Leptomitus*) bzw. der entsprechende *Carchesium*-Besatz anhält (unter Berücksichtigung beider Ufer), dabei ist auch die Jahreszeit zu berücksichtigen (vgl. S. 21). Auch wenn makroskopisch keine Verunreinigung (durch

Pilzrasen, *Carchesium*-Besatz oder weißen Belag mit *Beggiatoa* bzw. *Thiothrix*) zu erkennen ist, läßt die mikroskopische Untersuchung des Belages von Uferpflanzen (Grashalmen, Schilf etc.) noch den Einfluß von Abwässern weithin erkennen.

Die Untersuchung des Grundes erfolgt in der Weise, daß die Dretsche, ein Eisenrahmen mit Tuchsack (S. 32, Fig. 147) über den Grund des Gewässers gezogen wird und zeigt, ob an der betreffenden Stelle fäulnisfähige Substanzen zur Ablagerung kommen. Wird eine ihrer Zusammensetzung nach nicht erkennbare Schlamm Masse zutage gefördert, so wird zunächst eine kleine Menge davon für die mikroskopische Untersuchung entnommen. Der Inhalt der Dretsche wird auf ein Drahtsieb (S. 33, Fig. 148) geschüttet und auf dem Wasser ausgespült. Oft läßt sich durch die Untersuchung des Grundes die Art der Verunreinigung schon rein äußerlich nach der Grundbeschaffenheit feststellen, indem Stärkemassen (aus Stärke- oder Leinenfabriken) oder Naphthalin (aus Naphthalinfabriken) oder ähnliche Stoffe, die ihre Herkunft leicht verraten, zutage gefördert werden. Andererseits können am Grunde Schlamm Massen vorhanden sein, deren Zusammensetzung erst bei dem Durchsieben erkannt wird.

Handelt es sich um ausgefaulten, vorwiegend Schwefeleisen enthaltenden Schlamm — dessen mikroskopische Untersuchung übrigens lediglich die Anwesenheit von zahlreichen Schwefelbakterien, vielleicht auch von Oscillatorien, Spirochäten und einigen anderen Mikroorganismen er-

geben würde — so wird der Absiebrückstand (von Steinen, Schnecken- und Muschelgehäusen, Holzstücken etc. abgesehen) gering sein und keine größere Menge makroskopischer Organismen aufweisen. Handelt es sich aber um einen organischen Substanzen reichen, also fäulnisfähigen Schlamm, so finden sich mit Sicherheit makroskopische Polysaprobien, wie z. B. gewisse Chironomiden-Larven (S. 12, Fig. 87), Schlammwürmer (Tubificiden, S. 14, Fig. 96), Sialiden (S. 20, Fig. 126), meist in enormen Mengen im Absiebrückstand vor. Werden durch die Dretsche nur Sand und Steine zutage gefördert, so ist dies an und für sich noch kein Beweis für die Reinheit des Wassers, da z. B. infolge kräftiger Wasserströmungen an der untersuchten Stelle Verunreinigungen überhaupt nicht stattfinden können. Finden wir jedoch gewisse Schnecken und Muscheln (z. B. *Limnaea*, S. 18, Fig. 121 und S. 24, Fig. 137, *Planorbis*, *Paludina*, S. 18, Fig. 122, *Dreissena*, S. 24, Fig. 138, etc.) vor, so erhellt, daß das Wasser Giftstoffe und Säuren nicht in größeren Mengen enthält. Finden sich aber im Absiebrückstand gewisse Insektenlarven wie Perliden (S. 13, Fig. 90), Ephemeriden (S. 13, Fig. 91), Phryganiden vor, oder werden an den Steinen gewisse Plattwürmer wie *Planaria gonocephala* (S. 24, Fig. 135), *Poly-*

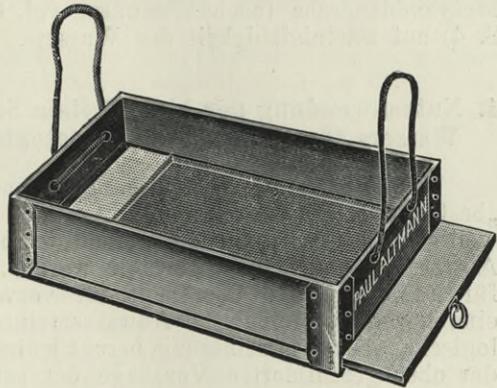


Fig. 148. Siebkasten.

celis cornuta, *Planaria alpina* (S. 24, Fig. 133) angetroffen, so darf mit Sicherheit auf Reinheit des Wassers geschlossen werden.

Ein vom Verf. zusammengestelltes, alle für die biologische Untersuchung notwendigen Apparate enthaltendes Instrumentarium¹⁾, in zwei Kästen (hergestellt bei der Firma Diehle, Berlin, Platz am neuen Tor 1), ist nur für umfangreichere biologische Untersuchungen bestimmt, doch sind die Apparate des „biologischen Instrumentariums“ auch einzeln käuflich.

Wenngleich die Ergebnisse der biologischen Wasseruntersuchung sich durchaus nicht immer mit denen der chemischen Wasseranalyse zu decken brauchen, so besteht doch in den meisten Fällen eine Uebereinstimmung, namentlich in bezug auf die Fäulnisfähigkeit des Wassers. Wenn die biologische Untersuchung allein vorgenommen wird, so sollte wenigstens die Bestimmung der Sauerstoffmenge (einfache Methode nach HOFER, l. c. S. 3, Anm. 3d) und der Sauerstoffzehrung ausgeführt werden. Sehr bequem ist auch die bekannte Metylenblauprobe (nach WELDERT, vgl. OHLMÜLLER und SPITTA, l. c. S. 4) auf Fäulnisfähigkeit des Wassers.

4. Nutzenanwendung der biologischen Selbstreinigungsprozesse des Wassers für die künstliche biologische Abwasserreinigung.

Unter den Abwasserreinigungsmethoden gibt es bekanntlich kein „bestes System“, sondern die Art der Abwasserreinigung muß jeweilig nach den örtlichen Verhältnissen unter Berücksichtigung der Abwasserbeschaffenheit gewählt werden. In vielen Fällen läßt sich für künstliche und überhaupt für vorwiegend organische Abwässer eine häusliche biologische Abwasserreinigung anwenden. Diese „biologische“ Abwasserreinigung beruht lediglich auf einer Nutzenanwendung der oben geschilderten Vorgänge der natürlichen Selbstreinigung der Gewässer. Am engsten schließt sich an letztere die Abwasserreinigung durch Fischeiche²⁾ an. Keine nennenswerten Schwierigkeiten bietet dies Verfahren, wenn Abwässer, die durch Rieselfelder (s. u.) vorgereinigt sind, den Teichen zugeleitet werden. Da aber die im gereinigten Abwasser noch vorhandenen gelösten Substanzen zu starkem Wachstum von Pilzen (*Sphaerotilus*, *Leptomitus*) Anlaß zu geben pflegen, so empfiehlt es sich, die gereinigten Abwässer zunächst in einen Vorreinigungsteich zu leiten, damit hier die aus den Zuleitungsgräben sich loslösenden Pilzflocken zur Sedimentation kommen. Auch der hohe Gehalt von Rieselfeldabflüssen an Eisensalzen kann durch Einschaltung eines Vorteaches beseitigt oder vermindert werden, indem sich die Oxydalsalze durch Oxydation als Oxydsalze ausscheiden. Der in dem Vorteach sich ablagernde Schlamm muß dann von Zeit zu Zeit entfernt werden.

1) WILHELMI, J., Instrumentarium zur Entnahme biologischer Wasserproben. Mitt. aus der Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene, Heft 17, 1913.

2) Literatur: HOFER (vgl. S. 3, Anm. 3), THUMM (vgl. S. 4), CLARK and ADAMS, Studies of Fish Life and Water Pollution. 8. Int. Congr. of Applied Chemistry, Vol. 26, 1912, p. 199. — CRONHEIM, Reinigung von Abwässern durch Fischeiche. Gesundheits-Ingenieur, 1908, S. 113. — KUHNERT, Ueber Teichdüngung, Bd. 12, S. 701. — NERESHEIMER, Teichdüngungsversuche. Monatshefte für Landwirtschaft, 1913, 14 SS.

Das den Fischteichen selbst zufließende Wasser enthält dann noch immer gelöste Stoffe und kleine Pilzflocken. Diese organischen Substanzen werden dann „abgebaut“, d. h. sie dienen zur Befruchtung der Fauna und Flora. So werden die gelösten organischen Substanzen besonders von den pflanzlichen Planktonorganismen als Nahrung aufgenommen, die wieder anderen Organismen zur Nahrung dienen. Auch die größere Fauna des Ufers und Grundes wird reicher und dient ihrerseits — abgesehen als Reinigungsfaktor — auch besonders als Fischnahrung, ebenso wie ein großer Teil des Planktons (speziell Planktonkrebsechen, Daphnien etc., vgl. S. 7).

Auch durch biologische Körper (Tropf- und Füllkörper, s. u.) gereinigte Abwässer eignen sich zur Weiterbehandlung in Fischteichen, doch dürfte es sich empfehlen, die Tropfkörperabflüsse vor Zuführung in die Fischbecken zunächst Absitzbecken (Nachreinigungsbecken) passieren zu lassen. Auch durch mechanische Reinigungsanlagen vorbehandelte Abwässer können Fischteichen zugeleitet werden, doch bedürfen sie je nach ihrer Konzentration einer Verdünnung mit Reinwasser.

Wenngleich die Untersuchungen über Abwasserreinigung durch Fischteiche noch nicht abgeschlossen, sondern noch im Gange sind, so läßt sich immerhin so viel sagen, daß sie zum Abbau vorbehandelter häuslicher Abwässer sicherlich geeignet und auch zur Beseitigung nur grobmechanisch vorgereinigter Abwässer brauchbar sind, wenn ihre Größenverhältnisse richtig bemessen und das zur Verdünnung notwendige Reinwasser vorhanden ist; als Beispiel hierfür kann die Versuchsanlage in Straßburg i. E. (nach HOFER) angeführt werden.

Die Größe der Fischteiche ist so zu bemessen, daß sie die tägliche Menge des Abwassers und das zur Verdünnung notwendige Reinwasser zu fassen vermögen. Für Abwässer mittlerer Konzentration bedarf es (nach THUMM, l. c., vgl. S. 4) etwa einer fünffachen Verdünnung durch Reinwasser, das möglichst gleichmäßig zuzuleiten ist. Für biologisch (durch Füll- und Tropfkörper) vorgereinigte Abwässer ist (nach CLARK und ADAMS, l. c., vgl. S. 34) die Größe der Teiche nur so groß zu bemessen, daß sie die tägliche Menge der Abwässer + $\frac{1}{5}$ Menge an Reinwasser zu fassen vermögen. Je weniger durchgreifend die Vorbehandlung der Abwässer ist, um so mehr ist für eine möglichst verteilte Zuleitung der Abwässer, eventuell durch verteilte Zuleitung am ganzen Ufer entlang, Sorge zu tragen. Die Tiefe der Teiche soll etwa $\frac{1}{2}$ —1 m betragen. Für die tägliche Abwässermenge von 300 Personen sind (nach HOFER, l. c., vgl. S. 3) Fischteiche von etwa 0,2 ha ausreichend. Empfehlenswert ist die Bepflanzung des Ufers mit Wasserpflanzen (Schilf etc.). Damit der Abbau der organischen Substanzen durch die Teichorganismen in ausreichendem Maße erfolgen kann, ist ein längerer Aufenthalt des Abwassers geboten, jedenfalls ist ein schnelleres Durchfließen des Abwassers durch die Teiche zu vermeiden.

Werden die zur Abwasserbeseitigung bestimmten Fischteiche künstlich angelegt, so empfiehlt es sich, die Teiche zunächst mit Reinwasser zu füllen und bei Beginn der Zuleitung von Abwässern eine „Impfung“ der Teiche vorzunehmen zwecks einer schnelleren Bepflanzung der Teiche mit den zur biologischen Selbstreinigung notwendigen mikro- und makroskopischen Organismen. Die Impfung erfolgt in der Weise, daß man den Teichen Plankton, das mittels

Planktonnetz in benachbarten Tümpeln entnommen wird, sowie Uferbesatz und mittels Dretsche entnommenen Grundbesatz (Fauna und Flora des Grundes) zufügt.

Wenngleich die Teiche als stehende oder wenig bewegte Gewässer gute Entwicklungsbedingungen für Stechmückenlarven bieten, so ist eine Steigerung der Stechmückenplage nicht zu befürchten, da die Mückenlarven eine willkommene Nahrung der Fische darstellen.

Inwieweit die Entwicklung von Stechmücken verschiedener Art durch die Verunreinigung von Gewässern begünstigt wird, steht nicht fest; über die Fliegenplage in der Umgebung von Kläranlagen vgl. S. 38. Zur Bekämpfung der im fließenden Wasser sich entwickelnden Stechmücken (z. B. der Kriebelmücken [Simuliiden] u. a.) läßt sich schwer etwas tun, doch sind gegen die in stehenden Gewässern zur Entwicklung kommenden Stechmücken (Culiciden, sogenannte Moskitos) erfolgreich verschiedene Mittel angewandt worden; freilich sind die Vorschläge zur Bekämpfung der Mückenplage nicht ohne Widerspruch geblieben. Die gesamte Literatur findet sich bei SCHUBERG¹⁾. Die Schlußergebnisse dieser Arbeit seien hier in Kürze angeführt: 1) Durch die Erfahrungen der praktischen Mückenbekämpfung sind keine Beobachtungen, die eine Beeinträchtigung der einheimischen Vogelwelt, des Wildes und der Haustiere beweisen, sichergestellt. 2) Bei dem im Kaiserl. Gesundheitsamt an Vögeln und Säugetieren angestellten Versuchen konnten Schädigungen der Versuchstiere durch Mengen von Petroleum oder Saprol, wie sie bei der Mückenbekämpfung zur Uberschichtung des Wassers benützt werden, nicht nachgewiesen werden. Die im Interesse des Vogelschutzes gegen die Petrolisierung und Saprolisierung von Wasseransammlungen erhobenen Bedenken sind nach den zurzeit vorliegenden Erfahrungen unbegründet.

Zur Besetzung der Teiche eignen sich besonders Karpfen und Schleien, doch soll die Besetzung mit Fischen erst nach ausreichender biologischer „Einarbeitung“ der Teiche erfolgen (und zwar im Frühjahr). Pro Hektar Teichfläche können (nach THUMM, l. c., vgl. S. 4) bis 400 (zweisömmerige) Karpfen und ca. 150 Schleien eingesetzt werden.

Nachdem man erkannt hat, daß man den Ertrag von Fischteichen, speziell Karpfenteichen, durch Fütterung der Fische mit Vegetabilien (Mais, Gerste, Lupine etc.) erheblich zu steigern vermag (NERESHEIMER, l. c., vgl. S. 34), zeigten die HOFERSchen Versuche, daß sich durch Düngung der Teiche (z. B. mit Abwässern) das Naturfutter (d. h. also die Organismenwelt) so vermehren läßt, daß von einer Fütterung der Fische der Teiche ganz abgesehen werden kann. Die Frage, ob das Naturfutter durch künstliche Düngemittel vermehrt werden kann, kommt für Fischteiche, die mit häuslichen Abwässern gespeist werden, nicht in Betracht, doch sei erwähnt, daß hinsichtlich der Düngung von Fischteichen mit künstlichen Düngemitteln die Meinungen auseinandergehen (NERESHEIMER, l. c.; KUHNERT, l. c., vgl. S. 33).

Im Herbst werden dann die Teiche zur Gewinnung der Fische abgelassen, um im nächsten Sommer wieder mit Fischen besetzt zu

1) SCHUBERG, Naturschutz und Mückenbekämpfung. Versuche über die Einwirkung zur Vernichtung von Mückenlarven dienender Flüssigkeit auf Wassertiere und Vogel. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. 47, 1914, S. 252—290.

werden. Zur Erleichterung des Ablassens der Teiche empfiehlt es sich, die Bodenfläche derselben mit mäßiger Neigung anzulegen.

Bei ordnungsgemäßem Betriebe der Teiche dürften Fische mit geringem Sauerstoffbedürfnis wohl gedeihen. Hinsichtlich der Frage, ob durch die Gewässer parasitäre Fischkrankheiten (Furunkulose etc.) in stärkerem Maße hervorgerufen werden können, gehen die Ansichten der Fischereisachverständigen auseinander. Eine Infektion der Fische durch Tuberkelbacillen (Typus humanus und bovinus) steht infolge deren Immunität gegen dieselben nicht zu befürchten (THUMM, l. c., vgl. S. 4).

Wenngleich das Gedeihen der Fische selbst schon einen Beleg für die Wasserbeschaffenheit darstellt, so empfiehlt sich doch eine 1) wassertechnische, 2) chemische und 3) biologische Kontrolle der Teiche. Die technische Kontrolle erfolgt durch Einfügung von Wassermessern, die Aufschluß über die Zuführung von Reinwasser und Abwasser geben. In chemischer Hinsicht ist — abgesehen davon, daß die Funktion der gegebenenfalls vorhandenen Vorreinigungsanlagen zu prüfen ist — besonders Sauerstoffgehalt und -zehrung zu kontrollieren. Die biologische Ueberwachung der Fischteiche ergibt sich aus dem oben (S. 19—34) Gesagten.

Als zweite Art der biologischen Abwasserreinigung ist das Füll- und Tropfkörper-System zu nennen, das gegenüber den Fischteichen als gewissermaßen „künstliche biologische Abwasserreinigung“ zu bezeichnen ist. Beide Systeme beruhen darauf, daß mechanisch vorgereinigte Abwässer durch eine Schicht von Koks oder Schlacke (an deren Stelle auch Steinkohlen und anderes Material verwendet werden können) geleitet werden. Pro Kubikmeter Abwasser rechnet man etwa 2 cbm Körpermaterial.

Dem Tropfkörper¹⁾, deren Bau und Funktion näher durch DUNBAR (s. u.) beschrieben ist, wird das Abwasser durch besondere Verteilungseinrichtungen zugeführt und reinigt sich beim Durchfließen derselben auf vorwiegend biologischem Wege derart, daß es fäulnisunfähig abfließt. An diesem biologischen Reinigungsvorgang sind vorwiegend saprophile, zum Teil auch chlorophyllführende (also Sauerstoff produzierende) Organismen beteiligt. Durch den auf dem Tropfkörpermaterial sich bildenden filzartigen Belag, der vorwiegend aus Bakterien besteht, wird gelöste organische Substanz aufgenommen, und durch die sich in den Tropfkörpern reichlich entwickelnde Fauna werden große Mengen der ungelösten organischen Substanzen des Abwassers aufgezehrt. Besonders reichlich entwickeln sich in den Tropfkörpern die Larven der Schmetterlingsfliege (*Psychoda*), ferner auch die sogenannten Schlammwürmer (Tubificiden). Im Winter erfolgt die Abwasserreinigung in den Tropfkörpern annähernd in gleicher Weise wie zu anderen Jahreszeiten, da die Belebung der Körper nur eine geringe Verminderung erfährt.

1) KOLKWITZ, R., Zur Biologie der Wilmersdorfer Kläranlage bei Stahnsdorf. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorg. u. Abwässerbes., 1910, Heft 13. — PRITZKOW, Beobachtungen und chemisch-physikalische Untersuchungen der biologischen Reinigungsanlage der Gemeinde Wilmersdorf. Dieselbe Zeitschrift, 1910, Heft 13. — DUNBAR (l. c., vgl. S. 4). — THUMM (l. c., vgl. S. 4). — HELFER, Welche Vorteile bieten Anpflanzungen an Kläranlagen? Wasser u. Abwasser, Bd. 8, 1914, S. 1.

Als wichtigste Bewohner der Tropfkörper (vgl. KOLKOWITZ, l. c., S. 2, Anm. 4 und 5) sind folgende zu nennen:

1. Pflanzen.

Schizomyces: Stäbchenbakterien, Bakterienzoogloen (S. 5, Fig. 1), Sphaerotilus natans (S. 7, Fig. 64 und 69), Sarcina paludosa (S. 7, Fig. 62), Beggiatoa (S. 5, Fig. 4), Thiobacillus; Schizophyceae: Phormidium, Spirulina (S. 5, Fig. 6); Diatomaceae: Hantzschia amphioxys, Nitzschia palea, Navicula atomus; Protococcales: Chlorella vulgaris, Chroococcum botryoides; Confervales: Ulothrix subtilis, Stigeoclonium tenue (S. 7, Fig. 58), Palmella-Zellen (zum Teil von Stigeoclonium); Phycomyces: Mucor; Ascomycetes: Saccharomyces cerevisiae (S. 5, Fig. 13) und andere Arten, Fusarium aquaeductuum (S. 8, Fig. 81) und andere Fus.-Arten.

2. Tiere.

Rhizopoda: Diplophrys, Euglypha alveolata, Trinema enchelys, Amoeba (Hyalodiscus) limax (S. 5, Fig. 24); Flagellata: Chlamydomonas-Arten, Oicomonas-Arten, Bodo-Arten (S. 6, Fig. 45), Spirochaete plicatilis, Peranema trichophorum; Ciliata: Coleps hirtus, Loxophyllum fasciola, Chilodon cucullulus, Glaucoma scintillans (S. 6, Fig. 34), Colpodium colpoda (S. 7, Fig. 59), Paramaecium caudatum (S. 6, Fig. 33), Spirostomum ambiguum (S. 6, Fig. 37), Oxytricha, Vorticella microstoma (S. 14, Fig. 97), Epistylis, Opercularia glomerata; Vermes: Enchytraeus humiculator, Tubifex-Arten (S. 14, Fig. 96), Aeolosoma quaternarium, Lumbricus rubellus, Nematoden (S. 12, Fig. 85), Rotifer vulgaris (S. 16, Fig. 110), Callidina elegans, Philodine megalotrocha; Hexapoda: Psychoda-Arten.

Wenngleich der Abfluß normal funktionierender Tropfkörper nicht mehr fäulnisfähig ist, so enthält er doch namhafte Gruppen suspendierter Stoffe, unter denen zahlreiche der oben aufgeführten Organismen, ferner Detritus, Kokskrümel etc., Häute von Larven und Puppen der in so großen Mengen die Tropfkörper bewohnenden Psychodiden (s. o.) und schließlich feine Bestandteile aus dem Abwasser (z. B. Muskelfasern, Stoff- und andere Fasern) vorhanden sind. Dieser Umstand macht es nötig, daß die Tropfkörperabflüsse in Absatzbecken einer Nachreinigung unterzogen werden müssen. Durch Zuleitung dieser nachgereinigten Tropfkörperabflüsse in Fischteiche (vgl. S. 35) und besonders durch Sandfilterung läßt sich ein fast völlig reines Wasser erzielen.

Auf die nicht unmittelbar an dem Abwasserreinigungsprozeß teilnehmenden Organismen, welche die Oberfläche und die Wände der Tropfkörper bewohnen oder aufsuchen (Poduriden [Insekten], Weberknechte [Phalangioideen], Vögel, z. B. Bachstelzen und Schwalben), kann hier nicht näher eingegangen werden.

Die an den Tropfkörpern sich in Unmassen aufhaltenden kleinen Schmetterlingsfliegen (Psychodiden) entfernen sich von ihrem Aufenthaltsort meist nicht weit, können aber verweht werden. Es empfiehlt sich daher, Tropfkörperanlagen, wie überhaupt Kläranlagen, mit einem Schutzing von Tannen und anderen Bäumen und Sträuchern zu umpflanzen. Diese Maßnahme bietet gleichzeitig den Vorteil, die Verwehung der auf die Tropfkörper geleiteten Abwässer (besonders bei Streudüsen) zu verhindern sowie die Geruchsbelästigung zu beschränken, und ferner die

ganze Anlage dem Auge des Publikums zu entziehen. Auch die Pflege des Vogelschutzes kann in den Umpflanzungen zum Nutzen der Kläranlagen (Beschränkung der Mückenplage) betrieben werden (HELPER, l. c., vgl. S. 37). Ueber die chemische Wirkung der Tropfkörper vgl. PRITZKOW, l. c., s. S. 37, und THUMM, l. c., s. S. 4.

Die ebener Erde liegenden Füllkörper, deren Material eine weit geringere Korngröße als die der Tropfkörper aufweist, werden im Gegensatz zu letzteren nicht vom Abwasser durchflossen, sondern damit „gefüllt“. Die Dauer der Füllung ist von der Art der Füllkörperanlage (einstufig oder mehrstufig) abhängig. Ihre biologische Funktion ist eine ganz ähnliche wie die der Tropfkörper und ihre Reinigungswirkung eine annähernd gleiche wie bei jenen.

Als biologische Abwasserreinigung im weiteren Sinne ist schließlich noch die Landberieselung (THUMM, l. c., vgl. S. 4; DUNBAR, l. c., vgl. S. 4, und TILLMANS, l. c., vgl. S. 4) zu nennen. Die Vorgänge der Landberieselung sind insofern als biologisch zu bezeichnen, als die häuslichen Abwässer, die viel Stickstoff und in mäßigen Mengen auch Phosphor und Kali enthalten, als Pflanzennahrung dienen. Die beiden Hauptarten der Berieselung sind die „intermittierende Bodenfiltration“ und die „Rieselfelder“. Unter den Kulturpflanzen, welche die Berieselung, die auch im Winter nicht unterbrochen wird, gut vertragen, sind nach KOLKWITZ) das italienische Raygras (*Lolium italicum*), ferner auch Timotheegras (*Phleum pratense*) und Knäuelgras (*Dactylis glomerata*) zu nennen. Ueber die Einleitung von Rieselfeldabflüssen in Fischteiche vgl. S. 35 und 36.

III. Brack- und Meerwasser und die Einwirkung von Abwässern auf dasselbe.

1. Allgemeines.

Weder bei dem normalen noch dem durch die Menschheit beeinträchtigten Flusse ist der Stoffkreislauf ein in sich abgeschlossener. Fast alle als echte oder Pseudoplanktonen vom Flusse dem Meere zugeführten Organismen finden mit dem Eintritt in das salzhaltige Wasser ihr Grab, indem sie absterben und zugleich mit dem (meist beträchtlichen) vom Flusse mitgeführten organischen und anorganischen Detritus im Salzwasser zu Boden sinken. Umgekehrt werden auch zahlreiche Meeresplanktonen durch die an der Eintrittsstelle des Flusses erfolgende Aussüßung des Meerwassers vernichtet. Eigenartigerweise erfolgt nun im salzhaltigen Wasser die Sedimentierung aller unbelebten Schwebestoffe außerordentlich viel schneller als im Süßwasser. Es können daher die von einem Flusse dem Meere zugeführten sedimentierbaren Stoffe in hervorragendem Maße an der Deltabildung teilnehmen oder, wenn sie von der Flut immer wieder

1) KOLKWITZ, R., Die Rieselfelder und ihre Pflanzenkulturen. Jahresbericht des Gartenbauvereins für Hamburg, Altona und Umgegend für das Jahr 1908—1909.

der Küste zugetrieben werden, wesentlich an der Marschenbildung beteiligt sein.

Der Stoffhaushalt des Meeres, dem ebenfalls die natürliche Verunreinigung und Selbstreinigung des Meerwassers zugrunde liegt, beruht natürlich auf dem gleichen Prinzip der Erhaltung des Gleichgewichtes zwischen progressiver und regressiver Metamorphose der organischen Substanz wie bei dem Süßwasser, doch sind die hier komplizierten Vorgänge des Stoffkreislaufes noch weniger ergründet als bei dem Süßwasser. Als Abweichung sind besonders die beiden Umstände zu erwähnen, daß hier eine für den (prozentual wohl schwankenden) Gehalt der Meere an Salzen (die aber stets die gleichen Verhältnisse der Zusammensetzung aufweisen) spezifische Fauna und Flora vorhanden sind, und zweitens, daß die Sedimentierung aller (vorher im Süßwasser suspendiert gewesenen) Schwebestoffe im Meerwasser beträchtlich schnell erfolgt. Von großer Bedeutung für den Stoffhaushalt des Meeres sind offenbar die stickstoffhaltigen Verbindungen, die außer anderen organischen Stoffen die Nahrung des pflanzlichen Planktons darstellen. Trotz der vom Lande in größeren Mengen zugeführten Stickstoffverbindungen scheint aber das Meer verhältnismäßig arm an solchen zu sein, welcher Umstand wahrscheinlich auf die Anwesenheit denitrifizierender Bakterien, die den Salpeter rückläufig in Nitrat, Ammoniak und freien Stickstoff zersetzen, zurückzuführen ist. Somit spielen also — nach der von BRANDT vertretenen Theorie — die denitrifizierenden Bakterien eine große Rolle für die Selbstreinigung des Ozeans. Von den Bakterien abgesehen, dürfte aber eine besondere reinigende Wirkung der Fauna und Flora der Küsten und des der Küste benachbarten Grundes ins Gewicht fallen.

2. Die Einleitung der Abwässer in das Meer in technischer, chemisch-physikalischer, hygienischer, wirtschaftlicher und biologischer Hinsicht¹⁾.

Welche Wirkung üben nun Abwässer auf das Meer aus, wenn sie ihm direkt und, wie dies meist noch geschieht, ungeeignet oder nur grob mechanisch vorgereinigt, zugeleitet werden? Müssen nicht die den gewaltigen Wassermassen des Meeres gegenüber ganz geringen Abwässermengen spurlos im Meere verschwinden? Die Erfahrungen lehren anderes. Wir werden im folgenden sehen, daß die Einleitung der Abwässer in das Meer — wenn wir von wenigen Ausnahmefällen absehen — nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten, die bei dem Süßwasservorfluter kaum in Betracht kommen, bietet. Schon die obigen Angaben über die Wirkungen des Eintritts von Flüssen in das Meer dürften auf diese Schwierigkeiten hinweisen.

1) Die gesamte in Betracht kommende und benutzte Literatur findet sich in meinen beiden nachfolgend aufgeführten Publikationen verzeichnet: a) Die Einleitung der Abwässer in das Meer. Uebersicht über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse in technischer, chemischer, hygienischer, wirtschaftlicher und biologischer Hinsicht. Wasser und Abwasser, Berlin, Gebr. Bornträger, 1911, Bd. 4, S. 177—195, 221—242, 5 Textfigg. — b) Die makroskopische Fauna des Golfes von Neapel, vom Standpunkt der biologischen Analyse des Wassers betrachtet. Entwurf einer biologischen Analyse des Meerwassers. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung zu Berlin, 1912, Heft 16, S. 47—166, 78 Textfigg.

Es liegt auf der Hand, daß das offene Meer gewiß unbeeinflußt von jeglicher Abwasserzuführung bleibt. Küstenstriche, und namentlich kleinere Golfe, Buchten und Seehäfen, können jedoch durch Abwässer stark beeinträchtigt werden. Die Gefahr der Verschmutzung der Küstengewässer ist um so größer geworden, als zahlreiche Seestädte hinsichtlich Einwohnerzahl und Industrie eine außerordentliche Entwicklung genommen haben, da ferner auch der Hafenverkehr durch gesteigerte überseeische Ausfuhr und Einfuhr nach dem in Kulturländern durch Schifffahrtskanäle erschlossenen Binnenlande sehr gewachsen ist und da schließlich auch die Seebäder an Zahl und auch an Frequenz der Badegäste beträchtlich zugenommen haben.

So ist nun tatsächlich die Frage, wie einer Verschmutzung der Küstengewässer entgegengetreten werden kann, eine aktuelle geworden: Wie und nach welchen Methoden vorbehandelt, sind häusliche und gewerbliche Abwässer in das Meer einzuleiten, wie geht der (chemische und biologische) Vorgang der Selbstreinigung des Meeres und der mit Abwässern belasteten Küstengewässer vor sich, welche hygienischen Mißstände und Gefahren der Verbreitung epidemischer Krankheiten kann die Verschmutzung der Meeresküsten mit sich bringen, welchen Einfluß hat sie auf Fischerei, Krebs- und Muschelzucht und andere wasserwirtschaftliche Gebiete und auf die wissenschaftliche Meeresforschung in Küstengebieten (speziell zoologische und biologische Stationen, deren wichtigste in stark bevölkerten Seestädten liegen), und schließlich wie läßt sich durch chemische, bakteriologische und biologische Analyse des Meeresswassers Verschmutzungsart und -grad beurteilen?

Die einfachste Methode der Entwässerung in das Meer, nämlich die Abwässer durch einen Kanal dem Meere zuzuführen, hat fast allerorts, wo sie angewandt wurde, zu Mißständen geführt. Erfahrungsgemäß werden alle ungelösten Stoffe immer vom Meere an den Strand zurückgetragen und können hier im Verein mit angeschwemmten Ulven und Seetang zu unangenehmen Geruchsbelästigungen führen. Als besondere Verhältnisse, unter denen diese Methode anwendbar ist, sind folgende zu nennen:

Sind die Ufer steil abfallend, so lassen sich geringe Abwassermengen wohl ohne Nachteil dem Meere zuführen. Das gleiche gilt, wenn die Abwässer, an einem vorspringenden Punkte der Küste eingeleitet, von einer vorherrschenden Strömung fortgeführt werden (z. B. Neapel). Mit Vorteil kann man auch von der ableitenden Wirkung der Ebbe Gebrauch machen; so werden die Abwässer z. B. in Boston bei der Moone-Insel am Außenhafen nur in der zweiten und dritten Stunde der Ebbe ausgelassen. Es liegt aber auf der Hand, daß in solchen Fällen einerseits Sammelbecken, in denen die Abwässer, solange sie nicht ablaufen können, aufgespeichert werden, nötig sind, und daß andererseits die Ausmündungskanäle bei Flut selbsttätig sich schließende Rückstauklappen besitzen müssen. Ferner kann die Einleitung ungereinigter Abwässer in das Meer noch dadurch ermöglicht werden, daß man die Ausmündungsrohre bis weit ins Meer hinausführt. Solche lange Endleitungen im Meere sind aber nicht nur in der Anlage, sondern auch in der Unterhaltung kostspielig, da sie vielfachen Schädigungen ausgesetzt sind. Von Unwetterschädigungen ganz abgesehen wirkt namentlich der zersetzende Einfluß des Meerwassers auf Zement, Beton etc. nachteilig, indem sich der

freie Kalk des Zementes mit dem Magnesiumsulfat des Meerwassers zu Calcium-Aluminiumsulfat verbindet und indem auch das Natriumchlorid des Meerwassers das Calciumsilikat des Zementes aufzulösen vermag, und schließlich, indem auch ein übernormaler Gehalt des Meerwassers an Schwefelsäure den Zement schädigt. Immerhin ist aber die Technik eifrig am Werke, einen dem Meerwasser gegenüber resistenteren Zement herzustellen. Nach den bisherigen Versuchen scheint dies möglich, durch Verminderung des Gehaltes an Aluminium bzw. Ersatz des Aluminiums durch Eisen, durch Beimischung porzellanerdenähnlichen Materials, Vermeidung von Seewasser bei der Fabrikation und durch gründliche Trocknung und Härtung an der Luft.

Außerdem können aber auch Organismen, speziell die Bohrmuscheln und Schnecken (*Teredo navalis*, *Lithodomus lithophagus*, *Pholas dactylus* u. a.), Holzgerüste, auf denen die Rohre ruhen, oder gar die Zementröhren selbst stark schädigen.

Ebenso ungünstig wie bei flachem Strande liegen die Verhältnisse der Einleitung der Abwässer in kleinere Buchten und Seehäfen, zumal da hier noch andere Verschmutzungsfaktoren hinzutreten können und die Wasserbewegung, d. h. also Wassernerneuerung, bedeutend geringer ist oder fast fehlt. Unter den Verschmutzungsfaktoren sind neben der Abwässerzuleitung in erster Linie die zahlreichen Schiffsabfälle zu nennen, ferner auch die oft namhaften Anspülungen (von Treibendem, Seetang, Ulven etc.) durch das Meer. Solche Verhältnisse liegen in vielen Seestädten vor, z. B. Kristiania, Triest, Rovigno, New York, Boston, Neapel, Belfast (Irland), Helsingfors u. a.

In neuerer Zeit ist auch die Aufmerksamkeit auf eine in der nördlichen Adria, speziell bei Triest, zutage tretende Verunreinigung gelenkt worden. Hier sind es besonders industrielle Abwässer, z. B. einer Oelfabrik und einer Petroleumraffinerie in der Bai von Muggia. Ganz besonders scheint hier, wie STEUERS¹⁾ interessante Untersuchungen gezeigt haben, die Fauna eine Schädigung erfahren zu haben, die sich auch in wasserwirtschaftlicher Hinsicht (Fischerei, Hummerzucht etc.) bemerkbar macht.

Eine besondere Art der Verschmutzung liegt in der Bucht von Belfast (Irland) vor, die biologisch von Interesse ist. Der zu einem Meeresarm erweiterte Belfast Lough bildet infolge der ihm zugeführten Abwässer einen Nährboden für Ulven, die durch Absterben und Faulen eine sekundäre Verunreinigung des Wassers und eine starke Geruchsbelästigung hervorrufen. Die verschiedensten Mittel, die hier angewandt werden, um der Ulvenkalamität Herr zu werden, haben bisher keine durchgreifende Wirkung gehabt. Vielleicht wäre — worauf ich anderen Ortes (l. c. S. 40) hingewiesen habe — ein Versuch der Ansiedlung des Mittelmeerfisches *Box salpa* lohnend, da dieser gesellig lebende Küstenfisch einerseits gegen eine gewisse Verunreinigung des Wassers nicht empfindlich zu sein scheint und andererseits sich gern von Ulven nährt.

Ähnliche Verhältnisse wie bei Belfast sind auch in dem durch Abwässer verunreinigten Hafengebiet von Helsingfors zutage getreten, indem hier gegenüber der normalen Algenflora speziell im Spätsommer ein Ueberhandnehmen von Enteromorpha- (Ulva-)Arten erfolgt.

1) STEUER, A., Veränderungen der nordadriatischen Flora und Fauna in den letzten Dezennien. Int. Rev. d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, Bd. 3, 1910, S. 6—16.

In gewisser Abhängigkeit vom Meere stehen infolge der Wirkung des Rückstaues auch noch Großstädte, die weiter landeinwärts von der Küste gelegen sind und daher unter Umständen Ebbe und Flut berücksichtigen müssen. Bei ausreichend großen Vorflutern bieten sich hier freilich weniger Schwierigkeiten. So wurde im Altonaer Hafen wohl eine gewisse Verunreinigung durch Abwasserersetzung beobachtet, doch hat sich die Selbstreinigungskraft der Unterelbe als der ihr zugeführten Abwassermenge gewachsen erwiesen.

Schwierigkeiten kann auch das Aufwärtssteigen des spezifisch schwereren Meerwassers an der Flußsohle bereiten, zumal bei geringer Wasserführung des betreffenden Flusses oder wenn das Wasser der Flußoberfläche durch eine Windrichtung, die mit der Strömung geht, in stärkerem Maße als gewöhnlich dem Meere zugetrieben wird, Meerwasser infolge des hydrodynamischen Druckes an der Flußsohle stromaufwärts steigt (vgl. Sedimentierung der Schwebestoffe des Süßwassers bei Uebertritt in salziges Wasser).

Wir sehen also an den angeführten Beispielen, daß (namentlich größere) Küstenorte schon mehr oder weniger stark unter einer Verunreinigung ihrer Küste (Bucht, Häfen etc.) zu leiden haben.

Die Nachteile und Gefahren der Verunreinigung der Küsten für die Menschheit sind, mutatis mutandis, die gleichen wie bei Verunreinigungen der Binnengewässer. In einfacher Form bestehen die Nachteile in Geruchsbelästigungen. Besonders mißlich erscheinen Verunreinigungen der Küsten in der Nähe von Badeorten. Ganz abgesehen davon, daß hier eine Einleitung von ungereinigtem Abwasser — mit Rücksicht auf die fast stets zur Küste zurückflutenden Fäkalreste, Papier- und Fruchtreste, Kartoffelschalen, Korkstopfen etc. — keinesfalls angängig ist, besteht hier die Gefahr der Infektion, indem die dem Meere zugeführten Abwässer verseucht sein können. Untersuchungen haben ergeben, daß pathogene Keime, z. B. Typhus-, Cholera- und Milzbrandbakterien sowie *Staphylococcus pyogenes aureus*, sich längere Zeit im Meerwasser lebend erhalten. Für Cholera bacillen wurde, wie beispielsweise erwähnt sei, eine Lebensdauer bis zu 43 Tagen in Meerwasser nachgewiesen. Für die oben genannten Bakterien wurde der Nachweis erbracht, daß sie im sterilisierten Meerwasser zunächst einen günstigen Boden zur Entwicklung finden und dann nur langsam an Zahl abnehmen, ferner, daß sie im unsterilisierten Meerwasser zwar infolge der Konkurrenz der gewöhnlichen Bakterien keine Vermehrung erfahren, aber lange Zeit, auch bei beträchtlicher Vermehrung der gewöhnlichen Bakterien, am Leben bleiben, und schließlich wurde gezeigt, daß sie sich sogar in konzentrierten Salzlösungen längere Zeit lebend erhalten. Dieser Nachweis der längeren Lebensfähigkeit pathogener Keime im Meerwasser bietet also einerseits für Küstenorte einen ernsthaften Hinweis, Abwasser nur in weiterer Entfernung vom Badestrand dem Meere zuzuführen, andererseits gewinnt er auch an Bedeutung hinsichtlich salzreicher Meere, deren Wasser vielfach von Schiffen zu Genußzwecken verwandt wird; weist doch z. B. die Ostsee vom Skagerrak an bis zum Finnischen und Bottnischen Meerbusen eine Aussüßung von 3,4 Proz. Salzgehalt bis zu 0,35 Proz. auf.

Auch in anderer Art kann die Einleitung von Abwässern in hygienischer Hinsicht nachteilig wirken, indem Organismen, die als menschliche Nahrung dienen, durch Abwasserwirkung gesundheitsschädlich, bzw. für den Konsum unbrauchbar oder gar durch Infektion

mit pathogenen, dem Abwasser entstammenden Keimen die Veranlassung zu epidemischen Krankheiten darstellen können. In erster Linie seien hier die berüchtigten Miesmuschelvergiftungen, wie sie in mehr oder weniger großem Umfange in Wilhelmshaven, Kristiania u. a. O. vorgekommen sind, erwähnt. Wenngleich über die Muschelvergiftungen recht abweichende Ansichten geäußert worden sind, so dürfte sich der gegenwärtige Stand der Forschung etwa, wie folgt, zusammenfassen lassen: Unter den Miesmuscheln finden sich keine giftigen Abarten, die — wie von verschiedener Seite irrtümlich angenommen wurde — schon rein äußerlich eine vom Typus abweichende Beschaffenheit hinsichtlich Form und Farbe haben; es besteht vielmehr eine beträchtliche Variabilität der Miesmuschel, die in keiner Beziehung zu der vorkommenden Giftigkeit steht. Experimentell wurde festgestellt, daß Miesmuscheln durch Züchtung in verunreinigtem Wasser giftig gemacht werden können, und daß giftige Muscheln ungiftig werden, sobald sie längere Zeit in reinem Wasser gehalten werden. Demnach speichern die Miesmuscheln im (verunreinigten) Wasser vorhandene Giftstoffe auf und geben sie, sobald sie in reines Wasser gelangen, langsam wieder ab. Konform diesen Befunden ist die Feststellung, daß die Miesmuscheln auch andere Gifte, die man den Zuchtbecken zusetzt (z. B. Strychnin, das Pfeilgift Upas) in kleinen Quantitäten, ohne eigenen Nachteil zu speichern vermögen, wie ja auch für andere Mollusken, z. B. Landschnecken, erwiesen ist, daß sie die Gifte aus *Atropa belladonna* und *Digitalis purpurea* mit der Nahrung ohne Nachteil aufnehmen können. Es gelang, das Gift aus Muscheln, die in verunreinigtem Wasser gehalten wurden, zu extrahieren und sowohl durch Injektionen des Extraktes bei Versuchstieren (tödliche) Vergiftungen hervorzurufen als auch ungiftige Muscheln, deren Zuchtbecken das Extrakt giftiger Muscheln in kleinen Mengen zugefügt wurde, zu vergiften. Es ist zwar auch ein angeblich das Muschelgift erzeugendes Bakterium beschrieben worden, doch haben sich für dasselbe keine weiteren Belege erbringen lassen. Es darf also mit einiger Sicherheit angenommen werden, daß die Vergiftung der Muscheln durch Speicherung eines im (verunreinigten) Wasser präformierten Giftes hervorgerufen wird.

Diese Art der Giftentstehung und Giftwirkung hat jedoch einstweilen nur Gültigkeit für Miesmuscheln, da für andere Muscheln, nach deren Genuß Vergiftungserscheinungen beim Menschen beobachtet worden sind, keine Belege für eine Giftspeicherung durch die betreffenden Muscheltiere erbracht worden sind. Hier dürfte es sich jedenfalls nicht um paralytische Giftwirkungen, sondern um Vergiftungen gastrointestinaler Natur handeln, die lediglich durch Genuß verbodener, in Zersetzung befindlicher Muscheltiere hervorgerufen werden; hierauf werden wir weiter unten im „wirtschaftlichen“ Abschnitt (s. u.) noch zurückkommen.

Außerdem können aber als menschliche Nahrung dienende Meeresorganismen, speziell Muscheln, als Ueberträger pathogener Keime zur Uebertragung von Krankheiten, ja zu Epidemien, führen. Es sei hier zugleich auch an die lange Lebensfähigkeit pathogener Keime im Meerwasser (S. 43) erinnert. Für diese Art der Infektionsmöglichkeit sei hier folgendes Beispiel angeführt. In Norwich traten im Jahre 1908/9 drei Typhusepidemien auf und konnten einwandfrei auf Miesmuschelgenuß

zurückgeführt werden. Einerseits ließ sich hier nämlich eine Infektion der Miesmuscheln mit Typhusbakterien direkt nachweisen, andererseits hatte Warnung vor Miesmuschelgenuß vollen Erfolg, indem später keine Zunahme der Typhusfälle eintrat.

Auch durch Verunreinigung der Aufbewahrungsbecken von Austern und anderen Muscheln können Infektionen veranlaßt werden; so lassen sich Typhuserkrankungen in Gegenden, in denen ein stärkerer Konsum von Austern besteht, oft mit einiger Sicherheit auf Austerngenuß zurückführen. Auch durch unsaubere Verpackung von Fischen, z. B. durch verunreinigtes Eis, können erwiesenermaßen sekundär Infektionen (z. B. Paratyphus) hervorgerufen werden.

Wir sehen also, daß auch in hygienischer Hinsicht die Frage nach der Einleitung der Abwässer in das Meer unserer vollen Aufmerksamkeit wert ist.

In wirtschaftlicher Hinsicht ist die Frage ebenfalls von großem Interesse; zeigten uns doch schon die vorstehenden Ausführungen, daß durch Abwässer eine beträchtliche Schädigung der menschlichem Genusse dienenden Meerestiere bewirkt werden kann. Daß die meist giftigen industriellen Abwässer gleich schädlich oder noch nachteiliger wirken können, liegt auf der Hand. Auch lebhafter Schiffsverkehr vermag die Wasserbeschaffenheit von Häfen ungünstig zu beeinflussen. Es sollten daher Meerestiere aus mehr oder weniger verunreinigten Häfen überhaupt vom menschlichen Konsum ausgeschlossen werden, zumal sie erfahrungsgemäß — wenn nicht gerade vergiftet und der Gesundheit der Menschen nachteilig — doch häufig im Geschmack (z. B. durch Petroleum und andere Stoffe) beeinträchtigt sind.

Eine Benachteiligung der genießbaren Meerestiere ist speziell in der nördlichen Adria in den letzten Jahrzehnten zutage getreten (STEUER, l. c., vgl. S. 42). So ist der istrianische Hummer in letzter Zeit merklich an Zahl zurückgegangen; im Jahre 1906 wurden 500 Stück weniger auf den Markt gebracht als im Vorjahre, und das Jahr 1907 ergab einen Ausfall von 700 Stück. Auch die zuweilen noch gegessene Meerspinne, *Maja squinado*, zieht sich bei Rovigno, in dessen Nordhafen die Abwässer einer großen Spiritusbrennerei münden, zurück. Ferner laichen hier die wohl-schmeckenden Sepien (Tintenfische) nicht mehr. Auch die Fischerei ist bei Triest, zum Teil auch bei Rovigno, beträchtlich geschädigt worden, indem die Seebrasse (*Pagellus*), der Seehecht (*Mullus*) und die Zahnbrasse (*Dentex*) einen deutlichen Rückgang aufweisen. Selbst der typische Schmutzfisch *Box salpa* ist aus dem durch die Abwässer einer Brennerei verunreinigten Nordhafen Rovignos verschwunden, kehrt aber im Winter, wenn der Betrieb dieser Brennerei eingestellt ist, wieder in das sich klärende Wasser zurück.

Empfindlich gegen Wasserverunreinigung sind auch die Austern. Selbst in Austernbuchten, die fern von menschlichen Ansiedelungen liegen, kann es vorkommen, daß die am Boden der Bucht entstandenen natürlichen Schlammablagerungen durch eine außergewöhnlich starke Wasserbewegung aufgerührt und so die ganze Austernzucht durch den frei werdenden Schwefelwasserstoff vernichtet werden. Schädigungen von Austernzuchten durch häusliche oder industrielle Abwässer sind heute häufig Gegenstand von Klagen (England, Amerika). Als Ur-

sache der Austernvernichtung müssen wohl die Fäulnisvorgänge des verunreinigten Wassers betrachtet werden, wenigstens konnte bisher nicht ermittelt werden, welche besonderen Stoffe von Abwässern schädlich auf die Austern wirken.

Für Deutschland hat im übrigen die Austernfrage nicht die große Bedeutung wie für Länder (z. B. Italien, England und Amerika), in denen die Austern mehr ein Volksnahrungsmittel darstellen. Außerdem besteht für die dem preußischen Fiskus gehörigen Austernbänke im Wattenmeer (bei den Inseln Sylt, Amrum, Föhr u. a.), auf denen im Anfang dieses Jahrhunderts jährlich etwa 500 000 Austern abgefischt wurden, weder eine Verunreinigungs- noch Infektionsgefahr, da sie außerhalb des Wirkungsbereiches von Abwässern liegen; auch untersteht das Abfischen der Bänke, Reinhaltung der Austernbassins sowie der Brut- und Versandbecken einer besonderen staatlichen Aufsichtsbehörde.

Außer den Austern sind es zahlreiche andere speziell in südlichen Ländern dem menschlichen Genusse dienende Muscheltiere, die entweder durch Abwässer geschädigt oder, wenn sie gegen Wasser- verunreinigung wenig empfindlich sind, als Infektionsträger schädlich wirken können.

Wie schon aus den vorstehenden Ausführungen über die Einleitung der Abwässer in das Meer in technischer, hygienischer und wirtschaftlicher Hinsicht hervorgeht, ist das Verhalten der hier erwähnten Meerestiere gegenüber verunreinigtem Wasser ein sehr wechselndes. So erscheint es verständlich, daß gerade die praktischen Erfahrungen über die Schädigungen der zur menschlichen Nahrung dienenden Meerestiere uns darauf hinweisen, daß Feststellungen über Anwesenheit oder Fehlen gewisser Meeresbewohner von Küstengegenden, Buchten, Häfen etc. uns die Möglichkeit einer Beurteilung des Meeresswassers bieten. Um so wertvoller dürfte eine solche „biologische Analyse“ des Meeresswassers sein, als gerade die chemische und bakteriologische Analyse, die wohl für die Beurteilung der fließenden und (kleineren) stehenden Binnengewässer von Nutzen sind, hier eher versagen. Es stellen somit die wasserwirtschaftlich gewonnenen Erfahrungen über die Beeinträchtigung der Meeresorganismen, die als menschliche Nahrung oder für die Industrie von Bedeutung sind, die erste Grundlage einer biologischen Analyse des Meerwassers dar. Planmäßige und wissenschaftliche Untersuchungen liegen über dieselben erst in sehr geringem Umfange vor, und in biologischen Publikationen über Meeresorganismen zerstreut sich findende Angaben sind zurzeit der Lösung der genannten Frage noch nicht ausreichend nutzbar gemacht worden. In neuester Zeit beginnt auch das wissenschaftliche Interesse an dieser Frage nach der biologischen Analyse des Meeresswassers zu erwachen. Betrachten wir nun zunächst einmal ganz kurz die schon früher (s. oben) gestreiften allgemeinen biologischen Verhältnisse des Meeres ohne Berücksichtigung der Einwirkungen häuslicher oder industrieller Abwässer.

Da die Wellen des Meeres dem Strande zahlreiche organische Stoffe in Form von treibenden Pflanzen (Ulven, Tang etc.) und natürlichen Detritus zuführen und auch zahlreiche der Küste zugeführte kleinere oder größere Organismen am Strande oder in der Brandung zugrunde gehen, so findet längs der Küsten in gewissem Maße eine natürliche Verunreinigung durch zersetzungsfähige Stoffe statt.

Diese natürliche Verunreinigung der Küsten wirkt aber lediglich befruchtend auf die Küstenfauna und -flora. Sie ist gerade die Ursache, daß sich an den Küsten ein so reiches tierisches Leben entwickelt. So erklärt es sich, daß sich an den Steinen, Felsen und Riffen, besonders in Baien und Buchten, festsitzende tierische und pflanzliche Organismen so reich entwickeln, daß sich im Sande des Strandes so zahlreiche niedere Tiere, speziell Würmer, finden, und daß andere freilebende Organismen, wie Krebstiere und auch die gesellig lebenden Küstenfische, die Küstenzonen bevölkern. Alle die in der Küstenzone so reichlich vorkommenden Organismen stellen Reinigungsfaktoren der (natürlichen) Küstenverunreinigung dar, d. h. also: in der Küstenregion ist der Stoffwechsel des Meerwassers intensiver als im offenen Meere.

Anteil an der Selbstreinigung des Meeres nimmt natürlich auch das Plankton, doch liegt es außerhalb des Rahmens der vorliegenden Betrachtungen, die auf die Frage nach der Selbstreinigung der Küstenzone hinauszielen, auch auf die Bedeutung des Planktons einzugehen. Nicht unerwähnt sei, daß das Meerwasser mit der zunehmenden Entfernung von der Küste eine auffällige Abnahme der Keimzahl zeigt. Während in Tiefen von 200—400 m noch immer zahlreiche Organismen angetroffen wurden, sind im offenen Ozean selbst Oberflächenstrecken von großer Keimarmut ermittelt worden, und in Tiefen von 4000—5000 m konnten Bakterien nur spärlich oder überhaupt nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Bei der Erörterung der natürlichen Verhältnisse der Küstenzone darf auch die Einwirkung des den Küsten vom Binnenlande zufließenden Süßwassers nicht unberücksichtigt bleiben. Alle Organismen, die der Fluß dem Meere zuführt, sterben bei dem Eintritt in das Salzwasser ab und sinken zu Boden. Ebenso geht es den vom Meere der Mischungszone von Süß- und Salzwasser zugeführten Organismen. Sie alle finden hier ihr Grab. Auch zahlreiche unbelebte organische Stoffe, sei es daß sie von den Meereswellen oder von den Flüssen herangezogen werden, kommen hier in der Mischungszone zum Untersinken. Auffällig ist nun, daß in dieser Zone alle Schwebestoffe, d. h. unbelebte oder die hier zum Absterben kommenden, außerordentlich schnell sedimentieren, und zwar viel schneller als der Detritus etc. im Süßwasser. So kommt es, daß diese Zuführungen von organischen Stoffen durch die Flüsse meist nicht weit ins Meer hinausgetragen werden. Vielmehr werden sie von den Gezeiten und der Brandung längs der Küste, wo sie befruchtend auf die Küstenfauna und -flora wirken, verteilt oder können, wenn sie beträchtlich sind, namhaften Anteil an der Marschenbildung nehmen. Außerdem können sie aber in Gemeinschaft mit den in der Mischungszone von Süß- und Salzwasser zur Sedimentation kommenden belebten und unbelebten Stoffen des Meeres Deltabildungen an Flußmündungen verursachen. Aber auch die Flüsse selbst können in ihrem unteren Laufe wesentlich vom Meere beeinflußt werden, indem, namentlich bei niedrigem Wasserstand der Flüsse, das spezifisch schwerere Salzwasser an der Sohle des Flußbettes keilartig stromaufwärts vordringen kann (z. B. im Hudson und in der Düna). Auf diese Weise können schon im unteren Flußlaufe stärkere zersetzungsfähige Ablagerungen entstehen, die dann erst bei zunehmender Wasserführung des Flusses dem Meere zugeführt werden.

In Anbetracht des Umstandes, daß also die reichere Fauna und Flora der Küstenzonen nichts anderes als das Produkt des hier notwendigerweise sich intensiver abspielenden Stoffwechsels des Meeres sind, oder anders gesagt, daß sie das Hilfsmittel der Natur zur Selbstreinigung der einer stärkeren natürlichen Selbstverunreinigung unterworfenen Küstenzone darstellen, scheint es wohl einleuchtend, daß eine künstliche Verunreinigung der Küstenzone (Bai oder Bucht) durch häusliche oder industrielle Abwässer auch die Küstenfauna und -flora nicht unbeeinflußt lassen wird. Untersuchungen über die Einwirkungen von Abwässern auf die Küstenfauna und -flora könnten also die Grundlagen einer biologischen Beurteilung des Verunreinigungsgrades und Verunreinigungsart bieten. Wie schon vorher erwähnt, erscheint aber die biologische Analyse des Meerwassers der Küstenzone um so wertvoller, als gerade die chemisch-physikalische und bakteriologische entweder unzulänglich sind oder überhaupt versagen. Da nämlich die Beschaffenheit des Wassers selbst in Abhängigkeit von äußeren Faktoren (Windrichtung und -stärke, Seegang, Aufrührung des Grundes etc.) sehr wechselnd sein kann, so liefern chemisch-physikalische und bakteriologische Untersuchungen (sobald sie nicht überhaupt häufiger und unter verschiedenen Witterungsverhältnissen ausgeführt werden) keine einwandfreien Ergebnisse, da die bezüglich Sauerstoffgehalt und Sauerstoffzehrung, Chlor- und Stickstoffgehalt und Glühverlust sowie für die Keimzahl gewonnenen Werte zu sehr von den genannten äußeren Faktoren abhängig sind. Die Ergebnisse einer biologischen Untersuchung dürften hingegen viel weniger von diesen äußeren Faktoren abhängig sein, da die im Sande des Strandes und an Steinen, Felsen und Riffen einer Küste oder Bucht lebende Fauna und Flora zum großen Teil infolge natürlicher Anpassung den Witterungseinflüssen gegenüber standhält.

Die biologische Analyse des Meerwassers auf wissenschaftlicher Grundlage — abgesehen von den Erfahrungen, die in wirtschaftlicher Hinsicht über die Einwirkung von Abwässern auf Meerestiere, welche bei der menschlichen Ernährung oder in der Industrie Verwendung finden, gemacht worden sind — steckt noch in den Kinderschuhen.

Einstweilen liegen nur einige kleinere Untersuchungen (neueren Datums) über die biologische Analyse des Meerwassers vor, so über die Verunreinigung der Kieler Bucht, ferner über den Wechsel der Algenflora des Hafens von Helsingfors in Abhängigkeit von Verunreinigung durch Abwässer und über die Veränderungen der Fauna und Flora der nördlichen Adria, besonders bei Triest, in den letzten Dezennien, sowie die schon auf S. 40 in der Fußnote angeführten Untersuchungen des Verfassers.

3. System und Methoden der Untersuchung über Meerwasser- verunreinigung.

Als Leitformen des mäßig bis stärker verunreinigten Wassers (Strand oder Grund), auf Grund der in Neapel angestellten Versuche und Untersuchungen, können folgende Arten, wenn sie in größeren Mengen angetroffen werden, bewertet werden:

Würmer: *Plagiostomum girardi*, *Arenicola claparedei*, *A. cristata*, *A. grubei*, *Audouinia*, *Capitella capitata*, *Hydroides pectinata*, *H. uncinata*,

Spio fuliginosus, *Spirographis spalanxanii*, *Staurocephalus rudolphii*, *Sternaspis thalassimoides*; Echinodermen: *Asterias tenuispina*; Mollusken: *Bornia corbuloides*, *Capsa fragilis*, *Tapes aureus*, *Bulla striata*, *Doris verrucosa*, *Spurilla neapolitana*; Bryozoen: *Bugula avicularia*, *B. calathus*, *B. purpurincta*; Crustaceen: *Nebalia galathea*, *Brachynotus sexdentatus*; Tunicaten: *Botryllus aurolineatus*, *Cione intestinalis*.

In nur leicht bis mäßig verunreinigtem Wasser dürften folgende Arten ihre bevorzugten Standorte haben:

Poriferen: [*Leucosolenia blanca*]¹⁾, [*Sycon raphanus*], [*S. setosum*]; Cölenteraten: *Antennularia antennina*, [*Bougainvillea ramosa*], *Eudendrium capillare*, *Obelia gelatinosa*, [*Plumularia halleioides*], [*Tubularia larynx*], *Aleyonium palmatum*, *Antipathes larix*, [*Cereactis aurantiaca*], *Cerianthus membranaceus*, *Pennatula phosphorea*, *P. rubra*; Vermes: *Discocelis tigrina*, *Eunemertes gracilis*, *Eupolia delineata*, *Lineus lacteus*, *Nemertopsis peronea*, *Prostheceraeus vittatus*, [*Prosthlostomum siphunculus*], *Stylochus neapolitanus*, *St. pilidium*, *Thysanoxoon brochii*, *Amacea trilobata*, *Amphitrite variabilis*, *Aphrodite aculeata*, *Aricia foetida*, *Cerratulus chrysotherma*, *Diopatra neapolitana*, [*Notomastus benedeni*], *N. profundus*, *Eulalia viridis*, [*Nereis cultrifera*], *N. macropus*, *Ophryotrocha puerilis*, *Polydora ciliata*, *Polymnia nebulosa*, *Protula tubularia*, *Sabella pavonia*; Echinodermen: *Amphiura squamata*, *A. virens*, [*Asterina gibbosa*]; Mollusken: *Cardium tuberculatum*, *Cytheraea chione*, *Loripes lacteus*, *Maetra stultorum*, *M. inflata*, [*Mytilus galloprovincialis*], *M. minimus*, *Pandora inaequalis*, *Tellina planata*, *Venus gallina*, *V. deussata*, *Dentalium entale*, *Actaeon tornatilis*, *Coryphella tornatilis*, *C. lineata*, *Pleurophyllidea lineata*, [*Murex brandaris*], [*M. trunculus*], *Nassa corniculum*, [*N. mutabilis*], *N. reticulata*, [*Patella*]; Crustaceen: [*Balanus perforatus*], *Caprella acutifrons*, *Microdeutopus gryllotalpa*, *Carcinus maenas*, [*Galathea strigosa*], *Hippolyte cranchon*, *Inachus scorpion*, *Portunus depurator*; Tunicaten: *Clavellina rissoana*, *Diazona violacea*, *Diplosoma listeri*, *Phallusia malaca*; Pisces: [*Box salpa*], [*Mugil capito*].

Der größte Teil der übrigen Strandfauna dürfte dem reineren bis nur ganz leicht verunreinigten Wasser angehören. Als solche oligosaprobe Fauna sind z. B. alle im Sande mit dem Lanzettfischchen *Amphioxus lanceolatus* in größeren Mengen zusammen vorkommenden Arten zu betrachten.

Bei einer eingehenden Bearbeitung dieses Themas werden gewiß Korrekturen und Verschiebungen in der ökologischen Gruppierung notwendig werden. Nicht unabsichtlich wurde einstweilen überhaupt kein Vertreter der zur Untersuchung gelangten makroskopischen Strandfauna zur Gruppe der Polysaprobien gestellt, da diese Gruppe sich vorwiegend aus mikroskopischen Arten zusammensetzen dürfte. Nach eingehenderen Untersuchungen können den Polysaprobien vielleicht jedoch auch einige makroskopische Arten, z. B. der Würmer und Mollusken, zugerechnet werden.

Die einstweilen in ersterer Hinsicht das Mittelmeer betreffenden Untersuchungen haben also ergeben, daß der sogenannte Uferbesatz (z. B. an Felsen, Mauern, Riffen und Steinen des Strandes) sich namentlich durch charakteristische festsitzende Tiere sehr gut zur Be-

1) Die in eckigen Klammern aufgeführten Arten kommen auch in stärker verunreinigtem Wasser vor, ohne jedoch dasselbe zu bevorzugen.

urteilung der Wasserbeschaffenheit verwerten läßt. Auch die biologische makro- und mikroskopische Grund- und Stranduntersuchung ist für die Wasserbeurteilung geeignet, wengleich hierbei die physikalischen Verhältnisse (z. B. Bewegung und Ruhe des Meeres) die Untersuchungsergebnisse beeinträchtigen können. Pfahlkratzer, Dretsche und Sieb sind in gleicher Weise wie für Süßwasseruntersuchungen anwendbar.

Die planktologische Untersuchung (S. 29) des Meerwassers hingegen teilt mit der chemischen und bakteriologischen Analyse den Nachteil, daß sie von physikalischen Faktoren (wie Wind, Strömung, Wellengang und Witterung) so abhängig ist, so daß sie nur unter ganz besonderen Verhältnissen, d. h. bei längere Zeit anhaltender Ruhe des betreffenden Meeresabschnittes anwendbar sein dürfte. In diesem Falle kann die Planktonuntersuchung, quantitativ und qualitativ ausgeführt, namentlich durch den Nachweis der dem Abwasser entstammenden Schwebestoffe und Organismen zur Beurteilung des Wirkungsbereiches dienlich sein; es handelt sich hier also weniger um planktologische Untersuchung als um mikroskopische Untersuchung der Schwebestoffe.

Die Untersuchungen des Grundes im Hafen des Golfes von Neapel ergaben, daß sich einerseits durch makro- und mikroskopische Untersuchung der sedimentierten Stoffe die Art der Verunreinigung erkennen läßt, und andererseits, daß in dem Vorhandensein gewisser Wurmarten, *Arenicola*, *Capitella capitata* und besonders *Spio fuliginosus*, am Strande und Grunde eine interessante Parallele zum Auftreten von Schlammwürmern des Süßwassers (Tubificiden, vgl. S. 24 und 33) besteht.

Im ganzen dürften die erörterten Ergebnisse in der biologischen Analyse des Meerwassers auch für andere Meere als das Mittelmeer Geltung haben, wengleich z. B. die nordischen Meere an Reichtum der Fauna hinter dem Mittelmeere zurückstehen. Eine besondere Berücksichtigung wird bei den Untersuchungen immer der Salzgehalt des Meeres erfahren müssen. Unsere Kenntnisse von spezifischen Bewohnern des Brackwassers sind allerdings noch gering. Ist die Aussüßung des Meerwassers eine beträchtliche (wie z. B. in der östlichen Ostsee, z. B. im Hafen von Helsingfors), so werden hier freilich die spezifisch marinen Organismen fehlen, hingegen werden hier die zahlreichen auch in schwach salzhaltigem Wasser lebensfähigen Vertreter des Limnobios die Anwendung der für den Limnobios schon ausgearbeiteten biologischen Analyse des Wassers gestatten.

IV. Bedeutung der Biologie für die Trinkwasserversorgung.

Auch für die Trinkwasserversorgung ist die biologische und mikroskopische Beurteilung des Wassers von Wichtigkeit. Besonders gilt dies für natürliche und künstliche Oberflächengewässer, z. B. für Prüfung von Seen und Flüssen, deren Wasser zu Trinkwasserversorgungsanlagen benutzt wird, ebenso auch für die künstlich geschaffenen Talsperren.

Die Untersuchung erfolgt dann natürlich nach den gleichen Methoden und die Beurteilung nach dem gleichen ökologischen System wie in obigen Ausführungen (S. 8—24), auf die wir hier also nur zu verweisen brauchen.

Bezüglich der Literatur ist zunächst auf die allgemeine biologische Literatur (Zoologie, Botanik und Hydrobiologie) S. 3 zu verweisen. Speziell in bezug auf Trinkwasseruntersuchung sei auf folgende Arbeiten hingewiesen: COHN (S. 2, Anm. 1), MEZ (S. 2, Anm. 3), KOLKWITZ (S. 2, Anm. 7), SENFT (S. 3, Anm. 6), OHLMÜLLER und SPITTA (S. 4), KLUT (S. 4), TILLMANS (S. 4); Arbeiten, die mehr Einzelfragen der Biologie der Trinkwasserversorgungsanlagen betreffen, werden in Fußnoten angeführt.

Die Talsperren, über die bereits eingehendere Untersuchungen^{1) 2)} angestellt sind, reinigen sich selbsttätig biologisch in gleicher Weise wie natürliche Oberflächengewässer. Von natürlichen Seen unterscheiden sie sich namentlich in folgender Hinsicht³⁾: Da die Uferzone steiler als bei den meisten Seen ist, bietet sie eine geringe Möglichkeit der Entwicklung einer Uferflora und der wieder von dieser abhängigen Litoralfauna, die ihrerseits wieder einen wesentlichen Teil der Fischnahrung darstellt. Eine Talsperre ist daher weniger produktiv als ein unter gleichen Bedingungen gelegener natürlicher See.

Dieser Nachteil der Talsperren wird jedoch zum Teil dadurch wieder ausgeglichen, daß bei den starken Wasserstandsschwankungen, z. B. bei dem Sinken des Spiegels, viele Landpflanzen am Ufer zur Entwicklung kommen, dann beim Steigen des Wassers absterben und wieder neue Nahrung für die Bodentiere bilden.

Da ferner bei den Talsperren das Tiefenwasser ständig abfließt, während bei Seen das Oberflächenwasser abströmt, so ergeben sich zwischen beiden Gewässerarten in thermischer Beziehung Unterschiede, die natürlich auch in den Strömungen, Sauerstoffgehalt und der Belebung zum Ausdruck kommen. Erwärmung und Durchlüftung des Tiefenwassers in Talsperren begünstigen daher die Entwicklung der Tiere des Grundes.

Die biologische Prüfung des Trinkwassers, d. h. des Wassers, das, fertig zum Genuß, aus der Wasserleitung, aus dem Brunnen oder aus irgendeiner Trinkwasserversorgungsanlage entnommen wird, ist im allgemeinen nur eine Untersuchung der „suspensierten Stoffe“. Diese belebten und unbelebten Schwebeorganismen bzw. -stoffe, werden zur quantitativen und qualitativen (mikroskopischen) Untersuchung mittels Planktonnetzes oder -siebes (S. 13, Anm. 1) durch Filtration einer bestimmten Wassermenge gewonnen. Kann eine so gewonnene Probe nicht bald nach der Entnahme untersucht werden, so empfiehlt sich, namentlich wenn dieselbe in wärmerer Jahreszeit auf größere Entfernung versandt werden muß, eine Konservierung der Probe durch Zufügung von etwas Formalin (ca. $\frac{1}{2}$ — 1 ccm). Wertvoller ist freilich stets die

1) KOLKWITZ, R., Zur Biologie der Talsperren. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung, Heft 15, 1911.

2) THIESING, Chemische und physikalische Untersuchungen an Talsperren. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung, Heft 15, 1911.

3) THIENEMANN, A., Die Besiedlung der Talsperren. Die Naturwissenschaften, Heft 48, 1913. — Ders., Hydrobiologische und fischereiliche Untersuchungen an den westfälischen Talsperren. Landwirtschaftl. Jahrb., Bd. 41, 1911.

Untersuchung nicht konservierter Proben, da viele Mikroorganismen, zum wenigsten sehr viele tierische, in konserviertem Zustand nur schwer oder gar nicht zu bestimmen sind.

Soll die biologisch-mikroskopische Untersuchung nur zur Ergänzung der chemischen Prüfung eingesandter Wasserproben dienen, so kann sie in folgender Weise erfolgen: Mittels einer reinen Glasröhre nimmt man vom Grunde der die Wasserprobe enthaltenden Flasche eine gewisse Menge Wasser und sedimentierte Stoffe, soweit solche vorhanden sind, auf und überträgt sie in ein Uhrschälchen. Die im Wasser vorhandenen festen Stoffe und Organismen kann man dann zunächst bei schwacher Vergrößerung (ca. 30—50-fach) oder bei etwas stärkerer Vergrößerung mit Wasserimmersion prüfen¹⁾. Zu genauere Untersuchung sucht man die festen Stoffe des Wassers durch Schütteln des Uhrschälchens in die Mitte desselben zu bringen, überträgt sie mittels Pipette auf einen Objektträger und bedeckt sie mit einem Deckgläschen. Auf die Transparenz vieler Objekte (z. B. Sandkörner, farblose Fasern, Fadenbakterien, die meisten einzelligen Tiere u. a.) ist bei der mikroskopischen Untersuchung durch Ablendung (mittels Irisblende) oder durch seitliche Beleuchtung (mittels Verschiebung des Kondensors) Rücksicht zu nehmen.

Es liegt auf der Hand, daß die sogenannten Schwebestoffe in Trinkwasserversorgungsanlagen wohl nur in verschwindenden Mengen im Vergleich zu ihrem massenhaften Vorkommen in oligo- bis polysaprobem Oberflächengewässern (vgl. S. 13, 30, 38, 39), qualitativ jedoch fast in gleicher Mannigfaltigkeit vorkommen. Unter diesen unbelebten Schwebestoffen, die auch als Detritus bezeichnet werden können, haben wir organische und anorganische bzw. mineralische zu unterscheiden. Als häufigste seien hier folgende Stoffe aufgeführt: Fasern, z. B. Schafwolle (S. 7, Fig. 72) und Tierhaare jeder Art, Baumwolle, Hanf-, Seiden-, Sammetfasern (S. 7, Fig. 73), Leinen-, Papierfasern (S. 7, Fig. 75), Lederteilchen bzw. -fasern, Holz- und Pflanzenreste, z. B. Kiefernpollen (S. 7, Fig. 71), Epidermisreste (Oberhautreste) von Heu und Stroh (S. 8, Fig. 81), Nadelholzzellen (S. 7, Fig. 76), Holzstückchen (S. 7, Fig. 77), Stärkezellen und Stärkekörner, z. B. aus Kartoffeln (S. 7, Fig. 70 u. 78 und S. 5, Fig. 20), Kaffeesatz, Schmetterlingsschuppen (S. 7, Fig. 80), Insekten- und Kleinkrusterreste, Daunenstrahlen von Vogelfedern (S. 7, Fig. 74) sowie Reste von land- und wasserbewohnenden Tieren jeder Art, Muskelfasern (S. 8, Fig. 83), Rußpartikel, Kohle-, Koks- und Schlackenkrümel, Manganhydroxyd, Eisenhydroxyd, Sandkörner und -splitter, Karbonate, Tonpartikel und Metallteilchen.

Soweit die Feststellung dieser Stoffe Sonderheiten bietet, sei noch folgendes hinzugefügt:

Wolle, wie überhaupt jedes tierische und menschliche Haar, ist durch eigenartige schuppenartige Oberflächenstruktur (S. 7, Fig. 72) charakterisiert; meist ist auch eine (hellere) Rindenschicht und eine dunklere Markschicht zu erkennen. Vergleichsmaterial der verschiedenen

1) Auf die mikroskopische Untersuchungstechnik hier näher einzugehen, würde zu weit führen. Es gibt zahlreiche Einführungen in die Mikroskopie, von denen hier auf folgende hingewiesen sei: Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 35, Verlag, B. G. Teubner, Leipzig. (Preis 1 M.)

Wollarten (tierische Textilfasern, Haare der wichtigsten Haustiere, des Menschen, von Ratte und Maus etc.) ist zum näheren Bestimmen nötig.

Die pflanzlichen Textilfasern (Baumwolle, Leinen [S. 7, Fig. 75], Hanf) entbehren der schuppigen Oberflächenstruktur, auch werden sie im Gegensatz zu tierischen Textilfasern nach MEZ (l. c. S. 2) in einer Lösung von Kupferoxydhydrat in überschüssigem Ammoniak aufgelöst.

Von Pflanzenteilen bzw. -resten kommen die vielen Pollenkörner (z. B. der Kiefer, S. 7, Fig. 71), Pflanzenhaare, Tracheiden, Oberhaut- und andere Pflanzenzellen- bzw. reste (S. 8, Fig. 81) in Betracht; letztere sind durch Zellstruktur charakterisiert. Das gleiche gilt für Holzreste und -fasern. Stammen diese von Nadelhölzern, so sind sie an den quer zur Holzrichtung gehenden Markstrahlen (S. 7, Fig. 76 und 77) und den charakteristischen Hoftüpfeln (S. 7, Fig. 76) zu erkennen. Holzfasern geben nach MEZ (l. c. S. 2), mit Chlorzinkjod oder Jodschwefelsäure behandelt, die als Cellulosereaktion bekannte Violettfärbung.

Auch für die Bestimmung von Papierfasern kommt diese Reaktion in Betracht, da diese zum Teil Holz-, namentlich Nadelholzfasern (s. o.), zum Teil Stofffasern sind; sie weisen gewöhnlich eine starke Zerfransung (S. 7, Fig. 75) auf.

Lederteilchen und -fasern, in Pumpbrunnen nicht selten, lassen sich nicht in gleicher Weise wie andere faserige Substanzen charakterisieren und werden daher am besten an der Hand von Vergleichsmaterial geprüft.

Stärkeköerner, die aus Getreide, Reis, Kartoffeln und Hülsenfrüchten stammen, finden sich entweder noch in ihren Zellen, oder frei, oder schon mazeriert (S. 5, Fig. 20; S. 7, Fig. 70 und 78); ihre Struktur ist für die einzelnen Pflanzenarten verschieden; Kartoffelstärkeköerner sind größer als die der Körnerfrüchte. Die mikroskopische Feststellung von Stärke wird erleichtert, wenn man dem Präparat einen Tropfen Jodtinktur am Deckglasrand zufügt, wodurch eine blauviolette bis dunkle Färbung derselben eintritt.

Rußpartikel sind zu erkennen, indem sie als schwarze zackigporöse Gebilde von unbestimmter Form erscheinen.

Steinkohlestückchen (vgl. auch Mangan weiter unten) erscheinen tiefschwarz und meist scharfkantig und lassen sich bei Dunkelfeldstellung gewöhnlich durch glänzende Flächen erkennen, während Holzkohle sehr den Koksstückchen gleicht; Asphalt ähnelt der Steinkohle im mikroskopischen Bild. Im übrigen ist die Unterscheidung von Koks- und Schlackenstückchen etwa die gleiche wie grobsinnlich.

Manganhydroxyd unterscheidet sich von Kohlestückchen hauptsächlich dadurch, daß es nicht scharfkantig, sondern stets sammetartig matt erscheint; Farbe meist dunkelbraun.

Ist Eisen in gelöstem Zustand als kohlensaures Eisen im Wasser vorhanden, so kann es mikroskopisch nicht wahrgenommen werden, doch tritt es bei Zusatz von einem Tropfen Blutlaugensalz und etwas Salzsäure (in einem Uhrschildchen unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung oder grobsinnlich betrachtet) durch mehr oder minder intensive Blaufärbung des Wassers in Erscheinung. Ist das Eisen in Form von ganz feinen suspendierten Teilchen vorhanden, wie dies bei opaleszierendem Wasser der Fall ist, so läßt sich das wohl durch seitliche Beleuchtung bzw. Ablendung (s. o. S. 52) feststellen, dürfte jedoch

leicht übersehen werden; auch in diesem Falle ist die Anwendung der mikrochemischen Reaktion mit Blutlaugensalz und Salzsäure zu empfehlen. Eisen in Form von Eisenhydroxyd (Eisenoxydhydrat) erscheint hellgelb bis rotbraun (durch alle Farbtöne des Orange hindurch), in fester Form flockig oder krümelig. Häufig füllt es die Scheiden von Eisenbakterien (vgl. S. 55). Bietet die mikroskopische Unterscheidung des Eisenhydroxyds von gelblichen (d. h. eisengefärbten) Sandkörnchen Schwierigkeiten, so ist auch hier die Anwendung der oben dargestellten mikrochemischen Reaktion zu empfehlen.

Bezüglich der Menge des Eisens (Eisenoxydhydrats oder -hydroxyds) einer Wasserprobe lassen sich auf mikrochemischem Wege auch noch „Spuren“ nachweisen, Mengen von 0,2 bis 0,5 mg Eisenhydroxyd pro Liter machen sich bei der mikroskopischen Untersuchung schon deutlich bemerkbar.

Schwefeleisen erscheint schwarz, körnig bis erdig. Bei Zusatz von Salzsäure im Uhrsälchen oder auf dem Objektträger entwickelt sich unter Zusetzung der schwarzen Körnchen Schwefelwasserstoff, in Form von Gasperlen (mit dem charakteristischen Geruch).

Sandkörnchen (Kieselsäureanhydrid, Quarzkörnchen) sind mehr oder minder scharfkantige, unregelmäßige Gebilde; besonders die kleinen Sandsplitter erscheinen scharfkantig. Sie sind durchsichtig, zuweilen durch Eisenbelag, wie schon oben erwähnt, gelblich gefärbt. Auf Mikroreaktionen reagieren die Sandkörnchen selbst nicht (wohl aber der gelbe Belag).

Calciumkarbonate (kohlenaurer Kalk), rundlich bis unregelmäßig eckig oder kristallinisch (Kalkdrusen), erscheinen weniger durchsichtig als Sandkörnchen. Zur Erkennung ist Zusatz von Salzsäure geeignet, die ein (perlendes) Entweichen der Kohlensäure bewirkt.

Tonteilchen (Aluminiumsilikat), die häufig eine Trübung des Wassers hervorrufen (vgl. S. 30, Passieren der Planktonnetze), erscheinen wie kleine, weniger scharfkantige Sandkörnchen.

Metallteilchen verschiedenster Art, die öfters z. B. in Pumpbrunnen vorkommen und von Metallteilen desselben stammen, machen sich durch ihren metallischen Glanz bemerkbar. Zu ihrer Ermittlung ist mikrochemische Reaktion zweckdienlich.

Die mikroskopische Bestimmung der unbelebten Schwebestoffe einer Wasserprobe, die irgendeiner Trinkwasserleitung entnommen ist, kann, namentlich wenn eine größere Menge Wasser abfiltriert worden ist, wertvolle Aufschlüsse über die Beschaffenheit bzw. die Art der Verunreinigung desselben liefern. Folgende Beispiele seien hier kurz erwähnt: Finden sich in einer einem Brunnen entstammenden Wasserprobe Stoffasern, Schmetterlingsschuppen, Kiefernpollen, Vogelfederstrahlen oder andere Stoffe, die der Wind umherträgt, so läßt sich sofort der Schluß ziehen, daß der betreffende Brunnen nicht gut gegen die Luft abgeschlossen ist. Finden sich Körnchen des unverkennbaren Waschblau (Ultramarin), so steht ziemlich fest, das Waschwasser in den Brunnen eingeflossen sind. Muskelfasern weisen auf Verunreinigung durch Fäkalien hin, doch können sie auch aus Schlächtereien und Fleischmehlfabriken (Kadaververnichtungsanstalten) stammen. In der Umgebung von Fleischmehlfabriken ist eine Verwehung von Muskelfasern des Fleischmehles leicht möglich. Leder-, Holz- und Metallteilchen in Wasserproben entstammen oft der Wasserversorgungsanlage (z. B. bei Pumpbrunnen) selbst.

Die Menge der absiebbaren Schwebestoffe soll im Trinkwasser möglichst gering sein. Je nach Art der Wassergewinnung wird ihre Menge schwanken. Als größtzulässige Menge darf man, z. B. wenn Fluß-, Seen- oder Talsperrenwasser zur Wasserversorgung dient, etwa 1 cem absiebbare Schwebestoffe pro Kubikmeter Wasser bezeichnen ¹⁾.

Die Lebewesen, die wir im Trinkwasser (als sogenannte belebte Schwebestoffe) nachweisen, werden nach dem gleichen ökologischen System (S. 22) wie die Organismen der Oberflächengewässer beurteilt. Von den in diesem System aufgeführten Stoffen kommt für die Trinkwasserbeurteilung freilich nur ein Teil in Betracht, da namentlich die größeren Organismen im Trinkwasser nur in ganz besonderen Fällen (s. u.) vorkommen dürften. Organismen des verunreinigten oder auch nur mäßig verunreinigten Wassers sollten im Trinkwasser gänzlich fehlen. Von den oligosaproben Organismen (S. 25) werden in den meisten Wasserversorgungsanlagen kleine Formen öfters, aber nicht zahlreich nachzuweisen sein. In eisenreichem Wasser, z. B. besonders im Grundwasser, finden wir oft in enormen Mengen Eisenbakterien, z. B. *Chlamydothrix* (S. 25, Fig. 145), *Gallionella* (S. 5, Fig. 2), *Clonothrix* (S. 26, Fig. 141) u. a., die bei Speicherung von Eisenverbindungen ockerfarben, bei Aufnahme von Mangan braun erscheinen. Offenbar sind die Eisenbakterien auch auf die Anwesenheit gewisser (wenn auch geringer) Mengen organischer Substanzen angewiesen. Bekannt sind die Kalamitäten, die durch massenhaftes Auftreten von Eisenbakterien in Wasserleitungen hervorgerufen werden können; vgl. MOHLISCH ²⁾ und KOLKWITZ ³⁾.

Allgemeine Angaben über die Belegung der Quellen bzw. der Quellbäche sind bereits weiter oben (S. 18) gemacht worden.

Wie die Eisenquellen ihre spezifische Bakterienflora haben, so weisen Solquellen, warme Quellen (Thermen) und Schwefelquellen ihre Eigentümlichkeiten auf; so sind in letzteren oft Schwefelbakterien, z. B. *Beggiatoa* (S. 5, Fig. 4) und *Thiothrix*, vorhanden.

Von größeren Organismen kommt gelegentlich der sogenannte Brunnendrahtwurm (S. 25, Fig. 139), *Haplotaxis gordioides* HART. (= *Phreoryctes menkeanus* HOFFM.) in Wasserleitungen vor. Dieser Wurm lebt in Quellen, im Grundschlamm der Flüsse, in Sümpfen und Gräben und dringt in die verschiedenartigsten Wasserversorgungsanlagen, z. B. sehr leicht in Brunnen, gelegentlich auch in Talsperren ⁴⁾ und auch in Quellwasserleitungen ein. Die Länge des Wurmes beträgt 300 mm, die Dicke nur ca. 1,15 mm; Färbung im Leben rötlich; Zahl der Segmente bis 480. Nach neueren Befunden ⁵⁾ ist der Wurm zu den unterirdisch bzw. im Grundwasser lebenden Formen zu rechnen, die nur ab und zu oberirdisch dort auftreten, wo Grundwasser an die Oberfläche kommt. Die Fortpflanzung scheint jedoch nur an der primären Wohnstätte zu erfolgen; bisher wurden mit Embryonen gefüllte Cocons (ca. 6 mm lang,

1) KOLKWITZ, R., in: BRUNS, KOLKWITZ und SCHREIBER, Talsperrenwasser als Trinkwasser. Mitt. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene, Heft 17, 1913.

2) MOHLISCH, H., Die Eisenbakterien, Jena, G. Fischer, 1910.

3) KOLKWITZ, R., Schizomycetes, Spaltpilze, Bakteria. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, Bd. 5, 1909.

4) Vgl. Anm. 1, S. 51.

5) THIENEMANN, A., Der Bergbach des Sauerlandes. Intern. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrogr., Suppl., IV. Ser., 1912.

2—3 mm breit, von etwa zitronenförmiger Gestalt) dieses Wurmes nur einmal nachgewiesen (Anm. 5, S. 55), gelegentlich von Erdarbeiten bei einer Quelfassung und zwar in einer feuchten Lehmschicht über einem von zahlreichen *Haplotaxis*-Würmern besiedelten Grundwasser.

Zum Schlusse sei noch auf das gelegentliche Vorkommen von Chironomiden-(Zuckmücken-)Larven (S. 12, Fig. 87) in Wasserleitungen hingewiesen, das dann z. B. möglich ist, wenn Zuckmücken in ungenügend gegen die Luft abgeschlossene Brunnen oder Wasserreservoirs Eier ablegen; die aus diesen ausschlüpfenden Larven können dann bei sich ihnen bietendem Nahrungsmangel lange Zeit, eventuell über ein Jahr, zur Entwicklung brauchen.

Das Vorkommen von Organismen, namentlich größeren, wie z. B. dem erwähnten Brunnendrahtwurm und der Zuckmückenlarve, mag wohl ekelerregend und daher durchaus unerwünscht sein, ist aber, soweit es sich nicht um Larvenstadien von tierischen Parasiten des Menschen oder um pathogene (nicht auf biologisch-mikroskopischem Wege zu ermittelnde) Bakterien, wie Cholera-, Typhus- und Ruhrerreger handelt, nicht direkt gesundheitsschädlich. Die mikroskopische und biologische Untersuchung des Trinkwassers läßt aber wohl ein Urteil über die Wasserbeschaffenheit bzw. über die Art der Verunreinigung zu, und je mehr der Nachweis einer oligosaprobien bis polysaprobien Fauna und Flora und gewisser unbelebter Schwebestoffe auf eine Verunreinigung des Wassers durch gelöste oder ungelöste organische Substanzen hinweist, um so mehr scheinen dann auch hygienische Bedenken berechtigt.

Verzeichnis der Abbildungen.

A.

Actinastrum hantzschii, $\times 375$, S. 6, Fig. 27.
 Aeschna grandis, $\times 0,75$, S. 13, Fig. 94.
 Amoeba limax, $\times 375$, S. 5, Fig. 24.
 Anabaena spiroides, $\times 150$, S. 5, Fig. 7.
 Anuraea cochlearis, $\times 200$, S. 18, Fig. 117.
 Arcella vulgaris, $\times 150$, S. 6, Fig. 47.
 Artemia salina, $\times 3$, S. 15, Fig. 104.
 Asellus aquaticus, $\times 3$, S. 14, Fig. 95.
 Asplanchna priodonta, $\times 60$, S. 18, Fig. 116.
 Asterionella gracillima, $\times 180$, S. 5, Fig. 12.

B.

Beggiatoa arachnoidea, $\times 375$, S. 5, Fig. 4.
 Bodo ovatus, $\times 375$, S. 6, Fig. 43.
 Bosmina longirostris-typica, $\times 65$, S. 19,
 Fig. 123.
 Brachionus urceolaris, S. 18, Fig. 118.

C.

Carassius carassius, S. 22, Fig. 130.
 Carchesium polypinum, $\times 200$, S. 14,
 Fig. 100.
 Ceratium hirundinella, $\times 150$, S. 6, Fig. 41.
 Chantransia chalybaea, $\times 175$, S. 5, Fig. 23.
 Chironomus-Larve, $\times 10$, S. 12, Fig. 87.
 Chlamydothrix ochracea, $\times 300$, S. 25,
 Fig. 140.
 Chodatella ciliata, $\times 375$, S. 7, Fig. 52.
 Chromatium okenii, $\times 375$, S. 5, Fig. 3.
 Cladophora glomerata, $\times 25$, S. 7, Fig. 57.
 Cladotrix dichotoma, a $\times 43$, b $\times 260$,
 S. 27, Fig. 142.
 Clathrocystis aeruginosa, $\times 50$, S. 14,
 Fig. 98.
 Cloeon dipterum, $\times 3$, S. 13, Fig. 93.
 Clonotrix ferruginea, ca. $\times 580$, S. 26,
 Fig. 141.
 Closterium parvulum, $\times 375$, S. 6, Fig. 31.
 Coleochaete orbicularis, $\times 300$, S. 7, Fig. 51.
 Colpidium colpoda, $\times 150$, S. 7, Fig. 59.
 Corixa striata, $\times 6$, S. 15, Fig. 101.
 Cosmarium botrytis, $\times 300$, S. 7, Fig. 60.
 Cothurnia crystallina, $\times 300$, S. 6, Fig. 28.
 Culex annulatus, $\times 10$, S. 21, Fig. 128.
 Cyclidium glaucoma, $\times 375$, S. 6, Fig. 30.
 Cyclops albidus, $\times 25$, S. 19, Fig. 125.

Cyprinus carpio, S. 23, Fig. 132.
 Cypris fuscata, $\times 15$, S. 19, Fig. 124.

D.

Daphnia magna ♀, $\times 9$, S. 12, Fig. 84.
 Daunenstrahl, $\times 175$, S. 7, Fig. 74.
 Dendrocoelum lacteum, $\times 2,5$, S. 24,
 Fig. 134.
 Diaptomus spec., $\times 30$, S. 14, Fig. 99.
 Dictyosphaerium ehrenbergianum, $\times 375$,
 S. 6, Fig. 26.
 Didinium nasutum, $\times 150$, S. 6, Fig. 35.
 Diffugia pyriformis, $\times 150$, S. 6, Fig. 44.
 Dinobryon, $\times 500$, S. 28, Fig. 143.
 Dreissena polymorpha, nat. Gr., S. 24,
 Fig. 138.
 Dretsche S. 32, Fig. 147.

E.

Ephemera vulgata, $\times 1,5$, S. 13, Fig. 91.
 Ephydatia fluviatilis, $\times 1/2$, S. 24, Fig. 136.
 Epidermisrest eines Grasblattes, $\times 150$,
 S. 8, Fig. 81.
 Eristalis arbustorum, S. 15, Fig. 106.
 Euastrium oblongum, $\times 300$, S. 7, Fig. 54.
 Eudorina elegans, $\times 375$, S. 6, Fig. 42.
 Euglena acus, $\times 150$, S. 5, Fig. 25.

F.

Fragilaria crotonensis, $\times 375$, S. 5, Fig. 14.
 Fusarium aquaeductum, $\times 150$, S. 8
 Fig. 82.

G.

Gallionella ferruginea, $\times 375$, S. 5, Fig. 2.
 Gammarus pulex, $\times 3$, S. 12, Fig. 86.
 Gasterosteus aculeatus, $\times 3/5$, S. 16,
 Fig. 107.
 Glaucoma scintillans, $\times 375$, S. 6, Fig. 34.
 Gomphonema acuminatum, $\times 375$, S. 5,
 Fig. 10.
 — olivaceum, $\times 150$, S. 6, Fig. 39.

H.

Haplotaxis gordioides, $\times 3/4$, S. 25,
 Fig. 139.
 Hydatina senta, $\times 80$, S. 17, Fig. 113.
 Hydra vulgaris, $\times 2$, S. 23, Fig. 131.

K.

Kiefernpollen, $\times 175$, S. 7, Fig. 71.
 Korrodiertes Stärkekorn, $\times 175$, S. 7,
 Fig. 78.

L.

Leinenfaser aus Papier, $\times 175$, S. 7,
 Fig. 75.
 Lemanea torulosa, $\times \frac{1}{32}$, S. 5, Fig. 17.
 Leptomitus lacteus, $\times 150$, S. 7, Fig. 66.
 Libellula depressa $\times 0,75$, S. 13, Fig. 92.
 Linnæa auricularia, nat. Gr., S. 18,
 Fig. 121.
 — stagnalis, nat. Gr., S. 24, Fig. 137.
 Lionotus fasciola, $\times 375$, S. 6, Fig. 36.

M.

Melosira granulata, $\times 375$, S. 5, Fig. 22.
 — varians, $\times 375$, S. 5, Fig. 16.
 Mesocarpus scalaris (Mougeotia), $\times 150$,
 S. 7, Fig. 53.
 Muskelfaser, $\times 200$, S. 8, Fig. 83.

N.

Nadelholzrest, $\times 25$, S. 7, Fig. 77.
 Nadelholzzellen mit Hoftüpfeln, $\times 175$,
 S. 7, Fig. 76.
 Nais proboscidea, S. 18, Fig. 119.
 Navicula cuspidata, $\times 150$, S. 5, Fig. 8.
 Nematode, $\times 175$, S. 12, Fig. 85.
 Nephelis vulgaris, $\times \frac{3}{32}$, S. 18, Fig. 120.
 Nitzschia sigmoidea, $\times 150$, S. 5, Fig. 11.
 Notonecta glauca, $\times 3$, S. 15, Fig. 102.

O.

Ochthebius spec., $\times 20$, S. 15, Fig. 105.
 Ophioctytium majus, $\times 150$, S. 7, Fig. 56.
 Oscillatoria chlorina, $\times 300$, S. 7, Fig. 63.

P.

Paludina vivipara, nat. Gr., S. 18, Fig. 122.
 Paramaecium caudatum, $\times 150$, S. 6,
 Fig. 33.
 Pediatrum boryanum, $\times 300$, S. 5, Fig. 19.
 Peranema trichophorum, $\times 150$, S. 6,
 Fig. 49.
 Perla maxima, $\times 0,75$, S. 13, Fig. 90.
 Phacus longicauda, $\times 150$, S. 6, Fig. 43.
 — pyrum, $\times 375$, S. 7, Fig. 67.
 Pheorecytes menkeanus s. Haplotaxis.
 Pinnularia viridis, $\times 375$, S. 6, Fig. 46.
 Planaria alpina, $\times 3$, S. 24, Fig. 133.
 — gonocephala, $\times 5$, S. 24, Fig. 135.
 Planktonnetz, S. 29, Fig. 144.
 Planktonstab, S. 30, Fig. 145.
 Pleurosigma acuminatum, $\times 150$, S. 5,
 Fig. 9.
 Plumatella repens, $\times \frac{4}{5}$, S. 16, Fig. 108.
 Podophrya fixa, $\times 150$, S. 6, Fig. 32.
 Polyarthra platyptera, $\times 200$, S. 17,
 Fig. 115.
 Polycelis nigra, $\times 25$, S. 16, Fig. 112.
 Polytoma uvella, $\times 375$, S. 6, Fig. 40.

R.

Rotifer actinurus, $\times 80$, S. 16, Fig. 109.
 — vulgaris, $\times 110$, S. 16, Fig. 110.

S.

Saccharomyces cerevisiae, $\times 500$, S. 7,
 Fig. 13.
 — — $\times 375$, S. 5, Fig. 65.
 Sammetfaser, seidene, $\times 175$, S. 7, Fig. 73.
 Sandkorn, $\times 200$, S. 7, Fig. 79.
 Sarcina paludosa, $\times 250$, S. 7, Fig. 62.
 Scenedesmus quadricauda, $\times 275$, S. 5,
 Fig. 21.
 Schmetterlingsschuppe, $\times 100$, S. 7,
 Fig. 80.
 Seidenfaser (aus Sammet stammend), S. 7,
 Fig. 73.
 Sialis flavilatera, ca. $\times 2$, S. 20, Fig. 126.
 Sichtscheibe, S. 31, Fig. 146.
 Siebkasten, S. 33, Fig. 148.
 Solanum tuberosum, Stärkekörner, $\times 180$,
 S. 5, Fig. 20.
 Sphaerotilus natans, $\times 900$, S. 7, Fig. 64.
 — — $\times 150$, S. 7, Fig. 69.
 Spirillum undula, $\times 300$, S. 7, Fig. 61.
 Spirogyra weberi, $\times 150$, S. 7, Fig. 55.
 Spirostomum ambiguum, $\times 50$, S. 6,
 Fig. 37.
 Spirulina jeneri, $\times 180$, S. 5, Fig. 6.
 Spongilla lacustris, $\times \frac{1}{32}$, S. 16, Fig. 111.
 Stärkezellen, $\times 175$, S. 7, Fig. 70.
 Stentor roeseli, $\times 150$, S. 6, Fig. 29.
 Stigeoclonium tenue, $\times 150$, S. 7, Fig. 58.
 Stratiomyus spec. (a), ca. $\times 1,5$, S. 20,
 Fig. 127.
 — chamaeleon (b), ca. $\times 1,5$, S. 20, Fig. 127.
 Streptokokken, $\times 375$, S. 7, Fig. 68.
 Stylonychia mytilus, $\times 180$, S. 7, Fig. 50.
 Synedra acus, $\times 175$, S. 12, Fig. 88.
 — ulna, $\times 400$, S. 12, Fig. 89.
 Synura uvella, $\times 150$, S. 6, Fig. 48.

T.

Tabellaria fenestrata, $\times 150$, S. 5, Fig. 15.
 Thiospirillum sanguineum, $\times 375$, S. 5,
 Fig. 5.
 Tinca tinca, S. 22, Fig. 129.
 Trachelomonas volvocina, $\times 375$, S. 6,
 Fig. 38.
 Triarthra longiseta, $\times 200$, S. 17, Fig. 114.
 Truttia fario, $\times 0,5$, S. 15, Fig. 103.
 Tubifex rivulorum, $\times 1,5$, S. 14, Fig. 96.

U.

Ulothrix zonata, $\times 150$, S. 5, Fig. 18.

V.

Vorticella microstoma, $\times 200$, S. 14,
 Fig. 97.

W.

Wolffaser, $\times 175$, S. 7, Fig. 72.

Z.

Zoogloea ramigera, $\times 150$, S. 5, Fig. 1.

Autoren- und Sachregister.

A.

ABEL, R. 4.
 Absieben des Schlammes 33.
 Absiebbares Schwebestoffe (Seston) 11.
 Absiebrückstand (Grundbeschaffenheit) 33.
 Absitzbecken 38.
 Abwasserpilze 20, 21, 31, 32, 34.
 Abwasserreinigung (biologisch) 34.
 Abwässerwirkung auf Vorfluter 19, 39
 (Meer- und Brackwasser).
Acanthocystis 26.
 Acranier oder Leptocephalen 10.
Actaeon tornatilis 49.
Actinophrys sol 23.
Actinosphaerium eichhorni 23.
 ADAMS 34.
Aelosoma quaternarium 38.
Aeschna grandis 26.
Alcyonium palmatum 49.
 Allgemeines 1.
 Alpine Gewässer 17.
 Aluminiumsilikat s. Ton.
Amacea trilobata 49.
 Amnioten 10.
Amoeba limax 23, 38.
 Amphibien (Lurche) 10.
Amphileptus 24.
 Amphineuren (Urmollusken) 9.
Amphioxus 10, 49.
Amphitrite variabilis 49.
Amphiura-Arten 49.
Anabaena flos aquae 25.
 Anamnioten 10.
 Angiospermae 11.
 Anneliden (Ringelwürmer) 9, 24.
 Anpflanzungen an Kläranlagen 38—39.
Antennularia antennina 49.
Anthophysa vegetans 23.
 Anthozoen 9.
Antipathes larix 49.
Anuraca-Arten 24.
 Aphanizomenon-Arten 23.
Aphrodite aculeata 49.
 Apparate der biologischen Wasserunter-
 suchung 28, 52.
 Arachnoideen (Spinnentiere) 10.
Arcella vulgaris 23.
 Archegoniatae 11.
Arenicola-Arten 48, 50.
Argyroneta aquatica 10.

Aricia foetida 49.
 Armfüßer s. Brachiopoden.
 Armleuchtergewächse s. Charophyta.
Artemia salina 27.
 Arthropoden (Gliederfüßer) 10.
 Ascomycetes (Schlauchpilze) 11, 38.
Asellus aquaticus 24.
 Asphalt 53.
Asplanchna priodonta 24, 26.
Astacus fluviatilis 26.
Asterias tenuispina 49.
Asterina gibbosa 49.
 Asterionella 25.
 Asteroiden (Seesterne) 9, 49.
Audouinia 48.
 Aufgüßtierchen s. Infusorien.
 Auftrieb s. Plankton.
 Austern, Abwässerwirkung auf A., A.-
 Vergiftungen 45—46.
 Aves (Vögel) 10, 38.
 Azolla 11.

B.

Bacillaria paradoxa 25.
 Bacillariaceae s. Bacillariophyta.
 Bacillariophyta (oder: Bacillariaceae, Dia-
 tomaceae, Diatomeen, Kieselalgen) 10,
 23, 25, 38.
Bacillus subtilis 22.
 Bacteria s. Schizomycetes.
 Bakterien, Infektion durch B., Lebens-
 dauer derselben im Wasser 43, 47.
Bacterium coli 22.
 — *vulgaris* 22.
 Badeorte, Abwässerbeseitigung bei B. 43.
Balanus perforatus 49.
 Bandwürmer s. Cestoden.
 Bangia 11.
 Bangiales 11.
 Batrachium 11.
 Batrachospermum 11.
 Baumwolle 53.
 Beggiatoa 23, 33, 38, 55.
 Berieselung (Rieselfelder) 39.
 Binnengewässer 8.
 Biologie der Trinkwasserversorgung 51.
 Biologische (künstliche) Abwasserreini-
 gung 34.
 — Analyse des Wassers (Begriff der-
 selben) 1.

Biologische Beurteilung des Süßwassers 19.
 — — des Meerwassers 46, 50.
 — Körper 35—39.
 Blattreste 30.
 Blaualgen s. Schizophyceae.
 BLOCHMANN, FR. 3.
 Blütenpflanzen s. Phanerogamae.
 Blutlaugensalz 54.
 Bodenfiltration (intermittierende B.) 39.
 Bodo saltans 23.
Bodonen 23, 38.
 Bohrmuscheln s. *Teredo*.
Bornia corbuloides 40.
Bosmina-Arten 26.
Botryllus aurolineatus 49.
Bougainvillea ramosa 49.
Box salpa 42, 45, 49.
Brachionus-Arten 24.
Brachionus mülleri 28.
 Brachiopoden (Armfüßer, Spiralkiemer) 9.
Brachynotus sexdentatus 49.
 Brackwasser 50.
 Brackwasserplankton s. Hyphalmyro-
 plankton.
 BRANDT, K. 40.
 BRAUER, A. 3.
 Brauerei-Abwässer 20.
 Braunalgen s. Phaeophyceae.
 Brauntange s. Phaeophyceae.
 Brunnendrahtwurm s. *Haplotaxis*.
 Bryophyta (Moose) 11.
 Bryozoen (Moostierchen) 9, 23, 24, 49.
Bugula-Arten 49.
Bulla striata 49.
 BÜTSCHLI, O. 3.

C.

C siehe auch unter K.

Calciumkarbonate (Kalkdrusen) 54.
Callidina elegans 38.
Capitella capitata 48, 50.
Caprella acutifrons 49.
Capsa fragilis 49.
Carassius vulgaris 25.
Carchesium 21, 24, 32, 33.
 — *lachmanni* 24.
Carcinus maenas 49.
Cardium tuberculatum 49.
 Cellulosefasern s. Papierfasern.
 Cellulosereaktion 53.
 Cephalopoden (Tintenfische) 10, 45.
Ceratium hirundinella 26.
 Ceratophyllum (Hornkraut) 11.
Ceractis aurantiaca 49.
Cerianthus membranaceus 49.
Cerratulus chrysotherma 49.
 Cestoden (Bandwürmer) 9.
 Chaetognathen (Pfeilwürmer) 9.
 Chantransia 26.
 Chara 10, 26.
 Charophyta (Armluchtergewächse) 10.
Chilodon cucullulus 24, 38.
 Chironomiden-Larven (Zuckmücken-Lar-
 ven) 17, 23, 25, 33, 55.
 Chlamydomonas 38.

Chlamydothrix 25, 55.
 Chlorella vulgaris 38.
 Chlorkaliumfabriken 28.
 Chlormagnesium 28.
 Chlorophyceae (Grünalgen) 10, 21.
 Chlorophyllführende Organismen 8, 12.
 Chromatium 22, 23.
Chroococcus botryoides 38.
 Ciliata 9, 23, 24, 26, 38.
Cinclidotus 11.
Cione intestinalis 49.
 Cladoceren 24.
 Cladophora 21, 23, 26.
 Cladothrix 23.
 CLARK 34.
 Clathrocystis aeruginosa 25.
Clavellina rissoana 49.
Cloëon 26.
 Clonothrix ferruginea 26.
 Closterium-Arten 10, 23, 25.
 Cnidarier 9.
 Coconeis 23.
 Coelenteraten 9, 23, 24, 49.
 Coelhelminthen 9.
 COHN, F. 2. 51.
 Coleochaete 25.
Coleps hirtus 24, 38.
Colpidium colpoda 23, 38.
Conferva bombycina 23.
 Confervales 10, 23, 26, 38.
 Conjugatae 10, 23, 25.
 Corixa 26.
Coryphella-Arten 49.
 Cosmarium 23.
Cothurnia crystallina 24.
 Crenothrix 25.
 Crinoiden (Haarsterne) 9.
 CRONHEIM 34.
 Crustaceen (Krebstiere) 10, 15, 24, 26,
 49.
 Cryptogamae (Sporophyta) 10.
 Ctenophoren 9.
Culex (Culiciden) 25, 36.
 Cyanophyceae s. Schizophyceae.
 Cycadophyllices 11.
Cyclas 24.
Cyclidium glaucoma 24.
 Cyclopiden 24, 26.
Cyclops strenuus 24.
 — *viridis* 26.
 Cyclostomen (Rundmäuler) 10.
 Cyclotella 25.
 Cymatopleura 25.
Cypris-Arten 24.
Cyphoderia 26.
 Cyprinus (Cypriniden) 36.
Cytheraea chione 49.

D.

Dactylis glomerata 39.
Daphnia pulex 24.
 Daunenstrahlen 13, 30, 52.
 Delta- und Marschenbildung 39, 40, 47.
Dendrocoelum lacteum 24.
Dentalium entale 49.

Dentex 45.
 Detritus (= unbelebte Schwebestoffe) 13,
 29, 30, 38, 39, 43, 52—54.
 Detritusfresser 15, 22.
Diaptomus 24.
 Diatomaceae s. Bacillariophyta.
 Diatomeen s. Bacillariophyta.
Diaxona violacea 49.
 Dicotyledonae 11, 26.
Didinium nasutum 24.
Diffugia 26.
Dinobryon sertularia 26.
 Dinoflagellatae 10.
Diopatra neapolitana 49.
 Diplophrys 38.
Diplosoma listeri 49.
 Dipteren (Fliegen) 23.
Discocelis tigrina 49.
Doris verrucosa 49.
Dorylaimus stagnalis 24.
 Dretsche 31, 32, 33, 50.
 DUNBAR, W. P. 4, 37, 39.

E.

Echinodermen (Stachelhäuter) 9, 49.
 Echtes Plankton s. Euplankton.
 Eintagsfliege s. *Ephemera*.
 Einzellige Tiere s. Protozoen.
 Eisenbakterien 25, 55.
 Eisenhydroxyd 30, 52, 53.
 Eisenquellen 55.
 Eisensalze 34, 53.
 Elatine 11.
 Elodea (Wasserpest) 11.
 Embryophyta asiphonogama 11.
 — siphonogama 11.
Enchytraeus humicultor 38.
 Encystierte Organismen 17.
 ENGLER 10.
 Enteromorpha 42.
 Enteropneusten (Pfeilwürmer) 9.
Ephemera (Eintagsfliege) 26.
Ephydatia fluviatilis 24.
Ephydra micans 28.
 — *riparia* 28.
 Epidermisreste (Oberhautreste) 52.
Epistylis 38.
 Erratisches Plankton 13.
 Euastrum 25.
Eudendrium capillare 49.
Eudorina elegans 26.
Euglena 23.
Euglypha 26, 38.
Eulalia viridis 49.
 Eumycetes (Fungi) 11.
Eunemertes gracilis 49.
 Euplankton (echtes Plankton) 13.
Eupolia delmeata 49.
Euspongia 24.
 EYFFERTH 3.

F.

Fadenpilze s. Phycmycetes.
 Farne s. Pteridophyta.
 Fäulniserreger 13.

Filicales 11.
 Fische s. Pisces.
 Fischereiliches 15, 17, 27, 28, 34—37, 42, 45.
 Fischkrankheiten in Fischteichen 37.
 Fischnahrung 17, 28, 35—37.
 Fischteiche 34—37.
 Flagellaten 9, 10, 14, 23, 38.
 Fleischmehlfabriken 54.
 Florideae (Rhodophyceae) 11, 26.
 Fontinalis 11.
 Forelle s. *Trutta fario*.
 Formalin 29, 51.
 Fragilaria 25.
 Froschbiß s. Hydrocharis.
 Füllkörper 35—39.
 Fungi s. Eumycetes.
 Furunkulose der Fische 37.
 Fusarium 11, 23, 38.
 Fütterung von Fischen 36, 37.

G.

Galathea strigosa 49.
 Gallionella 25, 55.
Gammarus fluviatilis 24.
Gasterosteus 25.
 Gastropoden (Schnecken) 10, 15, 33, 42.
 Gebirgsbach 17.
 Geißeltierchen s. Flagellaten.
 Gewerbliche Abwässer s. industrielle Abwässer.
Glaucoma scintillans 24, 38.
 Gletscherwasser 17.
 Gliederfüßer s. Arthropoden.
 Gomphonema-Arten 25.
 Gomphonema olivaceum 23.
 Grünalgen s. Chlorophyceae.
 Grundbesatz der Gewässer 11, 17, 20, 33.
 Grundwasser 17, 55.

H.

Haare s. Wollfasern.
 Haarsterne s. Crinoiden.
 HAECKEL, E. 13.
 Häfen, Einleitung von Abwässern in H.,
 s. Seestädte.
 Haliplankton (Meeresplankton) 12.
 Halobien 28.
 Halophile Organismen 22, 28.
 Haloxene Organismen 28.
Halteria grandinella 24.
 Hanffaser 53.
Hantzschia amphioxys 38.
Haplotaxis gordioides (*Pheoreyctes*, Brun-
 nendrahtwurm) 55, 56.
 Härte des Wassers 28.
 Häusliche Abwässer 19 ff.
 HELFER, H., 37, 39.
 HENSEN, V. 11.
 Hepaticae (Lebermoose) 11.
 HERTWIG, R. 9.
 HESSE, R. 28.
 Heureste 52.
 Hexamitus 23.
 Hexapoda 38 (s. auch Insekten, *Insecta*).

Hippolyte cranchon 49.
Hippurus (Tannenwedel) 11.
 Historisches 2.
 HOFER, B. 3, 28, 33, 34, 35, 36.
 Hoftüpfel 53.
 Holothurien (Seewalzen) 9.
 Holzfasern 53.
 Holzkohle 53.
 Holzreste 30.
 Hornkraut s. *Ceratophyllum*.
Hottonia (Wasserfeder) 11.
 Huminreiche Gewässer, Flora derselben 25.
 Hummer, Zucht, Schädigung durch Abwässer usw. 42, 45.
Hyalodiscus 38.
Hydatina senta 24.
Hydra fusca 24.
 Hydrobiologie 1, 8.
Hydrocharis (Froschbiß) 11.
 Hydrofauna 9.
 Hydroflora, Systematik der 10.
Hydroides pectinata 48.
 — *uncinata* 48.
 Hydrozoen 9, 24.
 Hypthalmioplankton (Brackwasserplankton) 12.

I.

Impfung künstlich angelegter Gewässer 35.
Inachus scorpio 49.
 Industrielle Abwässer 20, 27, 33, 42.
 Infusorien 9, 21—23.
 Inhaltsverzeichnis IV.
 Insekten und Insektenlarven 10, 17, 25, 26, 33, 38.
 Insektenreste 13, 30, 52.
 Intermittierende Bodenfiltration 39.
 Isoetales 11.
 Isoetes 11.

K.

K. s. auch unter C.

KALBERLAH 3.
 Kaliabwässer 22, 27.
 Kalkdrusen s. Calciumkarbonate.
 Karausche s. *Carassius*.
 Karbonate 13, 30, 52, 53.
 Karpfen s. Cypriniden.
 Kartoffelzellen 32, 51, 53.
 Kiefersporen 30, 52.
 Kieselalgen s. Bacillariophyta.
 Kieselsäureanhydrit s. Sand.
 KIRCHNER 3.
 Kleinkruster s. Crustaceen.
 Kleinkrusterreste 13, 30.
 KLUT, H. 4.
 Knäuelgras s. *Dactylis*.
 Köcherfliegen s. Phryganiden.
 Kohlensaurer Kalk s. Calciumkarbonate.
 Kohlestückchen 52, 53.
 Kokskrümel 52, 53.
 KOLKWITZ, R. 2, 13, 20, 22, 29, 32, 37, 38, 39, 51, 55.
 Konservierung biologischer Proben 29, 51.
 Krebstiere s. Crustaceen.

Kriebelmücken s. Simuliiden.
 KUHNERT 34, 36.
 Künstliche biologische Abwasserreinigung 37.
 — Verunreinigung der Binnengewässer 19.

L.

Lamellibranchier (Muscheln) 9, 15, 33, 44.
 LAMPERT, K. 3.
Lamprocystis 22, 23.
 Landberieselung 39.
 Laubmoose s. Musci.
 LAUTERBORN, R. 3.
 Lebermoose s. *Hepaticae* 11.
 Lebewesen der Binnengewässer = Limnobios 8.
 Lederteilchen und -fasern 53.
 Leinenfaser 53.
Lemanea 11, 26.
 LEMMERMANN 13.
Lemma (Wasserlinne) 11.
 Leptocephalen s. *Acranier*.
Leptodora 26.
Leptomitus lacteus 20, 23, 32, 34.
Leucosolenia blanca 49.
Libellula 26.
Limnaea-Arten 33.
 — *auricularia* 24.
 — *stagnalis* 26.
Limnobios 8, 16, 50.
Limnobium 11.
 Limnoplankton (Süßwasserplankton) 13.
Lineus lacteus 49.
Lionotus fasciola 24.
 Literatur (allgemeine und wichtigere spezielle) 2—4, 51.
Lithodomus lithophagus 42.
 LOHMANN, H. 12.
Lolium italicum 39.
Loripes lacteus 49.
Loxophyllum fasciola 38.
Lumbricus rubellus 38.
 Lurchtiere s. Amphibien.

M.

Maetra-Arten 49.
Maja squinado 45.
 Makroplankton 12.
 Makroskopisch (grobsinnlich wahrnehmbare) biologische Wasserbeschaffenheit 2.
 Mammalia (Säugetiere) 10.
 Manganhydroxyd 52, 53, 55.
 Manteltiere s. *Tunicaten*.
 Maräne 17.
 MARSSON, M. 2, 14, 20, 22.
 Meer, Einleitung von Abwässern in dasselbe 39 ff.
 — Stoffhaushalt des M. 40, 47, 48.
 Meeresplankton s. *Haliplankton*.
 Megaloplankton 12.
Melosira 25.
 — *varians* 23.
Merismopodia elegans 25.

Mesocarpus 25.
Mesoplankton 12.
Mesosaprobien 20, 23, 49.
Metallteilchen (Detritus) 52, 54.
Metazoen 9, 15.
Methoden der biologischen Wasserunter-
suchung, Süßwasser 29 ff.
— — — Meerwasser 48 ff.
— — — Trinkwasser 51 ff.
Methylenblauprobe 34.
MEZ, C. 2, 51, 53.
Micrasterias 25.
Microdeutopus gryllotalpa 49.
Miesmuschelvergiftungen 44.
Mikrochemische Reaktionen (Holz, Stärke,
Eisen, Carbonate) 53, 54.
Mikroplankton 12.
Mikroskopische Untersuchung biologischer
Proben 30, 52.
Mischungszone von Süß- und Salzwasser,
biolog. Verhältnisse daselbst 39, 43, 47.
MOHLISCH 55.
Molluscoiden 9.
Mollusken (Weichtiere) 9, 24, 26, 27,
44, 49.
Monocotyledonae 11.
Monostyla lunaris 24.
Moose s. Bryophyta.
Moostierchen s. Bryozoen.
Moskitos s. Culiciden.
Mougeotia 25.
Mückenplage, Bekämpfung derselben 36,
39.
Mucor 23, 38.
Mugil capito 29.
Müllergaze 29.
Mullus 45.
Murex-Arten 49.
Muscheln s. Lamellibranchier.
— Uebertragen von Krankheiten durch
M. 44—45.
Musci (Laubmoose) 11.
Muskelfasern 32, 38, 52, 54.
Mycetes 23.
Mycetozoa s. Myxomycetes.
Myriapoden (Tausendfüßer) 10.
Myriophyllum (Tausendblatt) 11.
Mytilus-Arten 49.
Myxomycetes (oder: Mycetozoa, Pilztiere,
Schleimpilze) 10.

N.

Nadelholzreste 53.
Nahrungsproduzenten 15.
Nais proboscidea 24.
Najas 11.
Nannoplankton (Zwergplankton) 12, 30.
Nassa-Arten 49.
Naphthalinfabriken 33.
Natürlicher Detritus 29.
Natürliche Verunreinigung der Gewässer
8, 46.
Navicula 25.
— -Arten 23, 25, 38.
Nebalia galathea 49.

Nekton 11.
Nemathelminthen (Rundwürmer) 9, 24,
38.
Nematoden s. Nemathelminthen.
Nemertinen (Schnurwürmer) 9.
Nemertopsis peronea 49.
Nepa 26.
Nepheles vulgaris 24.
Nereis-Arten 49.
NERESHEIMER 34, 36.
Nesseltiere s. Cnidarier.
Nitorca simplex 28.
Nitzschia 25.
— palea 38.
Notholca longispina 26.
Notomastus-Arten 49.
Notonecta 26.
Nuphar (Scerose) 11.
Nymphaea 11.

O.

Obelia gelatinosa 49.
Oberflächengewässer, künstliche (Tal-
sperren) 51, 52.
Oberhautreste s. Epidermisreste.
Ochthebius marinus 28.
Oekologie (Begriff derselben) 1.
OEHLMÜLLER 4, 34, 51.
Oicomonas 38.
Oligochaeten (Wenigborster) 9, 23.
Oligosaprobien 20, 25, 49.
Onychophoren s. Protracheaten.
Opercularia glomerata 38.
Ophiuroiden (Schlangensterne) 9.
Ophryotrocha puerilis 49.
Oscillatoria 23, 33.
Oxydsalze 34.
Oxydulsalze 34.
Oxytricha 38.

P.

PAASCHER 3.
Pagellus 45.
Palmellazellen 38.
Paludina 24, 33.
Pandora inaequalis 49.
Pandorina morum 26.
Papierfasern (Cellulosefasern) 32, 53.
Paramaecium caudatum 23, 38.
Patella 49.
Pediastrum 25.
Pennatula-Arten 49.
Peranema 24.
— *trichophorum* 38.
Peripatiden s. Protracheaten.
Perliden 33.
Pfehlkratzer 50.
Pfeilkraut s. Sagittaria.
Pfeilwürmer s. Chaetognathen.
Pflanzenfasern 30, 53.
Pflanzenreste 13, 53.
Pflanzentiere s. Coelenteraten.
Pflanzliches Plankton s. Phytoplankton.
Phacus 26.
Phaeophyceae (oder: Braunalgen, Braun-
tange) 10.

Phalangiden 38.
Phallusia malaca 49.
 Phanerogamae (Spermaphyta, Blütenpflanzen) 11.
Philodine megalotrocha 38.
Phleum pratense 39.
Philydrus bicolor 28.
Pholas dactylus 42.
 Phormidium 38.
Phreoryctes menkeanus s. *Haplotaxis*.
 Phryganiden (Köcherfliegen) 33.
 Phycomycetes (Fadenpilze) 11, 23, 38.
 Phytoplankton (pflanzliches Plankton) 12.
 Pilztiere s. Myxomycetes.
 Pinnularia 25.
 Pisces (Fische) 10, 25, 26, 45, 47, 49.
Plagiosomum girardi 48.
Planaria alpina 26, 34.
 — *gonocephala* 26, 33.
 Plankton (Auftrieb) 11, 12, 13, 17, 29—32, 35, 39, 47, 50.
 Planktonkammer 29.
 Planktonnetz 12, 13, 29, 30, 51.
 Planktonsieb 13, 29, 51.
 Planktonstab 30.
 Planktontube, graduert 29.
Planorbis-Arten 26, 33.
 Plathelminthen (Plattwürmer) 9, 24, 33.
 Platodarien (Platttiere) 9.
 Platttiere s. Platodarien.
 Plattwürmer s. Plathelminthen 9.
Pleurophyllidea lineata 49.
 Pleurosigma 25.
Plumatella repens 24.
Plumalaria hollerioides 49.
Podophrya fixa 24.
 Poduriden 38.
Polyarthra platyptera 24.
Polycelis cornuta 26, 34.
 — *nigra* 24, 33.
 Polychaeten (Vielborster) 9.
Polydora ciliata 49.
Polygonum amphibium 11.
Polymnia nebulosa 49.
 Polysaprobien 20, 22, 48—49, 56.
 Polytoma 23.
 Poriferen s. Spongien.
Portunus depurator 49.
 Posidonia 11.
 Potamogeton 11.
 PRITZKOW 37, 39.
Prostheceraeus vittatus 48.
Prosthlostomum siphuncululus 49.
 Protococcales 10, 23, 25, 38.
 Protozoen 9, 15.
 Protracheaten 10.
Protula tubularia 49.
 Pseudoplankton 13.
Psychoda (Schmetterlingsfliege) 37, 38.
 Pteridophyta (Farne) 11.

Q.

Qualitativ-biologische Untersuchung 29, 30.
 — — des Trinkwassers 51 ff.

Quantitativ-biologische Untersuchung 29, 51, 55.
 Quarzkörner s. Sand.
 Quellwasser 18, 55.
 Eisenquellen 55.
 Solquellen 55.
 Schwefelquellen 55.
 Thermen 55.

R.

Rädertiere s. Rotatorien.
 Raygras s. Lolium.
 Reptilien 10.
Rhaphidiophrys 26.
 Rhizopoda 9, 23, 26, 38.
 Rhodophyceae (oder: Rottange, Florideen) 10.
 Ricciella 11.
 Rieselfelder 39.
 Riesenplankton s. Megaloplankton.
 Ringelwürmer s. Anneliden.
 Rotatorien (Rädertiere) 9, 12, 23, 24, 26, 38.
 Rottange s. Rhodophyceae.
Rotifer actinurus 23, 24.
 — *vulgaris* 38.
 RUBNER, GRUBER und FICKER 4.
 Rundmäuler s. Cyclostomen.
 Rundwürmer s. Némathelminthen.
 Rußpartikel 52, 53.

S.

Sabella paronia 49.
 Saccharomyces cerevisiae 38.
 Sagittaria (Pfeilkraut) 11.
 Salinen 28.
 Salinenkrebsechen s. *Artemia*.
 SALOMON, H. 4.
 Salvinia 11.
 Sandfilter 38.
 Sandkörner (Kieselsäureanhydrid, Quarz) 13, 30, 52, 54.
 Saprobien-System (ökologisch-biologische Klassifizierung der Organismen) 20, 22, 23.
 Saprophile Organismen 37.
 Saprolegnia 11.
Sarcina paludosa 22, 38.
 Sauerstoffbestimmung 34.
 — -gehalt und -zehrung 14, 32, 34.
 — -produktion der Organismen 13, 14.
 — -verbrauch der chlorophyllführenden Organismen 15.
 Säugetiere s. Mammalia.
 Saugwürmer s. Trematoden.
 Säurehaltige Abwässer 27.
 Scenedesmus-Arten 23.
 Schafwolle s. Wollfasern.
 Schalentiere s. Mollusken.
 SCHIEMENZ, P. 3, 17.
 Schizomycetes (Spaltpilze, Bakterien) 10, 15, 22, 23, 25, 37, 38, 43.
 Schizophyceae (Spaltalgen) 10, 13, 23, 25, 38.
 Schizophyta (Spaltpflanzen) 10.

Schlackenkrümel 52, 53.
 Schlängensterne s. Ophiuroiden.
 Schlauchpilze s. Ascomycetes.
 Schleie s. *Tinea*.
 Schleimpilze s. Myxomycetes.
 Schmetterlingsfliegen s. *Psychoda*.
 Schmetterlingsschuppen 13, 52.
 Schnecken s. Gastropoden.
 Schnurwürmer s. Nemertinen.
 SCHOENICHEN 3.
 SCHREIBER 55.
 SCHUBERG 36.
 Schwämme s. Spongien.
 Schwebestoffe s. belebte und unbelebte
 Schwebestoffe.
 Schwefelbakterien 22.
 Schwefeleisen 54.
 Schwefelquellen 55.
 Scoleciden 9.
 Scyphozoen 9.
 Seebrassen s. *Pagellus*.
 Seegras s. *Zostera*.
 Seehecht s. *Mullus*.
 Seerose s. Nuphar.
 Seestädte (Häfen, Buchten), Abwässer-
 besichtigung bei S. 41 ff.
 Altona 43.
 Belfast 42.
 Boston 41, 42.
 Helsingfors 42, 48, 50.
 Kiel 48.
 Kristiania 42, 44.
 Muggia 42.
 Neapel 41, 42, 48, 50.
 New York 42.
 Norwich 44.
 Rovigno 42, 45.
 Triest 42, 45, 48.
 Wilhelmshaven 44.
 Seesterne s. Asteroiden.
 Seewalzen s. Holothurien.
 Selbstreinigung der Gewässer 8 ff., 40, 46 ff.
 SENFT, F. 3, 51.
 Seston (absiebbare belebte und unbelebte
 Schwebestoffe) 11, 13, 32.
Sialis lutaria und andere Sialiden 25, 33.
 Sichtscheibe 31.
 Sichttiefe 31.
 Siebkasten 33, 50.
 Simuliiden 36.
 Siphonales 10.
 Siphonocladales 10.
 Solquellen 55.
 Spaltalgen s. Schizophyceae.
 Spaltpflanzen s. Schizophyta.
 Spaltpilze s. Schizomycetes.
Sphaerium 24.
Sphaerotilus 13, 20, 23, 32, 34, 38.
 Spinnentiere s. Arachnoideen.
Spio fuliginosus 49, 50.
 Spiralkiemer s. Brachiopoden.
Spirillum undula 22.
Spirochaeta plicatilis und andere Spiro-
 chaetenarten 24, 33, 38.
Spirographis spalanzani 49.
Spirogyra 10, 25.

Wilhelmi, Beurteilung des Wassers.

Spirostomum ambiguum 24, 38.
Spirulina 23, 38.
 SPITTA 4, 34, 51.
 Spongien (Schwämme, Poriferen) 24, 49.
 Sporentierchen s. Sporozoen.
 Sporophyta s. Cryptogamae.
 Sporozoen 9.
Spurilla neapolitana 49.
 Stachelhäuter s. Echinodermen.
Staphylococcus pyogenes aureus 43.
 Stärkefabrik-Abwässer 20.
 Stärkeköerner 32, 53.
 Staurastrum 25.
Staurocephalus rudolphii 49.
Staurospermum 25.
 Stechmücken s. Culiciden.
 Steinkohlenstückchen 53.
Stentor 23.
Sternaspis thalassimoides 49.
 STEUER, A. 3, 28, 42, 45.
 Stichling s. *Gasterosteus*.
Stigeoclonium 21, 23, 38.
 Stint 17.
 Stoffasern 32, 38.
 Stoffhaushalt der Binnengewässer 8, 12.
 — des Meeres 40, 47, 48.
Stratiomys 25.
 Stratiotes 11.
Streptococcus 32.
 Strendüsen, Schutz vor Verwehung von
 Abwässer aus denselben 38.
 Strohreste 52.
 Strudelwürmer s. Turbellarien.
Stylaria lacustris 24.
Stylochus-Arten 49.
Stylonychia mytilus 24.
 Surirella 25.
 Suspensierte Stoffe s. unbelebte Schweb-
 stoffe (Detritus).
 Süßwasserplankton s. Limnoplankton.
Sycon-Arten 49.
 Synedra 25.
Synura uella 26.
 Systematik der wasserbewohnenden Or-
 ganismen 9.

T.

Tabellaria 25.
 Talsperren 51, 52, 55.
 Tannenwedel s. Hippurus.
Tapes aureus 49.
 Tausendblatt s. Myriophyllum.
 Tausendfüßer s. Myriapoden.
 Teerige Substanzen, Verunreinigung durch
 27.
Tellina planata 49.
Teredo navalis 42.
 Textilfasern 53.
 Thalophyta s. Cryptogamae.
 Thermen 55.
 THIENEMANN, A. 3, 23, 27, 28, 51.
 THIESING 51.
 Thiospirillum 22.
 Thiothrix 23, 38.
 THUMM, K. 4, 35, 37, 39.

Thysanozoon brochii 49.
Tierische Wasserbewohner = Hydro-
fauna 9.
Tierisches Plankton s. Zooplankton.
TILLMANS, J. 4, 39, 51.
Timotheegras s. Phleum.
Tinea vulgaris 25.
Tintenfische s. Cephalopoden.
Tonteilchen (Aluminiumsilikat) 52, 54.
Tortfgewässer-Flora 25.
Tracheaten (Tracheentiere) 10.
Tracheentiere s. Tracheaten.
Tracheiden (Pflanzenreste) 53.
Trachelomonas volvocina 24.
Trappa (Wassernuß) 11.
Trematoden (Saugwürmer) 9.
Triarthra longisetä 24.
Trinema enchalys 38.
Trinkwasserversorgung, Bedeutung der
Biologie für T. 51.
Tropfkörper 35—39.
Trutta fario (Forelle) 26.
Tuberkelbacillen 37.
Tubificiden (Schlammwürmer, *Tubifex*-
Arten) 22, 23, 24, 33, 37, 38, 50.
Tubularia larynx 49.
Tunicaten (Manteltiere) 10, 49.
Turbellarien (Strudelwürmer) 9.

U.

Uferbesatz 11, 17, 20, 49.
Uklei 17.
Ulothrix 26, 38.
Ultramarin s. Waschblau.
Ulven 42, 46.
Unbelebte Schwebestoffe (Detritus) 13, 29,
30, 38, 39, 43.
— des Trinkwassers 51 ff.
Untersuchungsmethoden s. Methoden.
Urmollusken s. Amphineuren.
Urolepis maritima 28.
Urtiere s. Protozoen.

V.

Venus-Arten 49.
Vermes (Würmer) 9, 23, 24, 26, 38, 47,
48, 49, 50.
Vertebraten (Wirbeltiere) 10.
Vielborster s. Polychaeten.

Vielzellige Tiere s. Metazoen.
Vögel s. Aves.
VOGEL, H. 28.
Vogelfederstrahlen 13, 30, 52.
Vogelschutz an Kläranlagen, Nutzen des-
selben 39.
VOLK, R. 3.
Volvox minor 26.
Vorfluter 19.
Vorticella-Arten 23, 24, 26.
— *microstoma* 24, 38.

W.

Warme Quellen (Thermen) 55.
Waschblau (Ultramarin) 32.
Wasserblüte 31, 32.
Wasserfeder s. Hottonia.
Wasserimmersion 52.
Wasserlinse s. Lemna.
Wassermilben s. Arachnoideen.
Wassernuß s. Trappa.
Wasserpest s. Elodea.
Wasserpflanzen s. Hydroflora.
Weberknechte s. Phalangiden.
WEIGELT, C. 3.
WELDERT, R. 34.
Wenigborster s. Oligochaeten.
WEYL, TH. 4.
WILHELMI, J. 34, 40.
Wimpertierchen s. Ciliaten.
Wirbeltiere s. Vertebraten.
Wollfasern 52 ff.
WUNDSCH, H. H. 27.
Würmer s. Vermes 9, 15, 17.
Wurzelfüßler s. Rhizopoden.

Z.

Zahnbrasse s. *Dentex*.
Zander 17.
Zentrifugierung von Schöpfproben 29.
Zoogloea ramigera und andere Z.-Arten
23, 38.
Zoophyten s. Coelenteraten.
Zooplankton (tierisches Plankton) 12.
Zostera (Seegrass) 11.
Zuckmücken s. Chironomiden.
Zuckerfabrik-Abwasser 20.
Zwergplankton s. Nannoplankton.
Zygomyceteen 10.

Corrigenda.

Seite 27 Zeile 2 v. u. lies *salina* statt *salinarum*.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33108

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305718