© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

IV.

Die Bedeutung der pflanzlichen Schwebeorganismen für den Sauerstoffhaushalt des Wassers.

Aus dem tierphysiologischen Institut der Kgl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin. (Leiter Prof. Zuntz.)

Von Dr. **W. Cronheim.**[1])

Es ist bekannt, daß für die im Wasser lebenden tierischen Organismen zur Erhaltung ihres Lebens der Sauerstoff unbedingt notwendig ist, ebenso daß sie diesen Lebensfaktor im allgemeinen nur dem Wasser zu entnehmen vermögen, dieses also die Zufuhr des Sauerstoffes zu vermitteln hat. Es steht ja für die Versorgung das ungeheuere Reservoir der Atmosphäre zur Verfügung, und es erhebt sich sofort die wichtige Frage, auf welche Weise nimmt das Wasser den für die Existenz der in ihm lebenden Organismen nötigen Sauerstoff auf. Genügt die einfache Lösung der Bestandteile der Atmosphäre, um für diese Lebensprozesse die nötigen Mengen zu liefern, oder spielen noch andere Faktoren mit, welche die nötige Anreicherung veranlassen. Am einfachsten erscheint es, die Beschaffung des Sauerstoffes so zu erklären, daß er durch Absorption in das Wasser gelangt. Diese Deutung erscheint um so befriedigender, da Wasser die Bestandteile der Atmosphäre in anderem Verhältnis aufnimmt als sie in jener vorhanden sind. Sättigt man bei 15° Wasser durch Schütteln mit Luft, so bestehen

[1]) Herr Dr. Cronheim hat die Güte gehabt, auf meinen Wunsch hin, die Rolle der Planktonpflanzen bei der Sauerstoffspeisung des Wassers — wie letztere durch die neuesten Untersuchungen von Prof. N. Zuntz und C. Knauthe festgestellt worden ist — näher darzulegen und es dürfte daher dieser Aufsatz allen Interessenten an den Fortschritten der Süßwasserbiologie hoch willkommen sein. O. Z.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die gelösten Gase aus ca. 33 Teilen Sauerstoff und 67 Teilen Stickstoff, während in der Atmosphäre das Verhältnis bekanntlich 21 : 79 beträgt. Teleologisch könnte man darin ein Mittel erblicken, den für die Atmung und Existenz der Lebewesen nötigen Sauerstoff leichter zu beschaffen. Obgleich man nun schon längst weiß, daß auch das Chlorophyll der pflanzlichen Schwebeorganismen unter dem Einfluß des Lichtes den allgemeinen Gesetzen folgend Kohlensäure zerlegt und Sauerstoff ausscheidet, hat man doch die Beschaffung des im Wasser nötigen Sauerstoffes in der Hauptsache sich so erklärt, daß er durch direkte Absorption aus der Atmosphäre beschafft werde. Dabei lagen aber exakte Versuche vor, die die allgemeine Gültigkeit dieser Annahme als fraglich erscheinen lassen mußten. In einer 1892 erschienenen Arbeit über die Diffusion von Sauerstoff und Stickstoff in Wasser von Duncan und Hoppe-Seyler[1]) sprechen die Verfasser es direkt aus, daß in größeren Tiefen entweder das Tierleben überhaupt geringfügig, folglich kein großer Sauerstoffbedarf vorhanden sei, oder neben oder außer der Diffusion noch andere Faktoren vorhanden sein müßten, um auch tiefere Schichten mit dem nötigen Sauerstoff zu versorgen. Sie waren durch ihre Respirationsversuche,[2]) die sie mit Fischen anstellten, veranlaßt worden, eine experimentelle Beantwortung der Frage zu versuchen, mit welcher Geschwindigkeit die Gase in tiefere Wasserschichten eindringen. Ausgangspunkt war wieder die Annahme, daß die Oberfläche durch Absorption sich bald mit den Gasen gesättigt haben wird, die dann allmählich in die Tiefe dringen werden. Diese Untersuchungen ergaben nun, daß die Geschwindigkeit, mit der die Gase in tiefere Wasserschichten eindringen, mit zunehmender Wassertiefe recht erheblich abnimmt. Ein Maß dafür lieferten die Versuche dahin, daß nach 14tägiger Absorption von der Oberfläche her eine nicht ganz 1 m hohe Wassersäule in ihren unteren Schichten kaum zur Hälfte mit Sauerstoff und Stickstoff gesättigt war. Wenn auch Strömungen, insbesondere die Einflüsse der Temperatur, erheblich zu Gunsten einer schnellen Anreicherung beeinflussen können, müßte darnach doch in gar nicht so großer Entfernung von der Oberfläche ein beträchtlicher Mindergehalt von Sauerstoff zu erwarten sein, falls Verbrauch vor-

[1]) Zeitschr. f. physiolog. Chemie, T. 17, p. 147.

[2]) Zeitschr. f. physiol. Chemie, T. 17, p. 165.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

handen ist. In einer zweiten Arbeit bespricht Hoppe-Seyler[1]) die beiden Möglichkeiten, die für das Vordringen der Gase in tiefere Wasserschichten existieren. Entweder wird das Wasser der Oberfläche durch die Absorption spezifisch schwerer und sinkt infolgedessen unter oder es verbreiten sich die Gase analog der Verbreitung der Wärme in festen Körpern von den Orten größerer zu jenen geringerer Dichte. Seine Versuche ergaben, daß die erste Möglichkeit jedenfalls ausgeschlossen ist. Mit aller Schärfe deutet er aber wieder darauf hin, daß die Diffusion des Gases bei ruhendem Wasser tieferen Schichten keinesfalls genügend Sauerstoff zuführen könne, um ein reicheres Tierleben zu ermöglichen.

Ähnliche Betrachtungen stellte Hüfner[2]) an und weist nach, wie Stefan dies bereits für Kohlensäure angegeben, daß die Diffusion als eine einfache Funktion der Gasdichte und des Absorptionskoeffizienten anzusehen ist. Er berechnet — allerdings stets absolute Ruhe vorausgesetzt — daß ein Sauerstoffteilchen, um bis zum Boden des Bodensees zu gelangen, 42 Jahre und 102 Tage gebraucht. In dieser Zeit sind durch einen Quadratzentimeter der Oberfläche erst 6,78 cbcm Sauerstoff durchgedrungen. Bei einer Tiefe von 250 m bedarf der Bodensee, um sich mit Sauerstoff zu sättigen, ca. 1 160 000 Jahre. Für 1 cbcm Sauerstoffes beträgt die Zeit, die nötig ist, um vollständig durch die Oberfläche durchzudringen, 335 Tage, dann sind einzelne Gaspartikel bereits bis zur Tiefe von 5,44 m vorgedrungen. Daß bei größerer Wasseroberfläche diese kleinen Mengen sich zu kolossalen Werten addieren, liegt auf der Hand. Rechnet doch Hüfner (l. c.) wieder für den Bodensee aus, daß innerhalb einer Minute durch die Oberfläche von 539 Quadratkilometern eine Menge von 1553 Kubikmetern in das Wasser — dieses allerdings luftfrei gedacht — eintreten kann. Diese Werte beziehen sich, wie wiederholt betont, nur auf ruhendes Wasser. Nun wird dieser Fall der absoluten Ruhe selbstverständlich nur in den seltensten Fällen eintreten. Wind, Strömungen, wechselnde Temperatur, Zu- und Abfluß, all das wird stets Bewegung, Wellenschlag, Unruhe verursachen, und dadurch wird die Gelegenheit für das Wasser sich auch in tieferen Schichten mit Luft resp. Sauerstoff zu sättigen, günstiger werden. Freilich reichen alle diese Faktoren nicht aus, um den tieferen Schichten genügend Sauer-

[1]) Zeitschr. f. physiol. Chemie, T. 19, p. 411.
[2]) Archiv (f. Anat.) u. Physiol. 1897, p. 112.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

stoff zuzuführen gegenüber dem kolossalen Bedarf, der vorliegt. Bei der Untersuchung des Gasgehaltes tieferer Schichten von größeren Gewässern, Seen und Meeren hatte sich stets herausgestellt, daß der Stickstoffgehalt immer den allgemeinen Gesetzen folgend gefunden wurde, also wie er sich nach Temperatur und Druck berechnet, während für den Sauerstoff sich stets ein größeres oder geringeres Manko ergab. Im speziellen konnte dies Natterer für das Mittelmeer, Knudsen im nordatlantischen Ozean, Walter für den Genfer See und Hoppe-Seyler für den Bodensee nachweisen. Da nun absolut kein Grund zu der Voraussetzung vorliegt, daß in der Tiefe die Gesetze für die Absorption des Sauerstoffes nicht die allgemein gültigen sind, muß man annehmen, daß in der Tiefe lebhafte Lebensprozesse vor sich gehen, denen gegenüber die allgemeinen physikalischen Prozesse nicht ausreichen, um die Sättigung herbeizuführen. Hüfner (l. c.) berechnet aus der Menge, welche dem Wasser der tieferen Schichten zur völligen Sättigung fehlt, den Verbrauch und findet ihn täglich für den Bodensee schätzungsweise zu 2 192 400 Liter. Der wirkliche Konsum stellt sich sehr viel höher. Erheblich größere Werte fand z. B. Knauthe bei den Respirationsversuchen, die er auf Veranlassung von Prof. Zuntz mit Fischen vornahm. In Leitungswasser, in dem Fische gelebt hatten und das bei ständiger Durchlüftung annähernd den theoretischen Sauerstoffgehalt aufwies, nahm im Sommer nach Aufhören der Luftzufuhr der Gehalt erheblich ab, derart, daß nach einer Stunde bereits der Sauerstoff vollständig fehlte, insbesonders wenn das Wasser dem Einfluß des grellen Sonnenlichtes ausgesetzt wurde. Bei dem oben von Hüfner berechneten Verbrauch wäre das Wasser des Bodensees erst in ca. 170 Tagen sauerstofffrei, wenn keine Zufuhr stattfindet; man ersieht daraus, um wieviel schneller der Verbrauch stattfindet in einem Wasser, das reich an organischer Substanz ist. Das weist darauf hin, wo neben den Fischen die Hauptkonsumenten des Sauerstoffes im Wasser zu suchen sind, denen gegenüber unter Umständen sogar der Verbrauch der höheren Lebewesen hintantreten kann. Reines Leitungswasser hatte Knauthe selbst im Sommer nach mehrstündigem Stehen nur wenig verringerte Sauerstoffwerte gegeben, ein Befund, den auch Spitta[1]) bestätigt. Den stärksten Verbrauch fand Knauthe

[1]) Archiv f. Hygiene, T. 38, p. 235.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

im Wasser, in dem die Fische mehrere Stunden sich aufgehalten hatten und das durch die Exkremente ev. durch Futterreste mehr oder minder verunreinigt war. Das weist mit Sicherheit darauf hin, daß dieser Verbrauch hauptsächlich auf die Lebensprozesse der Mikroorganismen, in zweiter Linie erst auf chemische Prozesse wie Oxydation von Schwefelwasserstoff oder Ferroverbindungen event. auch von organischer Substanz zurückzuführen ist. Auch Spitta und andere Autoren fanden ähnliches, derart, daß ersterer direkt ausspricht. Bakteriengehalt und Sauerstoffzehrung gingen vielfach einander proportional.[1]) Einen Beweis dafür, daß die Sauerstoffzehrung großenteils durch Bakterien bedingt ist, hat man darin gefunden, daß die Oxydation der organischen Substanz nach Abtötung der Mikroorganismen durch Sterilisation ziemlich aufhört.

Nun scheinen aber Vorgänge in der Natur, die, wie ad hoc angestellte Versuche imponieren, diesen Beobachtungen zu widersprechen. Wir finden genug Teiche mit einem großen Reichtum an organischer Substanz, in denen alle Bedingungen zu einer üppigen Entwicklung von Mikroorganismen und damit verbundenem Verbrauch an Sauerstoff gegeben sind. Das sind vor allem die Dorfteiche, die eine ganz exzeptionelle Stellung einnehmen. Ihr Zufluß wird sich meistenteils aus den Abflüssen von Düngerstätten, Jauchegruben, von Höfen, Dächern u. s. w. zusammensetzen, es wird sich also um ein mehr oder minder stark verunreinigtes, an organischer Substanz reiches Wasser handeln. Im Teiche selbst pflegt gewöhnlich die Kleintierfauna sehr reich entwickelt zu sein, die sich auch als lebhafte Konkurrentin im Kampfe um den Sauerstoff erweist. Auf und in dem Wasser tummelt sich allerlei Geflügel und sonstige Lebewesen und trägt so auch zur Anreicherung mit leicht sich oxydierenden organischen Substanzen bei, es wird überhaupt keine Art der Verunreinigung geben, der das Wasser nicht ausgesetzt ist. Viel Strömung, Wellenschlag pflegt gewöhnlich auch nicht vorhanden zu sein, also besonders günstige Bedingungen, sich mit Sauerstoff anzureichern, sind nicht gegeben. Und trotzdem gedeihen die Fische nicht nur, sondern entwickeln sich auf das prächtigste, derart, daß beispielsweise für die Karpfenzucht der Dorfteich mit seinen Resultaten und Ergebnissen als das Ideal vorschwebt. Durch Düngung, Jauchung, Fütterung, durch

[1]) l. c., p. 234.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

möglichst geringe Bewegung des Wassers sucht man den Ergebnissen des Dorfteiches gleichzukommen. Es müssen demnach in allen diesen Fällen im Wasser des Dorfteiches sich Prozesse abspielen, die diesem enormen Sauerstoffverbrauch das Gleichgewicht halten und den Lebewesen das fröhliche Gedeihen ermöglichen. Die Ursache dieser Sauerstoffproduktion sah Zuntz[1]) in der schon länger, insbesondere durch die Versuche von Engelmann[2]) bekannten, aber bisher wohl nicht genügend gewürdigten Sauerstoffausscheidung der mikroskopischen chlorophyllhaltigen pflanzlichen Organismen, insbesondere der einzelligen. Auf seine Veranlassung unterzog Knauthe[3]) diese Verhältnisse einer genauen Untersuchung.

Daß überhaupt den pflanzlichen Organismen eine große Rolle zugesprochen werden muß, liegt auf der Hand, wenn man erwägt, welch große Mengen von derartigen Gebilden das Wasser beherbergt. Man braucht dabei gar nicht an die doch mehr sporadisch auftretende Wasserblüte zu denken, wie oft beobachtet man in nahrungsreichen Wassern eine derartige Fülle von Organismen, daß das Wasser ganz grün gefärbt erscheint. Volk[4]) hat für die Elbe bei Hamburg, also für fliessendes Wasser und unter relativ ungünstigen Bedingungen, für den Kubikzentimeter eine Menge von 33650 Algen gezählt, wieviel beträchtlicher muß dann die Menge in diesen ganz grün gefärbten Gewässern sein. Als Beispiel der Größe der Sauerstoffabscheidung makroskopischer Wasserpflanzen — für mikroskopische ließen sich leider keine Angaben finden — mögen folgende Zahlen dienen, die Peyrou, Récherches sur l'atmosphère interne des Plantes[5]) entnommen sind. Das Maximum der Sauerstoffausscheidung fällt mit dem Maximum der Belichtung durch die Sonne, nicht etwa durch diffuses Tageslicht zusammen. Darnach werden auf 100 g Pflanze bei $1^1/_2$stündiger Einwirkung ausgeschieden (Maximalwerte): Von *Elodea canadensis* 88 cbcm, von *Potamogeton crispus* 79.5 cbcm, von *Ceratophyllum demersum* 54 cbcm.

Ehe die Ergebnisse der Knautheschen Untersuchung näher

[1]) Fischereizeitung 1898, p. 627.

[2]) Botanische Zeitung 1881, p. 441.

[3]) Biologisches Zentralblatt, T. 18, p. 785. T. 19, p. 783.

[4]) Hamburgische Elbuntersuchung. (Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum, XIX.)

[5]) Thèses pour obtenir le docteur ès Sciences naturelles 1888.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

besprochen werden, sei darauf hingewiesen, daß bereits PETTERSON[1]) den Sauerstoffgehalt besonders in tieferen Schichten auf ähnliche Weise erklärte.

Die Untersuchungen wurden teils an verschiedenen Teichen, die typische Verhältnisse, durch reichlichen Zufluß von Düngerstätten, Jauchegruben etc. einerseits, durch üppige Entwicklung mikroskopischer Flora andrerseits darstellten, teils in Berlin mit Schmutzwässern verschiedener Herkunft angestellt. Zur Sauerstoffbestimmung diente der Tenaxapparat. Wie von MÜLLER.[2]) von dem der Apparat konstruiert wurde, gefunden und andererseits bestätigt wurde, erhält man bei dem Arbeiten mit reinem, luftgesättigten Wasser Werte, die übereinstimmen oder um eine Kleinigkeit höher liegen als die von BUNSEN für die Absorption des Sauerstoffs in Wasser angegebenen. Nun ist aber nach neueren, übereinstimmenden Angaben verschiedener Autoren, wie KÖNIG und KRAUCH.[3]) WINKLER,[4]) BOHR und BOCK,[5]) PETTERSON und SONDÉN,[6]) anzunehmen, daß die Bestimmungen BUNSENS nicht einwandsfrei sind, die Absorption von Sauerstoff in Wasser tatsächlich eine größere ist.

MÜLLER[7]) hat in einer neueren Arbeit auch bestätigt, daß man mit dem Tenaxapparat tatsächlich weniger Sauerstoff findet als sich nach den Feststellungen der oben genannten Forscher erwarten läßt. Eigene Untersuchungen luftgesättigten Wassers, wobei der Tenaxapparat und die Methode von WINKLER zur Bestimmung dienten, ergaben nur für die letztere mit der Berechnung übereinstimmende Werte. Es muß vorläufig noch unentschieden bleiben, ob der mit dem Tenaxapparat gefundene geringere Wert für den Sauerstoff sich durch eine physikalische Absorption durch das als Sperrflüssigkeit verwendete Paraffinum liquidum oder durch eine chemische Bindung erklären läßt. Auf alle Fälle sind die von KNAUTHE gefundenen Werte, mögen sie auch nach dem eben Dar-

[1]) Über hydrographische Untersuchungen in der Nord- und Ostsee, Verhandlungen der schwedischen Akademie 1897, T. 29 No. 5. PETERMANNS Mitteilungen 46, I.

[2]) Allgemeine Fischereizeitung, München 1898, p. 290.

[3]) Zeitschr. analyt. Chemie XIX, p. 267.

[4]) Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft 1888, p. 2843, 1889, p. 1764.

[5]) WIEDEMANNS Annal. 44, p. 318. 1891.

[6]) Svensk kemisk Tidshrift I, p. 17.

[7]) Plöner Berichte 1903, T. X, p. 183.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gelegten nicht absolut richtig sein, so doch sehr wohl untereinander vergleichbar. Für Stickstoff fand Müller[1]) teilweise höhere Werte als sich berechnete und nahm eine Stickstoffübersättigung an. Knauthe[2]) machte dieselbe Beobachtung, konnte aber nachweisen, daß ein Teil des von der ammoniakalischen Kupferlösung nicht absorbierten Gases aus Methan besteht, dessen Vorkommen in Gewässern, an deren Boden stets sich zersetzende organische Substanz vorhanden sein wird, nicht verwunderlich ist. Als besonders wichtig erweist es sich bei derartigen Untersuchungen, die Wasserproben, die nicht sofort untersucht werden können, nach einem Vorschlag von Prof. Zuntz mit Kaliumpermanganat zu versetzen, da sonst die besonders im Sommer starke, oben erörterte Sauerstoffzehrung einen erheblich geringeren Gehalt vortäuschen würde.

War die Annahme, von der aus die Untersuchungen begonnen wurden, richtig, so mußte man den Hauptfaktor für die Sauerstoffproduktion der chlorophyllhaltigen Organismen nach allgemeinen Gesetzen in der Belichtung sehen, derart, daß im Lichte sich im Wasser stets genügend Sauerstoff finden muß. Im Dunkeln hingegen, wo die Atmungsprozesse der Lebewesen und die Oxydation der organischen Substanz fortdauern und auch die pflanzlichen Organismen Sauerstoff ein-, Kohlensäure ausatmen, muß eine rapide Abnahme der Sauerstoffmenge eintreten. Die Versuche haben diese Voraussetzungen in vollstem Maße bestätigt und die unbedingte Abhängigkeit des Sauerstoffvorrates der Gewässer von der Belichtung resp. der dadurch angeregten assimilatorischen Tätigkeit der Pflanzenzellen dargetan. Während im Dunkeln der Gehalt an Sauerstoff bis auf 0,2 cbcm pro 100 cbcm Wasser herabsank, also sich bedenklich der Grenze näherte, bei der im allgemeinen das Leben von Fischen nicht mehr möglich ist, sind im Tageslichte Werte zwischen 0,7 cbcm und 2,2 cbcm Sauerstoff beobachtet worden. Nach den neueren Untersuchungen vermag Wasser mit Luft gesättigt bei 15° 0,71 cbcm, bei 20° 0,65 cbcm aufzunehmen. Es ist also eine beträchtliche Übersättigung eingetreten, deren Erklärung sehr einfach ist. Wenn unter dem Einfluß des Lichtes die Pflanzen lebhaft Sauerstoff ausscheiden, so sind damit dieselben Bedingungen gegeben, wie wenn sich Wasser mit einem sauerstoffreichen Gasgemisch ins Gleichgewicht setzt, wobei nach all-

[1]) l. c., p. 183.
[2]) l. c., T. XIX, p. 797.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gemeinen Gesetzen die einzelnen Bestandteile sich proportional dem Drucke lösen, den sie ausüben, wenn sie für sich allein vorhanden. Eine Menge von 2,2 cbcm Sauerstoff in 100 cbcm Wasser entspricht einer Atmosphäre, die ungefähr 60 % Sauerstoff enthält. Der Wert von 2,2 cbcm wurde nach fünfstündigem intensiven Sonnenschein gefunden, aber auch bei Einwirkung diffusen Tageslichtes wurde noch Übersättigung konstatiert. Ähnliche Beobachtungen der Übersättigung hat bereits Petterson im Meerwasser gemacht, ebenso fand Knudsen eine Sauerstoffübersättigung in solchen Meeresgegenden, wo vegetabilisches Plankton überwog. Beiläufig sei bemerkt, daß Petterson die niedrigsten Sauerstoffwerte in Wassern, in denen große Häringsschwärme sich aufhielten, nachwies. Knudsen[1]) konnte weiter konstatieren, daß die Sauerstoffübersättigung nachmittags größer als vormittags und im Juli in den nördlichen Gegenden größer als in den südlichen war. Also auch hier eine deutliche Einwirkung der Belichtung, deren Dauer in den Sommermonaten in den nördlichen Gegenden besonders groß ist. Auch Spitta[2]) konnte diese Übersättigung konstatieren und fand Werte von 2,305 cbcm Sauerstoff in 100 cbcm Wasser, ebenso erhielt Schmanski in dem großen Stuhmer See bis zu 1,80 cbcm Sauerstoff. Wie schnell der Verbrauch bei fehlender Lichtwirkung den Vorrat aufzehrt, mögen folgende Zahlen dartun. Unmittelbar nach Eintritt der Dunkelheit wurden 0,53 cbcm gefunden, eine Stunde später nur noch 0,27 cbcm. Einen direkten Beweis der Wirkung der Pflanzen ergaben Beobachtungen in einem pflanzenlosen Teiche. Nach zweistündiger Belichtung war der Gehalt auf 0,23 cbcm abgesunken, nachdem er morgens 0,34 cbcm, mittags nach Regen 0,53 cbcm betragen hatte. Als aber dieses selbe Wasser mit größeren Mengen *Euglena viridis* versetzt in einer Flasche aufbewahrt wurde, war nach zweistündiger Belichtung der Gehalt auf 1,45 cbcm angestiegen.

Den Nachweis, daß diese Sauerstoffanreicherung auf pflanzlicher Assimilation, also auf Zersetzung von Kohlensäure beruht, kann man auch von anderer Seite her führen, indem man dartut, daß der Kohlensäuregehalt abnimmt. Und tatsächlich war in verschiedenen Fällen, in denen das Wasser infolge seines Gehaltes an Kohlensäure gegen Phenolphtaleïn sauer reagierte, nach der

[1]) Danske Ingolf Expedition I 1, 2, Kopenhagen 1898.

[2]) Archiv f. Hygiene, T. 38, p. 207.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Belichtung die Reaktion alkalisch, die Kohlensäure also zerlegt worden. Auf Grund dieser Beobachtungen wurden Versuche angestellt durch eine Anreicherung mit Kohlensäure die Sauerstoffproduktion künstlich zu beeinflussen und auf diese Weise gelang es, den Gehalt des Wassers an Sauerstoff bis auf 2.75 cbcm bei 16° zu erhöhen. Eine Atmosphäre, aus der Wasser sich soweit mit Sauerstoff sättigen sollte, müßte einen Gehalt von 83 % besitzen. Genau entsprechende Beobachtungen, wie mit Teichwasser, wurden mit Havel- und Schmutzwasser gemacht.

Das Gleichgewicht der sauerstoffverbrauchenden und sauerstofferzeugenden Momente wird im Winter ein wesentlich anderes. Hier tritt der Einfluß der Temperatur mehr in den Vordergrund und dadurch, daß die Wirkungen der Temperatur und des Lichtes in entgegengesetztem Sinne sich geltend machen können, komplizieren sich die Verhältnisse. Vorerst fällt ins Auge, daß die Sauerstoffwerte recht hohe sind. So wurde an aufgehackten Stellen nach der Belichtung ein Gehalt von 4.60 cbcm gefunden, was beinahe der Löslichkeit reinen Sauerstoffs in Wasser, 4.93 cbcm bei 0° gleichkommt. Der hohe Gehalt erklärt sich einerseits dadurch, daß bei der niederen Temperatur der Absorptionskoeffizient ein beträchtlich größerer ist — die Aufnahme bei dem Schütteln mit Luft beträgt auf 100 cbcm Wasser bei 0° 1,01 cbcm, bei 4° 0,92 cbcm, bei 15° 0,71 cbcm. Andererseits ist der Sauerstoffverbrauch der Mikro-, wie überhaupt der tierischen Organismen, deren Tätigkeit durch die Kälte verringert wird, wie man ja bei Fischen eine gewisse Winterruhe beobachtet, erheblich geringer. Ähnlich hatte sich bei den Respirationsversuchen mit Fischen die durch den Verbrauch der Mikroorganismen bedingte Sauerstoffzehrung resp. Kohlensäureproduktion im Winter als fast verschwindend erwiesen. Im Sommer war sie dagegen so stark, daß die Versuche nach ungefähr 4 Stunden abgebrochen werden mußten, da die Werte sonst ins Gewicht fielen. Gegenüber diesem verringerten Sauerstoffverbrauch im Winter ist die Produktion der pflanzlichen Organismen noch ziemlich lebhaft, jedenfalls genügend, um den Bedarf zu decken. Bereits eine Beobachtung von Peyrou, allerdings bei makroskopischen Pflanzen, scheint darauf hinzudeuten, daß die assimilatorische Tätigkeit des Chlorophylls auch bei niederen Temperaturen noch ziemlich beträchtlich ist. Anders wäre ja auch nicht zu erklären, warum nicht jeden Winter, wenn

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

durch eine Eisdecke die Diffussion aus der Luft unmöglich gemacht wird, das tierische Leben in geschlossenen Gewässern vernichtet wird.

Interessant gestaltete sich der Einfluß der Temperatur auf die pflanzlichen Organismen. Während sie erst anscheinend ziemlich gleichmäßig verteilt waren, zogen sie bei eintretender Abkühlung sich nach der Tiefe hin zurück. Auch als Eis das Wasser deckte, machte sich noch das Wärmebedürfnis geltend und sie blieben in den tieferen, wärmeren Schichten. Erst als unter der stärker gewordenen Eisdecke die Temperatur des Wassers sich ausgeglichen hatte, überwog das Lichtbedürfnis, die Organismen stiegen an die Oberfläche und sammelten sich unter der Eisdecke. Auch hier zeigt sich wieder die Einwirkung des Lichtes, sogar noch die des schwachen Mondeslichtes, insofern als die Organismen sich vorzugsweise an den Stellen des Eises ansammeln, wo nicht etwa durch Schnee die Lichtmenge verringert wird. Wird nun an solchen Stellen das Eis beseitigt, dann überwiegt wieder der Einfluß der Temperatur, die Organismen wandern aus diesen abgekühlten Schichten in die unteren, wärmeren, um im Laufe des Tages, falls etwa die Oberfläche durch Sonnenschein erwärmt wird, in die Höhe zu steigen. Durch diese Beobachtung erklärt sich auch die Bedeutung der in das Eis gehackten Löcher, der Wuhnen, die man bei anhaltendem Froste anlegt. Nach den eben gegebenen Auseinandersetzungen, die in der Arbeit auch zahlenmäßige Belege finden, wird, wenn bei anhaltendem Froste die Organismen ihrem Lichtbedürfnis folgend, an die Oberfläche steigen, an den tiefen Stellen, wo die Fische im Winterlager ruhen, allmählich eine Sauerstoffverarmung eintreten, die bedrohlich werden kann. Werden nun Wuhnen eingeschlagen, so wird nicht etwa, wie bereits mehrfach auseinandergesetzt, die Diffussion genügen, um durch Sauerstoffzufuhr die drohende Gefahr zu beseitigen. Wohl aber werden die pflanzlichen Organismen die tieferen Stellen infolge der Abkühlung aufsuchen und dadurch dort eine Anreicherung des Sauerstoffgehaltes herbeiführen. Andere pflanzliche Organismen, die am Boden ruhend im dunklen bisher sich nicht am Sauerstoffkonsum beteiligt haben, werden nunmehr Sauerstoff produzieren. Daraus ist aber auch der Schluß zu ziehen, daß die Wuhnen ihren Zweck nicht erreichen, wenn man durch Bedecken den Einfluß des Lichtes und der Temperatur auszuschließen versucht. Im großen erprobt wurde die Richtigkeit dieser Beobachtungen von Dr. Schimanski am

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Stuhmer See. Es ließ sich dabei zugleich der deutliche Beweis führen, daß nicht die freie Berührung des Wassers mit der Atmosphäre, sondern das Eindringen von Licht das Entscheidende für die genügende Sauerstoffversorgung bedeutet. Entfernung der Schneedecke, so daß Licht durch das Eis ins Wasser dringen konnte, genügte, um dem Sauerstoffmangel abzuhelfen. Das Hacken von Wuhnen erwies sich als überflüssig.

Mit einigen Worten sei noch des Zusammenhanges zwischen der Sauerstoffzehrung im Wasser und der Luftelektrizität gedacht, eines Zusammenhanges, der in dem plötzlichen Fischsterben bei Gewittern oft genug unangenehm sich bemerkbar macht. Knauthe und Berg[1]) studierten diese Verhältnisse unter dem direkten Einfluß der Elektrizität, wobei andere Faktoren, wie die von Hoffmann[2]) hervorgehobene Luftdruckerniedrigung und dadurch bedingter leichterer Aufstieg nicht atembarer Gase vom Boden ausgeschlossen war, und konnten alsdann ein äußerst schnelles Absinken des Sauerstoffgehaltes nachweisen, desto schneller je unreiner das Wasser war. Ihre Versuche mußten es unentschieden lassen, ob dieser stärkere Sauerstoffverbrauch unter dem Einflusse der Elektrizität auf einen lebhafteren Stoffwechsel der Mikroorganismen oder eine direkte chemische Bindung des Sauerstoffs — Nitrit- und Wasserstoffsuperoxyd-Bildung — zurückzuführen sei. Im Dorfteich, in dem ohnedies jede Nacht den Vorrat an Sauerstoff nahezu erschöpft, tritt durch das Gewitter eine neue Quelle der Gefahr hinzu, deren Bekämpfung auch der Pflanzenwelt anheimfällt. Den direkten Beweis dafür lieferten Versuche von Knörrich,[3]) dem die Daphnien in Gefäßen, die keine oder nur geringe Mengen von Algen enthielten, ausnahmslos abstarben, während die Tierchen bei reichlicher Algenmenge wenigstens teilweise die Gewitter überdauerten.

Während aus den bisherigen Auseinandersetzungen sich die Wichtigkeit der pflanzlichen Organismen für den Sauerstoffhaushalt geschlossener Gewässer wohl fraglos ergibt, scheint man ihnen für die Selbstreinigung der Flüsse nicht dieselbe Bedeutung beizumessen. Die Frage ist sehr viel diskutiert worden, doch scheint

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau XIII, p. 661 und 675. Mitteilungen aus dem naturwissenschaftlichen Verein für Neuvorpommern und Rügen in Greifswald, Jahrgang 33, p. 8.

[2]) Münchener Fischereizeitung 1903, p. 399.

[3]) Plöner Berichte VIII, p. 49.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

man im allgemeinen den Einfluß der Pflanzen erst als von sekundärer Wichtigkeit anzusehen, wie dies neuerdings besonders wieder die Arbeiten von Spitta[1]) und Rapp[2]) dartun. Wohl nicht mit Recht. Und man kann die gewichtigen Einwände nicht besser als mit den Worten von Volk[3]) wiedergeben: »Denn es wird sich nicht bestreiten lassen, daß den Lebensvorgängen solcher Mengen von Kleinalgen ein wesentlich größerer Anteil an der Absorption und Assimilation gelöster organischer Stoffe zukommt, als man nach den Ergebnissen der Hensenschen Methode annehmen konnte, weil diese eben nur einen fast verschwindend kleinen Bruchteil des pflanzlichen Potamoplanktons zur Beobachtung bringen könnte.«

Es erscheint wohl wünschenswert, die Bedeutung der pflanzlichen Schwebeorganismen des Wassers auch für die Selbstreinigung der Flüsse von neuem eingehend zu studieren.

[1]) Archiv f. Hygiene 46, p. 64.
[2]) Archiv f. Hygiene 48, p. 179.
[3]) l. c., p. 96.

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: 1904

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Cronheim W.

Artikel/Article: Die Bedeutung der pflanzlichen Schwebeorganismen für den Sauerstoffhaushalt des Wassers 276-288