

Die Wasserblüte als wichtiger Faktor im Kreislauf des organischen Lebens.

Vortrag,

gehalten in der wissenschaftlichen Sitzung der Senckenbergischen
Naturforschenden Gesellschaft vom 1. Februar 1908

von

Dr. **E. Wolf.**

Der Wortlaut unseres Themas legt uns drei Fragen nahe, vor allem: Was versteht man unter Wasserblüte? sodann: Wie vollzieht sich der Kreislauf des organischen Lebens? und erst nach Erledigung dieser beiden dürfen wir hoffen, unsere dritte Frage: Inwiefern stellt die Wasserblüte in diesem Kreislauf einen wichtigen Faktor dar? mit Erfolg beantworten zu können.

Die Botaniker bezeichnen mit „Wasserblüte“ verschiedene niedrigere Algen, die durch ihr massenhaftes Auftreten, namentlich an der Wasseroberfläche, dieser ein ganz charakteristisches Gepräge verleihen und ihren Aufenthaltsort wie mit einem dichten grünen, gelben, braunen oder roten Teppich überziehen. Wir werden jedoch sehen, daß dieser Begriff etwas weiter gefaßt werden muß, da auch eine größere Anzahl niederer Tiere durch die Menge ihres Vorkommens das gleiche Phänomen hervorrufen kann.

Der Name rührt wohl daher, daß ähnlich wie ein Baum sich über Nacht in seinen Blütenschmuck hüllt, auch hier die Wasseroberfläche sich in kürzester Zeit mit diesem eigenartigen Schmucke bekleidet.

Vom Frühling bis Herbst, manchmal aber auch in den kältesten Monaten, können wir diese Naturerscheinung auf Pfützen und Tümpeln, Teichen und Seen, selbst in manchen Flüssen und in allen Regionen unserer Meere beobachten,

überall, wo ruhiges Wasser und genügende Nahrung diesen niederen Organismen ihr bescheidenes Dasein ermöglichen.

Hier in Frankfurt bietet sich hierzu reichliche Gelegenheit: im großen Teich des Palmengartens und des Zoologischen Gartens ist die Wasserblüte ein nahezu jedes Jahr wiederkehrender Gast, auch im Goldfischteich oder im Rechneiweiher unserer Anlagen werden wir sie wohl in keinem der wärmeren Monate vermissen.

Von einer leichten Trübung des Wassers bis zum satten Grün sich steigernd, manchmal nur ein rosiger Schimmer, anderswo bis zur Blutröte sich verdichtend, erst nur ein zartes Gelb, schließlich als dunkelbraune Decke sich ausbreitend, an einer Stelle nur für wenige Stunden sichtbar, an andern Orten von wochenlanger Dauer, in solchem Wechsel, in solcher Mannigfaltigkeit tritt uns das Bild einer Wasserblüte entgegen. Über die wahren Ursachen dieser Erscheinung gibt uns meist erst das Mikroskop Aufklärung; denn die Einzelerreger sind so klein, daß die meisten von ihnen nicht einmal ein hundertstel Millimeter messen.

Die Mehrzahl der die Wasserblüte bildenden Organismen gehört zu den Einzellern, und viele von ihnen stellen Formen dar, über deren Zugehörigkeit zu dem einen oder andern Wissenszweig Botaniker und Zoologen lange in heftigem Streit gelegen sind. Jeder konnte für seine Meinung gewichtige Gründe geltend machen, die Gegengründe waren aber nicht weniger beachtenswert; nunmehr hat man eingesehen, daß namentlich diejenigen Organismen, welche wir im allgemeinen unter dem Namen der Flagellaten oder Geißeltiere zusammenfassen, Tier- und Pflanzencharakter in sich vereinigen, was zu der Annahme berechtigt, daß von ihnen aus die divergierenden Stämme des Pflanzen- und Tierreiches ihren Ursprung genommen haben, und daß sich hier beide Disziplinen, Botanik und Zoologie, die Hände reichen. Nur so ist es zu verstehen, daß gewisse Formen Chlorophyll führen und sich mit Hilfe desselben wie echte Pflanzen ernähren, aber unter Umständen auch ohne solches leben können und dann eine saprophytische Lebensweise führen, d. h. organische gelöste Stoffe durch ihre Körperoberfläche aufnehmen und als Nahrung verwenden, oder daß bei nahe verwandten Formen die einen immer mit Chlorophyll, die andern stets ohne dasselbe auftreten.

Werfen wir nun einen kurzen Blick auf diejenigen Pflanzen- und Tierklassen, welche Wasserblüte bildende Organismen unter sich beherbergen, um jedoch die einzelnen Vertreter erst bei einer Gruppierung nach der Färbung, welche sie hervorrufen, genauer zu betrachten.

Die niedersten Formen, welche wir in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen haben, sind die Bakterien, namentlich die sogenannten Purpur- und Schwefelbakterien. Sie ernähren sich stets saprophythisch, d. h. von gelöster organischer Substanz.

Von den Algen stellen die zahlreichsten Vertreter die Spaltalgen oder Schizophyceen, wegen ihres blaugrünen Aussehens auch Cyanophyceen genannt, mit den Unterordnungen der Chroococcaceen, Nostocaceen und Oscillarien. Ferner die Kieselalgen oder Diatomeen, auch Bacillariaceen genannt, die schon in früheren Zeiten eine große Rolle gespielt haben müssen, wie aus den mächtigen Lagern ihrer Panzerüberreste im Untergrunde Berlins, der Lüneburger Heide und vieler anderer Orte hervorgeht, und die uns als sogenannte Infusorienerde, Polierschiefer oder Kieselguhr bekannt sind.

Sodann die Grünalgen oder Chlorophyceen, von denen hauptsächlich die Desmidiaceen zu erwähnen wären.

Gehen wir zum Tierreich über, so nehmen unter den Protozoen die Flagellaten oder Geißeltiere den hervorragendsten Anteil bei Bildung dieser Naturerscheinung. Auch die Infusorien oder Aufgubtierchen stellen einige Vertreter.

Unter den Coelenteraten oder Hohltieren haben Quallen in verschiedenen Meeresteilen ähnliche Erscheinungen hervorgerufen.

Bei den Crustaceen oder Krebsen verleihen viele Entomostraken, also niedere Krebse, dem Wasser durch ihr massenhaftes Auftreten ein ganz charakteristisches Gepräge.

Von Rotatorien oder Rädertieren ist ähnliches bekannt.

Selbst Manteltiere, namentlich Salpen, können weite Meeresstrecken eigentümlich färben.

Eine Wasserblüte im wahren Sinne des Worts wird in Gegenden mit großen Nadelholzbeständen regelmäßig im Mai

hervorgerufen, indem der in verschwenderischer Weise ausgestreute Pollen der Tannen und Kiefern alle Wasseransammlungen mit einer oft zentimeterdicken gelblichen Decke überzieht. Mit wenigen Worten will ich auch derjenigen Erscheinungen Erwähnung tun, bei welchen zwar keine ausgesprochene Farbe konstatiert werden kann, wo aber doch die Unzahl der Organismen den Eindruck erweckt, als ob die Wasseroberfläche mit einer dicken Gallertschicht überzogen wäre, oder als ob sich am Grunde dichte Flocken wie ein weißer Teppich ausgebreitet hätten.

Unter den Bakterien überzieht namentlich eine Schwefelbakterie, *Beggiatoa alba*, massenweise den Grund von Schwefelthermen, ja selbst weite Strecken an der Meeresküste, so bildet sie z. B. den sogenannten weißen Grund der Kieler Bucht.

Allgemeine Aufmerksamkeit erregten in den letzten Jahren die Berichte über die Meeresverschleimung der Adria, der sogenannten Malattia del Mare, oder auch von den Fischern Mare sporco, d. h. schmutziges Meer, genannt, wo weite Meeresstrecken mit einer gallertartigen Substanz bedeckt waren, wo der Meeresgrund meilenweit damit überzogen wurde, so daß die Nachen kaum vorwärts kamen, daß es schließlich vollständig unmöglich wurde, die Netze durch das Wasser zu ziehen. Die wissenschaftliche Untersuchung hat gezeigt, daß diese Erscheinung von unzähligen Peridineen herrührt, kleinen Flagellaten, die in verwandten Arten auch im Süßwasser zu finden sind und die im eingekapselten Zustand eine Gallerthülle ausscheiden, wodurch die einzelnen Cysten miteinander verkleben, zuletzt große Klumpen bildend, die dann durch die Meeresströmungen zu solch gewaltigen Mengen angehäuft werden.

Eine ähnliche Erscheinung beobachtete ich im Schwarzen See der Vogesen. Die ganze Wasseroberfläche schien wie mit kleinen Gallertkügelchen von der Größe eines Stecknadelkopfes überzogen, wenn man die Hand ins Wasser tauchte, glaubte man Froschlaich zu fassen; über ein Zentimeter dick war die lebende, in steter Bewegung sich befindende Masse. Die Lupe zeigte, daß hier eine Wasserflohart, *Holopedium gibberum*, in ungezählten Mengen ihr Wesen trieb.

Auch andere Cladocerenarten, wie *Bosmina* oder *Chydorus*, können oft schleimartig die Oberfläche von Teichen und Seen bedecken.

Weit mehr in die Augen fallend ist natürlich die grüne Färbung, meist hervorgerufen durch das Chlorophyll, welches die Körper dieser kleinen Organismen beherbergen. Bei den Cyanophyceen ist diese Farbe allerdings etwas modifiziert durch einen blaugrünen Farbstoff, das sogenannte Phycocyan. Angehörige dieser Algengattung sind es, welche in den Frühjahrs- und Herbstmonaten die kleinsten Tümpel wie die größten Seen erfüllen und bedecken und ihnen eine schmutzig gelbgrüne Farbe verleihen, so daß das Wasser nahezu undurchsichtig erscheint. So wird, wie Professor Möbius festgestellt hat, die Wasserblüte des Teiches im Zoologischen Garten von Cyanophyceen hervorgerufen, wobei sich drei verschiedene Arten beteiligen. Den Hauptbestandteil bildete *Clathrocystis aeruginosa*, die Gitteralge, bei welcher die Einzelindividuen nur drei bis vier Tausendstel Millimeter messen, einzelne Kolonien aber eine Größe bis zu 1 $\frac{1}{2}$ Millimeter erreichen. Die Einzelzellen werden nämlich durch eine gallertartige Masse miteinander verbunden; die Form solcher Kolonien ist überaus mannigfaltig, bald netzförmig durchbrochen, bald Kreise und unregelmäßige Figuren bildend, oder zu kleineren und größeren Klumpen zusammengeballt. Dazwischen finden sich längliche Fäden, die wiederum aus einzelnen Zellen bestehen, vorn in eine stumpfe Spitze auslaufen und im Leben eine geringe, aber merkbare Eigenbewegung besitzen. Es ist dies *Oscillatoria Agardhii*, Angehörige einer Familie, deren Vertreter wir sonst sehr häufig in übelriechenden Tümpeln und Fabrikabwässern finden und die sich unter dem Mikroskop langsam durch das Gesichtsfeld schlängeln.

Als dritte Form fanden sich wirre Knäuel in Rosenkranzform oder perlschnurartig angeordnete Ketten bildend. Wir haben hier *Anabaena flos aquae* vor uns, die, wie schon ihr Name sagt, sehr häufig Wasserblüten bildend auftritt. Auch *Gloetrichia natans*, *Limnochlide flos aquae*, *Coclosphaerium Kützingerianum* und verschiedene *Nostoc*-Arten können die gleiche Erscheinung hervorrufen.

Apstein beobachtete bei Sumatra, daß durch solche Cyanophyceen das sonst wunderbar blaue Meer durch zwei Arten *Katagnymene spiralis* und *Katagnymene pelagica* trübgrün gefärbt wurde, und daß ihre Menge das feinmaschige Netz in kürzester Zeit halb anfüllte. Die Zellfäden, welche hier etwa

1 Millimeter Länge erreichen, liegen in einer Gallerthülle und sind bei den ersten Arten spiralig gekrümmt, bei der zweiten gerade oder leicht gewunden.

Trübgrün erscheint zeitweise auch das Wasser des südlichen und nördlichen Eismeer, unter den Walfängern als „schwarzes Wasser“ bekannt. Hier bildet eine der zierlichen mit langen Borsten versehenen meist in Ketten auftretenden Diatomeen oder Kieselalgen die Ursache, *Chaetocerus decipiens*, das Borstenhorn, oder nahe verwandte Arten. Von den Chlorophyceen oder Grünalgen finden wir in Torfmooren sehr häufig die schönen lebhaft grünen *Desmidiaceen*, bald gleichmäßig im Wasser verteilt, bald alle an der Oberfläche angesammelt, und dann namentlich durch *Closterium*, *Staurastrum* und *Micrasterius* vertreten. Auch *Scenodesmus*, *Schizochlamys* und *Botryococcus* (Rechneiweiher) treten manchmal als Wasserblüte auf.

Wir verlassen nun das Pflanzenreich und wenden uns zu den wenigstens von den Zoologen als einzellige Tiere angesehenen Flagellaten oder Geißeltieren, manchmal auch Mastigophoren genannt. Sehr häufig haben wir es hier mit Zellkolonien zu tun, wo 4 bis 16 Individuen schachbrettförmig in einer gemeinsamen Gallerthülle liegen, wie bei *Gonium*, oder es sind 16, ja selbst mehrere Hundert Individuen von einer gemeinsamen Gallerthülle umschlossen, wie bei *Pandorina*, *Eudorina* und *Volvox*, namentlich die letztere, bekannt als Gitterkugel, taucht oft in großen Schwärmen in Tümpeln und Seen auf, wobei dann viele Tausende von Individuen im Wasser wolkenartig umherschwärmen. Eine durch den sonderbaren Bau der Einzelzellen auffallende Kolonie ist die manchmal als Wasserblüte auftretende *Stephanosphaera*. *Pandorina morum* verleiht dem Genfersee im Hafen von Morgé vor einigen Jahren das Aussehen einer frisch ergrüntem Wiese. *Eudorina elegans* und *Volvox minor* sind in den Hamburger Anlagenteichen häufige Gäste. Allbekannt ist sodann auch die Wirkung, die unsere Euglenaarten hervorbringen. Das lebhaft grüne vieler Gräben an der Peripherie unserer Stadt, der irisierende, ins blaugrüne schillernde Glanz mancher Jauchegruben rührt nahezu immer von dem zahlreichen Auftreten verschiedener Euglenen und verwandter Formen her. *Chlamydomonas*, auch

ein einzeln lebendes Geißeltier, färbt namentlich in den Frühjahrsmonaten Tümpel und Teiche grün.

Unter den Infusorien ist mir bis jetzt als Wasserblüte bildend der grüne *Stentor polymorphus* bekannt geworden, der einen großen Tümpel auf dem Kühkopf wie mit einem dicken, dunkelgrünen Teppich überzog.

Etwas seltener konstatiert man Gelbfärbung durch solche niederen Organismen. Das Wasser von Mineralquellen weist häufig einen gelbbraunen Schimmer auf, der von zahlreichen Bakterien herrührt, die auf Eisenverbindungen angewiesen sind. Doch auch große Meeresstrecken können bei ruhiger See wie mit einem gelben Schleier bedeckt sein. Die Seeleute bezeichnen diese Erscheinung als „Meersägespäne“. Sie wird hervorgerufen durch eine Cyanophyce, *Trichodesmium Thiebauti*, die bald büschelförmig angeordnet, bald in wirren Knäueln verschlungen bis zu 6 Millimeter Länge in allen Teilen der tropischen Ozeane sich vorfindet.

Auch Diatomeen oder Kieselalgen, die neben dem grünen Farbstoff stets noch einen gelben, das Diatomin enthalten, bilden häufig, namentlich im südlichen Eismeer, eine gelbe Wasserblüte, bei der dann hauptsächlich die Gattungen *Melosira* und *Cyclotella* beteiligt sind. Im Süßwasser rufen *Diatoma tenue*, *Asterionella* und *Tabellaria fenestrata* eine ähnliche Wirkung hervor. Eine viel bedeutendere Wasserblüte entsteht durch das massenhafte Auftreten vieler Flagellaten. Hier sind es vor allem die Peridineen. So fand ich einen Teich vollständig mit einer gelbbraunen Decke von *Peridinium tabulatum* überzogen. In vielen Meeresteilen, wie auch im Süßwasser treten Ceratiumarten in enormen Mengen auf. Bei Wind und Wellenschlag rufen solche Meeresformen bei Nacht zugleich auch ein prächtiges Meerleuchten hervor.

Der Goldfischweiher unserer Anlagen erscheint oft wie mit hellgelber Farbe überzogen. Der Erreger dieser auffallenden Wasserblüte wird sehr treffend als Ölalge bezeichnet, es ist *Chromulina (Chromophyton) Rosanoffii*, der auch die Eigenschaft des Leuchtens innewohnen soll.

Ein koloniebildendes Geißeltier, *Dinobryon*, bildet in vielen norddeutschen Seen, z. B. dem großen Plöner See, jedes Jahr eine Wasserblüte, sodaß solche Seen jetzt mit dem Ausdruck „Dinobryonseen“ bezeichnet werden.

Im südatlantischen Ozean wurde sogar durch das massenhafte Auftreten der *Salpa flagellifera*, einem Manteltier, das Meer weithin gelb gefärbt.

Am auffallendsten ist wohl die Rotfärbung des Wassers durch solche Organismen. Schon Homer berichtet in der Iliade von rotem Wasser, Plinius erwähnt solches des öftern in seiner Naturgeschichte, im Mittelalter spielen Blutregen, Flüsse mit Blutwasser eine große Rolle und heutzutage rufen sogenannte Blutseen unter der Bevölkerung die sonderbarsten Deutungen hervor. Entweder den Untergrund wie mit Blut überziehend oder als blutrote Wolke zur Oberfläche schwebend finden wir in Tümpeln und Mooren große Scharen von Schwefelbakterien, namentlich *Lamprocystis roseo-persicina* und *Chromatium (Pseudomonas) Okenii*, die auf verdorbenes, in Fäulnis begriffenes Wasser, das Schwefelwasserstoff entwickelt, angewiesen sind, da sie diesen zu ihrem Lebensunterhalt nötig haben. Bei Kopenhagen werden sogar weite Küstenregionen von dem letzteren bedeckt. Auch das Rote Meer trägt nicht umsonst seinen Namen, denn wie eine dichte Staubdecke breitet sich oft Monate lang über alle stillen Buchten und Häfen des Roten Meeres wie des Indischen Ozeans die rotgefärbte Cyanophycee *Trichodesmium erythraeum* aus. Das sogenannte „Rote Burgunderblut“ des Murten- und Baldeggersees rührt von der oft plötzlich und massenhaft auftauchenden *Oscillatoria rubescens* her. Der Tajo in Spanien wälzt manchmal seine Fluten scharlachrot in das Meer hinaus. Hier bildet eine Protococcusart die Ursache. *Haematococcus pluvialis*, ein Geißeltierchen, überzieht häufig den Grund von Regenpfützen mit einem leichten roten Schimmer, sein nächster Verwandter, *Haematococcus nivalis*, ist imstande weite Schneefelder der Hochalpen oder der Polarländer blutig rot zu färben. Amerikanische Peridiniumarten können dem Meerwasser durch ihr massenhaftes Auftreten ein dunkles Rot verleihen. Die sogenannten Blutseen der Alpen werden durch *Euglena sanguinea* hervorgerufen. In der untern Rheingegend zeigte sich eine ähnliche Erscheinung in verschiedenen Fischteichen. Hier war die nahverwandte *Astasia haematodes* die Ursache. *Noctiluca miliaris*, die Meerleuchte, die in den Sommermonaten auch in unserer Nordsee massenhaft angetroffen wird, bildet bei ruhigem Wetter rotgefärbte Straßen an den Meeresküsten. Auch dieser

Form wohnt Leuchtkraft inne. Selbst verschiedene niedere Krebse vermögen durch ihr zahlreiches Auftreten zu gewissen Zeiten ihrem Aufenthaltsort eine lebhaft rote Farbe zu verleihen. Große wie rote Wolken einherziehende Schwärme des bekannten Wasserfloh, *Daphnia pulex*, können wir jedes Frühjahr in der Umgebung von Frankfurt konstatieren. Die Natronseen in Ägypten sind einen großen Theil des Jahres hindurch durch das Salzkrebschen *Artemia salina* rot gefärbt. Cyclopsarten im Jugendstadium verleihen weiten Strecken des Titisees im Schwarzwald ein kräftiges Rot und in unseren nördlichen Meeren tritt ein anderer Hüpferting, *Diaptomus fmmarchicus*, in solch gewaltigen Scharen auf, daß das Meer auf weithin einen roten Schimmer aufweist.

In Württemberg fand ich verschiedene Waldteiche wie mit einer dicken Rußdecke überzogen, die Ursache war stets der schwarz gefärbte *Stentor igneus*.

Der Beispiele mögen genug sein. Wir haben ersehen, daß selbst die kleinsten Organismen durch die Menge ihres Auftretens große Wirkungen hervorzurufen vermögen, denn eine solche Wasserblüte besteht nicht aus einigen Tausenden oder Hunderttausenden von Individuen, sondern wir müssen mit Millionen und Milliarden rechnen, und in größeren Seen beläuft sich ihr Gewicht nicht auf wenige Kilogramm, sondern es muß schon in Zentnern und Tonnen ausgedrückt werden.

Hierbei drängt sich uns dann unwillkürlich die Frage auf: Durch welche Einrichtungen wird dieses massenhafte Auftreten ermöglicht und ihr konzentriertes Erscheinen an der Oberfläche begünstigt?

Ernährungsweise, Fortpflanzungsart und Aufbau des Körpers werden hierbei eine bedeutende Rolle spielen. Schon ihr Erscheinen ist von gewissen, für ihr Gedeihen unerläßlichen Bedingungen abhängig. Die Öffnung der Dauersporen ist also nicht nur an das Vorhandensein von Wasser gebunden, sondern gewisse uns zum größten Teil noch unbekannt chemotaktische Reize scheinen ihnen anzuzeigen, daß der Tisch für sie gedeckt ist. In den verschiedenen Wasseransammlungen sind sie ja nur ein Glied der großen Kette von Organismen, die im Kreislauf des Lebens in gegenseitiger Abhängigkeit voneinander stehen, und die wir als Nährstoffmehrer und Nährstoffverzehrer

auseinanderhalten können. Zu den ersteren gehören alle diejenigen, die imstande sind aus anorganischer, toter Substanz lebende Materie zu produzieren. Die letzteren beschränken sich darauf die so gewonnene organische Nahrung in einer Weise zu zerlegen, daß sie dieselbe zum Aufbau ihres eigenen Körpers verwenden können.

Viele der die Wasserblüte bildenden Organismen begnügen sich mit dem, was ihre Konkurrenten nicht nur verschmähen, sondern dessen Vorhandensein für dieselben sogar schädlich wäre, nämlich mit den organischen Abfallstoffen, der weit größere Teil aber ist mit Hilfe des Chlorophylls imstande seinen Nahrungsbedarf aus dem Reich des Anorganischen zu decken.

Auch sonst hat sie die Natur mit den verschiedenartigsten Hilfsmitteln ausgestattet. Zu Kugeln vereinigt, zu Ringen geschlossen, in Sternform geordnet, zu Ketten verbunden, mit Borsten, Haken und Stacheln geziert und bewaffnet, mittelst Geißeln das Wasser schlagend, wie Proteus die Gestalt verändernd, Gasblasen und Öltropfen zur Erleichterung des Eigengewichts produzierend, so nehmen sie den Kampf ums Dasein auf, so streben sie alle darnach im wahren Sinne des Worts sich einen Platz an der Sonne zu sichern. Ob auch Millionen zugrunde gehen, neue treten an ihre Stelle; und mögen zuletzt nur wenige Hunderte übrig bleiben, sie sind imstande als Dauercysten allen Unbilden der Witterung zu trotzen, zugleich sind sie aber jederzeit bereit die Generation aufs neue erstehen zu lassen.

Ein Blick auf ihre Fortpflanzungsverhältnisse wird uns das begreiflich erscheinen lassen. Erst gilt es, die Individuenzahl ins Ungemessene zu steigern, also die Stellung der betreffenden Art in der Wasseransammlung zur dominierenden zu machen. Hierzu dient die ungeschlechtliche Fortpflanzung. Ein Individuum zerfällt in zwei, vier, acht oder mehr Sprößlinge; oft schon nach wenigen Stunden, spätestens in einigen Tagen sind diese wieder zur normalen Größe herangewachsen, und der gleiche Vorgang spielt sich in ähnlicher Weise ab. Kein Wunder, daß wir so in wenigen Wochen Millionen, in einigen Monaten aber unzählbare Mengen von Individuen vor uns haben. Aber auch ihnen sind gewisse Grenzen gesetzt. Die Nahrungsquelle kann versiegen, und es genügt das Verschwinden eines einzigen unentbehrlichen Nährbestandteiles, um sie alle in wenigen

Stunden zum Absterben zu bringen und den zuvor klaren und reich mit Sauerstoff versehenen Aufenthaltsort in eine Kloake zu verwandeln; das Wasser kann vertrocknen, so daß es gilt, die Art zu erhalten, sie vor dem vollständigen Untergang zu bewahren. Schon die geringsten Anzeichen solcher Verschlechterung der Existenzbedingungen genügen, um den seitherigen Teilungsmodus abzuändern. Andersartig gestaltete, meist kleinere Sprößlinge erscheinen, lebhaft schwimmen sie im Wasser umher, jedes sucht sich einen Genossen, um mit ihm zu verschmelzen, die Geißeln werden eingezogen, sie umgeben sich mit einer widerstandsfähigen Hülle, und wir haben die Dauerzyste vor uns, die jahrelang trocken liegen kann, die vom Wind und von Wassertieren in alle Himmelsrichtungen zerstreut wird und nur auf die Gelegenheit wartet, den Kreislauf von neuem zu beginnen.

Nun noch eine weitere Frage: Warum bildet sich nicht in allen Wasseransammlungen eine Wasserblüte, und wovon ist ihr Auftreten abhängig?

Verschiedenartige Wasseransammlungen beherbergen meist auch verschiedene Arten von Organismen, oder, genauer ausgedrückt, der Aufenthaltsort wird seinen Bewohnern einen bestimmten Charakter verleihen, das eine ist von dem andern abhängig. Formen unserer Tümpel und Gräben finden wir nicht in großen Seen, das Torfmoor hat seine spezifischen Bewohner, auch die Altwasser unserer Flüsse weisen eine eigenartige Flora und Fauna auf.

Unter Berücksichtigung dieser verschiedenartigen Verhältnisse ist es gelungen, einige allgemein gültige Regeln abzuleiten, von welchen für uns folgende in Betracht kommen werden:

Die Wucherung von Organismen in Wasseransammlungen, besonders von Wasserblüte bildenden, ist proportional der Wasserruhe, d. h. je ruhiger das betreffende Gewässer ist, je günstiger sind die Vermehrungsbedingungen. Chemisch reines Wasser würde die Entwicklung einer Lebewelt vollständig ausschließen; aber unsere Wasseransammlungen sind stets mehr oder weniger konzentrierte Lösungen sowohl anorganischer Verbindungen als auch organischer verwesender Körper, die sich namentlich in stagnierenden Sümpfen, Torfwässern und Abwässern in reichem Maße

vorfinden. Sowenig aber alle im Boden sich vorfindenden Salze als Nährsalze in Betracht kommen, ebensowenig können auch alle Bestandteile des Süß- und Salzwassers als Nährquellen angesprochen werden. Da viele dieser niederen, Nährstoff erzeugenden Organismen keine Mundöffnung besitzen, um irgendwelche festen Stoffe aufnehmen zu können, so muß die Nahrungsaufnahme durch die Haut hindurch stattfinden, die Lösbarkeit der Nahrung ist also für sie unbedingtes Erfordernis.

Manche Stoffe sind von diesen Organismen in keinem Falle zu entbehren. Hierher gehören vor allem C, O, H und N, sodann Ka, Na, Si und Ca. Sie alle befinden sich im Boden in lösbarer Form, woher aber stammen die organischen Stoffe?

Jedes Endprodukt des tierischen Körpers, sowie jeder tierische und pflanzliche Körper verfällt schließlich der Verwesung. Fäulnis aber kann nur eintreten bei Zugewesen von Bakterien, somit können sie in keiner Wasseransammlung fehlen. Jeder Regenfall führt nun den Gewässern nicht nur neues Wasser, sondern auch eine Menge anorganischer, namentlich aber organischer Stoffe zu. Je mannigfaltiger diese Zufuhr sich gestaltet, desto vielgestaltiger kann sich auch die Organismenwelt entwickeln. Aus der Menge und der Zusammensetzung dieser Zufuhr läßt sich die Produktivität eines Gewässers berechnen, ein Umstand, der namentlich für die Fischzucht von großer Bedeutung ist, und der auf diesem Gebiete die gleichen Umwälzungen hervorrufen wird, wie sie auf Grund der Versuche unserer landwirtschaftlichen Anstalten nötig waren, um eine rationelle Feldwirtschaft ins Leben zu rufen. Schon jetzt ist allgemein bekannt, daß kalkreiches Wasser für die Wasserwirtschaft günstiger ist als das kalkarme des Urgebirges, ferner daß das Vorhandensein gewisser chemischer Stoffe das Gedeihen bestimmter Arten begünstigt, z. B. sind Ammoniak und Schwefelwasserstoff die Bedingung für das Auftreten gewisser Algen und Bakterien, Magnesia begünstigt die Entwicklung von *Clathrocystis* und Phosphorsäure befördert die Vermehrung der Euglenen. So verschiedenartig jedoch die Nährstoffquellen unserer Gewässer sind, so mannigfaltig die Organismenwelt sein mag, immer bestehen zwischen beiden gewisse Gesetze, gewisse Abhängigkeitsverhältnisse, die sich am besten in den Sätzen ausdrücken lassen: Zugang und Verlust modifizieren die bio-

logischen Verhältnisse des Mikrokosmos und jede Wasseransammlung ist bestrebt ins biologische Gleichgewicht zu gelangen, d. h. bei jeder Veränderung des einen Faktors, z. B. der chemischen Zusammensetzung des Wassers, wird der andere Faktor, hier also die Organismenwelt, in entsprechender Weise sich verändern.

Betrachten wir nun unter diesen Gesichtspunkten die verschiedenartigen Wasseransammlungen, wie Teich, See, Fluß und Meer. Versetzen wir uns an einen Dorfteich, mag er auch vielleicht unser ästhetisches Gefühl beleidigen, in biologischer Hinsicht ist er ideal und auch in bezug auf Produktionsfähigkeit steht er unter den verschiedenartigsten Wasseransammlungen unerreicht da.

Hier haben wir ein abgeschlossenes Ganzes, eine Lebensgemeinschaft vor uns, der von allen Seiten, von Feld und Wald, Heide und Flur, Straße und Gehöft die verschiedenartigsten, organischen und anorganischen Stoffe zugeführt werden. Allerlei Wassergefügel sorgt für noch reichlichere Düngung, durch ihr Waten und Gründeln, Schwimmen und Tauchen, sowie durch das Wühlen unzähliger größerer und kleinerer Organismen findet eine stetige Bewegung der abgelagerten Stoffe statt, was für die Erträgnisfähigkeit eines Nutzwassers von gleicher Bedeutung ist wie für die Fruchtbarkeit unserer Felder deren Bestellung. Durch die Wasserblüte vor den grellen Sonnenstrahlen geschützt, arbeiten am Grunde die verschiedenartigsten Bakterien daran die organischen Substanzen zu zersetzen, wodurch deren verderblicher Einfluß gehemmt, die gelöste Substanz aber den niedrigen Organismen zur Aufnahme mundgerecht gemacht wird.

Ein Abfluß ist meist nicht vorhanden, und so können alle Nährstoffe zum Aufbau der Organismenwelt Verwendung finden. Jeder Regenfall bringt frische Nährstoffe, aber auch neue Keime und so finden wir das ganze Jahr hindurch, was den Arten- und den Individuenreichtum anbelangt, ein reiches Nebeneinander wie ein rasches Nacheinander.

Auf ganz anderer Basis sind die Existenzbedingungen der Organismenwelt eines großen Sees aufgebaut. Hier ist neben dem Zufluß meist ein entsprechend starker Abfluß vorhanden. Die Zufuhr an Nährstoffen ist im Laufe des Jahres großen,

in aufeinanderfolgenden Jahren aber meist sich gleichbleibenden Veränderungen unterworfen. Hauptsächlich im Frühjahr führen die Schneewasser eine Menge organischer und unorganischer Substanz mit sich, um sie im Seebecken abzulagern. Auf diesen Reichtum ist die Organismenwelt in der Hauptsache das ganze Jahr hindurch angewiesen, denn im Sommer tritt in der Zufuhr ein bedeutender Rückgang ein. Nur langsam schreitet die Verarbeitung und Nutzbarmachung der eingeführten Stoffe vorwärts. Im gleichen Maße vermehrt sich dann auch die Fauna und Flora, um in den Sommermonaten ihren Höhepunkt zu erreichen.

Diese gleichmäßigen Verhältnisse begünstigen eine oft ins Ungeheure sich steigernde Vermehrung der Individuen ein und derselben Art, verhindert aber das Nebeneinanderleben einer größeren Zahl verschiedenartiger Organismen. Sobald jedoch einer der unentbehrlichen Nährstoffe aufgezehrt ist, wird die davon betroffene Art verschwinden, um gewöhnlich einer andern Platz zu machen, die es versteht, ihre Bedürfnisse mit den noch vorhandenen Nährwerten vollständig zu befriedigen. So wird sich Jahr für Jahr ein regelmäßiger Wechsel zeigen, auf welchen wohl in erster Linie die Periodizität verschiedener Planktonorganismen, namentlich auch der Wasserblüte, zurückzuführen sein dürfte. Wie schwierig es wäre diese Vorgänge abzuändern, geht schon daraus hervor, daß z. B. im Genfer See 89000 Tonnen lösbarer Substanz nötig wären, um den Gehalt an gelösten Stoffen nur um 1 Milligramm in jedem Liter Wasser zu erhöhen.

Ein vollständig anderes Bild gewähren die biologischen Verhältnisse eines Flusses. Man könnte glauben, daß hier die niedere Organismenwelt, deren erste Grundbedingung die Ruhe ist, überhaupt keine Rolle spielen werde, aber die Veränderungen welche in den letzten Jahrzehnten unsere Kulturströme durch die Abwässer großer Städte und vieler Fabriken erfahren haben, führte uns deren Bedeutung in auffallender Weise vor Augen. Durch diese Abwässer werden die Flüsse jährlich unter anderem mit Tausenden von Zentnern organischer Substanz gespeist, die in solchem Übermaß in kürzester Zeit den ganzen Flußlauf in einen Jauchestrom verwandeln würden, wenn nicht die niedere Organismenwelt imstande wäre sie in kürzester

Zeit zu verarbeiten und unschädlich zu machen. Pettenkofer hat zuerst mit Nachdruck auf diese sogenannte Selbstreinigung der Flüsse hingewiesen und den Satz aufgestellt, daß ein Fluß imstande sei, Abwässer bis zum 15. Teil seines eigenen Quantums, niedrigsten Wasserstand und gleiche Schnelligkeit der Strömung vorausgesetzt, bewältigen zu können. Stehen wir heutzutage auch nicht mehr ganz auf diesem Standpunkte, so wird doch die eminente Selbstreinigungskraft der fließenden Wasser allgemein anerkannt und man hat gefunden, daß neben der schon früher erwähnten Tätigkeit der Bakterien auch niedere Algen, Protozoen, namentlich aber auch Würmer und kleine Krebstiere eine bedeutende Rolle bei dieser Verarbeitung spielen. Sie alle arbeiten einander gegenseitig in die Hände, denn nur so kann z. B. die Riesenarbeit bewältigt werden, die Seine 15—20 km unterhalb Paris von all dem Schmutz der Weltstadt wieder befreit zu haben.

Dieser Vorgang spielt sich allerdings nicht oben in den rasch dahinflutenden Wassermassen ab, sondern unten auf dem Grunde, wo oft meterhohe Schlammsschichten von diesen Hilfstrophen ganz durchsetzt sind.

Durch solch überreiche Nahrungszufuhr sollte sich eigentlich auch der Fischbestand bedeutend vermehren und dies ist in der Tat an einigen Stellen konstatiert worden, aber leider führen die Abwässer meist eine Menge von Substanzen mit sich, die jedes Leben in ihrem Bereiche unmöglich machen und hierdurch selbst die günstige Wirkung der reinigenden Lebewelt unterbinden.

Das Meer vereinigt in sich alle die bis jetzt aufgezählten Charaktere. Es ist ein großer See, dem von allen Seiten durch die Flüsse und Ströme Nährstoffe der verschiedensten Art zugeführt werden, mit Stellen in der Tiefe und an der Oberfläche, wo die Wassermassen ruhig und friedlich sich ausbreiten; es weist Strömungen auf, die in nahezu unverrückbaren Bahnen die Ozeane nach allen Richtungen durchziehen und ähnliche Existenzbedingungen wie unsere Flüsse gewähren, aber häufig sind all diese biologischen Unterschiede miteinander vermischt und verbunden, so eine Mannigfaltigkeit hervorrufend, die uns kein Gewässer des Festlandes bieten kann.

Was die organischen Nährstoffe anbelangt, so wird das Meer hiermit überreichlich versehen, ja diese würden sogar in

ihrem Übermaße zum Verderben der gesamten Lebewelt reichen, wenn nicht gewisse Bakterienarten hier die entgegengesetzte Rolle der früher erwähnten übernommen hätten, d. h. sie verwandeln die zugeführten Stickstoffverbindungen in unschädliche neutrale Produkte.

Die überaus wichtige Rolle der zahlreich vertretenen Kleinlebewelt des sogenannten Planktons, und unter diesem wieder vor allem der Wasserblüte, ist durch die Expeditionen und wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen der letzten Jahrzehnte erst ins rechte Licht gerückt worden.

In all den erwähnten Wasseransammlungen spielt sich der gleiche Vorgang ab. Aus anorganischer Substanz wird organische Substanz bereitet durch die Tätigkeit der Nährstoffmehrer, also hauptsächlich durch pflanzliche Organismen. Sie bilden dann mittelbar oder unmittelbar die wichtigste Nahrungsquelle für das große Heer der Nährstoffverzehrer, welche die von den ersteren aufgebauten Eiweißstoffe abbrechen und zerlegen, um sie zum Aufbau des eigenen Körpers zu verwenden. Unter hauptsächlichster Würdigung der chemischen Vorgänge nennen wir diesen Prozeß den Stoffwechsel, biologisch ausgedrückt ist er der Kreislauf des organischen Lebens, und die dabei beteiligten Glieder können wir als eine Lebensgemeinschaft zusammenfassen, d. h. als eine bald größere bald kleinere Kette von Organismen, in welcher mit dem Recht des Stärkeren das eine das andere verzehrt, bis schließlich die Endprodukte des Stoffwechsels und nach dem Tode der Körper selbst von den niedersten Organismen zu neuem organischem Leben verarbeitet wird.

Versuchen wir einmal, eine solche Lebensgemeinschaft näher zu betrachten, um an ihr den Stoffwechsel, also die Wanderung der aufbauenden Nährsubstanzen oder den Kreislauf des organischen Lebens zu verfolgen. Zu diesem Zwecke kehren wir zurück zu unserem Dorfteiche.

Für unsere Augen unsichtbar arbeiten zahllose Mengen von Bakterien unten im Schlamm, durch ihre Tätigkeit die verschiedenen Stickstoffverbindungen in lösliche Form überführend. Am Rande verrät uns die dunkelgrüne Farbe das Vorhandensein zahlreicher Euglenen. Sie sind mit Hilfe ihres Chlorophylls imstande, die in der Luft und auch im Wasser reichlich vorhandene Kohlensäure zu zerlegen. Den Kohlenstoff verwenden

sie zur Bereitung von Stärke oder hier einem nahe verwandten Körper, dem Paramylum. Den Sauerstoff geben sie zum größten Teile an das Wasser zurück. Die mit Hilfe der Bakterien gelösten Stickstoffverbindungen nehmen sie auf dem Wege der Diffusion durch die Haut hindurch auf und verwandeln dieselben in das eiweißreiche Plasma.

Für viele Infusorien bilden die Euglenen eine willkommene Speise und hiemit gelangt der nach Art der Pflanzen aus dem anorganischen Gebiet gewonnene Nährstoff in die Tierreihe. Inmitten des Teichs zeigt uns eine rote Wolke die Anwesenheit zahlreicher Wasserflöhe und Hüpferlinge an. Sie entnehmen ihren Nahrungsbedarf hauptsächlich aus dem Reich der vorhin erwähnten Einzeller, brechen also die schon vorhandenen Eiweißstoffe ab, um sie in anderer Zusammensetzung dem eigenen Körper einzugliedern.

Für den träge dahinziehenden Karpfen wie für den munteren Stichling bilden diese Krebstiere als Jungfisch die bevorzugtste Nahrung und so sind wir auf unserer Stoffwanderung im Reiche der Wirbeltiere angelangt. Nehmen wir an, daß ein solcher Fisch von einer Ente erhascht wird, so haben wir die Kette auch auf die Landtiere ausgedehnt. Die Endprodukte ihres Stoffwechsels gibt dieser Wasservogel getreulich an den Teich zurück, vielleicht beschließt er auch selbst einmal sein Dasein an diesem Orte, und so ist der Kreislauf geschlossen, um sofort von neuem beginnen zu können.

Aus diesem Beispiel geht mit aller Deutlichkeit hervor, daß gerade die Wasserblüte bildenden Organismen einen unentbehrlichen Faktor in dieser aufsteigenden Organismenreihe darstellen. Tritt auch hie und da der Fall ein, daß durch das Auftreten einer Wasserblüte großer Schaden angerichtet wird, indem sie alles organische Leben hauptsächlich durch ihr rasches und massenhaftes Absterben gefährdet, so sind diese Einzelfälle doch kaum imstande ihrer allgemein anerkannten Bedeutung Abbruch zu tun.

Es bleibt uns nunmehr noch übrig, unsere Befunde über die Stellung dieser mikroskopischen Welt zum Naturganzen, ihre Rolle im Gesamthaushalte der Natur kurz zusammenzufassen, um unserem Thema gerecht zu werden.

1. Da die meisten Wasserblüte bildenden Organismen sich nach Art der Pflanzen ernähren, besitzen sie die Fähigkeit aus anorganischer also unbelebter Substanz lebende Materie aufzubauen.

2. Indem sie in der kleinsten Wasseransammlung wie auch im Meere diese wichtige Aufgabe erfüllen, ist ihre Bedeutung eine universelle.

3. Der dichte Teppich, den sie über ein Gewässer ausbreiten, ist für ihre Verbündeten, die im Schlamm tätigen Bakterien, von größtem Nutzen; denn das volle Sonnenlicht hemmt diese in ihrer Wirksamkeit, tötet sie sogar ab, und sie sind es doch, welche unlösliche Stickstoffverbindungen in lösliche, für den Pflanzenkörper verwendbare überführen und die organischen Abfallstoffe zersetzen.

4. Sie erfüllen also zugleich die Aufgabe einer Wasserpolizei in höchst vollkommener Weise durch Vernichtung und zugleich Nutzbarmachung verwesender Stoffe; sie verwandeln also auch organische aber tote Substanz wieder in lebendes Plasma.

5. Viele von ihnen stellen wenigstens für den Kenner Leitorganismen dar, aus deren Vorhandensein man mit Sicherheit auf reines oder verdorbenes Wasser schließen kann.

6. Sie sind ein wichtiger Faktor zur Erhaltung des biologischen Gleichgewichts, da sie durch ihre ungeheure Vermehrungskraft jedes Übermaß von gelösten Stoffen zu verhindern vermögen. Im Meere werden sie hierbei noch durch die Denitrifikationsbakterien unterstützt.

7. Infolge ihres massenhaften Auftretens bilden sie die ergiebigste Nährquelle für die Tierwelt des Wassers. Durch ihren hohen Ausnutzungskoeffizienten sind sie von bedeutendem Nährwert und hierin den Landpflanzen bei weitem überlegen. Hierdurch werden sie zu unersetzlichen Hilfstruppen für die Fischzucht.

8. Sie bereichern das Wasser in hohem Maße mit Sauerstoff, dem unentbehrlichsten Lebenselement. Gewöhnlich enthält ein Liter Wasser bei einer Temperatur von 20° C. ungefähr 6 cem O. Durch ihre Tätigkeit im Sonnenlichte wird dieser

Gehalt bis auf 23,2 ccm gesteigert, ist also dann sogar größer als der Sauerstoffgehalt der Luft. Hierdurch wird der Stoffumsatz, d. h. das Wachstum, namentlich der Fischwelt in hohem Maße gefördert und der Ertrag der Gewässer entsprechend gehoben.

Diese Gründe werden wohl genügen die Wasserblüte im Haushalte der Natur als einen überaus wichtigen Faktor anzusehen. Sollte es mir gelungen sein, hierdurch Ihre Aufmerksamkeit auf diese Naturerscheinung hinzulenken, vielleicht sogar Ihr Interesse für dieselbe wachzurufen, so könnte ich den Zweck dieser Ausführungen als vollkommen erreicht ansehen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [1908](#)

Autor(en)/Author(s): Wolf Eugen

Artikel/Article: [Die Wasserblüte als wichtiger Faktor im Kreislauf des organischen Lebens. 57-75](#)