

Sitzungsbericht  
der  
Gesellschaft naturforschender Freunde  
zu Berlin

vom 8. April 1919.

Ausgegeben am 21. August 1919.

---

Vorsitzender: Herr P. CLAUSSEN.

---

Herr CLAUSSEN sprach über die Pilzfamilie der Laboulbeniaceen.

Herr v. FALZ-FEIN sprach über das letzte Auftreten des Wildpferdes in Süd-Rußland.

---

**Neuere quantitative Methoden der hydrobiologischen Forschung.**

Von Dr. H. H. WUNDSCH, Münster i. W.

Es ist noch nicht allzulange her, daß man ziemlich allgemein glaubte, in der Einteilung unserer Naturwissenschaften in „beschreibende“ und „exakte“ Disziplinen ein streng systematisch brauchbares Prinzip zu besitzen, durch das eine verbindliche Scheidung der einzelnen naturwissenschaftlichen Forschungszweige auf Grund ihrer Arbeitsmethode möglich sei.

Ebenso allgemein neigte man dazu, den beiden Hauptzweigen der Lehre von den Lebewesen, der Zoologie und Botanik, lediglich den Charakter beschreibender Wissenschaften zuzuerkennen.

In der Tat mangelte ihnen lange Zeit hindurch das Kennzeichen exakter Forschung, das Arbeiten mit Verhältniswerten, mit zahlenmäßig ausdrückbaren Erscheinungen.

Auch als man sich daran gewöhnte, die Wissenschaft von den belebten Dingen als „Biologie“ unter einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachten, blieb diese Wissenschaft zunächst wesentlich eine beschreibende. Sie beschäftigte sich nämlich in der Hauptsache mit Untersuchungen über die Beziehungen der Formerscheinung des Individuums zu Arbeitsleistung und Lebensraum. Die ältere Biologie unterschied sich also von der beschreibenden Zoologie und Botanik, denen sie sich überordnete, nicht so sehr durch die Methode, als durch die kausal gerichtete Fragestellung. Sie war im wesentlichen Physiologie auf morphologischer Grundlage.

Es kann übrigens bemerkt werden, daß diese Neigung, die Erscheinungsform nicht zu einem Endpunkt, sondern zum Ausgang der Spekulation zu machen, auch heute noch in der zu einem Sonderzweig ausgewachsenen speziellen Physiologie herrschend ist. Der große, rein morphologische Stoffballast, den unsere Lehrbücher der Physiologie notgedrungen mit sich führen müssen, läßt dies deutlich zutage treten.

Immerhin war mit der Übernahme physiologischer Forschung von der Medizin in das Gebiet der allgemeinen Biologie auch die Einführung der exakten Methode in diese Wissenschaft gegeben, da ja eine wesentliche Fragestellung der Physiologie das Ziel hat, festzustellen, wie sich die verschiedenen Lebensäußerungen eines Organismus quantitativ zueinander und zu den Stoffmengen des Lebensraumes verhalten.

Sobald man jedoch über den Organismus als Individuum hinausging und sich dem Hauptgebiet der modernen Biologie zuwandte, dem Organismus als Glied des Naturganzen, wurde zunächst die messende Methode naturnotwendig wieder zurückgestellt.

Ebenso wie die Biologie des Individuums von der Morphologie ihren Ausgang nehmen mußte, trat jetzt an die Biologie der Gattungsbegriffe die Aufgabe heran, zunächst gewissermaßen eine Morphologie der Gruppen zu schaffen, wiederum im Hinblick auf Arbeitsleistung und Lebensraum. Aus diesem Bestreben heraus erwuchs die sich wieder wesentlich mit Qualitäten beschäftigende Ökologie der Gruppen. Die Flora und Fauna wurde untersucht auf die Abhängigkeit ganzer Lebensgemeinschaften von den physikalischen Grundfaktoren, zunächst wieder im Hinblick auf die Formbildung.

Man konnte ein System von Organtypen festlegen, das, unabhängig von der natürlichen Verwandtschaft der Gruppen, in direkter Wechselbeziehung stand zu solchen physikalischen Bedingungen, die für die gesamte Organismenwelt eines ganzen Lebensbezirks wirksam waren. Auf solchen ökologisch bedingten Organtypen beruht ja hauptsächlich die Erscheinung der sog. Konvergenz nicht verwandter Formen, die in der beschreibenden Zoologie eine große Rolle gespielt hat. Als Beispiele seien hier nur die Schwebenrichtungen der Planktonorganismen und die Klammerorgane der Brandungstiere und der parasitären Formen erwähnt.

Die Ökologie also schuf uns den Begriff der Biocoenose oder „Lebensgemeinschaft“ als einer vom natürlichen System unabhängigen Organismeneinheit und damit die Möglichkeit einer neuen allgemeinen Betrachtungsweise der Lebenserscheinungen. Es wurde nämlich hiermit gewissermaßen ein neuer Individualbegriff im biologischen

Sinne gegeben. Denn, wie es THIENEMANN einmal ausdrückt: „Jede Lebensgemeinschaft bildet mit dem Lebensraum, den sie erfüllt, eine Einheit, und zwar eine in sich oft so geschlossene Einheit, daß man sie gleichsam als einen Organismus höherer Ordnung bezeichnen kann“ (Lit. 5).

Diese Auffassung aber gab nun unmittelbar die Möglichkeit, neben die Physiologie des Individuums erster Ordnung eine solche der Biocoenose zu setzen, d. h. die Messung von Mengenverhältnissen jeder Art und damit das exakte Untersuchungsverfahren auch auf diesem jüngsten Stoffgebiet der Biologie einzuführen.

Nun ist aber die Vorbedingung jeder exakten messenden Methode die restlose technische Erfassung des Objekts, und diese Schwierigkeit, die bei der Physiologie des Individuums verhältnismäßig leicht zu überwinden war, bereitete einer Erforschung der quantitativen Biologie unserer Lebensgemeinschaften ganz erhebliche Hindernisse.

Auf welchen Wegen wir gegenwärtig im Begriff sind, diese Hindernisse zu beseitigen, und wieweit wir auf diesen Wegen bisher vorgedrungen sind, dies kurz darzustellen soll in den vorliegenden Ausführungen versucht werden.

Eine der wesentlichsten Schwierigkeiten, die sich der quantitativen Behandlung des biologischen Problems entgegenstellten, bestand darin, daß die Lebensgemeinschaften zwar im allgemeinen gut definierbar, aber räumlich nicht scharf zu umgrenzen sind, und daß ihre Ausdehnung meist eine wirklich restlose Erfassung ihres Inhalts verbietet.

Wir müssen deshalb zu der grundsätzlichen Voraussetzung unsere Zuflucht nehmen, daß bei einem theoretischen Mindestbedarf des Individuums an Stoffen aus dem Lebensraum, die Einzelwesen unter gleichen Bedingungen gleichmäßig im Raume verteilt leben werden, und zwar infolge der allgemeinen Tendenz lebender Organismen, den Platz günstigster Lebensbedingungen, also größten verfügbaren Vorrats an Existenzmitteln, aktiv oder passiv im Raume einzunehmen.

Dies für einen bestimmten Bezirk vorausgesetzt, vermögen wir aus den Verhältnissen eines willkürlich abgegrenzten Teilraumes, also aus einer Stichprobe, relative Werte zu gewinnen, die uns ein zutreffendes Bild der quantitativen Wechselbeziehungen in dem gesamten Umfange der Lebensgemeinschaft geben. Die Genauigkeit dieses Bildes wird naturgemäß um so größer werden, je mehr Aufnahmen oder Stichproben man aus einer Biozönose entnehmen kann, und je günstiger die Bedingungen dafür sind, daß man aus dem Teilbilde auch wirklich auf die Gesamtheit schließen darf.

Es ist unter diesen Umsänden nicht wunderbar, daß diese quantitativen Untersuchungsmethoden zuerst auf dem Gebiet der Hydrobiologie angewandt wurden. In der Tat bietet das Lebensmedium des Wassers für die Vornahme einer solchen wissenschaftlichen Betrachtung, wie wir sie eben angedeutet haben, erheblich bessere Bedingungen, als das feste Land.

Es braucht nur darauf hingewiesen zu werden, daß wir ganze Organismengruppen besitzen, für die das Wasser nicht nur Objekt des Stoffwechsels ist, wie die Luft für den größten Teil der Landtiere, sondern gleichzeitig auch mechanisches Existenzmedium. Es sind das die großen Lebensgemeinschaften des Planktons und Nektons, der zeitlebens aktiv oder passiv schwimmenden Wesen, und es braucht andererseits nur an das einfache technische Moment der unbegrenzten Filtrationsfähigkeit des Wassers erinnert zu werden, um begreiflich zu machen, daß es vor allem die Planktonkunde war, die uns die ältesten Methoden quantitativer Untersuchung und Darstellung bescherte.

Die Methode der Filtration ermöglicht es uns, innerhalb der Lebensgemeinschaften des Planktons und Nektons die Organismen eines bestimmten Raumes restlos von ihrem Medium zu trennen und auf diese Weise zu wirklichen exakten Werten für die Wechselbeziehungen zwischen Organismenwelt und unbelebtem Stoff in genau bestimmbareren Grenzen zu kommen.

Die ältesten dieser quantitativen planktologischen Methoden bestanden daher im wesentlichen darin, daß man ein dichtes Netz von bekannter Filtrationsfähigkeit eine bestimmte Zeit lang mit bestimmter Geschwindigkeit durch das Wasser zog und auf diese Weise den gesamten Lebensinhalt einer genau bekannten Wassersäule gewann. Die zu diesem Zweck konstruierten Netzbeutel wurden im Laufe der Zeit nach drei Richtungen hin ausgestaltet, einmal auf eine vollkommenerere Filtration hin, indem man an ihrer Mündung Aufsätze anbrachte, die nur soviel Wasser einströmen ließen, wie auch wirklich das filtrierende Netztuch in der Zeiteinheit passieren konnte, ferner auf die Feinheit der Filtration hin, dadurch daß man sich der Seidengazen bediente, die als Müllergazen im Mühlengewerbe zum Aussieben der feinsten Mehlsorten Verwendung finden, und endlich hat man an den Netzen selbsttätige, durch ein Fallgewicht auslösbare Verschlüsse angebracht, die es ermöglichten, in einer bestimmten Tiefe zu fischen, ohne daß der Fang beim Herausziehen des Netzes eine irreführende Bereicherung aus höheren Wasserschichten empfing. Soweit es sich um quantitative Fänge aus größeren Tiefen handelt, also besonders in den Meeren, fischt

man auch heute noch mit derartigen Netzen. Alle diese Vorrichtungen haben jedoch den großen Nachteil, daß sich nur sehr schwer kontrollieren läßt, ob sie wirklich dauernd exakt arbeiten. Durch längeren Gebrauch verengen sich nämlich die Netzmaschen, ebenso tritt bei sehr reichen Fängen bald ein Nachlassen der Filtration ein, durch teilweise Verstopfung der Poren. Der Filtrationskoeffizient ändert sich also ständig, und für genaue Arbeiten ist man daher zu anderen Methoden übergegangen.

Diese bestehen darin, daß man die Entnahme der Wasserprobe und die Filtration getrennt vornimmt, indem man eine bestimmte Wassermenge entweder pumpt oder schöpft und durch ein außerhalb des Wassers befindliches Netz oder Filter gehen läßt. Freilich kann man auf diese Weise nicht so große Wassermengen passieren lassen wie bei den Netzzügen; dies wird aber ausgeglichen durch die Möglichkeit ganz genauer Arbeit.

Gewisse einzellige Organismen, Algen und Geißeltierchen, sind allerdings von so geringer Körpergröße, daß sie durch die Maschen selbst der feinsten Müllergaze in der Weite von 70—98 Mikron nicht mehr zurückgehalten werden. Um auch diese Lebewesen quantitativ zu erhalten, wendet man seit einiger Zeit nach LOHMANN (Lit. 2) das Verfahren der Zentrifugierung kleiner Wassermengen in schnelllaufenden Zentrifugen an, eine Methode, die uns den Lebensinhalt an Kleinplankton ebenfalls mit großer Genauigkeit liefert, und die den Vorzug hat, daß man schon mit Wassermengen von 10—20 ccm arbeiten kann, da das Kleinplankton in den natürlichen Gewässern so verbreitet ist, daß man selbst aus so geringen Wasserquantitäten brauchbare Werte gewinnt.

Fügt man nun noch die Bestimmung der Bakterienzahl nach den in der Bakteriologie angewandten, sehr zuverlässigen und erprobten Methoden hinzu, so ergibt sich, daß wir tatsächlich imstande sind, den genauen Inhalt an Lebewesen in jeder beliebigen Wassermenge nach Individuenzahl, Gewicht, Volumen und natürlich auch chemischer Zusammensetzung wenigstens der Theorie nach zu bestimmen. Hiermit sind also die Vorbedingungen für die Physiologie mindestens eines biocoenotischen Kreises, nämlich des Planktons, gegeben, und die Forschung hat sich dementsprechend dieses Gebietes in weitestem Umfange bemächtigt.

Die Mengenbestimmung des gewonnenen Materials selbst erfolgt auf dreierlei Art. Einmal nach dem sogenannten Rohvolumen, d. h. dem durch Zentrifugieren des gesamten Rückstandes gewonnenen Volumen der frischen Organismen, ferner nach dem Gewicht der Trockensubstanz und endlich durch die Bestimmung der Individuen-

zahl, ein Verfahren, das bei den kleinsten Organismen das einzig anwendbare ist.

Technisch wird diese Zählung, die bei den gewaltigen Individuenmengen zunächst eine fast unlösbare Aufgabe erscheint, in der Weise bewältigt, daß man der genau gemischten Gesamtmasse eine Quote entnimmt, diese zählt und dann auf das Ganze verrechnet. Das ganze Verfahren kann, nach dem Ausspruch des Planktologen SCHÜTT, ein Muster genannt werden dafür, wie eine Aufgabe, die ein der physiologischen Experimentierkunst nicht Kundiger für eine Danaidenarbeit zu halten geneigt ist, mit Hilfe exakter Fragestellung, sinureicher Apparate und gewissenhafter Handhabung leicht und glatt gelöst wird.

Es ist mir natürlich hier nicht möglich, näher auf die Fülle von Resultaten einzugehen, die uns die quantitative Arbeitsmethode allein auf dem Gebiet der Planktonforschung für das Verständnis des gesamten Lebensablaufs in unseren Gewässern, vom Meere bis zum Tümpel, geliefert hat. Nur an einigen, auch vom ökonomischen Gesichtspunkt interessierenden Beispielen will ich versuchen zu zeigen, in welchen Grenzen sich derartige Untersuchungen heutzutage bewegen.

Die Bestimmung des Bestandes der Nordsee an Nutzfischen, also eines für unsere Volkswirtschaft äußerst wichtigen Wertes, wird ausschließlich durch quantitative planktologische Methoden gewonnen. Die Eier dieser Fische sinken nämlich nicht zu Boden, sondern treiben frei im Wasser und bilden ein Bestandteil des Planktons. Dadurch nun, daß man feststellte, wieviel eben abgelegte Eier während der ganzen Laichperiode in einem bestimmten Gebiet vorhanden sind, kann man berechnen, wieviel erwachsene Elternfische im Minimum auf dem betreffenden Laichplatz sich aufhalten. Denn die durchschnittliche Eizahl der einzelnen Fischarten ist bekannt, ebenso das zahlenmäßige Verhältnis der Geschlechter, und wenn auch selbstverständlich bei so großen Gebieten die absolute Fehlergrenze eine beträchtliche Ausdehnung hat, so genügen die ermittelten Werte doch vollkommen, um die Bewirtschaftung der Fischgründe nach rationellen Methoden vornehmen zu können.

Aber auch in den Binnengewässern hat die zunächst rein wissenschaftlich gewonnene Klarstellung der gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnisse zwischen den einzelnen Gliedern der Stoffwechselkette, von den Elementarnährstoffen über die Pflanzen zu den Tieren hin, in mannigfacher und oft höchst interessanter Weise die wirtschaftliche Ausnutzung der Naturobjekte durch den Menschen gefördert. Wir brauchen dabei nur an die jetzt allgemein geübte

Ertragsschätzung von Fischteichen nach dem Planktongehalt zu denken. Und erst vor kurzer Zeit ist in einer Dissertation der Universität Münster eine hübsche Arbeit über das quantitative Verhältnis der produzierenden und der konsumierenden Planktonorganismen veröffentlicht worden, die in eine Reihe von Forschungen hineingehört, deren Ergebnisse für eins der wichtigsten neueren Probleme der praktischen Teichfischzucht, die Wasserdüngung, von bestimmendem Einfluß sein werden (Lit. 3).

Die bisher geschilderten Methoden bezogen sich freilich, wie erwähnt, nur auf die Biozönose des Planktons. Diese Lebensgemeinschaft hat ja infolge ihrer ziemlich scharfen Abgrenzbarkeit und ihrer großen Spezialisierung, sowie infolge der vielen neuen und höchst interessanten Tatsachen, die sie dem Forscher bot, das Interesse der Zoologen und Botaniker seit einem Vierteljahrhundert in ganz außergewöhnlicher, ja man möchte fast sagen einseitiger Weise auf sich gelenkt. Wir haben heute eine großzügige Planktonforschung als Spezialgebiet von einem Umfange, die sie äußerlich dem gesamten übrigen Teil der Biologie fast gleichwertig gegenüber stellt. Hatten doch eine ganze Anzahl der großen ozeanischen Forschungsexpeditionen (ich nenne nur die Deutsche Nationalexpedition unter HENSEN, die Österreichische Pola-Expedition, die deutsche Valdivia-Expedition sowie die Expeditionen des Fürsten von Monaco) die Erforschung des Planktons zum hauptsächlichsten Arbeitsziel, und das erste biologische Forschungsinstitut, das in Deutschland gegründet wurde, die bekannte Station in Plön, widmete sich in den ersten Jahrzehnten seines Bestehens fast ausschließlich planktologischen Problemen. Man schien in der Tat über den so interessanten und für die quantitative Arbeitsmethode so günstigen Planktonstudien fast vergessen zu haben, daß die biologische Einheit, die ein Gewässer bildet, auch noch andere belebte Faktoren als die Schwebewesen enthält, nämlich den ganzen Bestand der an Grund und Uferregion gebundenen, mehr oder minder sessilen Tierwelt.

Dieser Kreis bildet zwar in mancher Beziehung eine Lebensgemeinschaft für sich und steht jedenfalls, wie neuere Forschungen ergeben haben, nicht in einem so direkten Wechselverhältnis zum Plankton, wie man es lange Zeit anzunehmen geneigt war; immerhin aber beeinflußt er den gesamten Stoffwechsel des großen Organismus, den ein Wasserbecken darstellt, so wesentlich, daß nur die gradezu suggestive Gewalt, mit der die Planktonforschung in ihrer ersten Blütezeit die Biologen anzog, zur Erklärung dafür dienen kann, daß der Lebensraum des Ufers und Bodens so auffallend vernachlässigt wurde.

Allerdings kamen zwei Momente hinzu, durch die eine Bearbeitung der Ufer- und Bodenorganismen sich schwieriger gestaltete als die der Planktonten. Die Ufer- und Bodenfauna besteht, wenigstens im Süßwasser, zu einem großen Teil aus Larvenformen, also aus Entwicklungsstadien, deren Endprodukte, die fertigen, geschlechtsreifen Tiere, auf dem Lande und an der Luft leben. Ihr Studium erfordert also ein vielfaches Einbeziehen anderer biologischer Gebiete, wodurch sich die hierher gehörigen Fragen komplizieren. Zweitens aber ist die Bodenfauna, und dies Moment war wohl das ausschlaggebende, sammlerisch, technisch, sehr viel schwerer zu erfassen. Wir treffen hier nämlich bereits auf die Erscheinung, die bei den Landtieren eine quantitative Behandlung biologischer Probleme bisher so gut wie ganz verhindert hat. Der Lebensbezirk der hierher gehörigen Arten umfaßt nämlich nicht mehr alle Richtungen des Raumes wie bei den Schwebewesen, sondern ist mehr oder weniger flächenhaft.

Lebensmedium und mechanisches Substrat sind nicht mehr identisch, sondern getrennt. Damit tritt aber ein neuer biologischer Grundfaktor auf, der topographische, und dieser bewirkt eine erheblich größere Mannigfaltigkeit von Existenzbedingungen bei einer erheblich verringerten Aufenthaltsmöglichkeit, oder, besser gesagt, einem erheblich verkleinerten Siedlungsraum.

Einmal sind also die Aussichten für eine gleichmäßige Verteilung größerer Individuenmengen über größere Räume viel geringer, da es eben so viel weniger größere Räume mit gleichmäßigen Lebensbedingungen gibt, andererseits ist uns das Hilfsmittel der Filtrationsfähigkeit entzogen, das uns beim Plankton die restlose Erfassung des Lebensinhalts bestimmter Bezirke so bequem ermöglichte.

Lange Zeit hindurch hat daher die Hydrobiologie, soweit sie sich mit dem Studium der Ufer- und Bodenorganismen befaßte, überhaupt nicht quantitativ gearbeitet, sondern sich mit Spezialfragen beschäftigt, wie z. B. der Entwicklungsgeschichte einzelner Arten, oder sie hat, dies noch am häufigsten, auf Grund faunistischer Untersuchungen tiergeographische Probleme zu lösen versucht, wie z. B. die Beziehung unserer heutigen Artenverteilung zur Eiszeit oder zu gewissen chemischen Faktoren, wie dem Sauerstoffgehalt der Gewässer und anderen Einflüssen.

Es ist nun für mein Empfinden immer eine der interessantesten Erscheinungen in der Geschichte der Beziehungen zwischen reiner Wissenschaft und praktischem Leben gewesen, zu beobachten, wie die Hydrobiologie gewissermaßen durchaus gegen ihren Willen dennoch dazu gedrängt worden ist, auch den Kreis der Ufer- und

Bodenfauna mit quantitativen Methoden zu behandeln, und wie die treibende Kraft dabei die Rücksicht auf einen Zweig der angewandten Biologie war, die Rücksicht nämlich auf die Bedürfnisse der Fischzucht. Der historische Verlauf war dabei kurz folgender: In den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts setzte eine Art reformatorischer Bewegung in unseren Karpfenzüchtereien ein, dadurch daß ein Mann der Praxis, der böhmische Teichwirt SUSTA, die Aufmerksamkeit seiner Fachgenossen darauf lenkte, wie wichtig es für den Fischzüchter sei, den Inhalt seiner Teiche an kleinen Lebewesen nach Art und Menge genau zu kennen. SUSTA (Lit. 4), ein Autodidakt von ausgesprochener methodischer Beobachtungsgabe und einem merkwürdigen Instinkt für das Erfassen von Problemen in gradezu wissenschaftlichem Sinne, war durch eigene Untersuchungen des Darminhalts von Karpfen zu der in wissenschaftlichen Kreisen damals noch keineswegs allgemein verbreiteten Kenntnis gekommen, daß der Karpfen und mit ihm die meisten unserer wirtschaftlich wichtigen Weißfische, Kleintierfresser seien, und daß ihre Nahrung, vor allem im höheren Alter, hauptsächlich aus den Vertretern der Ufer- und Bodenfauna in unseren Gewässern bestände.

Er zog daraus die praktische Folgerung, daß man einerseits, um ein Gewässer fischereilich richtig bewirtschaften zu können, die Lebensbedingungen des gesamten Fischbestandes und als Vorbedingung dafür auch des Pflanzenbestandes kennen lernen müsse, und daß man, um einen Maßstab für die Ertragsmöglichkeiten zu bekommen, die Menge des Lebens im Wasserbecken quantitativ untersuchen müsse, und zwar hauptsächlich die Ufer- und Bodenfauna. In dem Buch, das SUSTA über seine Erfahrungen veröffentlichte, (Lit. 4) stellte er an die biologische Wissenschaft ganz bewußt gradezu die Anforderung, in dieser Richtung zugunsten der Praxis zu arbeiten. Das SUSTA'sche Buch aber hatte unter den Praktikern einen ganz außerordentlichen Einfluß, und da die Aufrollung der Frage grade in die Zeit fiel, wo auch auf einigen anderen Gebieten die Hydrobiologie als angewandte Fischereibiologie mit dem Wirtschaftsleben in Verbindung trat, so wurden vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus die Forderungen nach quantitativen biologischen Methoden für den gesamten Organismenkreis des Wassers solange immer wieder erhoben, bis die Wissenschaft die vorhin angedeuteten Schwierigkeiten aus dem Wege zu räumen begann.

Es ist aber bezeichnend für die seinerzeit vorhandenen Bedenken, daß die erste von einem Biologen für die Praxis geschaffene quantitative Methode zur Messung der Lebensintensität und demgemäß des wirtschaftlichen Nutzungswertes eines Gewässers, die

sog. biologische Bonitierungs-methode für Teichgewässer von WALTER, als Maßstab doch zunächst wieder das Plankton wählte und von den übrigen Organismenkreisen absah, unter der ausdrücklichen Begründung, sie seien quantitativ nicht meßbar. (Lit. 6.)

Da sich aber im weiteren Verlauf der hydrobiologischen Forschung erwies, daß die Gruppe der Fische in den Süßwasserbecken (im Meere liegen die Verhältnisse anders) im ganzen zu dem Kreise der Ufer- und Bodenorganismen in näherer quantitativer Wechselbeziehung stand als zu den Planktonten, so setzte ein Teil der Fischereibiologen doch seine Bemühungen in der ange-deuteten Richtung fort, und zwar mit dem Erfolge, daß wir heute über Methoden verfügen, die es uns erlauben, ein wenigstens einigermaßen zuverlässiges Bild der Menge, nicht nur des Planktons, sondern des gesamten Lebensinhaltes eines Gewässers zu gewinnen.

Es kann übrigens nicht unerwähnt bleiben, daß inzwischen auch noch aus einer anderen Richtung her die Forderung nach quantitativen Methoden für die Bodenfauna gestellt worden war, nämlich von der Hygiene im Zusammenhange mit dem Studium des Vorganges der sog. Selbstreinigung unserer Flüsse von organischen Abwässern durch die Tätigkeit der Organismen. Jedenfalls spielte, wie man sieht, auch hier ein praktisches Bedürfnis die Hauptrolle bei der Anregung.

Die gebräuchlichen Methoden zur quantitativen Aufnahme der Boden- und Uferfauna sind nun entsprechend den planktologischen Methoden in zwei Richtungen ausgebildet worden. Einmal nämlich fischt man, entsprechend den Netzzügen, mit beweglichen Geräten, die in der Form von dreikantigen Rahmendredgen oder an langen Stangen befestigt als sog. Pfahlkratzer über eine längere Bodenstrecke dahingeführt werden, und die Tierwelt einer bestimmten Bodenfläche einfangen, indem sie, am Grunde dahingleitend, die oberste Bodenschicht abkratzen. Aus dem im Netzbeutel sich auf-sammelnden schlammigen Rückstände müssen dann die Lebewesen einzeln ausgesucht werden, was bei den meist makroskopisch sichtbaren Bodenorganismen leicht ausführbar, allerdings oft recht zeit-raubend ist.

Diese Art der Sammlungsmethode war zu qualitativen, faunistischen Bestimmungen schon früher allgemein angewandt worden. Für quantitative Bestimmungen schien sie indes lange Zeit nicht geeignet, da sie natürlich eine vollkommene Erfassung aller Individuen des abgesuchten Raumes nicht gewährleistet.

Es ist aber ein Verdienst meines verehrten Lehrers, Professor Dr. SCHIEMENZ im Kgl. Institut für Binnenfischerei in Friedrichs-

lagen, immer wieder darauf hingewiesen zu haben, daß trotz der anscheinend rohen Methode sich durchaus brauchbare quantitative Werte erzielen lassen, sobald man nur mit einiger Sorgfalt und Kritik arbeitet, Werte, die sich den in der Limnoplanktologie gewonnenen vollkommen gleichberechtigt an die Seite stellen können.

Da ich selbst Gelegenheit hatte, zum erstenmal die Methode auf ihre quantitative Zuverlässigkeit hin wissenschaftlich zu prüfen, so will ich zum Belege einige meiner eigenen Ergebnisse hier anführen.

In den Jahren 1912—16 leitete ich die biologischen Arbeiten an der Teichwirtschaftlichen Versuchsstation Sachsenhausen (Lit. 7), die dem brandenburgischen Fischereiverein gehörte und zu dem Zweck errichtet war, die Biologie kleiner Fischteiche zu studieren unter dem Gesichtspunkt einer Ertragsvermehrung von Teichen durch Zufuhr von düngenden Mineralsalzen zum Wasser. Wir hatten dort 29 gleich große Teiche von je  $\frac{1}{4}$  ha Fläche, die mit der genau gleichen Menge von Karpfen nach Stückzahl und Gewicht besetzt wurden, und die wir dann mit verschiedenen Kombinationen unserer Düngersalze behandelten.

Durch meine Mitarbeiter wurden ständig die meteorologischen Daten, die chemische Beschaffenheit des Wassers, die Bakterienzahl, der Pflanzenbestand und das Plankton quantitativ für alle einzelnen Teiche festgestellt. Ebenso war uns, durch genaue Wägungen der Fische bei der Besetzung im Frühjahr und bei der Abfischung im Herbst, die Zunahme des Fischgewichts genau bekannt. Es wurde also zum erstenmal von uns eine quantitative Aufnahme aller biologischen Faktoren in einer Reihe genau bekannter, abgeschlossener Lebensräume längere Zeit hindurch ausgeführt, und zwar mit aller erreichbaren wissenschaftlichen Genauigkeit. Gleichzeitig wurden von mir selbst nach der oben angeführten Methode ständige quantitative Aufnahmen der Ufer- und Bodenfauna gemacht.

War die Methode zur Gewinnung mindestens relativer Werte wirklich brauchbar, so mußten die erhaltenen Zahlen mindestens mit denjenigen Wertereihen parallel gehen, die sich auf die für Ufer- und Bodenfauna biologisch bestimmenden Faktoren bezogen. Es war das, nach dem einen Ende der Stoffwechselkette hin, der Gehalt der Teiche an Elementarnährstoffen, die sog. natürliche Qualität, und nach der anderen Seite das Wachstum der Fische in den verschiedenen Teichen, da sich unsere Karpfen ja, wie Darmuntersuchungen zeigten, vorwiegend von den Ufer- und Bodenorganismen nährten. Das Ergebnis meiner Untersuchungen war nun eine durchaus zufriedenstellende Parallelität der betreffenden

Daten, die ich der besseren Anschaulichkeit halber hier graphisch dargestellt habe.

Die Darstellungen beziehen sich, wie ich vorausschicken will, auf die Untersuchungen aus den Jahren 1914 und 1915, und zwar sind auf Fig. 1 die quantitativen Werte für das Planktonvolumen pro Hektoliter, die Individuenzahl der Ufer- und Bodenfauna pro Quadratmeter und die Gesamtgewichtsvermehrung der Fische pro

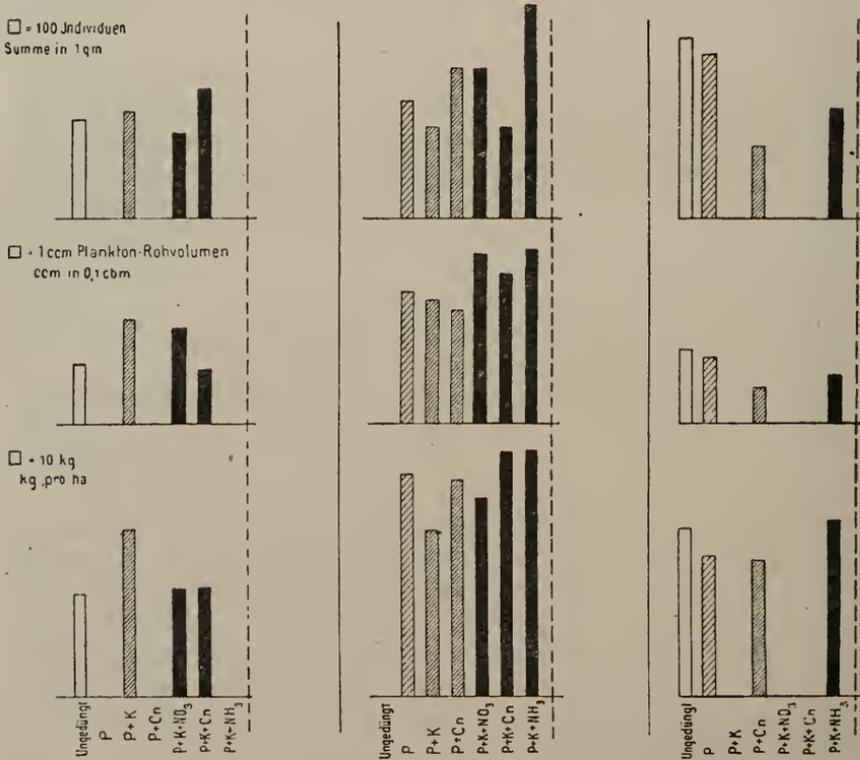


Fig. 1.

Hektar zusammengestellt. Jeder Balken bedeutet den Durchschnittswert einer Anzahl von Teichen, die mit den gleichen Mineral-salzen behandelt wurden.

Wir können nun ohne weiteres feststellen, daß die Korrelation zwischen den für das Plankton gewonnenen Werten und dem Fischabwachs keineswegs erheblicher ist als zwischen einer dieser beiden Abteilungen und den Zahlen für die Bodenfauna. Besonders in der dritten Gruppe für 1915, die vier ihrer biologischen Natur nach sehr verschiedene Teiche darstellt, kommt die

gegenseitige Übereinstimmung der gewonnenen Werte sehr schön zum Ausdruck.

Neben dieser, auf der notwendigen quantitativen Wechselbeziehung zwischen den einzelnen Faktoren einer Biozönose beruhenden Kritik der Zuverlässigkeit unseres Verfahrens kann man aber auch noch eine andere kritische Betrachtungsweise anwenden die auf unserer Kenntnis der biologischen Eigentümlichkeiten einzelner Bestandteile der Ufer- und Bodenfauna beruht. Wir können auf Grund dieser Kenntnis nämlich voraussagen, wie sich bestimmte Gruppen unseres Formenkreises unter bestimmten Bedingungen quantitativ verhalten werden, und wir haben infolgedessen einen weiteren Maßstab für die Brauchbarkeit unserer Technik an dem Grade, bis zu welchem die Resultate unserer Fänge mit den theoretisch geforderten Verhältnissen übereinstimmen.

Unsere eben erwähnten Versuchsteiche boten uns für unsere Prüfung, besonders in dem Jahre 1914, eine sehr günstige Vorbedingung. Etwa die Hälfte von ihnen wurde nämlich in diesem Jahre zum erstenmal unter Wasser gesetzt, enthielt also bis dahin gar keine Wasserfauna, während der Rest, der schon längere Zeit in Gebrauch war, sich bereits eine charakteristische Teichtierwelt in überwinterten Keimen und Larvenstadien angeeignet hatte.

Es ist nun ohne weiteres klar, daß für alle Formen mit langfristiger, z. T. mehrjähriger Entwicklung einer Generation die Besiedlungsmöglichkeit der neuen Teiche nach dem Mengenverhältnis hin ungünstig war. Für diejenigen Tierarten dagegen, die imstande sind, bereits im Verlauf weniger Tage eine Generation nach der anderen hervorzubringen, bietet ein frisch entstandenes Wasserbecken erhebliche Vorteile. Denn diese Arten vermögen die aus dem neuüberschwemmten Boden ausgelaugten und in überreicher Menge vorhandenen Nährstoffe zunächst konkurrenzlos auszunutzen und werden sich daher in zum erstenmal unter Wasser gesetzten Teichen in absolut größerer Menge entwickeln als in älteren Becken.

Fassen wir unter diesen Gesichtspunkten z. B. die beiden Gruppen der Trichopterenlarven und der Cladoceren ins Auge, so werden wir sehen, daß für die Trichopterenlarven die zuerst genannten Bedingungen maßgebend sind, für die bodenbewohnenden Cladoceren aber der zweite Fall in Betracht kommt. Denn die Köcherfliegenarten unserer Teiche haben eine langfristige Generationsfolge, während die Kleinkrebschen, wie *Eurycercus* und *Sida*, in einem Sommer eine große Menge von Geschlechtern hervorbringen können. Wir werden also theoretisch erwarten müssen, daß der Jahresdurchschnitt bei den ersteren in der Gruppe der alten

Teiche den der neuen übertreffen wird, während bei den Cladoceren das umgekehrte Verhältnis stattfinden muß.

Prüfen wir nun an der Hand unserer quantitativen Methode die tatsächlich in den Teichen vorhandenen Mengenverhältnisse

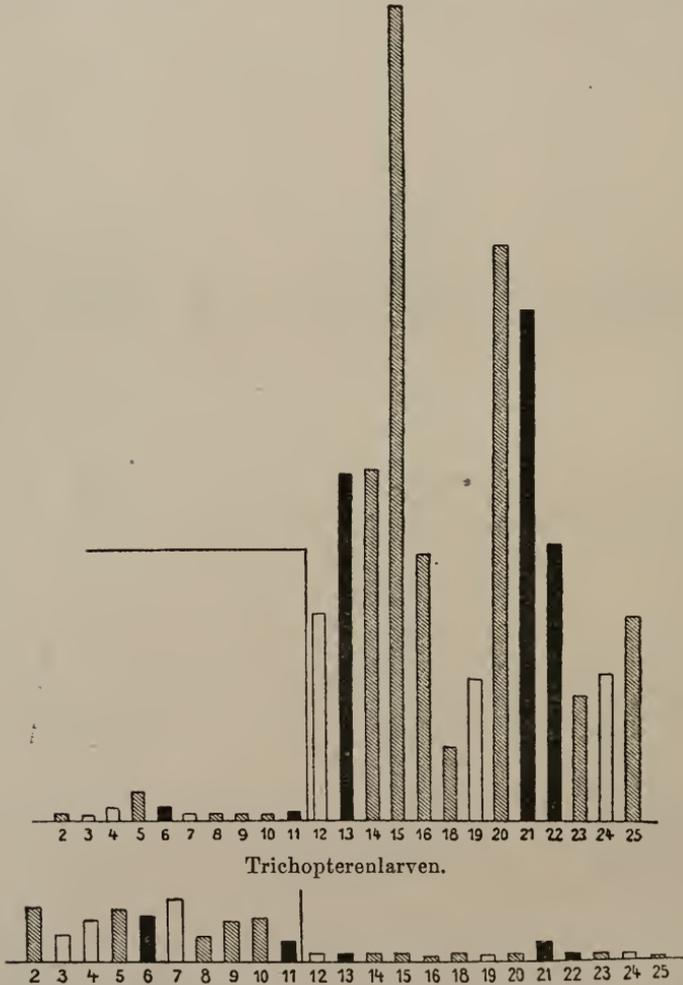


Fig. 2. Bodenbewohnende Cladoceren. Teich 12—25 zum letzten Mal unter Wasser.

(Fig. 2), so finden wir unsere Erwartungen durchaus bestätigt, eine Erfahrung, die natürlich gleichzeitig sowohl zugunsten unserer Spekulation wie unserer Methode spricht.

Aber noch ein drittes Kriterium für die Zuverlässigkeit unserer Maßstäbe steht uns zur Verfügung. Es ist das die Form der

Jahresmengenkurve für die einzelnen Organismengruppen im Vergleich mit derselben Kurve aus anderen Jahren. Da, wie erwähnt, viele der Ufer- und Bodentiere nur eine oder wenige Vermehrungs-

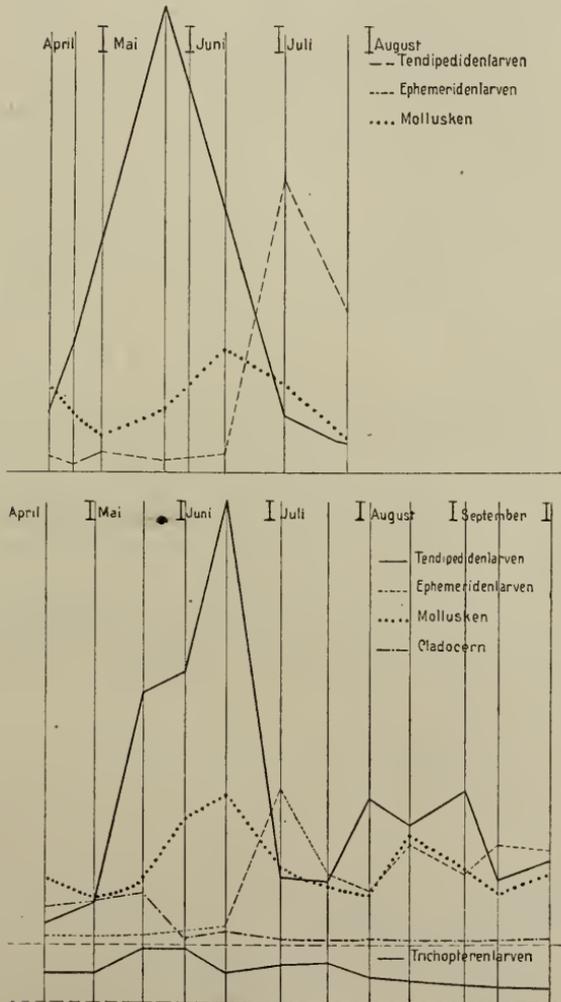


Fig. 3.

perioden im Jahre besitzen, so erhalten wir, wenn wir die an den einzelnen Untersuchungsdaten gewonnenen Mengen aus dem gleichen Gewässer kurvenmäßig auf einer den zeitlichen Ablauf repräsentierenden Abszisse darstellen, eine Kurve von ganz bestimmter charakteristischer Gestalt, deren Maximal- und Minimalwerte in

den einzelnen Jahren wenigstens annähernd in dieselben Perioden fallen müssen. Führen wir also das Verfahren an dem gleichen Objekt mehrere Jahre lang durch, so werden wir, sofern unsere quantitativ gewonnenen Werte wirklich ein zuverlässiges Bild der vorhandenen Tatsachen geben, eine annähernde Übereinstimmung der Kurven gleicher Formengruppen erwarten dürfen.

Auch diese Probe konnte ich an meinem Untersuchungsmaterial anstellen, und auch ihr Ergebnis erwies sich als befriedigend, wie ein Vergleich der Kurven für Eintagsfliegenlarven, Zuckmückenlarven und Schnecken aus den Jahren 1914 und 1915 zeigt. (Fig. 3.)

Allerdings muß betont werden, daß die so gewonnenen Quantitätswerte relativ bleiben, da eben selbst bei sorgfältigster Arbeit doch nicht alle Organismen der durchfischten Strecke erbeutet werden können.

So brauchbar daher auch die erhaltenen Resultate bei einem Vergleich verschiedener Objekte sind, vor allem soweit sie von demselben Beobachter und mit dem gleichen Gerät gewonnen wurden, so können sie doch zur Berechnung absoluter Werte nur unter Anwendung erheblicher Korrekturen dienen, für welche die Grundlagen noch längst nicht in genügender Weise geschaffen sind.

Ebenso wie man daher in der Planktologie versucht hatte, die Nachteile der freien Netzzüge durch die Methode der Vollfiltration geschöpfter oder gepumpter Wassermengen auszugleichen, ist man bemüht gewesen einen Apparat zu ersinnen, der die Bodenbewohner einer bestimmten Fläche mit Sicherheit restlos in unseren Besitz zu bringen geeignet ist.

In der Tat hat nun im Jahre 1915 der verdienstvolle schwedische Hydrobiologe SVEN EKMAN (Lit. 1) für seine Untersuchungen über die Tiefenfauna des Wätternsees eine solche recht praktisch erdachte Vorrichtung konstruiert, die ich hier zum Schluß noch erwähnen will, da sie bisher den letzten Fortschritt auf unserem Gebiet darstellt. Der Apparat arbeitet nach Art eines Greifbagers und ist so eingerichtet, daß seine Schaufeln genau  $\frac{1}{4}$  Quadratmeter Boden mit allem was darin und darauf lebt, fassen und in einem Fangkasten festhalten. Die ausgehobene Bodenmenge wird dann durch Sieben, Schlämmen und endlich durch Handauslese von ihrem Gehalt an Organismen befreit, worauf diese ebenso wie bei den anderen Methoden ausgezählt werden.

Zweifellos arbeitet dieser Apparat im Prinzip quantitativ genau, allerdings nur auf weichem, schlammigem Boden ohne Pflanzen, wie ihn wohl die Tiefe der großen Seebecken aufweist, nicht aber das pflanzenbestandene Ufer oder die Bodenfläche flacher Teiche.

Für diese Örtlichkeiten werden wir daher vorläufig bei unseren alten Apparaten bleiben müssen.

Erwähnenswert ist übrigens die recht originelle Weise, in der SVEN EKMAN seine quantitativen Resultate bildlich zum Ausdruck bringt. Er hat es nämlich versucht, die ermittelte Zahl von Organismen auf die Flächeneinheit figürlich einzuzeichnen, und zwar in natürlicher Größe und in der wahrscheinlichen durchschnittlichen qualitativen Verteilung, und man kann wohl sagen, daß die so erhaltenen Blätter ein recht anschauliches Bild dessen geben, was der Verfasser klarzumachen wünscht.

Alles in allem sehen wir demnach, daß die Hydrobiologie auf dem Wege quantitativer Festlegung der Lebenserscheinungen bestimmter biocoenotischer Bezirke bereits erfreulich weit vorgedrungen ist, wenn auch die einzelnen Methoden noch vielfach der Vervollkommnung bedürfen.

Wir können aber sagen, daß wir im allgemeinen heute schon in der Lage sind, den gesamten Stoffumsatz eines Wasserbeckens annähernd in derselben Weise in all seinen einzelnen Erscheinungsformen zu studieren, wie der Physiologe dies am Individuum tun kann.

Der Organismus höherer Ordnung ist, soweit es sich um das Medium des Wassers handelt, technisch-methodisch der Forschung erschlossen.

Ob entsprechende Untersuchungsarten uns ähnliche Möglichkeiten einstmals auch für den Lebensbezirk des festen Landes beschaffen werden, ist noch nicht abzusehen, aber wohl zu hoffen.

Dann erst wird die Biologie ihre letzte und größte Aufgabe in Angriff nehmen können, nämlich uns nach so langer analytischer Forschungsarbeit die große Einheit alles organischen und anorganischen Geschehens wissenschaftlich erfassbar zu machen.

#### Literatur.

1. EKMAN, S.: Die Bodenfauna des Vättern, qualitativ und quantitativ untersucht. Intern. Revue der ges. Hydrobiologie und Hydrographie. Bd. VII. 1915.
2. LOHMANN, H.: Über die Anwendung der Zentrifugierung von Wasserproben zur Gewinnung des Planktons. Wiss. Meeresuntersuchungen, Abt. Kiel, Bd. X, 1908.
3. SCHÄDEL, A.: Produzenten und Konsumenten im Teichplankton. Arch. f. Hydrobiologie u. Planktonkunde. Bd. XI, 1916.
4. SUSTA, J.: Die Ernährung des Karpfens und seiner Teichgenossen. Stettin, Herrcke u. Lebeling, 1888.
5. THIENEMANN, A.: Schwedische Chironomiden. Arch. f. Hydrobiologie und Planktonkunde. Suppl., Bd. II, 1916.
6. WALTER, E.: Über die Möglichkeit einer biologischen Bonitierung von Teichen. München 1895.
7. WUNDSCH, H. H. u. CZENSNY, Th.: Teichdüngungsversuche in Sachsenhausen. Neumann-Neudamm, 1918.

### Berichtigung.

In dem Aufsatz „Neuere quantitative Methoden der Hydrobiologischen Forschung“ ist in der Beschriftung von Fig. 2 ein Irrtum unterlaufen, insofern als die Unterschriften der Darstellungen vertauscht sind. Es bezieht sich die obere Darstellung auf „Bodenbewohnende Cladoceren“, während die untere die Verhältnisse bei Trichopteren darstellt. Ferner muß es heißen „Teich 12 bis 25 zum ersten (nicht zum „letzten“) Mal unter Wasser“. Der Satz (p. 139) „In den Jahren 1912 bis 16 leitete ich die biologischen Arbeiten an der Station Sachsenhausen“ enthält ein Versehen in bezug auf die Jahreszahlen. Tatsächlich übernahm ich die Arbeiten an der Station zunächst nur über Limnofauna erst im Herbst 1913, die gesamten biologischen Arbeiten erst nach Kriegsausbruch, der die anderen Mitarbeiter ins Feld führte. Im Interesse derjenigen von meinen Mitarbeitern und Kollegen, die vor Kriegsausbruch einen Teil des biologischen Materials (Bakteriologie und Floristik) zum Gegenstand eigener Bearbeitungen gemacht haben, nehme ich Gelegenheit, dies ausdrücklich richtigzustellen. Die wissenschaftliche Gesamtleitung der Station lag während der ganzen Zeit in den Händen von Herrn Geheimrat Prof. Dr. ZUNTZ, Vorsteher des tierphysiologischen Instituts an der landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin.

WUNDSCH.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [1919](#)

Autor(en)/Author(s): Wundsch Hans Helmuth

Artikel/Article: [Neuere quantitative Methoden der Lydrolbiologischen Forschung. 129-145](#)