

I.

STUDIEN

über die Ernährungsbedingungen einiger für die Fisch-
production wichtiger Mikroorganismen des Süsswassers.

Von Friedr. Wilh. Knörrich (Berlin).

Einleitung.

Zahlreiche Untersuchungen des Darminhaltes von Karpfen haben erwiesen, dass bei der Ernährung dieser hauptsächlichsten Gebrauchsfische in den freien sich selbst überlassenen Gewässern die dort unter günstigen Umständen sich in grossen Mengen entwickelnden Schweborganismen eine wichtige Rolle spielen. Die Schaffung einer möglichst reichlichen Planktonvegetation bildet daher eine der wichtigsten Massnahmen bei der rationellen Bewirtschaftung eines Sees oder Teiches. Allerdings hat in vielen Fällen die Anwendung künstlichen Futters, welches von den Fischen direkt aufgenommen und verwertet wird, recht günstige Resultate gezeitigt. Daher scheint die Ernährung unserer Teichbewohner in ziemlich einfacher Weise gehandhabt werden zu können, zumal viel einseitigere Leistungen von ihnen gefordert werden als von den anderen Haustieren. Es würde dabei nur deren Vorliebe für gewisse Stoffe zu berücksichtigen sein, sowie der Unterschied, welcher beim Stoffwechselprozess des Kaltblüters im Vergleich zu dem des Warmblüters in Betracht kommt. Immerhin wird die Schaffung oder Erhaltung der den natürlichen Verhältnissen am meisten entsprechenden Nahrung den Ertrag einer geregelten Wasserwirtschaft, sei es im selbständigen Fischereibetriebe, sei es als Teil einer landwirtschaftlichen Ökonomie am sichersten, namentlich auch in finanzieller Hinsicht, gewährleisten. In Erwägung aber des Umstandes, dass auf Grund jener Darmuntersuchungen nur ganz bestimmte Mikroorganismen des Wassers eigentliche Nahrung für die Fische sind —, in fernerer Erwägung, dass für eine günstige Entwicklung dieser wichtigen Lebewesen das Vorhandensein auch von anderen Planktonten bedingungslose Voraussetzung ist —, endlich in Erwägung, dass die Entfaltung einer an Arten reichen Planktonwelt einer gewissen Periodizität unterliegt

und im engsten Zusammenhange steht mit der Beschaffenheit des Wassers und der zu Gebote stehenden assimilierbaren Stoffe, ergibt sich die Notwendigkeit, dass für die geeignete Behandlung eines Fischgewässers die Beobachtung der mannigfaltigsten Umstände erforderlich ist, um alle Faktoren, welche die Produktivität der Gewässer in so zahlreicher Menge beeinflussen, in die Gewalt zu bekommen und in die für das erwünschte Fischwachstum günstigen Bahnen zu leiten.

Angesichts dieser zu berücksichtigenden Momente geben uns die vielseitigen Erfahrungen der Praxis im Verein mit den bisherigen Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung manche wertvolle Aufklärung über die verschiedenen biologischen Vorgänge, welche sich in einem natürlichen Gewässer abspielen, dem Auge des Beobachters nicht ohne weiteres sichtbar. So verdanken wir zunächst den zahlreichen und zum erstenmale systematisch durchgeführten Untersuchungen von Susta¹⁾ die Feststellung der Thatsache, dass der Karpfen sich mit Vorliebe von der tierischen Kleinwelt des Wassers ernährt. Der Darminhalt der zur Untersuchung gelangten Tiere, welche aus den verschiedensten Gewässern stammten, war in den weitaus meisten Fällen mit noch deutlich erkennbaren Hüpferlingen, Wasserflöhen, Insektenlarven etc. erfüllt. Den hin und wieder gefundenen Resten pflanzlicher Stoffe wurde eine geringere Bedeutung zugeschrieben; sie waren nach der Erklärung von Susta ebenso wie die nicht selten gefundenen Sand- und Schlammartikelchen nur zufällig oder zeitweise in Ermangelung eines besseren aufgenommen worden. Spätere Untersuchungen nach derselben Richtung, von Dröschner²⁾ u. A. aus-

¹⁾ Susta: Ernährung des Karpfens und seiner Teichgenossen. Stettin 1888.

²⁾ cfr. Circulare d. deutschen Fischerei-Vereins 1890 p. 148 und Landwirtschaftl. Annalen des mecklenburgischen patriotischen Vereins etc. 1892. Nr. 19 bis 22.

Zacharias: Die mikroskopische Organismenwelt des Süßwassers in ihrer Beziehung zur Ernährung der Fische. Jahresber. d. Zentral-Fischereivereins f. Schleswig-Holstein 1892/93.

Dr. Friç u. Dr. Vavra: Fauna der Gewässer Böhmens. Prag 1893.

Hartwig Huitfeld-Kaas: Plankton d. norwegischen Binnenseen. Biol. Centralbl. Bd. XVIII. Nr. 17.

Debschitz-Berneuchen: Kurze Anleitung zur Fischzucht in Teichen. Neudamm 1897.

Niklas: Lehrbuch der Teichwirtschaft.

Zacharias: „Die natürliche Nahrung der jungen Wildfische.“ Orientierungsblätter für Teichwirte und Fischzüchter, Nr. 1. 1896 u. Biol. Centralbl. Bd. XVI. Nr. 2 p. 60 u. Schriften d. sächs. Fischereivereins 1899, Nr. 25 p. 10.

Kafka: Untersuchungen über die Fauna der Gewässer Böhmens. 1892. p. 101.

geführt, ergaben gleichfalls das Resultat, dass die kleinen tierischen Lebewesen, besonders die Krebstierchen, für den Karpfen und auch für eine ganze Reihe anderer Fische das wichtigste Nährmaterial bilden, und dass namentlich junge Fische um so besser gedeihen und heranwachsen, in je reichlicherer Menge ihnen die Krustaceen zur Verfügung stehen. Es scheinen demnach von allen Planktonorganismen die Krustaceen das meiste Interesse zu beanspruchen und deren Pflege vom Standpunkte der Fischereiproduktion am empfehlenswertesten zu sein. Diese Annahme ist jedoch nicht ohne weiteres berechtigt; denn bei Verfolgung dieses Zweckes erlangen auch alle anderen Planktonbestandteile, sowohl Mikroflora als auch die niedrigsten Tierformen ihre unzweifelhaft wichtige Bedeutung, indem durch deren Thätigkeit bei der Assimilation der im Wasser befindlichen mineralischen und organischen Stoffe die Entwicklung von Krustaceen in günstigster Weise gefördert, beziehungsweise unterstützt wird. Beachten wir aber ausserdem, dass nach neueren Ermittlungen auch gewisse Algen von kleinen, sowie nicht minder von grösseren Karpfen und anderen Fischen als Nährmaterial nicht verachtet werden, — nach den Befunden von Istvánffi¹⁾ sind es sowohl grüne Algenfäden als auch einzellige Algen und Diatomeen — so müssen wir dem Plankton in seiner Gesamtheit als Ernährer der Fische eine genügende Beachtung schenken.

Rücksichtlich dieser Ueberlegung hat die Bestimmung der Planktonmasse sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Beziehung grosse Bedeutung für die Bonitierung eines für die Fischproduktion in Betracht kommenden Gewässers, und sind in diesem Sinne auch zahlreiche Untersuchungen angestellt worden. Vor allem haben die Forschungen der Botaniker und Zoologen, welche ein Interesse an der Lebewelt des Wassers haben, wichtige Aufschlüsse über Art und Verbreitung der Planktonorganismen geliefert, und in jüngster Zeit reiht sich diesen die Thätigkeit der biologischen Stationen an, durch deren Errichtung an grösseren binnenländischen Süsswasserbecken die Kenntnis der planktonischen Lebewesen direkt der Fischerei nutzbar zu machen versucht wird.

¹⁾ Istvánffi: Ueber natürliche Ernährung von Fischbrut. Ref. i. Deutsch. Fischerei-Zeitung 1894 p. 382.

Ferner: Zacharias: „Planktonforschungen in sächsischen Fischteichen.“ Schriften des sächs. Fischerei-Vereins Nr. 25, 1899, p. 17.

Knauth: „Untersuchung über Verdauung u. Stoffwechsel der Fische.“ Zeitschr. f. Fischerei, Heft 4, 1898.

Susta: Fünf Jahrhunderte der Teichwirtschaft zu Wittingau, p. 192 ff.

Viele der Arbeiten auf diesem Gebiete¹⁾ befassen sich zunächst mit der Feststellung und Diagnostizierung der in einem Gewässer sich vorfindenden Lebewesen, und die bisherigen Ergebnisse gestatten schon einen ziemlich umfassenden Ueberblick über die Reichhaltigkeit an Arten und Spezies, in denen die Organismen von der niedrigsten Form der Organisation an auftreten. Zacharias hat zusammen mit Strodttmann für die Seen von Holstein, Mecklenburg, Pommern und Westpreussen allein das Vorkommen von etwa 80 Spezies von Pflanzen und Tieren konstatiert.²⁾ Weiterhin ist festgestellt worden, dass diese zahlreichen Spezies keineswegs gemeinsam in einem Wasserbecken vertreten sind, dass sowohl die Mannigfaltigkeit als auch die Zahl derselben in den einzelnen Gewässern verschiedentliche Variationen zeigen, die in vielen Fällen so grosse sind, dass sie sogar zu einer biologischen Unterscheidung zwischen „See“ und „Teich“ geführt haben,³⁾ der neben jener vom hydrographischen Standpunkt aus, welche Foré⁴⁾ und Chodat⁵⁾ aufgestellt haben, eine Berechtigung nicht versagt werden dürfte. Nach Zacharias ist das Seeplankton durch Diatomeenreichtum und das Vorwiegen gewisser tierischer Lebewesen charakterisiert, während in Teichen, also flacheren Gewässern, die grünen pflanzlichen Schwebewesen in den Vordergrund treten. Dass bei diesen Unterschieden in der Verteilung der Planktonten in den einzelnen Gewässern ausser der Beschaffenheit des Wassers⁶⁾ selbst hauptsächlich die Tiefenverhältnisse⁷⁾ eine Rolle spielen, dürfte allein schon bei der Betrachtung der verschiedenen Lebensprozesse der Organismen erklärlich werden. Die grüne Mikroflora bedarf behufs

¹⁾ cfr. Klunzinger: „Die Lehre von den Schwebewesen des süssen Wassers.“ Charlottenburg 1897.

Zacharias: „Die Tier- und Pflanzenwelt des Süsswassers.“ Leipzig 1891.

Apstein: „Das Süsswasserplankton.“ Kiel u. Leipzig 1896, u. A.

²⁾ cfr. Vortrag von Zacharias im Bericht der XIV. Generalversammlung des westdeutschen Fischerei-Verbandes etc. 10. IX. 1898: „Ueber den Nutzen biolog. Stationen für Fischerei und Fischzucht.“ Ausserdem diese Berichte Nr. IV. — Apstein: Das Süsswasserplankton. — Dr. Seligo: Hydrobiologische Untersuchungen i d. Schriften d. naturforschend. Gesellschaft zu Danzig 1890.

³⁾ Zacharias: Biol. Centralbl. Bd XIX. Nr. 9, p. 313 u. Zoologischer Anzeig. 1898, Nr. 549, p. 24.

⁴⁾ Foré: Le Léman Vol. I u. II.

⁵⁾ Etudes de Biologie lacustre. 1898. p. 51.

⁶⁾ Zacharias: „Tier- und Pflanzenwelt des süssen Wassers“, Bd. I. p. 31.

⁷⁾ Strodttmann: „Bemerkungen über die Lebensverhältnisse des Süsswasserplankton.“ — Diese Berichte Heft 3. 1895.

cfr. Biol. Centralbl. Bd. XVIII. Nr. 17.

Ausübung ihrer Chlorophyllthätigkeit der Einwirkung des Lichtes, und geht ihre Entwicklung daher im seichten Wasser am besten vor sich, während die tieferen Stellen die Domäne der in dieser Beziehung anspruchsloseren Tiere, sowie auch der des Chlorophyllapparates entbehrenden Pflanzen sind. Ausserdem kommen aber dabei auch noch andere Einflüsse, wie Wellenschlag, Strömung etc. in Betracht, die im Extrem dann dem Flussplankton¹⁾ ein ganz eigenartiges Gepräge verleihen. Aus denselben Ursachen bildet sodann ein Gewässer für sich wiederum kein einheitliches Ganzes. An den Ufern hat man eine ganz andere Lebewelt konstatiert als in der Mitte der Gewässer, die ebenfalls wieder von den Schwebewesen der Tiefe verschieden ist. Schon Forcé hat bei seinen Untersuchungen am Genfer See diese Beobachtung gemacht und die Bezeichnungen: „littorale, pelagische und Tiefenregion“ gewählt.

Im Anschluss hieran sind bemerkenswert die phänologischen Studien, aus denen hervorgeht, dass die Periodizität, der sowohl pflanzliche als auch tierische Planktonbestandteile unterliegen, den Gewässern in den einzelnen Jahreszeiten ganz charakteristische Merkmale aufdrückt.²⁾ Nicht alle Organismen unterbrechen während der Winterzeit ihren Lebensprozess und treten in irgend einer Gestalt in einen Ruhestand, sondern es finden sich, auch wenn das Wasser mit Eis bedeckt ist, immer noch einige Lebewesen, die sich als unempfindlich gegen grössere Temperaturerniedrigungen erweisen.

Apstein nennt mehrere Rädertiere³⁾, die fast nur in den kälteren Monaten zahlreich anzutreffen sind, während sie bei Beginn der wärmeren Jahreszeit allmählich wieder verschwinden. Zu den ständigsten Bestandteilen des Planktons während des ganzen Jahres gehören von den Algen die Chroocaceen, Pediastrum und gewisse Diatomeen, von den Tieren namentlich die Copepoden und einige Rotatorienspezies. Viele andere Schwebewesen beteiligen sich aber nur periodisch an der Planktonzusammensetzung, und je nach der Jahreszeit, in der diese oder die andere Art ihr Maximum in der Entwicklung erreicht, unterscheidet man ein Frühjahr-, Sommer-, Herbst- oder Winterplankton. Nach den vielfachen Beobachtungen

¹⁾ cfr. Biolog. Centralbl. Bd. XVIII. Nr. 14.
Dr. Zimmer: Das tierische Potamoplankton.
Schröder: Planktologische Mitteilungen.

²⁾ Klunzinger: Lehre von den Schwebewesen. p. 143 ff.
Zacharias: Quantitative Untersuchungen über das Limnoplankton.
p. 48 ff.

Apstein: Das Süsswasserplankton. p. 106 ff.

³⁾ Apstein: Das Süsswasserplankton. p. 127.

von Zacharias¹⁾ spielt jedoch bei der Reduktion der Planktonmasse zu Beginn oder während der kälteren Jahreszeit weniger die Temperaturerniedrigung eine Rolle als vielmehr die Abnahme der Belichtung. In den Monaten März und April, wo die Wärme des Wassers gewöhnlich noch sehr gering ist, aber schon eine beträchtliche Zunahme der Intensität und Dauer der täglichen Belichtung stattfindet, ist die Mannigfaltigkeit und Zahl der Planktonten zumeist viel grösser als in dem relativ viel wärmeren Monat November, dessen tägliche Lichtmenge erheblich geringer ist. Diesem Einfluss unterliegen am meisten diejenigen pflanzlichen Organismen, deren Assimilationsfähigkeit infolge der Minderzahl und Kleinheit der Chlorophyllkörner an sich eine beschränkte ist, wogegen z. B. *Melosira* mit ihren grösseren und zahlreicheren Chromatophoren auch bei geringerer Lichtintensität noch hinreichende Lebensfähigkeit zeigt und daher unter Umständen auch während des ganzen Winters einen wesentlichen Bestandteil des Planktons bildet. Unter den gleichen Bedingungen gestaltet sich, wenn auch nur indirekt, die Periodizität der Mikrofauna, insoweit nämlich deren Lebensfähigkeit in irgend einem Zusammenhange steht mit derjenigen der Mikroflora, sodass für die Mannigfaltigkeit des Vorkommens der tierischen Schwebewesen die Temperatur ebenfalls nur von untergeordneter Bedeutung ist.

Diese Abhängigkeit der Planktonzusammensetzung von der Lichtstärke gilt jedoch in hervorragender Weise nur für Gewässer von grösserem Umfange, denn ganz im Gegensatz dazu weisen kleinere Seen und Teiche eine oft recht beträchtliche Reichhaltigkeit des Planktons auch während des Winters auf. Eine derartige Produktivität findet nach den Ausführungen von Zacharias²⁾ ihre Erklärung nur durch die Annahme, dass der Saprophytismus bei der Ernährung gewisser Algenspezies dieselbe Bedeutung erlangt wie bei derjenigen der chlorophyllfreien Schmarotzer. Da organische stickstoffhaltige Verbindungen in den kleineren Wasserbecken meist in sehr viel reichlicheren Mengen sich in gelöstem Zustande vorfinden als in den grösseren, so kann eine genügende Ernährung solcher Algen auf diesem organischen Wege wohl zu Stande kommen und ihre Vermehrung trotz der infolge des Lichtmangels stark herabgesetzten Assimilations-

¹⁾ Zacharias: Ueber die Ursache der Verschiedenheit des Winterplanktons in grossen und kleinen Seen. *Zoolog. Anzeiger* Bd. XXII, Nr. 577 u. 578 1899. — Ferner diese Berichte. 1899, Teil 7, pag. 64.

²⁾ *Zoologischer Anzeiger*, eod. loco. — Ferner: R. Lauterborn: Ueber die Winterfauna einiger Gewässer der Oberrheinebene. *Biolog. Centralbl.* Nr. 11, Bd. XIV. 1894.

thätigkeit ungehindert stattfinden, wobei gleichzeitig auch vielen tierischen Organismen die günstigen Existenzbedingungen erhalten werden. Die Möglichkeit einer solchen saprophytischen Lebensweise grüner Pflanzen beweisen die ausführlichen Versuche von Th. Bokorny¹⁾ und Beyeringk zu Genüge, wie auch die genetischen Untersuchungen von Prof. Ludwig²⁾ eine doppelte Ernährungsweise (Amphitrophie) der Algen sehr wohl rechtfertigen.

Bei beschränkten Nahrungsmengen ist auch dem Kampf um das Dasein ein gewisser Einfluss auf die jeweilige Zusammensetzung des Planktons zuzuschreiben. So werden die im Frühjahr in grossen Mengen vorhandenen und das Plankton fast allein beherrschenden Kieselalgen durch die im Juni und Juli sich mächtig entwickelnden und die zu Gebote stehenden Nährstoffe schneller assimilierenden grünen Algen verdrängt, die selbst wiederum in den Monaten August und September vor den nun ihr Maximum erreichenden Krebstierchen in den Hintergrund treten. In anderen Fällen kann sich aber auch bei Anwesenheit reichlicher Nahrungsstoffe und sonst günstiger Lebensbedingungen ein biologischer Gleichgewichtszustand herausbilden, so dass dann die vorhandenen Planktonorganismen in ziemlich gleichen Art- und Individuenmengen während des grössten Teiles des Jahres im Wasser verbreitet sind.

Alle diese in Betracht gezogenen Planktonstudien sind hauptsächlich an solchen Gewässern gemacht worden, die zum grössten Teile dem norddeutschen Tiefland angehören. Wenn dieselben auch durch ihre Unterschiede in den Tiefen- und Grössenverhältnissen ein recht anschauliches Bild geben von den vielseitigen äusseren Einflüssen, unter denen eine Planktonentwicklung zustande kommt bzw. sich gestaltet, so gestatten sie doch bei ihrem Mangel an grösseren Zuflüssen keine eingehenden Beobachtungen darüber, wie sich die Organismen gegenüber einer stärkeren Bewegung des Wassers verhalten. Die Flüsse und ihre Lebewelt³⁾ werden nach dieser Richtung hin zwar genügend Aufschlüsse geben können, jedoch wird man die hier auftretenden Erscheinungen nicht immer auch zugleich für Seen annehmen können, wenn diese sich auch betreffs der Wasserbewegung dem Charakter eines Flusses nähern. Die Kenntnisse derartiger Einflüsse werden durch die von Hartvig Huitfeldt-Kaas an norwegi-

¹⁾ Biol. Centralbl. 1897. Bd. XVII. Nr. 1 n. 2.

²⁾ Diese Berichte. 1899, Teil 7 u. Centralbl. f. Bakteriologie. II. Abth. II. Bd. p. 337 ff., ferner die Krüger'schen Versuche in Zopf's Laboratorium in Halle, siehe „Beiträge zur Physiologie u. Morphologie niederer Organismen“ von Zopf.

³⁾ Dr. Zimmer: Plankton des Oderstromes. Diese Berichte. 1899, Teil 7.

schen Binnenseen ausgeführten Untersuchungen wesentlich erweitert.¹⁾ Danach hat zunächst die Planktonwelt derjenigen Gewässer, welche nach Lage und Umgebung den holsteinischen, mecklenburgischen und westpreussischen Seen ähnlich sind, dieselbe Zusammensetzung, wie sie Apstein und Zacharias in ihrem Untersuchungsgebiet festgestellt haben. Dort ist ebenfalls geringe Tiefe des Wassers gepaart mit Planktonreichtum. Sobald aber das betreffende Gewässer das Sammelbecken eines umfangreichen Niederschlagsgebietes bildet oder der Wasserlauf eines grösseren Flusses sich in ihn ergiesst, verlieren die günstigen Tiefenverhältnisse ihren guten Einfluss. Die pflanzlichen Planktonten vermögen sich bei den raschen Wassererneuerungen und den damit verbundenen Abkühlungen nicht genügend zu entwickeln und verschwinden auch im flachen Wasser, desgleichen wird die Mikrofauna dadurch erheblich vermindert. Hartvig Huitfeldt-Kaas führt für derartige Beobachtungen mehrere Beispiele an, aber auch solche für das Gegenteil, wo Seen trotz bedeutender Höhenlage (700—1000 m über dem Meere) sehr planktonreich sind, da ihr Niederschlagsgebiet sehr minimal ist.

In Verbindung mit diesen qualitativen Untersuchungen der Schwebewesen haben auch die quantitativen Messungen ihre Bedeutung, insofern sie annähernd Aufschluss geben über die Produktionsfähigkeit eines Gewässers in der Planktonerzeugung. In jüngster Zeit bilden derartige Bestimmungen den hauptsächlichsten Arbeitsgegenstand der biologischen Stationen, und wird durch deren Thätigkeit eine immer grössere Nutzbarkeit der dabei in Anwendung kommenden Methoden angestrebt.²⁾ Die Planktonmengen, welche nach dem Vorgange von Hensen³⁾ mittelst besonderer Fangapparate (Netze) durch vertikales Fischen gewonnen werden, gelangen auf dreierlei Weise zur Auswertung: Durch Volumenmessung, Gewichtsbestimmung und durch das Zählverfahren. Dadurch erhält man zunächst Angaben über die absoluten Planktonmengen, welche zu einer bestimmten Zeit im Wasser

¹⁾ Biolog. Centralbl. Bd. XVIII. Nr. 17. Plankton in norwegischen Binnenseen von Hartvig Huitfeldt-Kaas.

²⁾ Zacharias: Quantitative Untersuchungen über das Linnoplankton. Klunzinger: Lehre von den Schwebewesen.

Apstein: Das Süsswasserplankton.

Frenzel: Planktonmethodik,

³⁾ Hensen: Ueber Bestimmungen des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen u. Tieren. 5. Bericht d. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung d. deutschen Meere 1887.

Ders.: Methodik der Untersuchung b. Plankton-Expedition. Ergebnisse der Plankton-Expedition 1895.

vorhanden sind. Nach Zacharias¹⁾ nimmt die monatliche Durchschnittsproduktion an Plankton von März bis August stetig zu, um von da ab bis zum Februar im gleichen Verhältnis wieder abzunehmen. Weiterhin wird aber auch und zwar durch das Zählverfahren festgestellt, in welchen Mengen die einzelnen Arten der Schwebewesen während des ganzen Jahres sich an der Zusammensetzung des Planktons beteiligen. Die bisherigen Resultate derartiger quantitativer Bestimmungen des Planktons haben im wissenschaftlichen Interesse zwar wertvolle Ergänzungen für die qualitativen Untersuchungen geliefert, indem sie das Bild von dem Entstehen und Werden der Lebewelt im Wasser wesentlich vervollständigten, für die Praxis selbst aber würde eine Vereinfachung der Untersuchungsmethoden empfehlenswert sein. Denn abgesehen davon, dass derartige Quantitativfänge und ihre Bewertung nach dem Vorkommen sämtlicher Lebewesen nur von Sachverständigen mit wünschenswerter Genauigkeit ausgeführt werden können, so haben für die Ernährung der Fische, bezw. für ihre günstige Lebensbedingungen nur einige bestimmte Arten der Mikroorganismen grössere Bedeutung. Eine Bonitierung und Wertschätzung der Gewässer nach dem Vorhandensein dieser Lebewesen dürfte daher den Anforderungen der Praxis völlig genügen.

Bei Betrachtung aller bisherigen, hier nur in grossen Zügen wiedergegebenen Planktonstudien, so mannigfaltig und vielseitig diese auch nach den verschiedensten Richtungen ausgeführt worden sind, um alle Einflüsse kennen zu lernen, welche die Entwicklung der Mikrofauna und -flora hindern oder fördern, lassen sich unzweifelhaft noch manche wichtige Fragen aufstellen und lösen. So finden sich in der Litteratur nur wenige Angaben über das Nahrungsbedürfnis der einzelnen Organismen, bezw. über die Art der Nahrungstoffe, welche von denselben mit Vorliebe aufgenommen werden, und deren Vorhandensein daher die Lebensbedingungen der betreffenden Individuen ausserordentlich günstig gestalten würde. Die Würdigung solcher Einflüsse besteht meistens nur in einer einfachen Registrierung der beobachteten Erscheinungen, dass nämlich bei Anwesenheit und Zufluss gewisser Stoffe, besonders organischer Natur, eine reichliche Planktonwelt sich zu entwickeln pflegt. So konstatiert Schorler²⁾ bei seinen Untersuchungen des Elbwassers eine reichliche Pilz- und Bakterienvegetation in der Nähe des Eintritts der Abwässer, der sich im weiteren Umkreise Algen verschiedenster Art angliedern. Susta

¹⁾ Zacharias: Limnoplankton. p. 6 ff.

²⁾ Zeitschrift für Gewässerkunde. Jahrgang 1898. Heft 1 und 2. Sonderabdruck.

weist in seinem Buche „Die Ernährung des Karpfens und seiner Teichgenossen“¹⁾ besonders darauf hin, dass durch die Zuführung organischer Stoffe (wie Jauche, Latrinendünger etc.) die Kleintierwelt der Gewässer sich ausserordentlich stark entwickelt, dass namentlich das reichliche Vorhandensein der stickstoffhaltigen Stoffe der Produktion natürlicher Fischnahrung ausserordentlich vorteilhaft ist. Er führte daher in Wittigau die regelmässige Düngung der Teichgewässer ein, wobei er die Ausnutzung der Dungstoffe durch Fischproduktion ebenso hoch veranschlagt, wie die durch den Anbau von landwirtschaftlichen Früchten auf dem Acker. Aehnliche Beobachtungen über reichliche Planktonentwicklung, namentlich der Mikrofauna, werden von vielen anderen mitgeteilt, so z. B. von Karl Knauth²⁾, welcher der Zufuhr aller nur erreichbaren düngenden Abflüsse zu den Weihern das Wort spricht und darauf hinweist, dass durch den Auftrieb von Geflügel aller Art auf das Wasser grosse Schwärme von Krustaceen erzeugt werden. Auf den qualitativ und quantitativ guten Effekt einer Düngung mit organischen Stoffen basieren auch die Erfolge der Bewirtschaftung der Teiche nach dem Dubisch-Verfahren; denn die zeitweise Trockenlegung, bezw. Sömmerung der Gewässer bedeutet nichts anderes, als die Anreicherung des Teichbodens mit organischen Stoffen, der zu Folge dann nach der Bespannung eine lebhaftere Mikrofaunenwelt entsteht. Bekanntlich sind ausserordentlich planktonreich die Dorfteiche,³⁾ denen aus den umliegenden Gehöften und durch die Nähe des Viehes allerhand wertvolle Dungstoffe in reichlicher Menge zufließen und die daher trotz manchmal ausserordentlich schlechten Untergrundes die besten Fischgewässer in der Produktivität übertreffen.

Alle diese beobachteten Erscheinungen lassen den Schluss zu, dass die Gegenwart organischer Stoffe für die Entstehung einer Mikro-

¹⁾ S. d. p. 131 ff. — Vgl. auch die Berichte über die Trachenberger Versuchsdüngungen, diese Berichte 1897 Teil 5: Biolog. Beobachtungen auf den Versuchsteichen des Schlesischen Fischerei-Vereins zu Trachenberg von Zacharias.

²⁾ cfr. Landwirtschaftl. Presse 1896 p. 523 u. 825, ferner: Untersuchungen über Verdauung und Stoffwechsel der Fische. Separatum d. Zeitschr. f. Fischerei und deren Hilfswissenschaften. Mitteil. des Deutschen Fischerei-Vereins 1897. Heft 5 u. 6, ausserdem die Litteraturangaben in den dortigen Fussnoten, p. 192 ff.

Debschitz-Berneuchen: Kurze Anleitung etc.

³⁾ Walter: Bewirtschaftung und Ausnutzung der kleinen Dorf- u. Haus-teiche. Zeitschr. f. Fischerei 1897, Heft 1, V. Jahrg. und: „Versuch, die teichwirtschaftl. Station zu Trachenberg unmittelbar für die Praxis nutzbar zu machen.“ Heft V d. Zeitschr. f. Fischerei u. deren Hilfswissenschaften 1896. — Desgl. auch Zacharias' Vortrag im Jahresber. d. Central-Fischereivereines zu Schleswig-Holstein 1893 p. 15.

organismenwelt ausserordentlich günstig ist, und diese Thatsache wird in vielen Fällen für die praktischen Massnahmen auch ohne weiteres genügen, da dadurch der vorteilhafte Einfluss einer Düngung der Teiche in das beste Licht gerückt wird. Trotzdem wird es nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern auch unter Umständen von praktischem Nutzen sein, festzustellen, inwiefern die einzelnen Organismen direkt an der Aufnahme und Assimilation der zugeführten Stoffe beteiligt sind, bezw. welche Konzentrationen der düngenden Zuflüsse dem Leben einzelner Arten überhaupt zuträglich sind. Bei Betrachtung der verschiedenartigen Organisation, in welcher die Lebewesen von der niedrigsten Stufe an ein Gewässer bevölkern, ergibt sich ungezwungen die Annahme, dass die vorhandenen oder zugeführten Stoffe je nach dem Grade ihrer Zersetzung von Lebewesen einfacherer oder komplizierterer Natur aufgenommen und in neue Körpersubstanz umgesetzt werden. Es würde daher die Entwicklungsmöglichkeit der verschiedenen Lebewesen in gewissem Grade abhängig sein von dem Zustande der zugeführten Dungstoffe. Für die Ausführung der Düngung selbst hat die Kenntnis von der bestzulässigen Konzentration, in der man die betreffenden Substanzen giebt, grosse Wichtigkeit, da bei zu starken Gaben die Lebensfähigkeit gewisser Organismen ebenso geschädigt, wie durch zu starke Verdünnungen der Nährstoffe der angestrebte Zweck nicht erreicht werden kann.

Mit einigen pflanzlichen Planktonten sind im Interesse der botanischen Wissenschaften mehrfach Ernährungsversuche angestellt worden. Ueber das Nährstoffbedürfnis der Kleintierwelt finden sich seltenere Angaben. So erwähnt Susta¹⁾ die nur gelegentlich gemachte Beobachtung von der Aufnahme von Infusorien durch Krustaceen. Vosseler²⁾ charakterisiert die freilebenden Copepoden als Allesfresser, da sie sowohl pflanzliche als auch tierische Substanzen annehmen; in manchen Fällen wurde beobachtet, dass die Mütter die Jungen aufessen. Apstein³⁾ bringt die Notiz, dass er die Alge *Melosira* im Darm von Bosminen, Daphniden und Diaptomus mehrfach beobachtet hat und sieht dieselbe daher als Nahrung für diese Tiere an. Ausserdem ist in der Litteratur noch hier und da eine Bemerkung⁴⁾ über

¹⁾ cfr. „Ernährung des Karpfens“ p. 60.

²⁾ Siehe den betreffenden Abschnitt in Zacharias': „Tier- und Pflanzenwelt des süssen Wassers“ p. 351 Bd. I.

³⁾ Apstein: Süswasserplankton. p. 146.

⁴⁾ Zacharias: „Planktonforschung in sächs. Fischteichen.“ Schriften des sächs. Fischerei-Vereins. Nr. 25, 1899, p. 33.

Zacharias: Biolog. Centralbl. XVI. Nr. 2, p. 66. — Ferner diese Be-

zufällig gemachte Beobachtungen ähnlicher Art eingestreut; nirgends jedoch finden sich Angaben über Resultate von nach dieser Richtung angestellten Versuchen.

Bei meinen Arbeiten im tierphysiologischen Institut der Königlichen Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin habe ich mich mit derartigen Versuchen eingehend beschäftigt. Durch geeignete Kulturversuche in Gefässen suchte ich Aufschluss zu erhalten über das Nährstoffbedürfnis einer der am häufigsten vorkommenden einzelligen Planktonalgen; ferner habe ich den Einfluss verschiedener Konzentrationen mineralischer sowohl, als auch organischer Stoffe auf das Gedeihen dieser Alge geprüft. Von den tierischen Lebewesen wählte ich als Versuchsobjekt die Kriebstierchen, speziell die Daphnien, welchen ich in Gefässen verschiedene Nährstoffe zur Verfügung stellte, um unter Ausschluss aller der anderen, in den freien Gewässern in grosser Zahl mitspielenden Einflüsse die Ernährungsweise dieser Tiere im Einzelnen kennen zu lernen.

I.

Bei einem Vergleich der planktonischen Algenwelt verschiedener Gewässer unter einander ergeben sich oft erhebliche Unterschiede nicht nur in der absoluten Menge der vorhandenen Individuen, sondern auch besonders in der Art der Zusammensetzung. Abgesehen von den wechselnden äusseren Einflüssen sind es die verschiedenen Mengen und die Beschaffenheit der im Wasser zu Gebote stehenden Nahrungstoffe, welche die Mikroflora beeinflussen und ihr einen verschiedenen Artcharakter erteilen, ähnlich wie auf dem Trocknen die ungleichen Eigenschaften des Bodens das Vorherrschen der einen oder anderen Art der wildwachsenden Landflora veranlassen. Man wird daher das qualitative und quantitative Nährstoffbedürfnis der einzelnen Algenarten nicht unter einem einzigen Gesichtspunkte betrachten können. Vielfach ist angenommen worden, dass die für die höheren phanerogamen Pflanzen als unbedingt notwendig konstatierten Nährelemente ebenso nötig sind für die Ernährung der kleinen Süßwasseralgen. Wenn auch der biologische Prozess bei der Entwicklung höherer Pflanzen im wesentlichen identisch ist mit demjenigen der niederen, so kann angesichts der grossen morphologischen und anatomischen Unterschiede zwischen Phanerogamen und Thallophyten doch nicht der Gedanke zurückgewiesen werden, dass auch bei den physiologischen Vorgängen im Leben dieser beiden Pflanzengruppen Verschiedenheiten zu Tage treten, dass bei der Kleinheit und geringeren Kompliziertheit der Algen möglicherweise auch einfachere Lebens- und Ernährungsbedingungen in Betracht kommen. Unbedingte Gewissheit in diesen Fragen wird sich nur aus direkten Kulturversuchen mit Algen ergeben. Da jedoch, wie im folgenden noch näher ausgeführt werden wird, zwischen den Algenarten selbst gewisse Unterschiede in den Ansprüchen an die Nährelemente hervortreten, können derartige Untersuchungen immer nur mit einer bestimmten Art angestellt werden.

Für meine Versuche speziell habe ich eine einzellige Alge gewählt, welche als Bestandteil des Planktons insofern besonderes

Interesse beansprucht, als sie in den meisten Seen und Teichen besonders in Dorfteichen vorkommt und dort neben *Euglena* hauptsächlich die grüne Farbe des Wassers verursacht. Es ist dies nach der Diagnose von Herrn Dr. Kolkwitz, Privatdozenten an der Berliner Universität, eine Protococceacee und zwar *Chlorella* sp. Diese Alge besteht aus einer mikroskopisch kleinen intensiv grün gefärbten Zelle, deren viele sich zu grösseren oder kleineren Zellkomplexen, Coenobien genannt, vereinigen. Unter günstigen Umständen vermehren sich diese Zellen ausserordentlich und sehr üppig. Bei der Kleinheit des Gebildes und der Vorliebe desselben für organische Nahrung ist die Isolierung und Reinkultur dieser Protococceacee nicht ohne Schwierigkeit und gelingt erst nach mehrmaligem, vorsichtigem Ueberimpfen auf einen gut zubereiteten und nur mit mineralischen Stoffen hergestellten Agar-Agarnährboden.

Um nun zunächst das Nährelementebedürfnis dieser Alge festzustellen, benutzte ich eine Minerallösung, wie sie Molisch¹⁾ zur Kultur von Mikrothamnion anwendete, und zwar derart, dass ich ebenso wie er ein Gefäss mit der vollständigen, sämtliche Nährelemente enthaltenden Lösung ansetzte und ausserdem noch sieben andere Gefässe, in denen je eins der Elemente fehlte. Diese 8 Nährlösungen waren wie folgt zusammengesetzt:

Nr. 1. Vollständig.	Nr. 2. Ca — frei.
200 cem dest. Wasser	200 cem dest. Wasser
0.16 gr. KNO_3	0.16 gr. KNO_3
0.08 „ $\text{PO}_4 \text{KH}_2$	0.08 „ $\text{PO}_4 \text{KH}_2$
0.08 „ Mg SO_4	0.08 „ Mg SO_4
0.08 „ Ca SO_4	— „ Ca SO_4
Spur Eisenvitriol.	Spur Eisenvitriol.
(2 Tropfen einer 1 ⁰ / ₆ Lös.)	
Nr. 3. P — frei.	Nr. 4. N — frei.
200 cem dest. Wasser	200 cem dest. Wasser
0.16 gr. KNO_3	— gr. KNO_3
— „ $\text{PO}_4 \text{KH}_2$	0.08 „ $\text{PO}_4 \text{KH}_2$
0.08 „ Mg SO_4	0.08 „ Mg SO_4
0.08 „ Ca SO_4	0.08 „ Ca SO_4
Spur Eisenvitriol.	Spur Eisenvitriol.

¹⁾ cfr. Sitzungsber. d. naturwissenschaftl.-mathem. Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien. 1895, Bd. CIV. I. p. 763 ff

Nr. 5. K — frei.
 200 cem dest. Wasser
 0.16 gr. $\text{PO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{H}$
 0.08 „ Mg SO_4
 0.08 „ Ca SO_4
 Spur Eisenvitriol.

Nr. 6. Mg — frei.
 200 cem dest. Wasser
 0.16 gr. $\text{PO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{H}$
 0.08 „ $\text{PO}_4 \text{KH}_2$
 0.08 „ Ca SO_4
 Spur Eisenvitriol.

Nr. 7. S — frei.
 200 cem dest. Wasser
 0.16 gr. $\text{PO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{H}$
 0.08 „ $\text{PO}_4 \text{KH}_2$
 0.08 „ Mg $(\text{NO}_3)_2$
 0.08 „ $\text{P}_2 \text{O}_8 \text{Ca}_3$
 Spur Eisenvitriol.

Nr. 8. Fe — frei.
 200 cem dest. Wasser
 0.16 gr. $\text{PO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{H}$
 0.08 „ $\text{PO}_4 \text{KH}_2$
 0.08 „ Mg SO_4
 0.08 „ Ca SO_4
 Kein Eisenvitriol.

Molisch hat, um die Möglichkeit jeder, auch der geringsten Verunreinigung auszuschliessen, bei seinen Kulturversuchen die Vorsicht gebraucht, die Gefässe (Erlenmeyer-Kolben) inwendig mit Paraffin auszukleiden, sodass von der Glassubstanz nichts in Lösung übergehen konnte; ferner hat er die zur Verwendung kommenden Mineralsalze vorher noch mehrere Male umkrystallisiert. Ich selbst beschränkte mich bei meinen Versuchen zunächst nur auf eine möglichst subtile Reinigung der Glasgefässe (Kochkolben von gewöhnlicher Form), welche mit reinen Wattepfropfen sorgfältig verschlossen wurden, und auf die Verwendung der zu diesem Zwecke besonders als garantiert chemisch rein gekauften Mineralsalze von der Chemischen Fabrik auf Aktien (vorm. Schering) zu Berlin. Um jedoch der beabsichtigten Ausschliessung des betreffenden Elementes sicher zu sein, wurde von jeder der fertig gestellten Nährlösungen eine Probe entnommen und diese einer chemischen Prüfung unterzogen. Die mikroskopische Untersuchung der zur Verwendung kommenden Impfmasse ergab stets, abgesehen von nur spurenweise vorhandenen, kaum in Betracht kommenden Beimengungen von Bakterien und kleinen Pilzfäden, das alleinige Vorhandensein der betreffenden grünen Alge Chlorella. Nachdem jede Probe in destilliertem Wasser ausgewaschen worden war, wurde sie den einzelnen Gefässen einverleibt. So erhielt ich jedenfalls für die ersten 8—14 Versuchstage (28. Juni bis 12. Juli) ein völlig klares Bild von der Vegetation.

Es zeigte sich nämlich während dieser Zeit nicht die geringste Spur einer Algenentwicklung in den Gefässen Nr. 3 bis 8, die Flüssig-

keiten blieben völlig klar und durchsichtig, auch trat keine Trübung durch pilzliche und bakterielle Entwicklung ein, obwohl diese Organismen, wenn auch in geringer Menge, unzweifelhaft gemeinsam mit der Impfmasse hineingelangt waren. In Nr. 1 und 2 (vollständig und Ca-frei) dagegen wurde schon vom zweiten Züchtungstage ab eine deutliche tagtäglich zunehmende Ergrünung sichtbar, ein Zeichen, dass hier die *Chorella* die ihr günstigen Ernährungsbedingungen vorfand. Mehrfache mikroskopische Untersuchungen ergaben, dass im wesentlichen nur die verwendete *Protococcacee* in der Nährflüssigkeit vorhanden war; Pilze und Bakterien fehlten zwar auch nicht, jedoch verschwanden diese fast in der Masse grüner Zellen. Eine chemische Prüfung der Flüssigkeit in Gefäß Nr. 2 mittels oxalsauren Ammoniums ergab auch noch am 14. Tage der Beobachtung das Fehlen des Calciums, ein Beweis, dass während dieser Zeit eine wesentliche Auflösung von Glassubstanz nicht stattgefunden hat, wie es sich ja auch in dem Ausbleiben einer jeglichen Vegetation in den Gefäßen Nr. 3 bis 8 zeigte. Hier waren offenbar durch das Fehlen des einen oder anderen wichtigen Elementes die Bedingungen einer Algenentwicklung nicht erfüllt.

Diese Versuchsreihe ergab daher zunächst das Resultat, dass die *Chlorella* zu ihrem Wachstum das Calcium als Nährelement nicht nötig hat, da sie in der Ca-freien Lösung ebenso üppig sich entwickelte wie in der vollständigen Nährflüssigkeit. Dasselbe Resultat erzielte auch Molisch bei seinen Ernährungsversuchen mit *Mikrothamnion*.¹⁾ Diese Alge zeigte ebenfalls in Ca-freier Nährlösung eine üppige und der in der vollständigen Lösung gewachsenen in nichts nachstehende Vegetation. Aehnliche Bedürfnislosigkeit für Ca-Nahrung stellte Molisch auch noch für drei andere Algen fest (*Stichococcus*, *Ulothrix*, *Protococcus*).²⁾ *Spirogyra* und *Vaucheria* gediehen jedoch ohne Calcium nicht; dieselben gingen in Ca-freier Nährlösung zu Grunde.

Loew,³⁾ welcher für gewisse niedere Pilze und Algen (*Palmella*) ebenfalls eine Bedürfnislosigkeit bezüglich dieses Nährelementes konstatierte, schreibt dem Calcium eine Beteiligung nicht nur lediglich an den

¹⁾ Molisch: Ernährung von Algen, Sitzungsber. der Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1896, 104. I. p. 792 ff.

²⁾ Diese letztere der drei Algen führt Molisch nur mit dem einfachen obigen Namen an, sodass nicht zu erkennen ist, ob diese identisch ist mit *Chlorella*, wahrscheinlich ist es eine nahe Verwandte derselben.

³⁾ cfr. Botan. Centralbl. Bd. 74 p. 257 ff. „Ueber physiologische Funktion der Ca-Salze“ von O. Loew.

Stoffwechselfvorgängen zu (Bildung von Kalkoxalaten), sondern auch an der Konstituierung des Zellkerns und der Chloroplasten (Bildung einer Ca-Protein-Verbindung). Je höher ein pflanzlicher Organismus steht, um so komplizierter ist die Struktur von Zellkern und Chloroplasten, zu deren Bildung solche Pflanzen (z. B. schon Spirogyra) das Calcium nötig haben. Die einfacher organisierten Pilze und Algen jedoch können dieses Element entbehren, und ist ihnen daher auch die Gegenwart gewisser Mengen Oxalsäure wenig schädlich.¹⁾

Alle anderen Nährelemente sind jedoch unbedingt für das Wachstum der Chlorella erforderlich, ebenso wie sie auch für die Entwicklung der Pilze als notwendig sich herausgestellt haben. Namentlich ist dies für das Nährelement Stickstoff bemerkenswert, da in den 8—14 Beobachtungstagen in dem N-freien Gefäss durchaus keine Spur von beginnender Ergrünung zu bemerken war, woraus sich ergibt, dass weder der freie noch der gebundene Stickstoff der Atmosphäre während dieser Zeit auch nur im geringsten etwas zur Ernährung der Alge beizutragen vermochte, obwohl doch dessen Zutritt durch den Wattepfropfen keineswegs gehindert war.

Um festzustellen, ob Stickstoff in Form von Ammoniumsalzen oder als Nitrat die Alge am besten ernährt, wurden zwei Gefässe mit vollständiger Molisch-Lösung angesetzt und zwar das eine mit KNO_3 , das andere statt dessen mit $\text{PO}_4(\text{NH}_4)_2 \text{H}$. In den ersten drei Tagen war ein merklicher Unterschied nicht zu konstatieren; erst als die Vegetation soweit vorgeschritten war, dass man die grüne Färbung des Gefässes schon in einiger Entfernung bemerken konnte (etwa nach 8—10 Tagen), war die Flüssigkeit mit $\text{PO}_4(\text{NH}_4)_2 \text{H}$ bedeutend intensiver grün gefärbt, als die mit KNO_3 — derselbe Versuch noch einmal zur Kontrolle wiederholt, ergab dasselbe Resultat — sodass anzunehmen ist, dass die Ammoniumverbindungen die Alge mit Stickstoff besser zu versorgen vermögen, als die salpetersauren Salze, eine Beobachtung, die nicht übereinstimmt mit derjenigen an höheren grünen phanerogamen Pflanzen, die nachweislich die salpetersauren Salze besser auszunutzen imstande sind, als Stickstoff in Form des Ammoniaks.

Obige Schlussfolgerung erschien mir daher nicht ohne weitere Prüfung zulässig, ausserdem zeigten auch beide Flüssigkeiten verschiedene Reaktionen, jene mit KNO_3 infolge des Vorhandenseins von Monokaliumphosphat reagierte schwach sauer, diese mit Di-Am-

¹⁾ cfr. Münchner mediz. Wochenschrift Nr. 32. 9. Aug. 1892, p. 570 ff. „Ueber Giftwirkung der Oxalsäure u. ihrer Salze“ von O. Loew.
Berichte a. d. Biolog. Station z. Plön VIII.

moniumphosphat schwach alkalisch. Es konnte daher der Einwand, dass die Acidität der mit KNO_3 gegebenen Nährflüssigkeit Ursache der geringeren Vegetation sei, nicht ohne Berechtigung erhoben werden, zumal es ja bekannt ist, dass auch die Landpflanzen auf saurem Untergrunde trotz aller sonstigen günstigen Umstände schlechter gedeihen. Um also hierüber die gewünschte Aufklärung zu erhalten, stellte ich nochmals vier Nährflüssigkeiten her und zwar die erste, wie gewöhnlich nach Molisch, mit KNO_3 , die saure Reaktion zeigte; in der zweiten wurde KNO_3 durch $\text{PO}_4(\text{NH}_4)_2 \text{H}$ ersetzt, diese Lösung war schwach alkalisch; die dritte war ebenso zusammengesetzt, wie die erste; jedoch mit einigen Tropfen verdünnter Kalilauge neutralisiert; die vierte endlich erhielt dieselben Salze, wie die zweite und wurde mittels verdünnter Schwefelsäure neutralisiert. Die Herstellung dieser Nährflüssigkeiten, ebenso das Hinzufügen der Impfmasse geschah unter den schon früher geschilderten Vorsichtsmassregeln. In den ersten 3—5 Tagen der Beobachtung war in allen 4 Gefässen ein Unterschied an der nach und nach sich entwickelnden Vegetation kaum bemerkbar, erst vom achten Tage ab liessen sich aus den Intensitäten der Ergrünung Schlüsse auf die Wirkung der verschiedenen Nährlösungen ziehen und zwar derart, dass die grüne Vegetation am besten in der schwach alkalisch gebliebenen Flüssigkeit des Gefässes Nr. 2 mit dem $\text{PO}_4(\text{NH}_4)_2 \text{H}$ -Salz gedieh, während sie in Gefäss Nr. 1 mit der saueren Reaktion wohl sehr gut sichtbar war, jedoch gegen Nr. 2 bedeutend im Rückstand blieb. In den neutralen Gefässen Nr. 3 und 4 war die Intensität der grünen Farbe wohl schwächer als in Nr. 2, jedoch immerhin erheblicher als in Nr. 1, sie hielt ungefähr die Mitte zwischen Nr. 2 und 1. Hingegen war in diesen beiden Gefässen Nr. 3 und 4 selbst wiederum ein Unterschied in der Vegetation bemerkbar. In Nr. 4 gedieh die Chlorella augenscheinlich viel besser, als in Nr. 3, und wird dadurch jedenfalls bestätigt, dass Ammoniumverbindungen diese Alge besser ernähren, als salpetersaure Salze. Ferner lehrt diese Versuchsreihe, dass die Chlorella eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber saueren Nährflüssigkeiten zeigt, dass sie in neutraler Lösung jedenfalls sich wohler befindet, am meisten aber die schwach alkalische Reaktion bevorzugt. Bemerkenswert ist auch die Beobachtung, dass nach mikroskopischer Untersuchung in Gefäss Nr. 1, also in der saueren Lösung, viel mehr pilzliche Vegetation vorhanden war als in der alkalisch reagierenden Flüssigkeit des Gefässes Nr. 2. Molisch¹⁾)

¹⁾ Sitzungsber. der naturwissenschaftl.-mathem. Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1896. CV. Bd. Abteil. I. p. 634.

konstatierte ebenfalls bei seinen Algen eine Empfindlichkeit gegen Acidität der Nährlösungen, die bei einigen Arten, z. B. bei *Spirogyra*, *Vaucheria*, *Cladophora*, *Oedogonium* und *Oscillaria*, sogar soweit ging, dass diese Algen in schwach sauren Flüssigkeiten nicht nur kränkelten, sondern auch bald abstarben; andere dagegen, z. B. *Stichococcus*, *Protococcus*, verhielten sich zwar resistenter, immerhin war auch bei ihnen eine schwache Alkalescenz der Nährlösung weit vorteilhafter. Zu bemerken ist hierbei, dass die Acidität der Nährlösung, in welcher die Molisch'schen Algen und ebenso meine *Chlorella* noch gediehen, sehr schwach war; ein hineingeworfenes Stückchen blaues Lackmuspapier rötete sich erst nach 10 bis 20 Minuten. Trat die Reaktion sehr viel schneller ein, so unterblieb auch jede *Chlorella*-Vegetation. In gleicher Weise erwies sich eine stärkere Alkalescenz als schädlich; nur bei sehr schwacher Reaktion äusserte sich die oben beschriebene günstige Wirkung auf das Gedeihen der Algen.

Wie schon oben hervorgehoben war, unterblieb infolge des Mangels an je einem der wichtigen Nährelemente in den Gefässen Nr. 3 bis 8, in jener Versuchsreihe mit den verschiedenen Nährlösungen nach Molisch, vorläufig eine jegliche Entwicklung der *Chlorella*. Dies gilt aber nur für die ersten 14 Tage der Beobachtung. Als die Gefässe längere Zeit in derselben Verfassung stehen blieben, konnte man auch bei ihnen eine allmähliche Ergrünung wahrnehmen; nur die N-frei gebliebene Nährlösung Nr. 4 blieb auch nach neun Wochen noch völlig farblos. Offenbar war nun von der Glassubstanz der Gefässe etwas in Lösung gegangen, so dass dadurch der vorher beabsichtigte Mangel an je einem Element in den Nährlösungen Nr. 3, 5, 6, 7 und 8 aufgehoben wurde. In diesen Gefässen setzten sich die Algen hauptsächlich an den Wandungen an, sodass diese nach längerer Zeit mit einer dicken grünen Schicht überzogen waren, die sich durch Wasserabspülungen allein nicht mehr entfernen liess. In den Gefässen Nr. 1 und 2, wo die Algenvegetation vom ersten Tage des Versuches an begonnen hatte, war dieses in bedeutend geringerem Masse und auch erst viel später zu bemerken, und man kann annehmen, dass die *Chlorella*-Algen in den Gefässen Nr. 3, 5, 6, 7 und 8 sich deshalb vornehmlich an den Glaswänden entwickelten, weil ihnen dort beim Auflösen von Glassubstanz die günstige Zusammensetzung der Nährlösung viel eher zur Verfügung stand als in der Mitte der Gefässe.

Der Fortschritt der nachträglich eingetretenen Vegetation in den Gefässen Nr. 3, 5, 6, 7 und 8 war natürlicherweise gemäss den minimalen Mengen, welche von dem Glase in Lösung gingen, zunächst

ein äusserst langsamer und keineswegs in allen Gefässen gleichmässig. Am besten war die Entwicklung in der ersten Zeit in Nr. 5, welches K-frei geblieben war und in der eisenfreien Lösung Nr. 8; diesen schlossen sich an Nr. 6 (Mg-frei) und Nr. 7 (S-frei); am weitesten blieb Nr. 3 (P-frei) zurück. Nach der fünften Woche war jedoch die Vegetation in allen Gefässen ziemlich gleichmässig und nach der achten Woche, nach der Intensität der grünen Farbe zu urteilen, viel besser und stärker als in den Gefässen Nr. 1 und 2, deren Vegetation doch schon um beinahe vierzehn Tage früher begonnen und nach diesen acht Wochen noch keineswegs aufgehört hatte. Dies konnte seinen Grund einmal darin haben, dass die Nährlösungen Nr. 3, 5, 6, 7 und 8 nicht sauer reagierten, wie Nr. 1 und 2, denn Nr. 3 war neutral, Nr. 5, 6, 7 und 8 dagegen alkalisch, und wie schon früher an der Hand geeigneter Versuche ausgeführt wurde, wirken neutrale und schwach alkalische Flüssigkeiten viel günstiger auf die Entwicklung der Chlorella als saure Flüssigkeiten. Ferner wird man aber auch den geringeren Konzentrationen, die die Nährlösungen Nr. 3, 5, 6, 7 und 8 wenigstens dem Gefäss Nr. 1 gegenüber hatten, diesen günstigen Einfluss zuschreiben können.

Um darüber nähere Aufklärung zu erhalten, stellte ich 2 Versuchsreihen derart an, dass ausgehend von der Konzentration der bisher angewandten vollständigen Nährlösung in der Höhe von 0.2% die Gefässe der einen Reihe abnehmenden, die der anderen zunehmenden Gehalt an den betreffenden Nährsalzen aufwiesen. Bei der Herstellung dieser Nährlösungen wurde in der Weise verfahren, dass für Reihe A eine grössere Menge der gewöhnlichen 0.2%igen mineralischen Lösung bereitet wurde, von der Gefäss Nr. 1 200 ccm erhielt und die nächstfolgenden jedes immer um 25 ccm weniger als das vorhergehende; das an 200 ccm fehlende Quantum wurde durch destilliertes Wasser ergänzt. Für Reihe B wurde eine 10fach stärkere, also 2%ige Lösung derselben mineralischen Salze hergestellt und davon in derselben Weise wie bei Reihe A, acht Gefässe unter Zusatz der entsprechenden Mengen destillierten Wassers gefüllt. Tabellarisch stellte sich die Sache folgendermassen dar:

		Reihe A	B
Nr.	Art der Verdün-	Gehalt an Mineralsalzen	
	nungen: Minerallös. : Wasser		
1.	200 : —	0,2 ‰	2,00 ‰
2.	175 : 25	0,175 ‰	1,75 ‰
3.	150 : 50	0,150 ‰	1,50 ‰
4.	125 : 75	0,125 ‰	1,25 ‰
5.	100 : 100	0,100 ‰	1,00 ‰
6.	75 : 125	0,075 ‰	0,75 ‰
7.	50 : 150	0,050 ‰	0,50 ‰
8.	25 : 175	0,025 ‰	0,25 ‰

Bei der Zusammensetzung dieser Minerallösungen war der Stickstoff in Form des schon früher angewendeten und dort als sehr günstig in der Wirkung erkannten Di-Ammoniumphosphates gegeben worden und damit zugleich die vorteilhafte schwache Alkaleszenz der Nährlösungen herbeigeführt. Um alle eventuellen Verunreinigungen zu vermeiden, wurden hier ebenfalls alle schon besprochenen Vorsichtsmassregeln beobachtet. Der Versuch dauerte im ganzen neun Wochen, vom 28. Juni bis zum 30. August und war die Vegetation der Chlorella, soweit die betreffenden Nährflüssigkeiten sich als günstig erwiesen, vom ersten Tage an eine äusserst lebhafte und reichliche. Am Ende der neun Wochen versuchte ich den Nähreffekt der verschiedenen Flüssigkeiten durch quantitative Bestimmungen der Trockengewichtszunahme der organischen Substanz möglichst genau darzustellen. Leider, muss ich vorausschicken, habe ich sowohl bei diesen beiden als auch bei zwei anderen zur Kontrolle derselben angestellten Versuchsreihen nicht den gewünschten Erfolg gehabt. Die erhaltenen Zahlen standen trotz anscheinender Regelmässigkeit zu einander in einem so krassen Gegensatz zu den augenscheinlichen Befunden, welche ich durch Vergleich der verschiedenen Intensitäten der grünen Farbe in den einzelnen Gefässen untereinander erhielt, dass ich auf deren Wiedergabe verzichten muss. Als Gründe für den Misserfolg bei diesen Bestimmungen führe ich folgendes an: Zunächst gelang es nicht, die gesamte Algenvegetation eines Gefässes auf dem vorher getrockneten und gewogenen Filter zu sammeln, um sie von der mineralischen Lösung, in der sie entstanden war, zu trennen. Die durchfiltrierten Flüssigkeiten behielten stets einen grünlichen Schimmer, auch wenn sie mehrere Male das Filter passiert hatten. Es wurde also ein Teil der Chlorella-Algen nicht zurückgehalten und waren dies, wie eine mikroskopische Untersuchung lehrte, vornehmlich die frei umherschwimmenden einzelnen Zellen, die noch nicht in Coenobienverbände miteinander getreten waren, diese selbst blieben auf dem Filter zurück. Die Poren des Filtrierpapiers waren also nicht fein genug, um den Durchtritt der kleinen einzelligen Chlorella-Algen zu hindern.¹⁾ Diese konnten um so weniger unberücksichtigt gelassen werden, als die Mengen der das Filter passierenden Algenzellen keineswegs in allen Gefässen gleiche waren, wie schon ein äusserlicher Vergleich der verschiedenen Farbenintensitäten der durchfiltrierten Flüssigkeiten zeigte. Ich dampfte daher dieselben ein und bestimmte durch Glühen des Rückstandes die Menge der organischen Substanz.

¹⁾ Ähnliche Beobachtungen machte Beyerlingk, s. Botan. Zeitung 1890. 48. Jahrg. Nr. 45 p. 725.

Diese plus der auf dem Filter gesammelten, getrockneten und gewogenen Substanz musste die Gesamtsumme der gebildeten Algenvegetation ergeben. Die aus den 200 cem Flüssigkeit erhaltenen Mengen entsprachen aber nicht den erhofften Beträgen, sie überschritten selten ein Gewicht von 0,2 gr. und erreichten nur zweimal 0,3 gr. Am häufigsten bewegten sich die betreffenden Zahlen zwischen 0,092 und 0,195 gr. und zwar mit so geringen Differenzen untereinander, dass ein sicherer Schluss auf ein wirklich bestehendes grösseres oder geringeres Vorhandensein einer Algenmenge nicht gezogen werden konnte.

Das Ergebnis dieser Versuchsreihen kann ich daher nur durch Wiedergabe der während der ganzen Dauer des Versuches protokollierten, augenscheinlichen Beobachtungen über den Fortschritt der Ergrünung besprechen. Die Unterschiede in der grösseren oder geringeren Intensität der grünen Färbung liessen den Stand der Vegetation für die optischen Beobachtungen ausserordentlich klar hervortreten, und hoffe ich durch deren Darstellung den Anforderungen gerecht zu werden.

In der Versuchsreihe A entwickelten sich die Algen während der ersten acht Tage in allen Gefässen in ziemlich gleichen, zunächst noch minimalen Mengen. Nirgends zeigte sich an der Intensität der Ergrünung ein Unterschied, welcher eine bessere Wirkung der einen oder anderen dieser in der Konzentration der Mineralsalze verschiedenen Nährflüssigkeiten erkennen liess. Vierzehn Tage später hatte sich das Bild wesentlich geändert. Jetzt hatte sich die Vegetation in den Gefässen Nr. 5, 6, 7 und 8 um so viel besser entwickelt als in Nr. 1, 2, 3 und 4, dass man schon in grösserer Entfernung diesen Unterschied an der Farbentönung ersehen konnte. Es trat nun die vorteilhafte Wirkung einer geringeren Konzentration auf die Entwicklung der Algen in die Erscheinung. Im weiteren Verlauf der Vegetation hatten schliesslich sämtliche acht Gefässe einen verschiedenen Grad in der Ergrünung angenommen. Nach acht Wochen etwa war zu beobachten, dass in derselben Weise, wie die Menge der Nährsalze in den einzelnen Gefässen abnahm, die Ergrünung entsprechend intensiver wurde. Gefäss Nr. 8 mit dem geringsten Gehalt an Mineralsalzen (0,025 %) wies nun die reichlichste und üppigste Algenvegetation auf, und stach im Vergleich dazu namentlich die Ergrünung von Gefäss Nr. 1 mit dem zehnfach höheren Salzgehalt (0,2 %) erheblich ab, obwohl die Algen auch in diesem Gefäss in nicht geringen Mengen sich entwickelt hatten. Alle anderen Gefässe Nr. 2 bis 7 zeigten die entsprechenden dazwischenliegenden Abstufungen der Ergrünung nach Massgabe der hergestellten Verdünnungen.

Das Ergebnis dieser Versuchsreihe lässt sich dahin zusammenfassen, dass die Entwicklung und Vermehrungsfähigkeit dieser planktonischen Alge einer wesentlichen Beeinflussung durch die Stärke der Konzentration der zu Gebote stehenden Nährsalze unterliegt. Schon eine Konzentration von 0,2 bis 0,150%, wie sie sonst bei den Wasserkulturen höherer Pflanzen mit gutem Erfolg angewendet zu werden pflegt, ist dem Wachstum dieser Algen nicht besonders vorteilhaft, erst bei einer Verdünnung dieser Nährflüssigkeiten um das zehnfache entwickelte sich die Vegetation in der üppigsten Weise.

Eine derartige Genügsamkeit an Nährmaterial lässt sich durch die geringe Grösse dieser einzelligen Gebilde hinreichend rechtfertigen. Denn da sich mit der Kleinheit eines Organismus die Oberflächenentwicklung seines Körpers im Verhältnis zur Masse vergrössert, ist es erklärlich, warum diese Alge die Fähigkeit besitzt, die in einem grösseren Wasservolumen in geringen Mengen gelösten und verteilten Mineralsalze zu okkupieren und sich von ihnen mit dem Erfolg einer so reichlichen Vermehrung zu ernähren. Wie weit diese Anspruchslosigkeit sich erstrecken kann, illustriert eine Beobachtung, die nebenher gemacht wurde. In einem mit gewöhnlichem Leitungswasser gefüllten und verschlossenen Gefässe, in welches unabsichtlich auf irgend eine Weise einige wenige Zellen dieser Alge hineingelangt sein mochten, begann sich nach längerer Zeit am Boden und an der Wandung eine allmähliche Ergrünung bemerkbar zu machen. Dieselbe Erscheinung zeigte sich sogar in einem Gefässe, welches nur reines destilliertes Wasser enthielt und welches längere Zeit in der Nähe meiner oben besprochenen Versuchsreihe mit einem Korkstöpsel verschlossen gestanden hatte. Eine mikroskopische genaue Untersuchung ergab das völlig alleinige Vorhandensein dieser erwähnten *Chlorella*-Algen, von anderen Organismen war nicht die geringste Spur zu finden. Dass bei der allmählichen Auflösung der Glassubstanz der betreffenden Gefässe, wodurch jedenfalls diese unbeabsichtigten Algenkulturen ermöglicht wurden, nur sehr geringe Spuren mineralischer Substanzen zur Verfügung gestellt wurden, ergab eine Prüfung mit den entsprechenden chemischen Reagentien. Zum Beispiel fand die Phosphorsäurereaktion, die im frischen, destillierten Wasser natürlicherweise negativ ausfiel, in Form eines nur sehr langsam und äusserst schwach auftretenden gelben Molybdän-Niederschlages statt.

Wie hochgradig auch bei gewissen anderen Algenarten die Verdünnung der Mineralstoffe sein kann, ohne unwirksam zu werden,

ergaben die Versuche von Bokorny¹⁾ mit Spirogyra und Mesocarpus. Diese vermochten sich bei einem Gehalt an Mineralsalzen von nur 0,01 ‰, 0,005 ‰ und 0,001 ‰ noch genügend mit P, K und N etc. zu versorgen, um längere Zeit vegetieren zu können. Die ersten beiden Verdünnungen von 0,01 ‰ und 0,005 ‰ waren sogar noch ausreichend, um gewissen Pilzen und Bakterien die Entwicklung zu ermöglichen, sodass dieselben mit den Algen in erfolgreiche Konkurrenz traten. Bokorny sucht die Wirksamkeit hochverdünnter Lösungen der Nährstoffe damit zu erklären, dass einerseits die Geschwindigkeit der Aufnahme durch die Zellen eine genügend grosse ist, dass andererseits auch diese pflanzlichen Organismen relativ langsam im Wachstum fortschreiten, und daher der Verbrauch ein relativ geringer ist. Dieses langsame Wachstum ist jedoch erst eine Folgeerscheinung des Vorhandenseins von zu kleinen Mengen an Nährstoffen, indem in solchen Fällen die Algen die Fähigkeit äussern, ihre Vermehrung auf das geringste Mass zu beschränken, um aber sofort bei Anwesenheit grösserer Mengen von Nährsubstanzen in ein lebhafteres Vegetationsstadium zu treten, sofern nicht eine gewisse Höhe der Konzentration eine Schädigung nach dieser Richtung hervorruft.

Mit Rücksicht auf den Zweck, eine möglichst reichliche Algenvegetation zu veranlassen, wird natürlicherweise eine gewisse Grenze der Verdünnung nicht überschritten werden dürfen, da in diesem Falle einerseits, wenn auch keine vollständige Hinderung, so doch eine wesentliche Verlangsamung der Algenentwicklung die Folge sein wird, andererseits aber auch die Möglichkeit einer baldigst eintretenden Erschöpfung der Nährstoffe in die Erscheinung treten kann. Nach meinen Beobachtungen scheinen Konzentrationen der Mineralsalze in der Höhe von 0,1 bis 0,025 ‰ am erfolgreichsten das Wachstum der Chlorella zu begünstigen, denn bei noch schwächeren Verdünnungen, die später ebenfalls erprobt wurden, blieb die Algenvegetation in ihrer Entwicklung relativ im Rückstande.

In der Versuchsreihe B zeigte sich diese Empfindlichkeit der Chlorella gegenüber hohen Konzentrationen der Mineralsalze in noch viel grösserem Umfange. Während der ersten zwei bis drei Wochen war hier zunächst überhaupt keine Ergrünung zu bemerken, nur die Gefässe Nr. 7 und 8, die mit ihrem Salzgehalt von 0,50 bzw. 0,25 ‰ den Nährflüssigkeiten der Reihe A am nächsten standen, liessen einen schwachen grünen Schimmer erkennen. Nach Verlauf von zwei weiteren Wochen wurde im Gefäss Nr. 5 und 6 der Beginn einer Vegetation beobachtet und wieder nach zwei Wochen auch in Nr. 3 und 4.

¹⁾ Bokorny: im Biol. Centrabl. Bd. XVII. Nr. 12.

In der achten Woche endlich begann sich in den Gefässen Nr. 1 und 2 eine grünliche Trübung der Flüssigkeiten zu bilden und damit zu zeigen, dass auch hier die Algen trotz sehr hoher Konzentration (2%) im Wachstum begriffen waren.

An diesem Verlauf der Vegetation in den Gefässen der Reihe B lässt sich zunächst feststellen, dass durch den höheren Salzgehalt in der Entwicklung der Algen eine wesentliche und merkliche Hinderung veranlasst wurde, die in den einzelnen Gefässen je nach dem Grade der Konzentration verschieden ist. Jedoch trat dabei in keinem Falle, auch in der 2%igen Lösung nicht, eine derartige Schädigung der Algen auf, dass die Vegetation überhaupt unterblieb, sondern sie vermochten sich dem hohen Salzgehalt der Flüssigkeiten anzupassen, sodass sie nicht nur am Leben blieben, sondern auch mit der Zeit sichtbare Vermehrungsthätigkeit zeigten.

Diese Anpassungsfähigkeit der Süßwasseralgen an höhere als unter gewöhnlichen Verhältnissen bestehende Konzentrationen der Salzlösungen bestätigte sich schon an den Versuchen von Adolf Richter.¹⁾ Zwar prüfte derselbe das Verhalten mehrerer Algenarten gegenüber dem Chlornatriumgehalt der Nährflüssigkeiten, trotzdem kann man die Resultate seiner Versuche bei deren Analogie in Betreff des Einflusses der Konzentrationen zum Vergleich, bezw. Bekräftigung meiner Beobachtungen heranziehen. Die Richter'schen Kulturen konstatierten die Anpassungsfähigkeit einiger Algenarten an Salzlösungen bis zu 6%; die Chlorella, die bei diesen Versuchen ebenfalls Verwendung fand, zeigte in einer 4%igen Salzlösung noch Vermehrungsfähigkeit, während andere Algen höherer Organisation sich weniger an derartig starke Konzentrationen zu gewöhnen vermochten.

Eine verschiedenartige Veränderung der inneren oder äusseren Gestaltung der Algenzellen, wie sie Richter bei seinen Kulturen in stärkeren Salzlösungen konstatierte, konnte ich jedoch in meinen Vegetationsgefässen der Reihe B nicht beobachten. Auch im Gefäss Nr. 1 mit einem Salzgehalt von 2% hatten die Chlorella-Zellen sowohl in Form, wie in der grünen Färbung dasselbe Aussehen wie die in der schwächsten Salzlösung gewachsenen.

Obwohl durch die Ergrünung erwiesen war, dass die Chlorella-Algen sich an aussergewöhnlich hohe Konzentrationen der Nährsalze zu gewöhnen vermögen, zeigte sich doch im weiteren Verlauf der

¹⁾ Flora, 1892 Heft 1 p. 4 ff.

Vegetation, dass ein Wachstum im Sinne einer reichlichen und üppigen Vermehrung, wie z. B. in den vier letzten Gefässen der Reihe A, keineswegs stattfand. Je stärker die Konzentration war, um so langsamer schritt die Vegetation vor sich und die Unterschiede in der grünen Färbung der einzelnen Gefässe, die schon infolge des ungleichen Beginns des Wachstums nicht geringe waren, vergrösserten sich immer mehr. Bei stärkeren Gaben der Nährsalze wird daher zwar keine vollständige Hinderung der Algen-Entwicklung erfolgen, jedoch eine nicht unwesentliche und der steigenden Konzentration proportional gehende Beeinträchtigung der Massenproduktion sich bemerkbar machen.

In Erinnerung an die Ergebnisse jener Chlorella-Kulturen, die die Feststellung des Nährelementebedürfnisses dieser Algen zum Ziele hatten und wobei ausserdem die bemerkenswerte Beobachtung gemacht wurde, dass Stickstoffnahrung in Form der Ammoniumverbindungen sich viel wirksamer für die Entwicklung der genannten Organismen erwiesen hatten, als in Gestalt der salpetersauren Salze, liegt der Gedanke nahe, dass durch Beigabe gewisser stickstoffhaltiger organischer Substanzen das Wachstum dieser einzelligen Algen weit aus besser sich gestalten werde, als in reinen mineralischen Nährlösungen.

Im Hinblick auf diese Ueberlegung stellte ich folgende Kulturversuche mit den Chlorella-Algen an. Acht Gefässe einer Versuchsreihe C erhielten als Nährflüssigkeit zunächst Pepton (Finzelberg) und zwar Gefäss Nr. 1 200 ccm einer 0,25%igen Lösung dieser organischen Stickstoffsubstanz; von den anderen sieben Gefässen ein jedes 25 ccm derselben Lösung weniger als das vorhergehende unter Zusatz einer entsprechenden Menge destillierten Wassers, um das an 200 ccm fehlende Quantum zu ergänzen. Sämtliche acht Gefässe bildeten demnach eine Kulturreihe, die eine in gleichen Abständen zunehmende Verdünnung der Peptonlösung darstellte und durch folgende Tabelle näher erklärt wird:

Kulturreihe C.

Nr.	Art der Verdünnungen: 0,25%ige Peptonlös. zu Wasser	Gehalt in % an		
		Gesamt-Substanz	organische Substanz	Aschenbestandteile
1.	200 : —	0,250	0,190	0,036
2.	175 : 25	0,219	0,167	0,032
3.	150 : 50	0,187	0,143	0,027
4.	125 : 75	0,156	0,119	0,023
5.	100 : 100	0,125	0,095	0,018
6.	75 : 125	0,094	0,071	0,014
7.	50 : 150	0,062	0,048	0,009
8.	25 : 175	0,031	0,024	0,004

Die Nährflüssigkeiten wurden vor der Infektion mit Chlorellazellen durch Aufkochen sterilisiert, trotzdem war ein völliges Ausschliessen von Bakterien und Pilzorganismen nicht zu erreichen, da solche mit der Impfmasse selbst, jedoch in sehr geringen Spuren, hineingelangten. Zur Herstellung der Peptonlösungen war ein Peptonpräparat verwendet worden, welches nach der eigens zu diesem Zweck ausgeführten Analyse folgende Zusammensetzung hatte: 9,2⁰/₀ Wasser, 76,2⁰/₀ organische Trockensubstanz und 14,6⁰/₀ Aschenrückstand. (Organische Substanz : Mineralstoffen wie 5 : 1).

An der unmittelbar nach der Aufstellung dieser Kulturen beginnenden Ergrünung war unzweifelhaft ersichtlich, dass die Algen in dieser Zusammensetzung der Peptonnährflüssigkeit die ihnen zusagenden günstigen Bedingungen vorfanden. Dass bei der Anstellung dieses Versuches, ebenso wie bei den früheren alle überhaupt nur anwendbaren Vorsichtsmassregeln beobachtet wurden, um jede fremde Beimengung unbeabsichtigter Nährobjekte zu vermeiden, braucht wohl als selbstverständlich nicht besonders hervorgehoben werden. Nur der Einfluss der bei der allmählichen Auflösung von Glassubstanz zutretenden Mineralstoffe war schlechterdings nicht auszuschliessen, der jedoch für diesen Versuch als kaum in Betracht kommend erachtet werden kann, zumal es sich dabei um sehr geringe Spuren von Mineralstoffen handelte.

Schon in den ersten zwei bis drei Tagen der Beobachtung war es unverkennbar, dass die Peptonlösungen einen entschieden günstigeren Einfluss auf die Entwicklung der Chlorella ausübten, als die reinen mineralischen Lösungen der Reihe A. Mit dieser waren, was übrigens hier noch besonders betont sein mag, die Kulturen der Reihe C zu derselben Zeit angesetzt worden, und in Betreff des Standortes und der Belichtung unterlagen beide gleichen Bedingungen, sodass ein Vergleich derselben nach dieser Richtung wohl angängig ist. Nach vierzehn Tagen war die Vegetation in den Peptonkulturen derart vorgeschritten, dass nun der Einfluss der verschiedenartigen Verdünnungen unverkennbar war und nach seiner Wirkung sicher beurteilt werden konnte. In den Gefässen Nr. 1 bis 7 war die Lebensfähigkeit der Algen an der vorhandenen Ergrünung zwar noch zu beobachten, jedoch hatte dieselbe kaum zugenommen und war eben noch so schwach, wie im Stadium der ersten Tage. Dagegen hatte sich jetzt in diesen sieben ersten Gefässen eine starke Vegetation von Fäulnispilzen und Bakterien entwickelt, welche in dieser Zeit das Uebergewicht über die Algen erlangt hatten, obwohl bei

der Infektion der Nährlösungen mit Algen im Vergleich zu der Menge der Impfmasse nur sehr geringe Spuren von diesen Organismen hineingekommen waren. Die Ergrünung wurde infolgedessen erheblich gehemmt. Nur Gefäß Nr. 8, das bei der stärksten Verdünnung den geringsten Gehalt an Pepton (0,031 %) enthielt, wies eine lebhaft und üppige, durch Pilze und Bakterien kaum beeinträchtigte Algenvegetation auf, derzufolge die ganze Flüssigkeit dieses Gefäßes nach acht Wochen einen intensiv grünen Farbenton angenommen hatte, der sich von dem der sieben anderen in der Ergrünung weit zurückgebliebenen Gefäße wesentlich unterschied. Auch im Vergleich mit Gefäß Nr. 8 der Reihe A, bei der die Chlorella-Vegetation gegenüber allen anderen mineralischen Nährlösungen infolge der in Anwendung gekommenen stärksten Verdünnung am besten stand, war die Entwicklung der Algen im Gefäß Nr. 8 der Peptonreihe in gleicher Zeit (8 Wochen) viel üppiger vorgeschritten, obwohl doch hier an Mineralsubstanzen bedeutend geringere Mengen (nur 0,0046 % gegenüber 0,025 % in Gefäß 8 der A-Reihe) zur Verfügung standen. Es muss demnach der Anwesenheit der organischen Substanz, in diesem Falle des Peptons, zugeschrieben werden, dass die Algen in Gefäß Nr. 8 der C-Reihe vorteilhafter gediehen, als in jenem Gefäß mit der bestwirkenden reinen Minerallösung. Weiterhin lehrte aber auch die Entwicklung der Vegetation in den Gefäßen Nr. 1 bis 7 der Peptonreihe, dass ein stärkerer, über 0,035 % hinausgehender Gehalt an Pepton es ermöglichte, dass die nur in sehr geringen Spuren vorhandenen Pilze und Bakterien zu einer für die Algen gefahrdrohenden Menge in kürzester Zeit heranwuchsen. Dies kann dahin erklärt werden, dass diese Organismen in der Schnelligkeit der Assimilation organischer Stoffe sich den grünen Algenpflanzen bedeutend überlegen zeigen; ferner wird auch bei der Art der Verdünnungen in den Gefäßen Nr. 1 bis 7 der Gehalt an Mineralstoffen noch genügend gross gewesen sein, um vorhandene Pilze und Bakterien zur üppigen Entwicklung kommen zu lassen, während in Gefäß Nr. 8 zufolge der starken Verdünnung schon ein Mangel an solchen vorhanden war, und hier daher die nach dieser Richtung anspruchsloseren Algen in reichlicher Menge heranwachsen konnten.

Der Erfolg dieser Ernährung der Chlorella mit Pepton liefert gleichzeitig einen Beitrag zur Bestätigung der mehrfach schon gemachten Beobachtungen, dass viele grüne Pflanzen, niederer sowohl wie höherer Organisation, sich mit organischen Substanzen sehr viel besser zu ernähren vermögen als nur mit rein mineralischen Stoffen,

sodass für diese Pflanzen trotz ihres Besitzes an einem funktionierenden Chlorophyllapparat ausser der anorganischen auch noch eine organische Ernährungsweise, ähnlich derjenigen bei Pilzen und Parasiten in Betracht kommt. Bokorny¹⁾ glaubt auf Grund der diesbezüglichen Versuche und der daran sich anknüpfenden theoretischen Ueberlegungen sicher annehmen zu können, dass bei diesen Ernährungsvorgängen die betreffenden grünen Pflanzen nicht nur ihren Stickstoffbedarf aus derartigem organischen Nährmaterial decken, sondern dass darin für sie auch eine nicht unwesentliche Kohlenstoffquelle liegt, die derjenigen aus der Atmosphäre entschieden Konkurrenz macht. In der That scheinen auch meine Kulturen diese Annahme zu rechtfertigen. Denn das Gefäss Nr. 8 der Reihe C wies eine um so viel bessere Algenentwicklung auf als das Gefäss Nr. 8 der Mineralreihe A, dass man bei der Wirkung des Peptons nicht nur an eine günstige Form der Stickstoff- sondern auch der Kohlenstofflieferung denken kann. Beyerlingk²⁾ zählt die Chlorella wegen ihrer Vorliebe für Pepton bei gleichzeitiger Kohlensäurezersetzung in seinem auf die Stickstoffernährung gegründeten physiologischen System der Mikroben zu den Pepton-Kohlenstofforganismen. Damit stimmen überein die Angaben von Dr. Kolkwitz³⁾, dass gewisse Algen gern an solchen Orten sich anzusiedeln pflegen, wo organische Nährsubstanzen vorhanden sind, und dass dabei Chlorella und wahrscheinlich auch Nostoc besonders das Pepton bevorzugen.

In der Natur sind die Bedingungen für eine Ernährung grüner Pflanzen durch organische Substanzen sicherlich oft vorhanden. Nicht allein, dass manche Landpflanzen die im Boden befindlichen und dort oft zahlreich angehäuften Reste tierischen und pflanzlichen Lebens derart ausnützen können, dass neben der anorganischen auch eine direkte organische Ernährungsweise stattfindet, sondern vor allem gestattet die mannigfaltige Wasservegetation Beobachtungen nach dieser Richtung in anschaulichster Weise⁴⁾. Stickstoff- und Kohlenstoffver-

¹⁾ Biol. Centralbl. Bd XVII. Nr. 1 und 2. Ferner siehe: Ludwig-Greiz, „Ueber Amphitrophie“. Diese Berichte 1899 Teil 7 und Centralbl. f. Bakteriologie II. Abtl. II. Bd. p. 337 ff. und

„Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen“ v. Zopf-Halle.

²⁾ Botan. Zeitung Nr. 45. Jahrg. 48. 1890 p. 732.

³⁾ Schriftl. Mitteilung.

⁴⁾ Vergleiche die schon in der Einleitung besprochenen diesbezüglichen Beobachtungen von Zacharias „Ueber die Ursachen der Verschiedenheit des Winterplanktons in grossen und kleinen Seen. Zool. Anzeiger Bd. XXII. Nr. 577 und 578. 1899. und Lauterborn „Ueber die Winterfauna einiger Gewässer der Ober-rheinebene“. Biol. Centralbl. Nr. 11. Bd. XIV. 1894.

bindungen in der verschiedensten Form als Zersetzungsprodukte organischer Materien geben zur weitestgehenden organischen Ernährung der Wasseralgen die Möglichkeit und machen es wahrscheinlich, dass dieselbe neben der anorganischen je nach den Umständen eine mehr oder weniger hervortretende Rolle spielt. In jeder Wasseransammlung, in der nur geringste Spuren organischer Substanzen enthalten sind, siedelt sich in kürzester Zeit eine grüne Algenvegetation an, und in den meisten Fällen ist die Anwesenheit der winzig kleinen einzelligen Gebilde der weitverbreiteten Protococcaceen und Pleurococcaceen die Hauptursache dieser baldigst eintretenden Ergrünung. Die *Chlorella* selbst findet sich, wie schon eingangs hervorgehoben wurde, am häufigsten als Bewohnerin von Dorfteichen, denen organische Stoffe aller Art in reichlicher Menge zufließen.

Die Zersetzungs- bzw. Fäulnisprodukte organischer Substanzen erfordern in Bezug auf ihre Fähigkeit, grüne Algen zu ernähren, besonderes Interesse und sind in diesem Sinne schon Versuche mit den verschiedensten Arten dieser Stoffe ausgeführt worden.¹⁾ Ich selbst suchte ausser der schon beschriebenen Wirkung des Peptons noch die eines Strohinfluses auf das Wachstum der *Chlorella* festzustellen.

Zur Herstellung eines solchen wurden etwa 50 gr. klein geschnittenes Roggenstroh durch Uebergiessen mit 1500 ccm destillierten Wassers während 48 Stunden extrahiert, der gewonnene Abguss dann filtriert, aufgeköcht und nochmals filtriert, um ihn von jeglichen sedimentären und lebenden Beimengungen nach Möglichkeit zu befreien. Nach dem Durchschnitt mehrerer Analysen waren in 100 ccm dieses Strohextraktes enthalten an organischer Trockensubstanz 0,05 gr. und an Aschenbestandteilen 0,03 gr. (Verhältnis von 5 : 3). Davon wurden nun ebenfalls, wie bei den Peptonkulturen, acht verschiedene Verdünnungen hergestellt und zwar erhielt Gefäss Nr. 1 200 ccm des unverdünnten Strohinfluses und die folgenden sieben Gefässe jedes um 25 ccm weniger als das vorhergehende mit dem entsprechenden Zusatze destillierten Wassers, um in jedem Gefässe eine Gesamtflüssigkeit von 200 ccm zu erreichen. Reihe D stellte sich demnach folgendermassen zahlenmässig dar:

¹⁾ Bokorny, Biol. Centralbl. Bd. XVII Nr. 1 p. 5 ff.

Reihe D (Strohinfus)

Nr	Art der Verdünnung. Strohinfus : Wasser	Gehalt in % an		
		Gesamt-trockensubst.	organische Substanz	Aschen-Substanz
1.	200 : —	0,08	0,05	0,03
2.	175 : 25	0,07	0,044	0,026
3.	150 : 50	0,06	0,037	0,022
4.	125 : 75	0,05	0,031	0,019
5.	100 : 100	0,04	0,025	0,015
6.	75 : 125	0,03	0,019	0,011
7.	50 : 150	0,02	0,012	0,007
8.	25 : 175	0,01	0,006	0,004

Die Gegenwart gewisser Mengen Mineralstoffe in diesen Nährlösungen ermöglichte es, dass schon am Tage nach der Infektion mit Algenzellen die Ergrünung eintrat und zwar zunächst sehr schwach und in allen acht Gefässen fast gleichmässig. Nach zwei bis drei Wochen jedoch war in den Gefässen Nr. 1 bis 4 eine bemerkenswerte Trübung zu beobachten, die hervorgerufen wurde durch eine lebhaft entwickelte Entwicklung von Fäulnispilzen und Bakterien. Infolgedessen wurden die Algen im Wachstum gehemmt, die Ergrünung blieb in diesen Gefässen erheblich zurück und war nur um ein geringes intensiver geworden als in den ersten Tagen. Aber auch in den Gefässen Nr. 5 bis 8 fehlte jene Trübung nicht, jedoch war dieselbe in viel geringerer Menge vorhanden. Hier hatten die Algen die Oberhand behalten und die Ergrünung bedeutende Fortschritte gemacht, sodass nach längerer Zeit (acht Wochen) in diesen Gefässen eine viel intensiver grüne Färbung der Flüssigkeit eingetreten war als in Nr. 1 bis 4. Dabei war die im Anfang auch in diesen Gefässen Nr. 5 bis 8 aufgetretene Vegetation von Pilzen und Bakterien schliesslich vollständig unterdrückt worden und bis auf geringe Spuren verschwunden. Es zeigten sich demnach hier infolge der Verschiedenartigkeit der Verdünnungen, wie schon bei den Peptonkulturen der Reihe C, die gleichen Erscheinungen im Wachstum der Chlorella-Algen einerseits, der Pilze und Bakterien andererseits. In allen Gefässen mit hinreichend grossen Mengen anorganischer und organischer Substanz, wodurch dem sehr viel schnelleren Wachstum und dem lebhafteren Nahrungsbedürfnis der Pilze und Bakterien Genüge geleistet wurde, vermehrten sich diese Organismen in kurzer Zeit in solchen Mengen, dass die Ergrünung in grossem Rückstande blieb und daher von einer bemerkenswerten Vermehrung der Algen nicht die Rede sein konnte.

In den stärkeren Verdünnungen der Gefässe Nr. 5 bis 8 war jedoch die Menge der Nährstoffe zu gering, um eine ebenso starke Trübung durch Spaltpilze und Bakterien aufkommen zu lassen. Dieselben entwickelten sich dort sehr wenig oder bildeten eine nur vorübergehende Erscheinung. Um so ungestörter und vorteilhafter konnten hier die grünen Algen vegetieren, die bei ihrer Genügsamkeit in diesen stärkeren Verdünnungen noch keinen Mangel an Nährstoffen verspürten und daher während der achtwöchigen Versuchszeit in den Gefässen Nr. 5 bis 8 sich in grossen Massen vermehrten. Namentlich zeichneten sich die Gefässe Nr. 6, 7 und 8 durch besonders lebhaftere Ergrünung aus, sodass auch hier die stärksten Verdünnungen sich als die günstigsten erwiesen. Ein Vergleich mit der am besten wirkenden Peptonlösung, also mit Gefäss Nr. 8 der Reihe C, lehrte jedoch, dass die Nährsubstanzen in dem Strohinfus nicht in demselben Masse die Entwicklung der Chlorella zu fördern vermochten, als das Pepton. Die Ergrünung in den Strohextraktkulturen Nr. 6 bis 8 blieb trotz ihrer an und für sich bemerkenswerten Ueppigkeit immerhin um einige Nüancen hinter der grünen Färbung des Peptongefässes Nr. 8 zurück, obwohl beide Kulturreihen zur selben Zeit angesetzt und in ihren sonstigen Wachstumbedingungen, namentlich bezüglich der Belichtung, völlig gleichgestellt waren. Es bestätigte sich also auch in diesem Vergleiche die schon vorher erwähnte Beobachtung, dass Pepton für die Chlorella ein besonders günstiger organischer Nährstoff ist und überall, wo peptonartige Stoffe sich vorfinden, diese Algen in besonders grossen Mengen auftreten.

Die Ergebnisse dieser Kulturen erweisen nun zwar genügend die Entwicklungsfähigkeit der planktonischen Chlorella-Algen bei dem Vorhandensein gewisser organischer Nährsubstanzen, wie solche in der freien Natur sicherlich allermeist zu Gebote stehen; ferner legen sie den Einfluss der Konzentrationen dieser Substanzen dar, unter welchem eine günstige Vermehrung dieser Algen möglich ist oder unterbleibt. Die Resultate der beiden Versuchsreihen C und D tragen also zur Aufklärung der Gründe bei, welche die verschiedenartige Verteilung der Mikroorganismen in den Gewässern bedingen. Erwägt man jedoch, dass die Entwicklung der Algen in diesen Kulturen nur möglich war, weil bei der Anwendung der betreffenden

organischen Substanzen auch zugleich gewisse Mengen Mineralstoffe zur Verfügung gestellt wurden, wie solche zum Aufbau des Pflanzenkörpers unbedingt notwendig sind; erwägt man ferner, dass die Mengen dieser in die Nährflüssigkeiten der Reihen C und D gelangten Mineralstoffe im Verhältnis zu der gleichzeitig gegebenen organischen Substanz nur sehr geringe waren (5 : 1 und 5 : 3), so ergibt sich auf Grund des Gesetzes vom Nährstoff-Minimum die Folgerung, dass die Assimilation der organischen Stoffe durch die Algen und die Vermehrung dieser selbst im wesentlichen nur in dem Masse statthaben konnte, als Mineralstoffe vorhanden waren. Eine Bestätigung erfuhr dieser Schluss durch die Resultate von zwei weiteren Kulturversuchen, in denen die Algen zufolge der Erhöhung des Mineralstoffgehaltes in den organischen Nährflüssigkeiten sich viel besser entwickelten als in den Reihen C und D. Diese Versuche schildere ich nun im folgenden:

Zunächst wurde eine grössere Quantität von 0,2%iger reiner, vollständiger Minerallösung nach Molisch hergestellt, wie solche für die Kulturreihe A in Anwendung gekommen war. Davon erhielt Gefäss Nr. 1 der Reihe E 200 ccm unverdünnt und ohne jeden anderen Zusatz; die fernerer Gefässe Nr. 2 bis 8, jedes 25 ccm weniger als das vorhergehende. Das an 200 ccm fehlende Quantum wurde ergänzt durch die entsprechende Menge einer 0,25%igen Peptonlösung von derselben Zusammensetzung und Herstellungsart der Reihe C. In ähnlicher Weise wurde Kulturreihe F angestellt, nur dass hier an die Stelle der Peptonlösung ein Strohinfus von derselben Art wie in Reihe D trat. Beide Kulturreihen E und F stellten sich demnach folgendermassen ziffernmässig dar:

Reihe E (Pepton)**Reihe F (Strohinfus)**

Nr.	Art der Verdün- nung.	Gehalt in % an		Art der Verdün- nung.	Gehalt in % an	
		Gesamt- mineral- substanz	Gesamt- organisch. Substanz		Gesamt- mineral- substanz	Gesamt- organisch. Substanz
	Minerallös. : Peptonlös.			Minerallös. : Strohinfus		
1.	200 : —	0,2	—	200 : —	0,2	—
2.	175 : 25	0,179	0,024	175 : 25	0,179	0,006
3.	150 : 50	0,159	0,048	150 : 50	0,157	0,012
4.	125 : 75	0,139	0,071	125 : 75	0,136	0,019
5.	100 : 100	0,118	0,095	100 : 100	0,115	0,025
6.	75 : 125	0,098	0,119	75 : 125	0,094	0,031
7.	50 : 150	0,077	0,143	50 : 150	0,072	0,037
8.	25 : 175	0,057	0,167	25 : 175	0,051	0,044

Wie bei den früheren Versuchen wurden auch hier alle Vorsichtsmassregeln zur Verhütung von Verunreinigungen beobachtet.

Beide Versuchsreihen waren mit den schon beschriebenen (A—D) zu gleicher Zeit angesetzt worden und hatten mit diesen auch dieselben Wachstums- besonders Belichtungsbedingungen, sodass die verschiedenen Nährflüssigkeiten auf ihre Wirkung ohne besondere Einschränkung verglichen werden konnten.

Wie es nach den Erfahrungen bei den früheren Kulturen und nach der Zusammensetzung der Nährflüssigkeit nicht anders zu erwarten war, begann sehr bald nach der Einsetzung einiger Chlorella-Zellen eine Ergrünung. Dieselbe war anfangs in allen Gefässen beider Kulturreihen ziemlich gleichmässig und zunächst noch ohne jede Störung. Nach mehreren Tagen (etwa nach einer Woche) zeigten sich die ersten Veränderungen in der Vegetation, insofern in einigen Gefässen die bekannte Trübung infolge von Pilz- und Bakterienentwicklung eintrat. Namentlich in der Reihe mit dem Peptonzusatz (E) war dieselbe in dem Gefäss Nr. 8 sehr bald eine derartig starke, dass die vorher vorhanden gewesene Chlorella-Vegetation vollständig unterdrückt wurde. In der achten Woche war von ihr nichts mehr sichtbar und kam dieselbe auch später nicht wieder zum Vorschein. Der starke Gehalt an organischem Material in Verbindung mit hinreichenden Mengen von Mineralstoffen hatten hier die pilzlichen und bakteriellen Organismen zu solcher Ueppigkeit herangewachsen lassen, dass die Chlorella daneben in keiner Weise bestehen konnte. Ebenso, wenn auch nicht mit dem Resultat der vollständigen Unterdrückung, litten die Algen in den Gefässen Nr. 4 bis 7. Auch hier hatten die Pilze und Bakterien die Oberhand und nur eine unbedeutend hervortretende Ergrünung zeugte von noch vorhandener Vitalität einer geringen Menge von Algen. In Gefäss Nr. 3 zeigte sich schon eine günstigere Wirkung der Nährflüssigkeit für die Algen. Zwar fehlten auch hier nicht bemerkenswerte Mengen der fremden Organismen, immerhin hatten sich innerhalb der acht Wochen die Algen in diesem Gefässe derart vermehrt, dass sie mindestens zur Hälfte den Bestand der vorhandenen Vegetation ausmachten und von einer Gefahr ihrer Unterdrückung nicht gesprochen werden konnte. Die Ergrünung hatte in diesem Gefässe nach der angegebenen Zeit ungefähr denselben Grad erreicht wie in Gefäss Nr. 1, in welchem die Algen infolge der reinen mineralischen Lösung ohne jede fremde Störung herangewachsen waren, allerdings nicht mit der bei anderen Kulturen schon beobachteten Ueppigkeit, was, wie die Ergebnisse der Versuchsreihe A bereits darlegten, seinen Grund in der nicht besonders günstigen Wirkung der für die Algen etwas zu starken Konzentration der Mineralstoffe von 0,2% hatte.

Am vorteilhaftesten stellte sich die Algenvegetation in dieser Peptonreihe E in dem Gefäss Nr. 2 dar. Hier war während der ganzen Beobachtungszeit von acht Wochen eine ganz geringe und nur vorübergehende Pilz- und Bakterienentwicklung eingetreten, dagegen eine ausserordentlich üppige Ergrünung infolge starker Vermehrung der Chlorella, die schliesslich alle bisher beschriebenen Kulturen, auch die in dem Gefäss Nr. 8 der Reihe C, bei weitem übertraf. In diesem Gefäss trat die ausserordentlich günstige Wirkung des Peptons als organischer Nährstoff für die Chlorella eklatant in die Erscheinung. Die hier in Anwendung gekommene genügend starke Verdünnung der Peptonlösung in Verbindung mit hinreichenden Mengen von Mineralstoffen förderten das Wachstum der Algen von vornherein gleich in solcher Weise, dass eine Entwicklung von Pilzen und Bakterien daneben gar nicht zur Geltung kam, wie in den Gefässen Nr. 3 bis 8 derselben Reihe mit ihrem steigenden Gehalt an organischer Substanz. Unzweifelhaft waren in Gefäss Nr. 2 die denkbar günstigsten Ernährungsbedingungen für die Chlorella geschaffen worden, denn der Stand der Vegetation zeigte nach acht Wochen eine derartige Ueppigkeit, dass eine weitere Steigerung kaum möglich erschien.

Nicht so günstig entwickelten sich die Pilze und Bakterien in den Gefässen der Reihe F, wo Strohinfus das organische Nährmaterial lieferte. In grösseren Mengen und so zum Schaden der Chlorella-vegetation waren dieselben nur in den Gefässen mit dem grössten Gehalt an organischer Substanz, Nr. 7 und 8, vorhanden. Die Algen blieben daher hier in erheblichem Rückstande. Am besten stand nach acht Wochen die Ergrünung in den Gefässen Nr. 5 und 6. Pilze und Bakterien fanden sich hier nur in geringen Spuren vor, während die Algen in grossen Mengen herangewachsen waren. Allerdings war die grüne Vegetation in diesen beiden Gefässen Nr. 5 und 6 nicht von derselben Ueppigkeit wie diejenige in dem Gefäss Nr. 2 der vorhergehenden Peptonreihe E; auch in diesem Vergleich muss dem Pepton die Eigenschaft als bestes Nährmaterial für die Chlorella zugesprochen werden. Trotz alledem war die Wirkung des Strohinfuses bei hinreichender Verdünnung und in Verbindung mit genügenden Mengen Mineralstoffen eine so gute, dass dadurch alle schon vorher als besonders günstig bezeichneten Kulturen in den Gefässen Nr. 8 der Reihe C und Nr. 6 bis 8 der Reihe D übertroffen wurden, in welchen die Wirkung der organischen Nährstoffe, Pepton und Strohinfus, nur durch sehr geringe Mengen von Mineralstoffen unterstützt wurde. In den Gefässen Nr. 2 bis 4 der Reihe F blieben

die Algen ebenfalls im Rückstande, wahrscheinlich übte hier wieder die höhere Konzentration der Mineralstoffe ihren ungünstigen Einfluss aus, der jedenfalls durch den sehr minimalen Gehalt an organischer Nährsubstanz nicht kompensiert wurde, was auch an der nicht besonders hervortretenden Entwicklung von Pilzen und Bakterien zu erkennen war.

Die Resultate dieser beiden Kulturreihen bestätigen demnach die vorher gezogene Schlussfolgerung vollauf. Die Algen können vorhandene günstig wirkende organische Nährstoffe nur dann in vollem Masse für sich ausnützen — vorausgesetzt, dass eine geeignete Verdünnung derselben die Konkurrenz von Pilzen und Bakterien unmöglich macht — wenn gleichzeitig hinreichende Mengen der unbedingt notwendigen mineralischen Nährstoffe vorhanden sind. Nur unter dieser Bedingung ist eine zahlreiche und üppige Vermehrung der planktonischen Algen möglich und ergeben sich hieraus von selbst die Gesichtspunkte für solche Massnahmen, welche die rationelle Behandlung der Gewässer zur Förderung einer reichlichen, für die Fischernahrung wichtigen Planktophyten-Vegetation zum Ziele haben.

Zum Schlusse sei noch einer letzten Kulturreihe mit Chlorella erwähnt, in der weinsaures Ammonium als Nährsubstanz diente. Zur Herstellung dieses Versuches wurden mineralische Nährlösungen nach Molisch in den bekannten acht verschiedenen Verdünnungen, wie in Reihe A, hergestellt, ausserdem erhielt jedes Gefäss 0,25 gr. weinsaures Ammonium und damit ebensoviel Stickstoff, wie in einer 0,25%igen Peptonlösung enthalten ist. Bei der ungleichen Herstellungsweise lässt sich die Wirkung des weinsauren Ammoniums nicht unmittelbar vergleichen mit der des Peptons oder des Strohinfuses, immerhin war aus dem Fortschritt der Ergrünung zu ersehen, dass die günstigsten Pepton- und Strohinfuskulturen durch keine dieser weinsauren Ammoniumkulturen übertroffen wurden, obwohl bei letzteren in allen Gefässen Pilze und Bakterien in viel geringeren Mengen als Konkurrenten auftraten und auch der Gehalt an Stickstoff, der in diesem Falle an eine organische Säure gebunden zugesetzt wurde, fast überall höher war, als in den genannten Pepton- und Strohinfuskulturen. Das Algenwachstum in den Gefässen mit dem weinsauren Ammonium stand sichtlich unter dem Einfluss der verschiedenen Konzentrationen der Mineralstoffe, wie es in der Reihe A in ähnlicher

Weise beobachtet worden war, sodass das Gefäß mit der stärksten Verdünnung die beste Vegetation aufwies. Die Ergrünung war in allen Gefäßen dieser Versuchsreihe zwar besser, als in den rein mineralischen Nährlösungen der Reihe A, was der Gegenwart von weinsaurem Ammonium zu verdanken wäre, jedoch war sie nur wenig intensiver, als in den Kulturen, wo Stickstoff in Form des Ammoniumphosphates¹⁾ statt Kaliumnitrat gegeben worden war, die Ergrünung erreichte jedenfalls nicht die Ueppigkeit, wie sie Pepton und Strohinfus hervorriefen.

¹⁾ Cfr. p. 18.

II.

Bei der Untersuchung mehrerer Planktonproben aus verschiedenen Gewässern konnte ich des öfteren beobachten, dass die darin zumeist zahlreich vorhandenen kleinen Kriebstierchen entweder einen grün oder gelblich resp. schwärzlich gefärbten Darminhalt aufwiesen. Zuweilen fanden sich sowohl schwarze als auch gelbliche oder grünliche Massen gemeinsam in demselben Verdauungskanal eines Tieres vor. Ein gleiches war auch zu konstatieren bei denjenigen Krustaceen, die sich in meinen Aufbewahrungsgefässen für Planktonmaterial zusammen sowohl mit lebenden pflanzlichen Organismen als auch mit toten organischen Stoffen vorfanden. Schon jener äusserliche Befund liess darauf schliessen, dass diese Tiere einerseits von grünem Pflanzenmaterial, wahrscheinlich auch von anderen Organismen lebten; vielleicht diene tote organische Substanz, wie Detritus, ebenfalls zu ihrer Ernährung. Susta¹⁾ schreibt den Krustaceen, da sie nach seinen Beobachtungen Infusorien aufzehrten, das Bedürfnis nach animalischer Nahrung zu. Aber jedenfalls werden auch andere Stoffe aufgenommen. Vosseler²⁾ nimmt an, dass sich die Kriebstierchen ausser von Urtieren auch von Algen ernähren. Ferner haben vielfache Beobachtungen³⁾ ergeben, dass bei Zufluss organischer Stoffe in die Gewässer, wie Dünger, abfaulende Pflanzenreste etc. die Krustaceen ausserordent-

¹⁾ Cfr. „Ernährung des Karpfens“ von Susta p. 60.

²⁾ Cfr. den Abschnitt über Krebsfauna in Zacharias: „Tiere und Pflanzenwelt des Süsswassers“ p. 351. Ferner: Diese Berichte: Zimmermann: „Resultate einer biol. Untersuchung von Forellenteichen.“ 1897. Teil 5. Dto. „Der grosse Waterneverstorfer Binnensee.“ 1898. Teil 6 Abt. II.

³⁾ Cfr. Apstein, Süsswasserplankton etc. Knauth, Zeitschr. f. Fischerei und deren Hilfswissenschaften. 1897. Heft 5 und 6 p. 194 Ferner: Diese Berichte: Zacharias: Biol. Beobachtungen aus den Versuchsteichen des schles. Fischereivereins zu Trachenberg 1897. Teil 5. Seligo: Hydrobiol. Untersuchungen. Schriften der naturforsch. Gesellsch. zu Danzig Nr. 4, Bd. VII, H. 3, 1890.

Zacharias: „Planktonforschung an sächs. Fischeichen“. Schriften des sächs. Fischereivereins Nr. 25, 1893, p. 33.

lich zahlreich heranwachsen und in grossen Schwärmen auftreten. Man knüpft hieran die nicht unberechtigt erscheinende Annahme, dass die Kriebstierchen wohl instande sind, derartige organische tote Stoffe durch direkte Aufnahme zu verwerten.

Bei der Bedeutung der Krustaceen für die Ernährung von Fischen und bei der Wichtigkeit eines Stoffersatzes zur Erhaltung der Produktivität der Gewässer bildet die Ernährungsweise dieser Plankton-tierchen eine hauptsächliche Frage für die Praxis der rationellen Fischereiwirtschaft.

Der einfachste Weg zur Erkenntnis der betreffenden Ernährungsvorgänge ist die genaue mikroskopische Untersuchung einer grossen Zahl Kriebstierchen auf ihren Darminhalt. Diese Methode hat zunächst an und für sich keine grosse Schwierigkeiten, da der Körper der Krustaceen ziemlich durchsichtig ist und daher der Verdauungstraktus samt seinem Inhalte schon dem unbewaffneten Auge ohne weiteres deutlich sichtbar erscheint. Ferner ist es auch nicht schwierig, den Darm, welcher bei diesen Tieren einen ziemlich grossen Bestandteil des ganzen Körpers ausmacht, herauszupräparieren und frei zu legen und so noch geeigneter für die Untersuchung unter dem Mikroskop herzurichten. Auf diese Weise suchte ich zunächst Aufklärung zu erlangen über die Art der Stoffe, die den Kriebstierchen zur Nahrung dienen. Vorausschicken möchte ich noch, dass es sich bei den hier in Rede stehenden Krustaceen vornehmlich um die Gattung *Daphnia* handelte, deren Angehörige in meinem Planktonmaterial den hauptsächlichsten Bestandteil der Mikrofauna bildeten.

In allen Fällen, wo der Darminhalt deutlich grün gefärbt erschien, war es mir mit Hilfe des Mikroskops möglich, mit Sicherheit festzustellen, dass kleine einzellige Algen den Verdauungstraktus der Tiere erfüllten. Dieselben zeigten zwar am Ende des Darmes nicht mehr die charakteristische Gestaltung der lebenden Pflanzenzellen, sie waren grösstenteils zerdrückt und gequetscht und nur wenige erschienen unverletzt. Dagegen bestand der Inhalt des vorderen Verdauungsschlauches zumeist aus deutlich erkennbaren und noch wenig in der Form veränderten grünen kleinen Zellen. Es unterlag keinem Zweifel, dass diese grünen pflanzlichen Organismen völlig mit der einzelligen *Chlorella* übereinstimmten, denn mehrere Male gelang es, einige der in dem Darm der Tiere gefundenen Algenzellen auf einen mineralischen Agar-Agarnährboden überzuimpfen, wo dieselben dann sehr bald mit denselben Entwicklungserscheinungen sich vermehrten, wie die reingezüchteten einzelligen *Chlorella*-Algen aus dem freien Wasser. Die Annahme, dass die Tiere nur *Chlorella*-

Algen aufgenommen hatten, erwies sich schon aus dem Grunde einwandfrei, weil in den Aufbewahrungsgefässen für Plankton, denen die betreffenden Krebstiere entstammten, von grünen Pflanzenorganismen nur *Chlorella* vorhanden war.

Nicht mit derselben Sicherheit liess sich durch mikroskopische Untersuchung die Beschaffenheit des gelblichen oder schwarzen Darminhaltes feststellen. Die Füllung des Verdauungstraktus bildete in solchen Fällen stets eine völlig homogene Masse von der erwähnten Färbung und niemals liessen vorkommende Reste oder Fragmente von Pilzen oder Bakterien oder anderen Lebewesen des Wassers erkennen, dass derartiges von den Krustaceen aufgenommen und für die Ernährung verwendet worden ist. Man kann annehmen, dass die Verdauungsthätigkeit der Krebstierchen von hinreichender Wirksamkeit war, sodass alles in den Verdauungskanal Gelangte sehr bald zu einer unkenntlichen Masse desorganisiert wurde. Ebenso wahrscheinlich können die Tiere mit dem nicht grün gefärbten Darminhalt sich der vorhandenen toten organischen, bereits desorganisierten Substanz bemächtigt und die unzweifelhaft ebenfalls zu Gebote gestandenen anderen Mikroorganismen verschmäht haben.

Zur richtigen Erkenntnis der Ernährungsweise der Daphnien wird daher nur der direkte experimentelle Fütterungsversuch führen. Zu diesem Zwecke erhält eine gewisse Anzahl der betreffenden Tiere in geschlossenem Gefässe immer eine Art solcher Stoffe, die voraussichtlich in der freien Natur als Nahrung für dieselben dienen. Gelingt es, alle nicht gewünschten ernährenden Einflüsse auszuschliessen, und vermögen die Daphnien und ihr eventueller Nachwuchs sich längere Zeit mit einer bestimmten Art dargebotener Stoffe zu erhalten, so ist unzweifelhaft der Nachweis geliefert, dass die betreffende Substanz von den Tieren als Nahrungsmittel verwertet wird.

Unter diesen Gesichtspunkten stellte ich mehrere Versuche mit verschiedenen für die Praxis in Betracht kommenden Stoffen an. Dabei galt mir als Leitstern für die Beurteilung der günstigen oder nicht günstigen Nährwirkung der betreffenden gegebenen Stoffe nicht allein die gemachte Beobachtung, dass die hineingesetzten Daphnien selbst mehrere Tage am Leben blieben, sondern dass auch eine reichliche Nachkommenschaft während der Versuchsdauer produziert wurde und dass diese selbst mit der vorhandenen Nährsubstanz sich erhalten und heranwachsen konnte, um schliesslich ebenfalls mit zur Vermehrung der Individuen beizutragen.

Die Daphnien erfreuen sich unter günstigen Umständen einer ausserordentlich lebhaften Vermehrungsfähigkeit. Die im Sommer

zahlreich vorhandenen reifen Weibchen produzieren viele Eier, die sich rasch entwickeln und aus denen fast nur wieder weibliche Individuen hervorgehen, ohne dass eine Befruchtung nötig war. Das Vorkommen männlicher Tiere ist trotzdem nicht ganz ausgeschlossen. Diese selbst treten erst in Aktion, wenn die Ungunst der Jahreszeit, das Herannahen des Winters die ungeschlechtliche Vermehrung beeinträchtigt. Bei Mangel an Wärme und Licht, bei der Gefahr des Eintrocknens des umgebenden Wassers wird eine besondere Form von Eiern gebildet, die nur nach vorangegangener Befruchtung zustande kommen¹⁾. Eine derbe Haut schützt diese Dauereier vor schädlichen äusseren Einflüssen und wird dadurch die Art vor dem Aussterben bewahrt und eine ausgiebige Verbreitung bewirkt. Während des Sommers jedoch und zwar speziell in den Monaten Juni, Juli, August, September und bei günstiger Witterung auch noch im Oktober findet fast ausschliesslich ungeschlechtliche Fortpflanzung statt mit dem Resultat, dass die Daphnien in grossen Schwärmen auftreten und zu den genannten Zeiten oft den Hauptbestandteil des Planktons fast allein ausmachen. Da am zehnten Tage nach der Geburt jedes Weibchen schon wieder fortpflanzungsfähig ist und unter günstigen Umständen jeden dritten Tag im Durchschnitt etwa zehn junge Tiere produziert werden, erklärt es sich, dass diese Krustaceen binnen kurzer Zeit so zahlreich heranwachsen, vorausgesetzt, dass nicht Feinde oder andere ungünstige Einflüsse bald wieder damit aufräumen und es nicht an geeigneten Nahrungsstoffen in hinreichender Menge fehlt.

Da die folgenden Versuche in der für die Daphnienentwicklung günstigsten Jahreszeit, im Juli und August stattfanden, da ferner Störungen durch feindliche Lebewesen in den geschlossenen Glasgefässen völlig zu vermeiden waren, so liess sich die Wirkung der jeweils gegebenen Nährsubstanz leicht aus der sichtbaren Lebensfähigkeit und dem Gedeihen der in die Gefässe gesetzten Daphnien, sowie aus deren Vermehrung nach Massgabe der vorher geschilderten Möglichkeit ermitteln.

Obwohl die mikroskopischen Befunde ergeben hatten, dass die Chlorella von Daphnien aufgenommen wird, suchte ich die Ernährungsmöglichkeit durch jene Algen auch auf diesem experimentellen

¹⁾ Leydig: Naturgeschichte der Daphniden, Tübingen 1860.

Vosseler: Krebsfauna des Süsswassers in Zacharias': „Tiere und Pflanzenwelt des Süsswassers“. p. 366 ff.

Ferner: Jurine, Histoire des monocles. Genf. 1820.

Aehnliche Beobachtung an Rädertieren von Zacharias, siehe Zool. Anzeiger Bd. XXI, Nr. 576. 1898 p. 672.

Wege mit Sicherheit festzustellen. Um eine möglichst reine, durch keine fremde Organismen gestörte Algenkultur zu erlangen, stellte ich eine 0,2%ige mineralische vollständige Nährlösung nach Molisch von neutraler Reaktion her und liess darin die Algen vorerst einige Tage sich entwickeln. Als die Ergrünung hinreichende Fortschritte gemacht hatte und festgestellt war, dass sich in den Gefässen keine fremde Lebewesen angesiedelt hatten, wurden zehn Daphnien, deren Verdauungskanal schwärzlichen Inhalt enthielt, hineingesetzt, nachdem sie behufs Reinigung von etwa äusserlich anhaftenden Mikroorganismen einige Zeit in ausgekochtem Leitungswasser gehalten waren. Anfangs bewegten sich die Tiere ziemlich lebhaft in der neuen Umgebung und zeigten noch keine Störungen in ihrem Wohlbefinden. Bald darauf aber schienen sie zu ermatten und nach sechs Stunden etwa war keines von ihnen mehr am Leben. Das gleiche Schicksal teilten auch alle anderen Daphnien, die in mehrfacher Wiederholung dieses Versuches teils in dasselbe Gefäss, teils in frische ebenso hergestellte Algenkulturen, von denen ich eine grössere Anzahl stets in Reserve hatte, gesetzt wurden. Niemals überlebten die Tiere die Zeitdauer von etwa einem halben Tag. Da alle sonstigen vielleicht ungünstig wirkenden Einflüsse als völlig ausgeschlossen betrachtet werden mussten, blieb nur übrig anzunehmen, dass die Konzentration der Mineralstofflösung in der Stärke von 0,2% schädliche Wirkungen ausgeübt und zum Absterben der Daphnien Veranlassung gegeben hatte. Es wurden daher die Minerallösungen verdünnt und zwar in derselben Weise, wie früher bei den Algenkulturen der Reihe A. Dabei stellte sich heraus, dass die Daphnien erst Konzentrationen von 0,05% und darunter ohne Schädigung ertragen konnten. In derart verdünnten Minerallösungen blieben die Tiere während der vierzehntägigen Versuchsdauer am Leben, zeigten auch die bekannten lebhaften Schwimmbewegungen und ausserdem vermehrten sie sich durch Hervorbringung mehrerer jüngerer Generationen, allerdings nicht in der als maximal zu bezeichnenden Menge. Jedenfalls erwiesen sich die Algen als gut wirkendes Nahrungsmittel für die Daphnien. Ihr anfangs schwärzlicher oder gelblicher Darminhalt wich bald einer grün gefärbten Masse; desgleichen war auch der Verdauungsschlauch der sichtlich heranwachsenden jungen Brut mit grünen Algenzellen erfüllt. Es kann demnach mit Sicherheit angenommen werden, dass die Aufnahme der Chlorella seitens der Daphnien nicht etwa nur zufällig war, sondern dass durch sie tatsächlich eine erfolgreiche Ernährung stattgefunden hatte.

Interessant für die Frage der schädlichen Wirkung stärkerer Salzlösungen sind die Beobachtungen von O. Loew¹⁾. Danach genügte eine Konzentration von 0,5% neutraler Kalium- oder Natriumoxalatlösung, um niedere Wassertiere, wie Asseln, Copepoden und Rotatorien binnen 30 bis 50 Minuten zu Grunde zu richten; dergleichen starben sehr bald in solcher Lösung Egel, Planarien und Ostracoden, und nur Wasserkäfer und Wassernilben lebten nach 24 Stunden noch. In 0,1%iger Lösung trat Schädigung nach drei bis vier Stunden, bezw. nach drei Tagen ein. Zwar sind diese Befunde nicht unmittelbar in Analogie zu bringen mit der oben beschriebenen Empfindlichkeit der Daphnien gegenüber der 0,2%igen Molisch'schen Minerallösung, da es sich bei den Loew'schen Versuchen um die an und für sich als giftig zu betrachtende Wirkung der Oxalate handelt, denn in einer gleichen Konzentration von neutralem weinsauren Kalium lebten die betreffenden Tiere auch nach mehreren Tagen noch. Immerhin kann die Stärke der Konzentration zu dieser Schädigung mit beigetragen haben, zumal Loew am Schlusse bemerkt, dass diese Giftwirkung der Oxalate bei fortschreitender Verdünnung auffallend abnimmt. In gleicher Lage, wie die tierischen Lebewesen, befanden sich bei der Wirkung löslicher oxalsaurer Salze in stärkeren Konzentrationen, nach den weiteren Ausführungen von O. Loew, die chlorophyllführenden Gewächse, z. B. Algen, während niedere Pilze in keiner Weise geschädigt wurden.

In den folgenden Versuchen galt es nun festzustellen, welche Stoffe die Daphnien ausser den grünen Algen aufnehmen und woher dann die schwärzliche oder gelbe Färbung ihres Darminhaltes stammt. Vor allem interessierte es zu erfahren, ob tote organische Stoffe irgend wie direkt an der Ernährung beteiligt sind. Zu diesem Zwecke benutzte ich ein Strohinfus, dessen Herstellungsweise schon früher näher erläutert worden ist. Dasselbe wurde nach dem Abgiessen vom Strohhäcksel zwar sterilisiert, jedoch nicht filtriert, sodass alle sedimentären Stoffteilchen in der Flüssigkeit zurückblieben und nur lebende Organismen eliminiert wurden. Die in solchen Strohinfus gesetzten 10 Daphnien, welche ebenfalls durch längeren Aufenthalt in mehrere Male gewechseltem und ausgekochtem Wasser behufs Reinigung von äusserlich anhaftenden Verunreinigungen gehalten worden waren, gingen jedoch schon nach Ablauf weniger Stunden zu Grunde. Denselben Misserfolg hatte ein des öfteren wiederholter Versuch mit je zehn Daphnien, sei es in derselben sei es in frischen in gleicher Weise hergestellten Flüssigkeiten. Der benutzte Strohaufguss war

¹⁾ Münchener medicin. Wochenschrift Nr. 32. 9. August 1892 p. 570 ff.

von ziemlich dickflüssiger Beschaffenheit, denn ein einfaches gewöhnliches Filterpapier passierte er nur tropfenweise. Er wurde daher mit einer gleichen Menge Wasser verdünnt und nun gelang es, die hineingesetzten Tiere am Leben zu erhalten. Sie bewegten sich jetzt sehr lebhaft und erzeugten eine zahlreiche Nachkommenschaft, welche ziemlich schnell heranwuchs und ebenfalls zur Vermehrung der Individuen beizutragen vermochte. Während der ganzen vierzehntägigen Versuchsdauer unterblieb eine jegliche Entwicklung sowohl von Pilzen und Bakterien, als auch von allen anderen Organismen, desgleichen in einem Kontrollgefäß mit demselben sterilisierten Strohinfus, das jedoch ohne Daphnien geblieben war. Es kann daher angenommen werden, dass die organische tote Substanz, sedimentär oder gelöst, von den Krustaceen als Nahrungsmittel erfolgreich verwertet worden ist. Der anfangs grünlich gefärbte Darminhalt der hineingesetzten zehn Daphnien war bald einer schwärzlichen Masse gewichen und ebenso zeigten die jungen in dem Gefäß erst entstandenen Daphnien während der ganzen Versuchsdauer diese Färbung in ihrem Verdauungsapparat. Bei einigen Tieren war zuweilen auch ein mehr gelbbrauner, fast durchsichtiger Darminhalt zu bemerken. Es scheinen demnach nicht allein die kompakten sedimentären Stoffteilchen, sondern auch flüssige, gelöste organische Substanz aufgenommen zu werden.

Um festzustellen, ob diese gelösten organischen Stoffe eine ernährnde Wirkung haben, stellte ich folgenden Versuch an. Ein wie vorher verdünnter Strohabguss wurde sorgfältig filtriert, darauf durch Aufkochen sterilisiert, zum zweiten Male filtriert und endlich nochmals aufgekocht. In diese gelbliche, ziemlich klar durchsichtige Flüssigkeit wurden nach dem Erkalten zehn Daphnien gesetzt, die in gleicher Weise, wie früher, in ausgekochtem Wasser sorgfältig abgespült worden waren. Die Tiere befanden sich augenscheinlich sehr wohl in dieser Umgebung und ihre lebhaften Bewegungen bewiesen, dass durch keine Störungen ihre Lebensfunktionen gehindert wurden. Nach 24 Stunden wurden die Daphnien wieder herausgefischt, abgespült und in eine neue genau ebenso zubereitete und sterilisierte Strohfliissigkeit gesetzt. Infolge dieses während vierzehn Tage durchgeführten 24stündigen Wechsels des Nährmediums wurden nicht nur die geringsten Spuren von sedimentären Stoffteilchen ausgeschlossen, sondern auch jegliche Entwicklung von Pilzen und Bakterien völlig inhibiert. Es standen daher den Daphnien nur die gelösten organischen Substanzen zur Verfügung, von denen sie sich auch genügend zu ernähren vermochten. Sie blieben nämlich bei dieser Procedur nicht nur selbst am Leben,

sondern erzeugten auch noch junge Tiere, welche ebenfalls in der täglich erneuerten Flüssigkeit zu leben und sich zu ernähren imstande waren und bald heranwuchsen. Der Darminhalt dieser sämtlichen Tiere hatte jedoch nicht eine schwarze Färbung, sondern war von gelblich brauner, beinahe durchsichtiger Beschaffenheit. Die Zahl der produzierten Jungen war allerdings sehr gering, im Ganzen nur 25 Stück, von denen ausserdem noch im Laufe des Versuches sechs Stück zu Grunde gingen. Ob die gelösten Substanzen nicht dieselbe vollwertige Nährwirkung wie die festen hatten, kann hieraus jedoch nicht mit Sicherheit geschlossen werden. Wahrscheinlich wird auch durch das sehr oft stattgefundene Herausfischen und durch die damit verbunden gewesene Beunruhigung der Tiere trotz aller angewendeten Vorsicht eine nachteilige Beschädigung der zarten jungen Nachkommenschaft herbeigeführt worden sein, von der vielleicht auch die älteren Tiere nicht verschont geblieben sind, sodass einerseits die Vermehrung in nicht sehr bedeutendem Masse stattgefunden hat, andererseits nur die kräftigeren Tiere sich zu entwickeln und heranzuwachsen vermochten. Jedenfalls liess der Erfolg dieses Versuches genügend erkennen, dass gelöste organische Substanzen von den Kriebstierchen sowohl aufgenommen als auch verwertet werden.

Um die Ernährungsmöglichkeit der Daphnien durch Aufnahme von pilzlichen und bakteriellen Organismen, wie sie sich bei Gegenwart organischer Stoffe zahlreich entwickeln, zu prüfen, benutzte ich ebenfalls ein Strohinfus in der bekannten Verdünnung. Dasselbe wurde zur Beseitigung aller Sedimente filtriert, jedoch nicht sterilisiert. Die dort hineingesetzten zehn Daphnien, sowie ihre bald erzeugte Nachkommenschaft blieben während der ersten vier Tage in ungestörtem Wohlbefinden. Ihr anfangs grünlicher Darminhalt nahm schwarze, bei einigen Tieren auch gelblich braune Färbung an. Dann aber machte sich eine sichtbare Abnahme der Lebensfähigkeit bemerkbar, sie ermatteten, einzelne starben, und zehn Tage nach dem Beginn des Versuches war kein einziges Tier mehr am Leben. Dagegen hatte die Entwicklung von Fäulnisregern grossen Umfang angenommen. Es war unverkennbar, dass die Pilz- und Bakterienvegetation von so üppiger Ausdehnung die Daphnien geschädigt hatte, wobei die mit der Fäulnis parallel gehende Sauerstoffzehrung nicht unwesentlich beteiligt gewesen sein mag. Ich wiederholte daher den Versuch in einer $1\frac{1}{2}$ mal verdünnten Strohfliissigkeit. In diese wurden jedoch die Daphnien nicht sofort hineingesetzt, sondern erst 2 Tage später, nachdem eine schwache Trübung und der charakteristi-

sche Fäulnisgeruch den Beginn der Pilz- und Bakterienentwicklung hatte erkennen lassen. Die Daphnien vermochten sich in diesem Nährmedium mehrere Wochen lang am Leben zu erhalten. Ihr Verdauungstraktus füllte sich mit schwärzlicher, bei einigen Individuen mit gelblich brauner Masse, und ihre Vermehrung zeigte sich in dem Auftreten mehrerer Generationen. Jedoch blieb auch hier die Zahl der Jungen hinter der als maximal zu bezeichnenden Menge zurück, sie hielt sich ungefähr parallel mit derjenigen in dem Versuchsgefäss, wo Algen als alleiniger Nahrungsstoff dargeboten waren. Die Entwicklung von Fäulnisorganismen machte in diesem Gefässe keine gefährdenden Fortschritte, sondern hielt sich in mässigen Grenzen, offenbar als Folge des geringeren Vorhandenseins von organischer Substanz. Ausserdem verzehrten die Daphnien und deren heranwachsende Nachkommenschaft einen grossen Teil derselben, woher unzweifelhaft deren vorwiegend schwärzlicher Darminhalt stammte, denn die Aufnahme toter, sedimentärer Stoffe war als völlig ausgeschlossen zu betrachten. Die pilzlichen und bakteriellen Lebewesen können demnach gleichfalls direkt zur Ernährung der Daphnien beitragen. Allerdings ist die Anwesenheit dieser Organismen nur dann von Vorteil für die Daphnien, wenn sie in geringer Menge auftreten. Eine bei Gegenwart grösserer Mengen von geeigneten organischen Stoffen eintretende starke Vegetation der Fäulniserreger bedeutet nicht etwa eine reichliche Vermehrung der Daphniennahrung, sondern im Gegenteil, die Mikrofauna erleidet Schädigung ihrer Lebensfähigkeit und geht schliesslich, hauptsächlich wohl infolge Sauerstoffmangels, zu Grunde.

Weiterhin versuchte ich festzustellen, ob auch Pepton einen ernährenden Einfluss auf die Daphnien auszuüben vermag. Jedoch machte ich die Erfahrung, dass die Kriebstierchen in keiner der verwendeten Peptonlösungen sich am Leben zu erhalten vermochten. In den nicht sterilisierten Flüssigkeiten hinderten die bei einer Konzentration von mehr als 0,1% in grossen Massen auftretenden Fäulnisorganismen allein schon jegliche Lebensfähigkeit der Daphnien. Aber auch die sterilisierten Peptonflüssigkeiten, in denen Störungen nach dieser Richtung nicht eintraten, erwiesen sich nicht von günstiger Wirkung. In 0,2 bis 0,1%iger Lösung starben die Tiere schon während der ersten Stunde. In den schwächeren Lösungen blieben sie allerdings einige Male 2 Tage lang lebensfähig, gingen dann aber gleichfalls zu Grunde. Selbst Verdünnungen, bei denen der Gehalt an Pepton nur 0,0125 und 0,00625% betrug, hatten diese ebenfalls als giftig zu bezeichnende Wirkung, da auch in diesen Flüssigkeiten

weder eine andauernde Lebensfähigkeit der hineingesetzten Daphnien sich zeigte, noch eine Vermehrung durch Produktion junger Tiere eintrat, obwohl in den Brutsäcken der alten Tiere das Vorhandensein entwicklungsfähiger Eier zu konstatieren war.

In gleicher Weise wurde eine Schädigung veranlasst, wenn den Strohflüssigkeiten, in denen Daphnien sich schon längere Zeit in lebhaftester Bewegung und Vermehrung befanden, frischer Hundeharn zugesetzt wurde. Derselbe kam in nur geringen Mengen zur Verwendung, etwa 1 cem auf 200 cem Strohflüssigkeit. Trotzdem trat stets ein baldiges Absterben der Daphnien ein, und zwar machten die jungen, eben erst dem Ei entschlüpften Tiere fast immer den Anfang. Nur in den Gefässen, wo auf 200 cem Strohflüssigkeit höchstens 5 bis 6 Tropfen frischen Hundeharns gegeben worden waren, blieben die Daphnien ohne wesentliche Beeinträchtigung ihrer lebhaften Beweglichkeit am Leben. Ebenfalls unschädlich erwies sich die hinzugesetzte Harnflüssigkeit, wenn sie zuvor zwei bis drei Tage alt geworden war; in diesem Falle vermochten sogar 2 cem auf 200 cem Strohflüssigkeit keine erheblichen Störungen zu verursachen. Wahrscheinlich hat man es auch hier mit einer Giftwirkung zu thun, die entweder durch die Acidität des frischen Hundeharns hervorgerufen wurde, oder durch die Schädlichkeit der darin enthaltenen organischen stickstoffhaltigen Verbindungen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Versuche gestatten einen einigermaßen richtigen Einblick in die Ernährungsweise der für die Fischproduktion so wichtigen Daphnien. Es wurde festgestellt, dass daran beteiligt sind sowohl grüne, einzellige, planktonische Algen, tote organische Stoffe in sedimentärer und gelöster Form, endlich gewisse andere Organismen des Wassers, wie Pilze und Bakterien, zu denen sich nach den Beobachtungen anderer Autoren noch Diatomeen, Infusorien und Urtiere gesellen. Die Vermehrungsfähigkeit der Daphnien in den geschilderten Versuchen gestaltete sich jedoch keineswegs in so umfangreicher Weise, wie es nach vielfachen Beobachtungen in der freien Natur unter günstigen Umständen möglich ist. Die Ursachen können wohl darin gesucht werden, dass bei dem unvermeidlichen Herausfischen der Tiere aus den Aufbewahrungsgefässen, ferner bei dem Abspülen derselben, schliesslich bei dem Uebersetzen in das neu zubereitete Nährmedium eine wesentliche Beeinflussung und Störung in dem Wohlbefinden dieser Tiere hervorgerufen wurde. Ein weiterer Grund wird auch der sein, dass die Daphnien bei den einseitig dargebotenen Nahrungsstoffen nicht die Bedingungen vorfanden, wie sie ihnen in der freien Natur mit ihren vielseitigen Nahrungs-

quellen zur Verfügung stehen. Diese Ansicht schien mir um so weniger zweifelhaft, als die Daphnien in den Aufbewahrungsgefässen für Planktonmaterial, wo Lebewesen und andere Stoffe aller Art vereinigt waren, in einer viel lebhafteren Vermehrungsthätigkeit sich befanden, als in den Versuchsgefässen.

Um dieses näher zu prüfen, bereitete ich eine planmässige Kombination mehrerer Nährstoffe zu, indem ich in einer stark verdünnten Minerallösung zunächst Algen in reichlicher Menge sich entwickeln liess und ferner eine gewisse Menge Strohinfus hinzufügte, sodass ausser den Chlorella-Algen nicht nur organische, gelöste und feste Stoffe vorhanden waren, sondern auch die Entwicklung von Fäulnisorganismen, natürlich in gefahrlosen Mengen, möglich war. Die dort hineingesetzten zehn Daphnien zeigten in der That eine viel bessere Lebensfähigkeit als ihre Kameraden in den vorher erwähnten Versuchen. Sie vermehrten sich in bedeutend grösserer Anzahl und schienen sich von allen dargebotenen Nährstoffen gleichmässig zu ernähren. Von besonders günstigem Einfluss war offenbar die Gegenwart der grünen Algen. Denn in anderen Gefässen mit einer ebenso zubereiteten Kombination der genannten Nahrungsstoffe, bei denen jedoch die Algen nur in sehr geringen Mengen vertreten waren, gestaltete sich die Entwicklungsfähigkeit der Daphnien in sichtlich geringerer Lebhaftigkeit, zumal wenn die schwache Ergrünung sehr bald wieder verschwand. Obgleich die Algen nicht ausschliessliches und im Vergleich zu anderen Stoffen, wie tote organische Substanz auch nicht bevorzugtes Nährobjekt für die Daphnien sind, so ist doch ihre Anwesenheit in dem Nährmedium von unzweifelhaft vorteilhafter Wirkung für die Lebensfähigkeit der Mikrofauna. Man wird nicht fehlgehen in der Annahme, dass die durch die chlorophyllführenden Organismen bedingte Kohlensäurezersetzung unter gleichzeitiger Sauerstofflieferung der hauptsächlich fördernde Einfluss in der angegebenen Richtung ist.

Die Bedeutung der grünen Pflanzen für die tierische Lebewelt des Wassers trat noch bei einer anderen Gelegenheit in die Erscheinung. Einige Zeit, nachdem die besprochenen Versuche vollendet waren, gingen innerhalb einer Woche fast täglich mehrere, zum Teil sehr heftige Gewitter nieder. Dieselben waren für meine Planktonorganismen insofern von nachteiliger Wirkung, als in allen Gefässen, die keine oder nur unwesentliche Mengen von Algen enthielten, sämtliche vorhandene Daphnien bis auf einige wenige zu Grunde gingen. Dagegen war in anderen Gefässen, wo Chlorella-Algen sich in lebhaftester Vegetation befanden, ein Absterben in derartigem Um-

fange nicht zu beobachten. Dass hier kein Zufall im Spiele war, lehrte die Wiederholung derselben Erscheinungen. Denn als ich von den lebend gebliebenen Daphnien eine grössere Zahl in andere Gefässe mit Strohfliissigkeit übergesetzt hatte, um so nach Möglichkeit das Heranwachsen und die Wiederergänzung des sehr verminderten Vorrates an diesen Organismen zu fördern, gingen auch diese Tiere wiederum bei einem sich entladenden Gewitter zu Grunde. Erst als ich gleichzeitig für die Anwesenheit von Algen in den neu zu besetzenden Gefässen sorgte, blieben die Daphnien trotz später noch oft auftretender Gewitter am Leben. Das Absterben der Krebstierchen nahm um so grössere Dimensionen an, je schwüler und höher die Temperatur vor oder während des Gewitters war. Diese Schädigungen der Mikrofauna wurden offenbar durch eintretenden Sauerstoffmangel verursacht. Denn sind einerseits die Absorptionskoeffizienten aller Gase im Wasser bei höherer Temperatur an und für sich schon geringe, so findet andererseits auch bei zunehmender Erwärmung eine gleichzeitig vermehrte Sauerstoffzehrung im Wasser statt und zwar infolge der Erhöhung der Bakterienwirkung und des lebhafteren Stoffwechsels der Mikrofauna¹⁾. Endlich bewirkt auch, wie die Versuche von Berg und Knauth²⁾ gezeigt haben, die bei Gewitter herrschende hohe elektrische Spannung Ueberführung des im Wasser gelösten Sauerstoffs in feste chemische Bindung (Bildung von Wasserstoffsperoxyd und von Nitriten). Waren jedoch genügende Mengen chlorophyllführender Pflanzen anwesend, so wurde durch deren assimilatorische Thätigkeit der plötzlich gesteigerten Sauerstoffabnahme in wirksamer Weise entgegengearbeitet, und blieben daher die Daphnien wenigstens in einigen Gefässen zum grössten Teil erhalten.

Zum Schlusse möchte ich noch der gemachten Beobachtung Erwähnung thun, dass bei eintretendem Nahrungsmangel die Daphnien einander aufzehren. Entweder werden die Körper der bereits Hungers gestorbenen Tiere von den Ueberlebenden vertilgt oder die schwächeren und jüngeren Individuen fallen den kräftigeren Tieren zum Opfer. In einem Gefässe mit reinem Wasser und nur geringen Spuren von Strohfliissigkeit, in dem ich diese Vorgänge beobachtete, blieben von ursprünglich vorhandenen 25 Daphnien nach 5 Tagen nur noch 5 Stück übrig, alle übrigen waren allmählich dem Mangel an Nährstoffen und der Fresslust der noch am Leben gebliebenen kräftigeren Tiere erlegen.

¹⁾ Cfr. Knauth: Beobachtungen über den Gasgehalt der Gewässer im Winter. Biol. Centralbl. Bd. XIX, p. 783 ff.

Cfr. ds. „Der Kreislauf der Gase in unseren Gewässern“. Biol. Centralbl. Bd. XVIII, Nr. 22 p. 785 ff.

²⁾ Naturw. Rundschau 1898.

Berichte a. d. Biolog. Station z. Plön VIII.

Schluss.

Da nur selten derartige Verhältnisse vorliegen, dass sich ohne wesentliche Massnahmen seitens der Teichwirte alle Faktoren zu Gunsten einer reichlichen, planktonischen Fischmahrung vereinigen, sodass die Produktivität der Gewässer für längere Zeit gesichert ist, gehört eine planmässige und geregelte Stoffzufuhr zur Thätigkeit einer rationellen Teichwirtschaft. Abgesehen von solchen Fällen, wo die direkte Fütterung der Fische den wirtschaftlich besten Vorteil verspricht, handelt es sich zumeist um eine Düngung der Teiche und zwar entweder auf dem Wege der Sömmerung, oder durch unmittelbares Einführen der Düngstoffe in das Wasser. Die mannigfaltige und artenreiche Lebewelt des Wassers, vertreten durch Organismen von der niedrigsten Organisation an, garantiert eine intensive und weitgehende Ausnützung von Stoffen aller Art, sei es dass diese sich im Beginn der Desorganisation befinden, sei es dass sie schon in die Endprodukte der Zersetzung übergegangen oder anorganischer Natur sind. Wenn es daher gelingt, die Zufuhr der Düngstoffe auf Grund der Kenntnisse von der Ernährungsweise der verschiedenartigen Lebewesen derart zu regeln, dass der Kreislauf der Stoffe in den Gewässern in die günstigsten Bahnen geleitet wird, so kann eine vorteilhafte Verwertung der zugeführten Substanzen ohne nennenswerte Verluste an irgend welchen Nährelementen als gesichert betrachtet werden und als Produktion reichlichen und wertvollen Fischfleisches in die Erscheinung treten.

In zahlreichen Erfolgen der Praxis zeigt sich die ausserordentliche Vermehrungsfähigkeit der Krustaceen, dieser besonders vom Karpfen bevorzugten Nährtiere, sobald organische Stoffe aller Art in die Gewässer treten und die Bedingungen für ihre Entwicklung sonst günstig sind. In welcher Art die Verwertung dieser Stoffe seitens der Daphnien vor sich geht, haben die oben geschilderten Versuche darzulegen versucht. Danach nehmen diese Krebstierchen die Dungmaterialien nicht nur in fester oder flüssiger Form direkt auf, sondern ernähren sich auch von denjenigen pilzlichen und bakteriellen Organismen, welche in Gegenwart organisch toter Stoffe zahlreich zu vegetieren pflegen. Es treten jedoch bedenkliche Schädigungen der Krustaceenfauna ein, sobald die Fäulnisprozesse infolge zu starken Zuflusses der organischen Substanzen einen grösseren Umfang annehmen. Es ist dies die unzweifelhafte Folge des damit im Zusammen-

hange stehenden starken Sauerstoffverbrauches. Ein Gegengewicht gegen diese Schädigungen stellen die chlorophyllführenden Organismen des Wassers dar, die die Lebensbedingungen nicht nur der Mikrofauna sondern auch der Fische selbst um so günstiger zu gestalten im stande sein werden, je üppiger sie sich zu entwickeln vermögen.

Die Bedingungen einer reichlichen Algenvegetation ergeben sich aus den Resultaten der angestellten Kulturen mit der *Chlorella*, jener im Süßwasser sehr verbreiteten einzelligen Alge aus der Familie der *Protococceaceen*. Auch für diesen pflanzlichen Bestandteil des Planktons ist Zufluss organischer Stoffe ein wesentliches Förderungsmittel im Wachstum, da sie wie fast alle niederen Pflanzenorganismen die Fähigkeit besitzt, Stickstoff in organischer Bindung oder als Ammoniak besser als in Form der Nitrate auszunutzen. Da jedoch diese Algen durch zu starke Pilz- und Bakterienvegetation in der Entwicklung bedeutend gehindert werden können, ist eine planmässige Regelung der Zufuhr organischer Stoffe zu Gunsten der Planktonphyten ebenfalls am Platze, zumal auch bei ziemlich starken Verdünnungen der Nährstoffe eine reichliche Algenvegetation immer noch möglich ist. Ausserdem hat aber ein genügender Gehalt des Wassers an Mineralstoffen allererste Bedeutung für die Entwicklungsfähigkeit der Mikroflora. Erst unter dieser Bedingung wird ein reichliches Heranwachsen der Algen bei gleichzeitiger, weitestgehender Verwertung der organischen Substanzen stattfinden. Ueberall, wo der Teichboden oder seine Umgebung bezw. die Zuflüsse keine günstigen Verhältnisse nach dieser Richtung bieten, bedarf es, ähnlich wie bei der Ackerdüngung, in den meisten Fällen einer Zufuhr von Kalium und Phosphor, ebenso wichtig ist aber auch die Kalkung der Teiche. Denn obwohl Calcium kein unbedingt notwendiger Nährstoff ist, wenigstens nicht für alle Algen, so werden doch dadurch wesentliche Meliorationen der Teichgewässer, wie besonders die Entsäuerung und das Aufschliessen schwer zersetzlicher und schwer löslicher Substanzen bewirkt. Die Notwendigkeit der Zufuhr von Mineralstoffen wird am besten an den Ergebnissen einer planmässig durchgeführten Versuchsdüngung erkannt werden, sowie an der Qualität und Quantität der mittels des Planktonnetzes gefischten Proben. Dadurch lässt sich zugleich die Wirkung der angewendeten Konzentrationen beurteilen, denn wie die Versuche zeigen, ist eine günstige Algenentwicklung, ebenso auch die Lebensfähigkeit der Daphnien, nur bei hinreichender Verdünnung der Mineralstoffe zu erwarten.

Wenn auch die Algen für die direkte Ernährung der Fische nicht wesentlich in Betracht kommen, so fördern sie dieselbe indirekt da-

durch, dass sie an der Verwertung und Assimilation der in das Wasser gelangenden Stoffreste lebhaft beteiligt sind und dann selbst ein Nahrungsmittel für die Krebstierchen darstellen. Ferner hat ihre Anwesenheit in den Gewässern insofern eine sehr grosse Bedeutung, als sie durch ihre Chlorophyllthätigkeit den Gasgehalt des Wassers in eine für die gesamte Tierwelt günstige Form gestalten. Karl Knauth¹⁾ hat in seinen beiden Abhandlungen das Nähere darüber an der Hand zahlreicher Untersuchungen ausgeführt. Danach sinkt in Teichen ohne chlorophyllführende Organismen der Sauerstoffgehalt des Wassers bei steigender Temperatur und zunehmender Belichtung so rapide, dass die unterste mit dem Leben der Fische noch verträgliche Grenze sehr bald erreicht wird. Die Sauerstoffzehrung nimmt einen gefährlichen Umfang an, wenn ein Gewitter in der Nähe oder gegenwärtig ist, und ausserdem das Wasser mit vielen organischen fäulnisfähigen Stoffen erfüllt ist. Wo jedoch die Verhältnisse eine reichliche Entwicklung grüner Organismen gestatten, werden diese Schädigungen abgeschwächt, und die Sauerstoffentwicklung erfolgt, namentlich bei günstiger Belichtung, in so schneller und so reichlicher Weise, dass nach wenigen Stunden maximale Werte erreicht werden. Dabei wird fast die gesamte im Wasser absorbierte und dem Stoffwechsel der zahlreichen Fauna entstammende Kohlensäure zersetzt. Auch im diffusen Tageslicht und selbst im Mondschein genügt die Sauerstoffproduktion den Bedürfnissen noch vollauf, sie unterbleibt jedoch vollständig bei eintretender Dunkelheit, wo dann der Sauerstoffmangel rasch gefährliche Grade annehmen kann. Die Dorfteiche mit ihrem meist unverhältnismässig grossen Gehalt an organischen fäulnisfähigen Stoffen verdanken ihre oft recht bedeutende Produktivität den zahlreich vorhandenen grünen Planktonten, andernfalls würde bei den lebhaften Zersetzungsprozessen und infolge des Stoffwechsels der in grossen Mengen sich entwickelnden Mikrofauna, sowie des meist übermässig starken Fischbesatzes jede sommerliche Temperaturerhöhung oder Gewitternähe genügen, um die gesamte Tierwelt an Sauerstoffmangel zu Grunde gehen zu lassen. Unter dieselben Gesichtspunkte gehören auch alle diejenigen Erscheinungen, mit denen eine Hemmung der Assimilationsthätigkeit der grünen Organismen verknüpft ist, z. B. das Vorhandensein einer Eisschicht bei gleichzeitig starkem Schneefall, Beschattung der Wasseroberfläche oder die eventuell eintretende Erschöpfung an einem oder mehreren wichtigen Nährstoffen.

¹⁾ Biol. Centralbl. Bd. XVIII Nr. 22. p. 785.
Ds. Bd. XIX Nr. 23. und 24. p. 783.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [8](#)

Autor(en)/Author(s): Knörrich Friedrich Wilhelm

Artikel/Article: [Studien über die Ernährungsbedingungen einiger für die Fischproduction wichtiger Mikroorganismen des Süßwassers 1-52](#)