[VIII. Mitteilung aus der Biologischen Station zu Aneboda.¹⁾]

Quantitative Untersuchungen über die Organismen- formationen der Wasserflächen.

I. *Euglena sanguinea* Ehrenb.

Von

Einar Naumann.

Mit Tafel III--VI.

Mit jedem Jahre wird *Euglena sanguinea* Ehrenb. immer allgemeiner in den Teichen der Fischereiversuchsstation Aneboda in Südschweden. Es ist nunmehr 8 Jahre, seit die Station (1906) begründet wurde; aber erst im Jahre 1911 wurde *Euglena sanguinea* daselbst mit Sicherheit nachgewiesen und zwar als Ursache einer roten Hautbildung in der Oberfläche des Wassers im Jämfälle-Teich. Dort hat sie sich auch seitdem beibehalten und — aller Wahrscheinlichkeit nach — sich eben davon in eine Reihe anderer Teiche verbreitet.

Euglena sanguinea ist für die teichbiologische Physiognomie gewisser Gegenden bekanntlich von sehr auffälliger Bedeutung: entweder deckt sie die Gesamtfläche des Wassers mit einem Überzug in hell- bis braunrot, oder auch tritt sie als Ursache roter Streifen bei ruhigen Ufern auf. Dazu habe ich in den Teichen Anebodas bisweilen auch eine Art roter Kleininseln aus Euglenen in der Oberfläche ruhiger Buchten beobachtet; entweder sind ihre Umrisse scharf markiert oder auch gehen sie durch eine lockere Randzone in eine spärliche, diffuse Euglenen-Besetzung über, deren Dichte gar zu gering ist, um der Gesamtfläche des Wassers eine rote Vegetationsfärbung zu verleihen.

¹⁾ Die VII. Mitteilung erschien 1914 in Biolog. Centralblatt. — Leipzig 1914.

Diese Vegetationstypen stehen indessen selbstverständlich nicht in irgend einem Gegensatz zueinander; vielmehr repräsentieren sie bisweilen eine Entwicklungsserie von der spärlichsten *Euglena*-Besetzung, deren Anwesenheit nicht oder kaum auch mikroskopisch zu ermitteln ist, bis zu der dichten Hautbildung, die als ein rotgefärbter Überzug der Wasserfläche unmittelbar zutage tritt.

Das eigentliche Lebenselement dieser *Euglenen* ist demnach gar nicht in den Regionen des freien Wassers zu suchen, sondern eben an der Oberfläche desselben; und somit ist auch meines Erachtens die quantitative Bestimmung derartiger Formen nicht pro ccm Wasser durchzuführen, sondern vielmehr pro Flächeneinheit anzugeben. Bei meinen Untersuchungen an der Fischereiversuchsstation Aneboda habe ich demgemäß den Weg eingeschlagen, nur die gewöhnlichen Nannoplanktonen pro ccm Wasser, und zwar im allgemeinen nach der von R. Kolkwitz begründeten Kammer-Technik, zu ermitteln; die Organismenzahl der Wasserflächen hingegen pro qmm. Als Beispiel der letztgenannten Arbeitsmethode und deren Ergebnisse will ich hier einige Bemerkungen über die quantitativen Verhältnisse bei vorliegender *Euglenen*-Errötung der Gewässer Anebodas mitteilen¹⁾.

Zuerst indessen in aller Kürze diese Vorbemerkungen betreffs der Physiologie²⁾ der hier mitgeteilten Form.

Euglena sanguinea tritt an den Wasserflächen als eine Art von Palmellen-Bildung auf; aber es ist dies keine Formation der trägen Dauerzustände, sondern vielmehr ein äußerst sensibles und labil eingerichtetes Stadium zum stillen Lichtgenuß. Wegen der großen Irritabilität gehen die *Euglenen* bei Störung der Ruhe (durch Regen, Gewitter usw.) in den typischen *Euglenen*-Zustand über und suchen sofort — dank einer ausgeprägten positiven Geotaxis — die tieferen Wasserschichten auf, wovon sie erst bei Sonnenschein und stillem

¹⁾ Quantitative ccm-Analysen betreffs *Euglenen* sind vor allem zu finden bei Kofoid, C. A., The plankton of the Illinois River 1894 — 1899. Part II. — Bulletin of the Illinois State Laboratory of Natural History. Urbana 1908.

²⁾ Da dieselbe an der Fischereiversuchsstation Aneboda seit dem Jahre 1912 zum Teil sehr eingehend untersucht worden ist, wird hoffentlich nach dem Erweitern unserer diesbezüglichen Untersuchungen eine ausführliche Darstellung hierüber erscheinen.

Wetter wieder zu den Wasserflächen steigen, um daselbst von neuem in das labile Palmellenstadium überzugehen¹⁾).

Handelt es sich demgemäß darum, die quantitative Illustration der Euglenen-Entwicklung zu geben, so muß auch die quantitative Analyse der Oberflächenpalmella als Grundlage betrachtet werden; und dies muß nicht nur für *Euglena sanguinea* gelten, sondern für alle anderen Euglenen (und dazu noch eine Reihe anderer Organismen), deren eigentlicher Vegetationstypus ein derartiger ist.

Die Technik bei diesen Untersuchungen ist nach meinen bei der Versuchsstation Aneboda angewandten Methoden die folgende: Nachdem die Wasserfläche in der freien Natur genau mit einer mittelstarken Lupe durchgemustert ist, wird sie, unter stetiger Lupenkontrolle, in Kontakt mit der Deckscheibe einer Kolkwitzschen cem-Kammer²⁾ gebracht; ist die Adhäsion einwandfrei (Lupenkontrolle!) gelungen, wird die Kammer mit ein wenig Osmiumsäure (beliebige Konzentration, aber starke Lösung!) beschickt, die Deckscheibe wird darauf gelegt und die quantitative Fixierung der Oberflächenorganismen ist durchgeführt. Kunstprodukte können, der stetigen Lupenkontrolle wegen, bei geschickter Arbeit völlig vermieden werden.

Hiermit sind auch die Arbeiten in der Natur abgeschlossen; bisweilen kann es aber sehr vorteilhaft sein, schon an Ort und Stelle eine vorläufige mikroskopische Durchmusterung bei schwacher Vergrößerung (50 bis 100 mal) vorzunehmen. Erst im Laboratorium wird aber die qualitative Untersuchung zu Ende geführt, wonach die quantitative Analyse beginnt. Diese wird nicht durch Auszählen pro qmm Gesichtsfeld usw. vorgenommen, sondern einfach durch Mikrophotographieren. Ich erhalte so exakte Ergebnisse und die Arbeit schreitet mit großer Präzision vorwärts.

Für das Mikrophotographieren bediene ich mich dieser Methoden: Nachdem ein auf die Planktonkammer gelegtes Objektmikrometer genau auf der Visierscheibe zu 1 dm eingestellt worden ist, wird die Kammer mit der fixierten Oberflächenformation, anstatt des Mikrometers, scharf eingestellt; dann wird auf Chlorbromsilberpapier

¹⁾ Die experimentelle Darstellung dieser von mir schon früher in der Natur beobachteten Verhältnisse habe ich im Sommer 1913 in Aneboda durchgeführt. Über den Gang der Versuche wird später ausführlich berichtet werden.

²⁾ Dieselbe hat sich mehr und mehr als ein Universalinstrument in der Hydrobiologie eingebürgert. Mit der hier mitgeteilten Technik glaube ich indessen auf eine noch weitere Verwendbarkeit des Instruments hingewiesen zu haben.

(sogenanntes Gaslichtpapier) abgedruckt. Es folgt danach Entwickeln, Fixieren usw. der Papiernegative, wonach dieselben ausgezählt werden; soll etwas davon publiziert werden, folgt eine gewöhnliche Kontaktkopierung (z. B. auf Gaslichtpapier) zum Positiv; bisweilen ist das Negativ zuerst (z. B. mit Xylol) transparent zu machen.

Mit Hilfe dieser Methoden¹⁾, von mir in dem Laboratorium zu Aneboda für meine besonderen Zwecke näher ausgebildet, aber zum großen Teil mit einer Apparatur, die mir von den Herren Professoren an der Universität Lund Dr. Sv. Murbeck und Dr. Bengt Lidforss leihweise zum Gebrauch gegeben wurde, habe ich somit an der Fischereiversuchsstation Aneboda seit dem Jahre 1913 meine Untersuchungen über die Organismenformationen der Wasserflächen weiter geführt. Als Beispiel der hiermit zu erreichenden Ergebnisse teile ich hier einige Mikrophotographien der *Euglena sanguinea* als Oberflächenpalmella mit und gebe als eine Illustration zur Lebensführung dieser Euglenen dazu die folgenden Bemerkungen.

Die Mikrophotographien I und II zeigen (wie alle übrigen hier 1 qmm zu 1 qdm vergrößert, bei der Reproduktion auf $\frac{3}{4}$ verkleinert) Partien einer Wasserfläche zu einer Zeit, da dieselbe noch nicht in die scharfe *Euglena*-Errötung leuchtet. Die Besetzung ist spärlich, auf den dichtesten Partien im allgemeinen kaum über 100 oder 150 pro qmm steigend; die Verteilung ist eine sehr unregelmäßige. Bisweilen sind aber in diese diffuse Verteilung zentral scharf begrenzte Inseln eingesprengt, die durch eine lockere Randzone in die diffuse Verteilung übergehen. Die Produktion liegt nahe dem Zentrum, (vgl. Mikrophotographie III) oft bei einige Hunderte Euglenen pro Quadratmillimeter; in den Randzonen dagegen (vgl. Mikrophotographie IV) fällt sie oft zu Produktions-Höhe der diffusen Verteilung zurück.

Die Mikrophotographie V (ebenso wie Mikrophotographie VI) stellt einen ganz anderen Typus dar; und zwar handelt es sich hier um zwei dieser scharf konturierten und leuchtend rot gefärbten Inseln,

¹⁾ Hierdurch wird sehr viel Geld gespart und die Schwierigkeiten des Plattenverfahrens kommen niemals in Betracht. Prinzipiell ist das Papierverfahren alt; hat aber meines Erachtens bis jetzt in der Mikrophotographie gar zu wenig Interesse begegnet. Zwar arbeitet das Papier ziemlich langsam; für unsere Aufgaben bedeutet das aber nichts.

Derartiger Methoden (d. h. Arbeiten mit Papiernegative) bediene ich mich nunmehr in großer Ausdehnung. Auf einige besonders zweckmäßige Anwendungsarten derselben in der Hydrobiologie gedenke ich bald näher hinzuweisen.

die bisweilen hier und da auf stillen Wasserflächen umherschwimmen. Die Produktion steigt hier von 150 bis zu einige Hunderte pro Quadratmillimeter; die Verteilung ist aber eine verhältnismäßig ebene (vgl. oben unter Mikrophotographien I, II!).

Die zusammenhängende rote *Euglena sanguinea*-Haut ist auf die Bilder VII, VIII, IX mikrophotographisch aufgenommen. Im Gegensatz zu der diffusen Verteilung (I, II) zeigt sich hier — wie auch in III—VI — eine elegante ebene Verteilung der *Palmella*-Stadien, die besonders schön bei mittleren Produktionen (bis zu ca. 250 à 300) zutage tritt. Die Frequenz der *Euglenen* pro Quadratmillimeter liegt hier im allgemeinen bei ca. 300. Nach meinen bisherigen Erfahrungen dürfte wohl auch diese Zahl ein Medium der *Euglenen*-Dichte überhaupt überall dort darstellen, wo es sich um diese allbekannten roten *Euglenen*-Überzüge unserer Teichgewässer handelt. Indessen habe ich bisweilen — aber sehr selten — Produktionen in derartigen Formationen bis zu 350 à 375 gefunden (siehe Mikrophotographie IX); höher niemals. Eine mehr als eingeschichtete *Palmella* habe ich in den Regionen der Wasserfläche niemals beobachtet; und die Lagerung der *Euglenen* in der einschichtigen *Palmella* scheint, nach den hier mitgeteilten Zahlen, nicht ein die Fläche am intensivsten ausnützendes Maximum erreichen zu können.¹⁾

Wir haben somit hier einige Illustrationen zu Quantität der *Euglenen*-Entwicklung gegeben. Da nun die *Euglenen*-Überzüge gewöhnlich nur einen kleinen Teil der Wasserfläche unserer Teiche dominieren und da fast die Gesamtmenge der *Euglenen* des Teiches dort konzentriert ist, so ergibt sich ohne weiteres, daß diese Formen wegen der Art ihres Auftretens oft eine größere Bedeutung im Gesamtleben der Gewässer vortäuschen; als ihnen in Wirklichkeit zukommt. Wenn z. B. die Planktonkammer auf der Sedimentierscheibe eine Besetzung von 400 Organismen von 50 μ Diameter pro qmm darböte, so würde dies die — für derartige Formen — gewaltige ccm-Produktion von 152000 anzeigen²⁾; aber wenn *Euglena sanguinea* in dieser Menge pro qmm

¹⁾ Tabellen zum Gebrauch bei derartigen produktionsbiologischen Diskussionen sind — mit der Planktonkammer nach Kolkwitz als methodologische Grundlage — mitgeteilt bei E. Naumann, Bidrag till kännedom om vegetationsfärgningar i sötvatten. IV. Den teoretiska höjdgränsen för kubikcentimeterkammerens användbarhet. — Botaniska Notiser, Lund 1914. S. 43—47, 89—92. [Über die Obergrenze der ccm-Kammer nach Kolkwitz. Schwedisch mit deutschem Resumé.]

²⁾ Vgl. die Tabellen S. 44 bei E. Naumann, l. c. 1914.

in der Oberflächenpalmella auftreten, so würde selbstverständlich diese dichte Besetzung keineswegs mit den sedimentierten ccm-Formationen der Planktonkammer gleichwertig sein. Vergleichbar damit sind allerdings die obersten Wasserschichten und zwar bis zu einer Tiefe von 2,63 mm, wo die Euglenen-Produktion tatsächlich pro qmm Oberfläche — eine ebene Verteilung angenommen — ungefähr $\frac{1}{380}$ der ccm-Formation dieser Schichten repräsentiert¹⁾; das heißt: die ccm-Produktion — durch die Planktonkammer nach Kolkwitz ermittelt — liegt tatsächlich hier bisweilen in der Nähe des theoretischen Maximums²⁾, während die ccm-Formationen der tieferen Wasserschichten fast immer dabei dieser Euglenen-Form entbehren. Die Oberflächen-Palmella stellt demgemäß bisweilen ein fast quantitatives Konzentrat des Gesamtbestandes von *Euglena sanguinea* eines ganzen Teiches dar.

Denken wir uns aber die Euglenen überall durch das Gesamtwasser verteilt — was in der Natur z. B. nach heftigen Gewitterregen mehr oder minder ausgeprägt zu beobachten ist — da tritt uns auch *Euglena sanguinea* als ein typisches Mitglied der ccm-Formationen überhaupt entgegen; aber selbstverständlich in nur geringer Menge und in einer Dichte pro qmm Sedimentierfläche der Planktonkammer, die nur einen winzigen Bruchteil der Besetzung pro qmm der Oberflächen-Palmella entspricht. Es ergibt sich somit, daß die Bedeutung unserer *Euglena* für die Physiognomie der ccm-Formationen um so geringer wird, je kleiner die *Euglena*-errötete Fläche im Vergleich mit der Gesamtfläche und je größer die Tiefe des Teiches. Ist sie aber von neuem zur Oberfläche aufgestiegen, dann gibt die Besetzung wiederum das Bild der großen Dichte und wir müssen wiederum den neuen Weg einschlagen: die Produktionshöhe pro qmm, nicht pro ccm anzugeben.

In folgenden Mitteilungen hoffe ich neue Beiträge zur Kenntnis der Organismenformationen der Wasserflächen liefern zu können; und zwar beabsichtige ich teils die Produktionsverhältnisse näher zu studieren, teils die reizphysiologische Regulationsmechanik dieser Organismen weiter zu untersuchen.

Lund, Botan. Institut der Universität, April 1914.

¹⁾ Die für die Kammer zu benutzenden Zahlen sind l. c., S. 92, Résumé 4), angegeben.

²⁾ Vgl. Tabellen l. c., S. 44 und S. 90, 91.

[Nachschrift zu der Mitteilung über *Euglena sanguinea*.]

Nachschrift betreffs der photographischen Technik.

Nachdem diese Mitteilung schon zum Druck eingeleistet war, bekam ich Kenntnis von der interessanten Arbeit P. Lindners: Die Schattenbildphotographie mit parallelem Licht und ihre Anwendung in der Botanik. [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Jahrg. 1914, Heft 4, ausgegeben am 28. Mai 1914.] Die vom Autor l. c. empfohlene Methode ermöglicht selbstverständlich eine beträchtliche Vereinfachung der photographischen Technik für weite Kreise der Naturwissenschaft, insbesondere der angewandten Disziplinen, wo es so oft auf schnelle Arbeit und geringe Unkosten ankommt; zum Teil¹⁾ ist das Verfahren wohl auch prinzipiell neu.

Lindner publiziert l. c. einige durchaus gute, zum Teil auch sehr schöne Abbildungen als Negative in brillant schwarz-weißem Kontrast; die Reproduktion geschah selbstverständlich in diesem Falle ohne Raster.

Die makrophotographische Methode von Lindner hat mit meiner eigenen mikrophotographischen darin etwas Gemeinsames, daß für beide die Platten als überflüssig (zu teuer und gar zu unbequem!) weggelassen worden sind, d. h. wir erhalten beide zuerst Papiernegative anstatt der sonst gebräuchlichen Negative aus Glas. Lindner läßt dann, und zwar mit bestem Erfolg, seine Papiernegative ohne weiteres reproduzieren; ich selbst hingegen habe es vorgezogen, zuerst Positive anzufertigen, und habe dann diese zum Herstellen der Klischés eingeleistet. Somit ist aus meinen Abbildungen kaum zu ersehen, daß der ganze Prozeß ohne Platten durchgeführt worden ist; auch sind die besten meiner Positive (als Kopien!) reich an Halbtönen und gewissen Details, weshalb auch die Reproduktion wie gewöhnlich unter Verwendung des Rasters stattgefunden hat.

Obgleich ich die schönen Abbildungen Lindners sehr hoch schätze,

¹⁾ Derartige Bilder sind indessen bisweilen in der Literatur empfohlen. So gibt z. B. W. Zimmermann [Die Photographie, Leipzig 1909] in dem Einleitungskapitel seines Buches verschiedene Ratschläge für die Darstellung von Blättern und anderen Gegenständen durch Abdrucken auf sowohl Zellulose- wie Bromsilberpapier. Der bekannte Ichthyologe Guido Schneider bedient sich derartiger Methoden um Bilder von Fischnetzen in natürlicher Größe darzustellen; vgl. seine vorläufige Mitteilung über die Wirz-Järvi-Untersuchungen in Sitz.-Ber. der Naturf. Ges. zu Dorpat. T. XX. (Russisch.)

möchte ich doch hervorheben, daß jedenfalls in gewissen Fällen einen noch besseren Effekt zu erzielen sein dürfte durch Umkopieren zum Positiv. Bei meinen Versuchen betreffs der Vereinfachung der mikrophotographischen Technik im Dienste der angewandten Biologie, bediene ich mich — wie aus der vorhergehenden Mitteilung ersichtlich — zum großen Teil derartiger Methoden; und als ein Beispiel der hiermit zu erzielenden Ergebnisse weise ich wieder auf die hier mitgeteilten Mikrophotographien der *Euglena sanguinea* hin.

Indessen habe ich es für andere Zwecke (z. B. für die mikrophotographische Darstellung gewisser Planktonformationen des Süßwassers) vorteilhaft gefunden, niemals mit Positiven zu arbeiten, sondern immer nur mit Negativen; und hier belichte ich auch bisweilen ziemlich kräftig, um — wie Lindner — die brillanten Kontraste im Schwarzweiß zu erhalten. Ich beabsichtige, einige derartige Bilder baldigst zu veröffentlichen; zum Teil dürften sie auch auf gewisse Übereinstimmungen in den Methoden hinweisen, die eine Vereinfachung der Makro- und Mikrophotographie im Dienste der angewandten Biologie bezwecken.

Lund, den 9. Juni 1914.