

# **Neuere Arbeiten über die biologische Selbstreinigung kleinerer Wasserbecken (besonders von Aquarien) und über verwandte Fragen.**

Kritisches Sammelreferat,  
[zugleich III. Bericht über wissenschaftliche Ergebnisse  
der Aquarienkunde.<sup>1)</sup>]

Von

Dr. **Max Wolff** (Bromberg).

---

Unsere Kenntnis der in den Wasserbecken vor sich gehender Selbstreinigungsprozesse hat eine kurze Geschichte, selbst wenn wir die ersten Arbeiten mitrechnen, die jedoch von der irrigen Voraussetzung ausgingen, daß ausschließlich chemisch-physikalische Faktoren die Reinigung der Gewässer von Fäulnisstoffen bewirkten. Hierher gehört der Bericht der Royal Commission on Rivers Pollution (1868—1874).<sup>2)</sup>

Im wesentlichen sehen diese Untersuchungen den Selbstreinigungsprozeß als einen mechanischen Klärungsvorgang, — durch Sedimentation —, an. Spätere Untersuchungen (des Seinewassers unterhalb Paris) führten die Selbstreinigung, die durch das Wiederauftreten eines normalen Pflanzenwuchses markiert war, auf chemische Umsetzungen zurück, welche hauptsächlich auf der Einwirkung des Luftsauerstoffs beruhen sollten.

Mitte der sechziger Jahre hatte Pasteur den Nachweis geführt, daß manche Oxydations- und Reduktionserscheinungen im Stoffwechsel von Mikroorganismen ihre Ursache haben. Alexander Müller, seit 1869 mit Untersuchungen über die Selbstreinigung von Abwässern beschäftigt (Berliner Schwemmkanalisation), sprach 1877 seine Überzeugung aus, daß die Selbstreinigung der durch Spüljauche verunreinigten Flüsse weniger durch chemisch-molekulare Prozesse, als durch Tiere und Pflanzen bedingt werde. Dieser Satz hat durch zahlreiche Arbeiten, die sich auf die moderne bakteriologische Untersuchungstechnik und die vertiefte Kenntnis der gesamten Pilzflora der Gewässer (besonders gewisser, den

---

<sup>1)</sup> Vgl. Bericht I (Ökologie mitteleuropäischer Fische) Bd. I, S. 481 und II (Fischkrankheiten), Bd. I, S. 883.

<sup>2)</sup> Zitiert nach Lafar, Handbuch d. techn. Mykologie, Bd. III, G. Fischer, Jena 1904—1907.

Bakterien nahestehender Formen wie *Beggiatoa*, *Sphaerotilus* usw.) stützen konnten, in der Folge seine Bestätigung gefunden.

Pettenkofer hat das Verdienst gehabt, zuerst auf die wesentliche Bedeutung der grünen Algen für die Selbstreinigung der Gewässer hingewiesen zu haben. Er hob vor allem hervor, daß, „gleichwie das faulende Laub in einem Walde kein Misthaufen werde, sondern wieder für die Bäume Nahrung abgebe“, <sup>1)</sup> auch die Substanz der abgestorbenen Wasserbewohner, die den organischen Bestandteil des Bodenschlammes bildet, zum Aufbau neuen, seinerseits wieder in den Dienst der Selbstreinigung tretenden Lebens Verwendung finde.

Damit ist ein in seiner Bedeutung für kleine, stark bevölkerte Wasserbecken (kleine Teiche, Tümpel, Aquarien) gar nicht genug zu würdigender Punkt berührt.

Es wird deshalb zweckmäßig sein, dem eben Gesagten sogleich die Mitteilung der Resultate einiger neuerer und neuester, speziell die Verhältnisse im Aquarium behandelnder Arbeiten anzureihen und dann das Fazit aus den die Frage der Selbstreinigung in kleineren Wasserbecken anscheidenden Untersuchungen insgesamt zu ziehen.

W. Roth wendet sich in einer kleinen Arbeit mit Recht scharf gegen die ebenso sensationelle wie wertlose Publikation Ponds (zitiert nach einem Referat von H. Reuß in der Allgem. Fischereizeitung, 1906, Nr. 2), der die Oberflächenassimilation der wurzelbildenden Wasserpflanzen bestreitet und damit einen wesentlichen Faktor der biologischen Selbstreinigung (Ref. möchte diesen Begriff der biologischen Selbstreinigung, auf die noch näher eingegangen wird, gegenüberstellen) für illusorisch erklärt.

Es ist von zweifellos eminenter Bedeutung, — der Verfasser setzt seiner Arbeit das sehr bezeichnende Motto voran: „Die Oberflächenassimilation der Wasserpflanzen bestreiten, heißt die Existenz unserer Süßwasseraquarien leugnen“, — daß die höheren grünen Pflanzen in weitgehender Anpassung an die besonderen Bedingungen des Wasserlebens, (stammesgeschichtlich wäre es wohl korrekter, bei den Landpflanzen, die sicher als die jüngeren betrachtet werden müssen, von einem Verluste dieser Fähigkeiten zu reden, der in Anpassung an die besonderen Bedingungen, die ihre von der Luft umspülten Organe vorfanden, erfolgt ist; Ref.) nicht nur befähigt sind, dem Bodengrunde, in dem sie wurzeln, genau wie die Landpflanzen, mineralische Nährsalze zu entnehmen, sondern auch die im Wasser gelösten, organischen, fäulnisfähigen, stickstoffhaltigen Abfallstoffe mittels ihrer gesamten Oberfläche, soweit sie unter Wasser getaucht ist, zu assimilieren (die also damit den Fäulnismikroorganismen entzogen werden), ja sogar bei Kohlensäuremangel einen entsprechenden Teil ihres Kohlenstoffbedarfes daraus zu decken. Während also die Landpflanzen nur die Endprodukte der Vermoderung assimilieren, assimilieren die Wasserpflanzen die organischen Substanzen selbst, (soweit sie in Lösung gehen) noch bevor der Fäulnisprozeß einsetzen kann.

Aber Roth hat nun (in einer früheren Arbeit, deren Citat infolge eines Satzfehlers aus der vorliegenden nicht zu entnehmen ist) den sehr interessanten Nachweis geführt, daß die grünen Wasserpflanzen auch ohne Wurzeln (wurzellose Arten, nach Resektion der Wurzeln) auf dem Wege der Oberflächenassimilation befähigt sind, dem Wasser sogar die mineralischen Endprodukte

---

<sup>1)</sup> Münch. med. Abh. 1891, V. Reihe, 12. Heft.

von Fäulnisprozessen (die sich an der einen oder anderen Stelle des Aquariums, z. B. im Bereich von Tierleichen, ja stets abspielen werden), speziell die für die tierischen Insassen giftigen Ammoniaksalze zu entnehmen, d. h.: durch Assimilation unschädlich zu machen.

Pond hatte diese Tatsachen in seiner Arbeit, der Roth mit den oben referierten Ausführungen entgegen tritt, in Abrede gestellt, aber auf Grund so unzureichender Beweisführung und mit so völlig negativem Erfolge, daß ich mich darauf beschränken kann, die Entgegnung Roths ganz kurz zu referieren. Pond sieht einen Beweis dafür, daß bewurzelte Wasserpflanzen keine Oberflächenassimilation haben, in der Beobachtung, daß sie in einem mit Humusboden ausgestatteten Aquarium eingepflanzt, weit lebhafteres Wachstum zeigen, als wenn sie im Wasser schwebend gehalten werden. Das beweist natürlich nur, daß Pflanzen, denen mit irgend einem aufnahmefähigen Organe besonders reichliche Nährsalzquellen erreichbar geworden sind, besser wachsen, als Pflanzen, die hungern müssen, weil diese Quelle völlig aus dem Bereich des Pflanzenkörper gerückt ist. Daß aus dem Humusboden keine Nährsalze in das darüber stehende Wasser übergehen, weist Pond zu allem Überfluß noch selbst nach!

Jedenfalls (die Widerlegung der weiteren, auf Grund verkehrter, längst Bekanntes vollkommen ignorierender Überlegungen angestellten Versuche Ponds wolle man in Roths Arbeit selbst einsehen, — die mitgeteilte Probe dürfte dem Leser wohl genügen) hat sich Roth ein Verdienst dadurch erworben, daß er die weitgehenden Folgerungen Ponds (der Teichwirt soll die Schwimmpflanzen als Nahrungskonkurrenten des Phytoplanktons ausrotten, die wurzelnden Wasserpflanzen dagegen, weil sie ihre Nahrung aus dem Boden entnehmen, — seiner Meinung nach, — kultivieren) zurückweist. Das ist um so wichtiger, als sie leider vielleicht nicht von allen Lesern der Allgemeinen Fischereizeitung, wo sie seiner Zeit günstig referiert waren, ohne weiteres in ihrer wissenschaftlichen Wertlosigkeit sofort erkannt worden sind. Die praktische Durchführung der Vorschläge würde ja allerdings ohnehin fast ein Ding der Unmöglichkeit sein. Ganz abgesehen davon fehlt aber bis heute jeder Nachweis, daß die „Nahrungskonkurrenz“ irgendwie einen Einfluß auf die Entwicklung des natürlichen Fischfutters hat. Bestünde sie, so wäre der Teichwirt vor die angenehme Aufgabe gestellt, die wurzelnden, wie die freischwimmenden Wasserpflanzen (da eben beide in Wirklichkeit lebhaft Oberflächenassimilation erkennen lassen) mit Stumpf und Stiel ausrotten zu müssen. Von dieser Notwendigkeit wird sich aber wohl niemand überzeugen lassen.

Das Zustandekommen einer dauernden Äquilibration des Stoffwechselgetriebes in einem wohlbesetzten Aquarium behandelte Roth in einem sehr lesenswerten Aufsatz über die bekannte „anfängliche Trübung des Aquariengewässers“. Die Erscheinung ist mit Regelmäßigkeit in neu eingerichteten Aquarien zu beobachten. Es handelt sich dabei um einen Fäulnisprozeß, und zwar bleibt das Wasser des betreffenden Behälters entweder wochenlang (so dass Tier- und Wasserpflanzen, mit denen es besiedelt wurde, zugrunde gehen) faulig, oder es tritt nach wenigen Tagen — gleichwie im Tierkörper die bei einigen Infektionskrankheiten gebildeten Antikörper der weiteren Vermehrung der pathogenen Organismen Eintritt gebieten, diese vernichten und den Körper selbst als Substrat für eine Neuinfektion ungeeignet machen —, eine meist dauernde Gesundung, also auch eine Art Immunisierung des Wassers ein (die freilich in ihrem Wesen von der ersten total verschieden ist), das dann keiner Erneuerung mehr bedarf (nur das verdunstete Wasser ist zu ersetzen), so daß ein solches

Aquarium einem selbständigen, lebenden Organismus gleicht, dessen Lebensprozesse während der ganzen Lebensdauer um eine Gleichgewichtslage spielen.

Um den Vorgang näher zu erläutern, schildert Verf. die Entwicklung der Fäulnisbakterien in einem Glase Wasser, dem etwas Fischexkremente und einige Brocken Fischfutter zugesetzt ist, um ein dem in Aquarien gebotenen ähnliches Fäulnissubstrat zu schaffen. Warne Witterung vorausgesetzt, beginnt schon nach 24 Stunden die Fäulnis durch Trübung des Wassers sich anzuzeigen. Sie ist vom Auftreten einer reichen Mikrokokken-, Bakterien- und Spirillenflora bedingt. Deren einzelne Glieder lösen einander in bekannter, hier nicht näher zu erörternder Weise ab, die fäulnisfähigen Stoffe von Stufe zu Stufe weiter zerlegend. Schließlich aber klärt sich das Wasser wieder völlig, der üble Geruch, der ihm vordem entströmte, ist ganz und gar verschwunden, das kleine Aquarium hat seinen Selbstreinigungsprozeß vollendet, der Zersetzungsprozeß der organischen, N-haltigen Körper ist zu Ende geführt — durch die Tätigkeit der Mikroorganismen —, sie sind mineralisiert, in im Wasser lösliche oder unlösliche, aber nicht weiter durch jene Organismen aufspaltbare und zum Teil leicht sedimentierende, unorganische Körper (+ CO<sub>2</sub>! [Ref.]) zerlegt.

Gleichzeitig haben sich mit zunehmender Klärung des Wassers grüne Fadenalgen angesiedelt, die von den Endprodukten jener Aufspaltungsprozesse leben (besonders schwefel- und salpetersäueren Salzen und Kohlensäure). Sobald aber genügend grüne Pflanzen vorhanden sind, findet sich auch eine reiche Protozoenfauna ein — diese Mikrofauna und -flora ist das Signal, daß nunmehr völlig normale Lebensbedingungen auch für höhere tierische Organismen in der chemischen Zusammensetzung des Wassers gegeben sind, wie durch Einsetzen einiger Jungfische leicht bewiesen wird.

Nach Ablauf eines initialen Fäulnisprozesses ist das Aquarium jetzt auf dem Wege, ein definitives biologisches Gleichgewicht zu erlangen, das seinem Wasser, — praktisch gesprochen —, eine Jahre dauernde Haltbarkeit sichert. Es fehlt ihm zur völligen Erreichung dieses Zustandes jetzt nur ein Faktor, der die für einen üppigen Pflanzenwuchs nötige Kohlensäure ins Wasser schafft; er wird in der Besetzung mit größeren Wassertieren eingeführt.

Aber diese Gleichgewichtslage wird leicht zerstört werden können — d. h. im Aquarium, indem wir willkürlich, bei der Besetzung, irgend ein Verhältnis der pflanzlichen zur Anzahl der tierischen Bewohner schaffen —, und nach dem eben abgelaufenen initialen würde deshalb jetzt doch noch mit dem Ausbruch heftiger sekundärer Fäulnisprozesse zu rechnen sein. Dann nämlich, wenn die dauernd von den höheren Wassertieren abgegebenen Ejekte nicht (abgesehen von dem weniger ins Gewicht fallenden Konsum seitens der Protozoenfauna) von den grünen Wasserpflanzen in ausreichendem Maße assimiliert werden können. Richtiger gesagt nicht die Exkreme selbst, sondern die ersten Produkte ihrer Aufspaltung, die einem, bei Gegenwart von reichlichem, von den Pflanzen abgeschiedenen Sauerstoff stark abgekürzten Fäulnisprozeß ihre Entstehung verdanken. Geschieht aber jene Assimilation in ausreichender Weise, so nehmen die grünen Wasserpflanzen der Saprophytenflora die Nahrung sozusagen von dem Munde weg (*sit venia verbo!*), der Fäulnisprozeß hält sich daher wegen des Mangels an weiter aufspaltbaren Substanzen entweder in sehr engen Grenzen oder wird ganz koupiert. Das Wasser des Aquariums ist dann nach einer schnell vorübergehenden Trübung völlig klar geworden und — wenn das Aquarium von da an sich selbst überlassen bleibt — bleibt jetzt dauernd so: bleibt mit samt seinen Insassen ein in sich ausbalanziertes System, ein sich selbst

regulierender Mikrokosmos. Auf die für die Aquarienhaltung sich ergebenden Konsequenzen braucht nach dem Gesagten an dieser Stelle wohl kaum eingegangen zu werden, und es kann deshalb wegen der Ausführung im einzelnen auf die Originalarbeit verwiesen werden.

Der (im selben Bande der zitierten Zeitschrift) folgende Aufsatz des Verfassers über die häufig in der „Schlammecke“ der Aquarien auftretende *Beggiatoa alba* Trevisan beschäftigt sich am Schlusse ebenfalls mit der biologischen Selbstreinigung. Bekanntlich verbrennt *Beggiatoa* nicht wie andere Saprophyten (u. die Tiere) Kohlehydrate, sondern gewinnt die zur Erhaltung ihres Stoffwechselbetriebes nötige Energie durch Verbrennung des aufgenommenen Schwefelwasserstoffes, wobei reiner, in Form von kristallinen Körnern im Plasma niedergeschlagener Schwefel und Wasser entsteht. Der Schwefel wird aber im Plasma weiter oxydiert zu Schwefeldioxyd, das mit Wasser zu Schwefelsäure umgesetzt wird, die als ein der Kohlensäure analoges Endprodukt vom Organismus wieder ausgeschieden wird. Diese verbindet sich wieder mit anderen Körpern zu Salzen, die von den grünen Pflanzen verarbeitet werden (besonders schwefelsaure Magnesia, schwefelsaures Natrium). Also die *Beggiatoen* reinigen das Wasser von dem giftigen Schwefelwasserstoff (der sich aus den verwesenden Pflanzen- und Tierleichen entwickelt und von den vorher besprochenen Selbstreinigungsprozessen nicht angegriffen werden würde) und verarbeiten ihn mittelbar zu Nährsalzen für die höheren Wasserpflanzen.

Der Zusatz von Gips zum Aquarienwasser ist, wie hier nebenbei aus einer weiteren Notiz Roths mitgeteilt werden mag, sinnlos und zweckwidrig, weil weder durch etwa von der Kohlensäure (nur möglich bei Gegenwart von viel Ammoniak) präzipitierten Kalk eine mechanische Reinigung des von Bakterien getrübtten Wassers stattfindet, noch der Fäulnisprozeß selbst durch Wegschaffen des Endproduktes verhindert wird (gedacht war an eine Umwandlung des „giftigen“ Ammoniaks in schwefelsaures Ammoniak, in Wirklichkeit kommt aber freies Ammoniak gar nicht in Frage, da sich bei der konstanten Gegenwart von Kohlensäure sofort kohlensaures Ammoniak bildet, das von den Pflanzen vorzüglich assimiliert wird), vielmehr in Gegenwart von Gips viel verhängnisvoller verläuft, insofern nämlich, als, sobald Sauerstoffmangel eintritt, von einer Anzahl Fäulnisbakterien der schwefelsaure Kalk zu Schwefelcalcium reduziert wird, das sich mit Kohlensäure und Wasser sofort zu kohlensaurem Kalk und Schwefelwasserstoff umsetzt. Statt des einen wirken nun zwei schädigende Faktoren: Fäulnis und Schwefelwasserstoff. Kommt es nicht zu Fäulnisprozessen, so schadet zwar der Gipszusatz nicht, aber er hat auch nicht den geringsten Nutzen, beeinflußt vor allem Gehäusebildung usw. in keiner Weise.

Von Interesse für die in den Rahmen dieses Referates gehörigen Fragen ist endlich eine Notiz desselben Verfassers über die sog. Fett-, Staub- oder Schmutzschicht des Aquarienwassers. Sie besteht aus verschiedenen Spaltpilzen (besonders *Bact. megatherium*), und diese sind nicht, wie G. Jäger annahm, infolge Sauerstoffmangels an die Oberfläche des Wassers gewandert (was dadurch bewiesen wird, daß es den Fischen eines mit der Schicht bedeckten Aquariums nicht einfällt, Luft zu schnappen und dabei die Schicht zu zerstören, wie denn überhaupt in einem in biologischem Gleichgewicht befindlichen Aquarium weder O-Mangel, noch CO<sub>2</sub>-Überfluß eintreten kann, so daß man ein solches monatelang luftdicht verschlossen halten kann), sondern halten sich vermöge einer dünnen Fettschicht, die sie absondern, schwimmend (von den beiden Hypothesen,

die Verf. aufstellt, scheint diese dem Referenten die einzig für die Erklärung in Frage kommende zu sein). Natürlich stammen die Mikroben der Fettschicht aus der Luft. Wenn übrigens Verf. meint, daß von der sonst harmlosen Fettschicht eventuell Jungfische dadurch beschädigt werden könnten, daß sie von ihr verhindert würden, ihre (nach dem Ausschlüpfen noch luftleere) Schwimmblase mit Luft zu füllen, so muß ihm Referent hierin widersprechen. Die bekannten, auch mit den neueren Mitteilungen Thilos sich deckenden Angaben K. E. v. Baers, daß die Schwimmblase der Fische mit durch „Verschlucken“ in sie gelangter Luft gefüllt sei, sind durch die schönen Untersuchungen Baglionis (Zeitschr. f. allg. Physiol., 1907) definitiv widerlegt worden. Bei dem Baerschen Versuche müssen also andere Umstände den Tod der Fische herbeigeführt haben. Die Schwimmblase ist eine Gasdrüse, deren Sekret reiner Sauerstoff ist, welcher letzterer aus dem Blute des Tieres stammt. Es kann demnach auch die Fettschicht nicht imstande sein, den Tod von Jungfischen herbeizuführen, indem sie diese verhinderte, Luft in ihre Schwimmblase zu „pumpen“.

Die vorgenannten Arbeiten Roths ergeben für die Beurteilung des Aquariengewässers den Schluß, daß dasjenige Wasser das beste ist, in dem die Pflanzen- und Tierwelt des Behälters ihre regulierende Tätigkeit (in bezug auf Umsetzung und Verteilung der im Wasser gelösten Körper) möglichst ausgiebig und bis zur Erlangung eines allgemeinen biologischen Gleichgewichtes hat ausüben können, daß also für das Gedeihen der Pflanzen und Tiere im Aquarium solches „altes Wasser“ am dienlichsten ist.

Ein Gegner dieser Lehre ist A. Brüning. Er findet in altem Aquariengewässer einen zweimal so großen Glührückstand, wie in frischem, und einen dreimal so großen Abdampfrückstand. Die Pflanzen haben also in dem alten Aquariengewässer ein Lebensmedium, das mehr Nährsalze enthält, als sie verbrauchen können. Diese Nährsalzmenge wurde zugeführt mit dem während der Versuchsdauer (2 Jahre) zum Ersatz des verdunsteten immer wieder nachgefüllten Leitungswasser. Brüning ist der Meinung, daß diese Übersättigung die Pflanzen (nicht die Tiere!) schädige und speziell in seinem Versuchsaquarium die Vallisnerien am Stengelgrunde zum Durchfaulen gebracht habe. Mit zunehmender Härte des Wassers habe der osmotische Druck zugenommen und „auf das Plasma der Zellen, besonders aber auf die Zellenwand ungünstig, erschlaffend“ eingewirkt, was schließlich die erwähnten, verhängnisvollen Folgen hätte haben müssen, „denn höhere Pflanzen wie die hier in Betracht kommenden, besitzen nicht die Anpassungsfähigkeit der niederen, z. B. der Algen“. Die allgemeine Erkrankung der Pflanzen soll nun die normale Nährstoffaufnahme der Pflanzen stark (nicht völlig auf 0!) herabgesetzt und eine entsprechende Erkrankung herbeigeführt haben.

Interessant ist, daß auch Brüning nichts von den „katastrophenartig auftretenden Störungen des biologischen Gleichgewichts, welche die Existenz eines jungen Aquariums . . . gefährden oder wenigstens die Vernichtung der für uns wertvollsten, aber leider empfindlichsten Aquarienbewohner, wie es die Fische fast ausnahmslos sind, zur Folge haben“, bemerkt hat. Im Gegenteil. Er muß den vorzüglichen Gesundheitszustand der tierischen Bewohner seines Versuchsaquariums ausdrücklich zugeben. Das einzige, was er gegen das alte Aquariengewässer ins Feld geführt hat, ist, daß die Vallisnerienstengel dicht über dem Grunde anfaulen. Die Diskussion zwischen den beiden Autoren ergibt jedoch ohne weiteres, daß Brüning absolut nichts stichhaltiges gegen das alte Aquariengewässer ins Feld zu führen weiß. Ob er nun seine Vallisnerien richtig

eingepflanzt hat oder nicht, ob er lebenskräftige Exemplare zu seinem Versuche auswählte oder nicht, Tatsache bleibt, daß von den beiden aquarienfreundlichen Ärzten offenbar der eine biologisch trefflich geschult ist, während der andere — Referent kann sich dieses Eindrucks nicht erwehren —, ohne genügende Kritik vorangegangen ist.

Vor allem konnte Roth zeigen, daß die von Brüning konstatierte Steigerung des Härtegrades unmöglich an sich schädlich sein kann. Denn es ist sogar ganz unschädlich, wenn man Aquarien mit Wasser beschickt, das schon frisch einen doppelt so hohen Gehalt an Salzen besitzt, wie das von Brüning analysierte „alte Aquarienwasser“. Letzterer fand darin 210 Litermilligramm Kalk und Magnesia, in Göttingen aber z. B. hat das Wasser einen Salzgehalt von 422 Litermilligramm, und die Aquarien sind dort genau so haltbar wie anderswo.

Die Rothschen Arbeiten haben also die Kontroverse, ob das „alte“ Aquarienwasser oder ein in kurzen Zwischenräumen erfolgreicher Ersatz durch frisches Wasser als Lebenselement für die Tier- und Pflanzenwelt der Aquarien geeigneter sei, wohl definitiv zu Gunsten des alten Wassers der biologisch-selbstregulierten Aquarien entschieden.

Eine weiter sich aus dem Gesagten ergebende Frage, die Roth in der letzten seiner unten zitierten Abhandlungen berührt, ist nun die, ob es möglich ist, gewissermaßen durch eine mehr als reichliche Bepflanzung der Aquarien vorzubauen, d. h. sich außer der Erreichung und Erhaltung des biologischen Gleichgewichtszustandes eine auch unter widrigen Umständen (trübe oder kurze Tage z. B. und eine entsprechend ausgiebige Kohlensäureproduktion!) mindestens ausreichende Sauerstoffproduktion zu sichern.

Wie Roth selbst erfahren mußte, und von ihm an der Hand einer leicht verständlichen Überlegung näher auseinandergesetzt wird, erreicht man mit einer solchen Überbepflanzung das gerade Gegenteil von dem, was man wollte. Es läßt sich nämlich leider zwar eine beliebige Sauerstoffüberproduktion erreichen, aber der überproduzierte Sauerstoff kommt den tierischen Aquarienbewohnern nur soweit zugute, als er im Wasser gelöst werden kann — alles übrige entweicht in die atmosphärische Luft. Dafür, daß der für die Tiere brauchbare Sauerstoff zum größten Teile also verloren geht, produzieren dann die Pflanzen nachts (wo bekanntlich kein Sauerstoff ausgeschieden wird) ein entsprechend übermäßiges Quantum der für die Tiere giftigen Kohlensäure. Daß der Sauerstoffsättigungsgrad in reichlich bepflanzten und günstig aufgestellten Aquarien in der Tat mit Leichtigkeit erreicht wird, geht daraus hervor, daß reines Wasser bei 15° C nur 29 ccm Sauerstoff im Liter zu absorbieren vermag, während Knauthe sogar in stagnierendem, an organischen Stoffen sehr reichen und deshalb einen starken Sauerstoffverbrauch aufweisenden Teichwasser bei Tage 20 ccm im Liter fand!<sup>1)</sup> (bei Nacht beiläufig aus dem oben erwähnten Grunde unter 1 ccm!). Nun pflegen Aquarien ohnehin relativ weit eher zur Überbepflanzung zu neigen, als Teiche, wie der von Knauthe untersuchte; und ein noch so dicht bepflanzter Teich wird schon wegen der im allgemeinen niedrigeren Temperatur seines Wassers und des dadurch stärker herabgesetzten Atembedürfnisses seiner tierischen und pflanzlichen Bewohner nachts an Sauerstoff reicher

---

<sup>1)</sup> Referent ist nur die Arbeit Knauthes über den Dorfteich in Sammenthin zugänglich (Biol. Zentralbl. 1898 u. 1899).

bleiben, als ein Aquarium. Auch das Verhältnis der mit der Luft in direkter Berührung stehenden Oberfläche zur gesamten Wassermenge ist beim Aquarium ein bedeutend ungünstigeres (für die Durchlüftung) als im Teiche. Dass also in überbepflanzten Wasserbecken die Kohlensäureproduktion und der Sauerstoffkonsum nachts außergewöhnlich hohe Zahlen erreichen, und daß dieses Verhältnis zum Ersticken der tierischen Bewohner führen kann, steht zweifellos fest.

Verf. führt auch das Mißverhältnis an, das in Aquarien (besonders wohl in Zuchtaquarien? Ref.) zwischen dem Besatz mit Fischen und der Wassermenge besteht. Auch im dichtest bevölkerten Teich kommt auf den einzelnen Fisch eine erheblich größere Wassermenge, als im Aquarium. Auch dadurch wird, besonders bei Nacht, das Leben in einem noch dazu überpflanzten Aquarium stark gefährdet: keine Sauerstoffproduktion von seiten der Pflanzen, aber ein enormer Sauerstoffverbrauch durch die gesamte (pflanzliche wie tierische) Organismenwelt und eine entsprechende übermäßige Kohlensäureproduktion, die in extremen Fällen wohl nicht nur die Tiere töten, sondern auch die Pflanzen gefährden kann (Ref.).

Zum Schluß mag auch darauf hingewiesen werden, daß Roth bezüglich einer empfindlichen Lücke in der Kenntnis der Selbstreinigungsprozesse zu demselben Ergebnis kommt, wie z. B. eine unserer ersten Autoritäten auf diesem Gebiete, R. Kolkwitz, der in seiner Darstellung der biologischen Selbstreinigung der natürlichen Gewässer im Lafarschen Handbuch der technischen Mykologie (Man. v. 4. Nov. 1905) Bd. III, p. 389, hervorhebt, daß in der Tat zwar das Ineinandergreifen der einzelnen Faktoren, die bei der biologischen Selbstreinigung wirksam sind, heute bereits klar erkannt ist, daß uns aber noch genauere Daten über die quantitative Leistungsfähigkeit der einzelnen Faktoren fehlen. Aber auch bei der qualitativen Analyse werden wir doch immer noch in vielen wichtigen Punkten von der Chemie recht bedauerlich im Stich gelassen. Ref. möchte in dieser Frage statt jeder weiteren Darlegung den Schlußpassus der Kolkwitzschen Abhandlung zitieren: „Die Chemie ermöglicht zwar zurzeit sehr spezielle Analysen der im Wasser vorkommenden organischen Stoffe, aber die dabei anzuwendenden Methoden sind vielfach sehr umständlich, besonders wegen der großen Mengen zu verarbeitenden Wassers. Wir sind deshalb bis jetzt leider nicht imstande, durch so scharfe und prompte Reaktion, wie sie z. B. das Neßlersche Reagens auf Ammoniak gibt, die hochmolekularen Abbauprodukte der Eiweißstoffe, z. B. Liucin, Asparagin u. a., in großer Verdünnung nachzuweisen. Diese und ähnliche Stoffe finden sich in den Analysen immer nur unter der Sammelbezeichnung Wanklyn-Stickstoff und Kjeldahl-Stickstoff. Durch Auffinden scharfer Reagentien auf die genannten und ähnliche Verbindungen würden wir zweifellos viel tiefere Einblicke in den Prozeß der Selbstreinigung gewinnen, als wir sie bis jetzt besitzen. Es würden sich voraussichtlich auch typische chemische Substanzen nachweisen lassen, welche die Individualität bestimmter Flüsse oder Seen in charakteristischer Weise kennzeichnen und die oft auffallenden Verschiedenheiten in den pflanzlichen Beständen begreiflich machen.“

#### Literaturverzeichnis.

- 1) **Roth, W.**, Über die Oberflächenassimilation der Wasserpflanzen. Wochenschrift, 1906, Nr. 50 u. 51.
- 2) **Roth, W.**, Die anfängliche Trübung des Aquarienwassers. Blätter f. Aquarien- u. Terrarienkunde, 1907. Heft 27.



- 3) **Roth, W.**, *Beggiatoa alba* Trevisan. Blätter f. Aquarien- u. Aquarienkunde 1907, Heft 30.
  - 4) **Roth, W.**, Das Gipsen, Salzen und Düngen des Aquariumwassers. Ibidem, 1907, Heft 40.
  - 5) **Roth, W.**, Über die sog. Fett-, Staub- oder Schmutzschicht. Ibidem, 1907, Heft 41.
  - 6) **Brüning, A.**, Über den Einfluß biologischer Vorgänge auf die chemische Zusammensetzung des Wassers. Ibidem, 1908, Heft 20.
  - 7) **Roth, W.**, Über das „alte Aquariumwasser“. Ibidem, 1908, Heft 23—24.
  - 8) **Brüning, A.**, Zur chemischen Zusammensetzung des Aquarienwassers. Ibidem, 1908, Heft 28.
  - 9) **Roth, W.**, Zur chemischen Untersuchung des Aquarienwassers. Ibidem, 1908, Heft 31.
  - 10) **Roth, W.**, Die sogenannte Überpflanzung. Ibidem. 1908, Heft 39.
-