

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtlichsinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

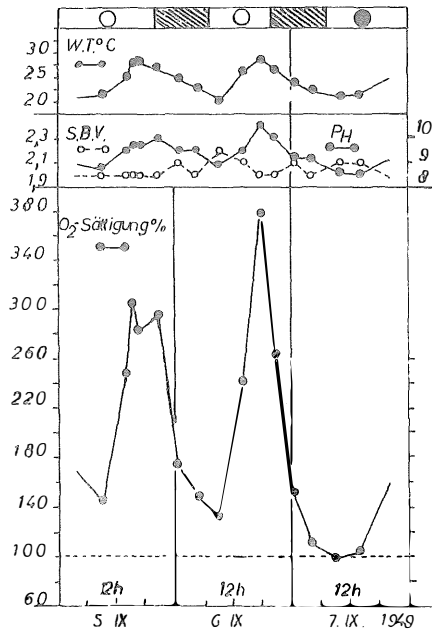


Abb. 1

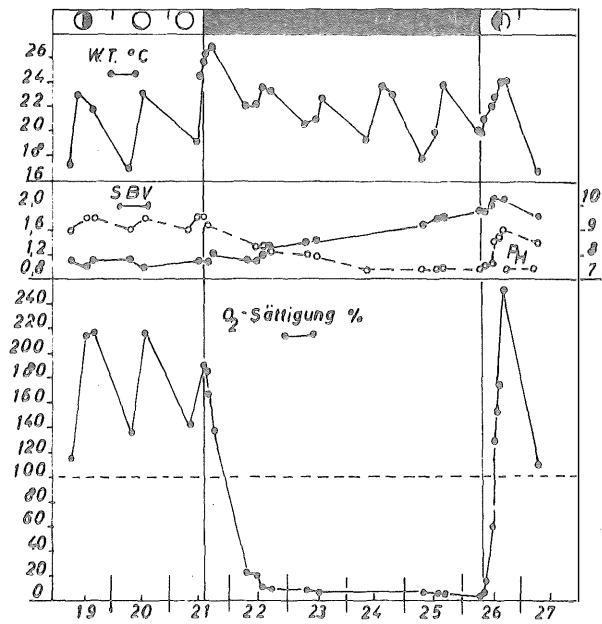


Abb. 2

Tafel 1 (zu H. Kühl und H. Mann)

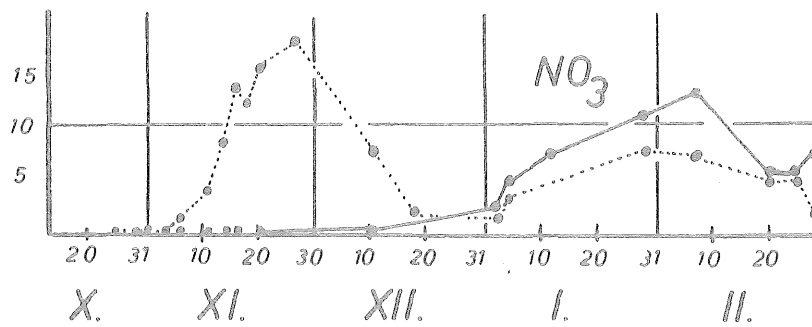
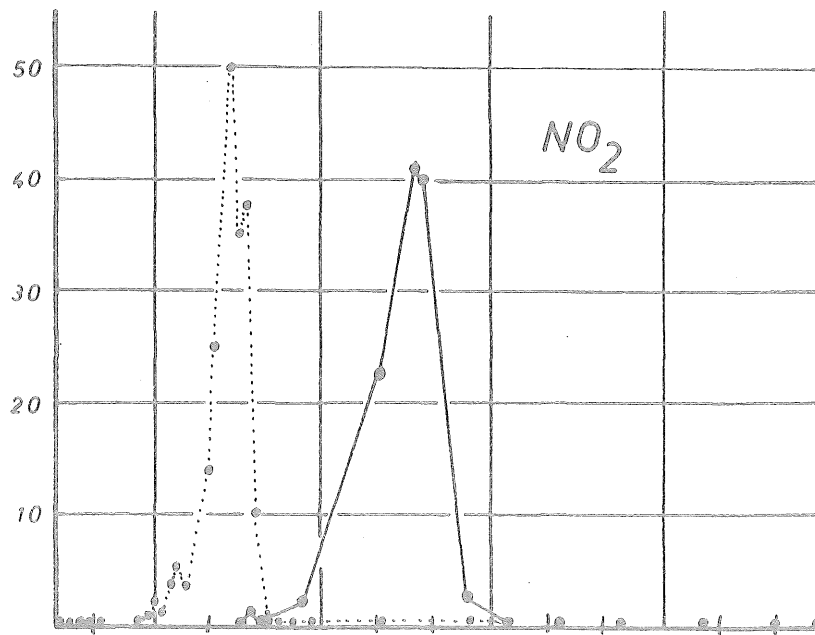
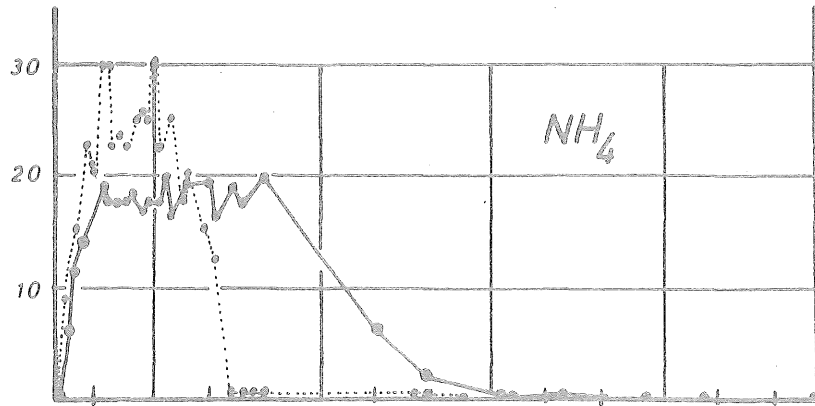


Abb. 5

Tafel 2 (zu H. Kühl und H. Mann.)

Aus der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg und Cuxhaven

Modellversuche zum Stoffhaushalt in Aquarien bei verschiedenem Salzgehalt¹⁾

VON HEINRICH KÜHL U. HANS MANN

Zusammenfassung: In Aquarien wurde unter festgelegten Bedingungen eine Reihe chemischer Faktoren im Süß- und Seewasser untersucht. Im Kohlensäure-Kalk-System zeigt sich ein Tag-Nacht-Rhythmus, der durch die Photosynthese bedingt ist. Er zeigt im Süßwasser und Salzwasser einen ähnlichen Verlauf. Der Abbau der organischen Substanz führt in der Endphase über NH_4 zu NO_2 und NO_3 . Im Süßwasser geht er schneller vor sich als im Seewasser. Die Mengen von NO_2 und NO_3 sind im Seewasser größer als im Süßwasser. Im Brackwasser zeigen sich entsprechend dem Salzgehalt ähnliche Verhältnisse.

Experiments on the metabolism in aquaria at different salinities (Summary): Under certain conditions a number of chemical factors in freshwater and in seawater were investigated in aquariums. In the carbonic acid-lime system a day-night rhythm is indicated resulting from the photosynthesis. The development in freshwater and in seawater occurs in a similar way. The deterioration of the organic substance leads, in the final phase, over NH_4 to NO_2 and NO_3 . It develops more quickly in freshwater than in seawater. The amounts of NO_2 and NO_3 in seawater are greater than in freshwater. In brackish water similar conditions prevail depending on the salt content.

In der experimentellen Biologie spielen Versuche in Aquarien eine große Rolle. Es ist dabei verwunderlich, daß man sich lange Zeit nicht mit den chemischen Veränderungen des Wassers in Aquarien befaßt hat. Man hat je nach Fragestellung und Versuchsabsichten wohl bestimmte Faktoren, wie Temperatur, Salzgehalt, Ionenwirkung, pH-Wert usw. untersucht, doch wenig auf die Veränderungen im Gesamtchemismus geachtet. Es ist durchaus denkbar, daß manche Untersuchungsergebnisse, die von Beobachtungen im freien Wasser oder von Parallelversuchen abwichen, „nicht reproduzierbar“ waren, auf derartige Veränderungen des Milieus zurückzuführen sind.

Wir befaßten uns daher seit Jahren zunächst mit den an sich bekannten Vorgängen der Assimilation und Dissimilation in Aquarien. Mit unseren Methoden der chemischen Wasseruntersuchung waren folgende Faktoren gut zu verfolgen: pH-Wert, Säurebindungsvermögen, Kalk, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung, selbstverständlich wurde auf die Wassertemperatur als auf einen sehr wesentlichen Faktor geachtet. Derartige Untersuchungen wurden von uns an Süß- und Seewasseraquarien unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt: bei Gegenwart von Tieren oder Pflanzen, bzw. ohne jeglichen Besatz, bei Licht und Dunkelheit, mit und ohne Durchlüftung, mit und ohne Filterung, bei verschiedenem Kalkgehalt, bzw. bei unterschiedlichem Salzgehalt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren recht deutlich (KÜHL u. MANN, 1952a, 1952b). Bei Gegenwart von höheren oder niederen Pflanzen bildet sich ein ausgeprägter Tag-Nachtrhythmus aus, der sich besonders in der Sauerstoffsättigung zeigt (Abb. 1). Das Maximum liegt mittags, bzw. am frühen Nachmittag, das Minimum in den Morgenstunden. Befinden sich Tiere in den Aquarien, ist die Amplitude der Sauerstoffsättigungskurve nicht so ausgeprägt, da Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureproduktion erhöht sind.

¹⁾ Herrn Prof. Dr. P. F. MEYER-WAARDEN zum 60. Geburtstag gewidmet.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 2)

Abb. 3: Abbau organischer Substanz im unbelüfteten (●—●) und durchlüfteten (●·····●) Aquarium. Angaben von NH_4 , NO_2 u. NO_3 in mg/l. Salzgehalt 32,00‰.

Ein entsprechender Tag-Nachtrhythmus zeigt sich auch im Kalk-Kohlensäuresystem, entsprechend den Assimilationsvorgängen. Der pH-Wert zeigt während der Assimilationsphase die Tendenz, in den alkalischen Bereich anzusteigen, während das Säurebindungsvermögen als Maß für die Menge der im Wasser gelösten Bikarbonate abnimmt. Der umgekehrte Vorgang setzt ein, wenn beim Nachlassen der Belichtung die Dissimilation beginnt. Durch künstliche Beleuchtung oder Verdunklung kann die Rhythmik entsprechend der Belichtungsintensität verändert bzw. aufgehoben werden (Abb. 2). Jahreszeitliche Unterschiede sind naturgemäß von Belichtungsdauer und Belichtungsintensität bedingt. Auch in einem gepufferten Aquariumwasser ließ sich eine Rhythmik, wenn auch in beschränktem Maße, nachweisen. In Aquarien mit reichlichem Pflanzenbewuchs und starker Lichteinwirkung ist mit Sauerstoffübersättigung (wir konnten bis zu 350% feststellen) zu rechnen, die sich durch Wasserbewegung oder Durchlüftung leicht beseitigen läßt. Diese Verhältnisse gelten für Süß- und Seewasseraquarien ohne Einschränkung in gleicher Weise.

Im Anschluß an die Untersuchungen über die rhythmischen Veränderungen im Chemismus von Aquarienwässern befaßten wir uns mit dem Abbau der organischen Substanz, wobei zunächst der Stickstoff und seine Verbindungen im Vordergrund standen. Hierbei stellte sich heraus, daß der Stoffumsatz in Süß- und Seewasser im Hinblick auf Abbaugeschwindigkeit und Intensität unterschiedlich war.

Der Stickstoffkreislauf ist in seinem Gesamtbild äußerst kompliziert (COOPER 1937/38) und teilweise schwer übersehbar. KLERKOPPER und Mitarbeiter (1960) sprechen deshalb von 11 Reaktionsstufen des Stickstoffumsatzes. Die beiden ersten Reaktionen umfassen die Proteolyse bzw. Desaminosation. In den Reaktionen 3 und 4 erfolgt die Nitrifikation. Die weiteren Reaktionen 5—8 befassen sich mit Reduktionen und Denitrifikationen durch chemische oder bakteriologische Vorgänge. In den Reaktionen 9 und 10 findet dann eine Protein-Synthese statt, während die Reaktion 11 sich mit der Stickstoffierung aus der Luft befaßt. Wir haben bei unseren Untersuchungen aus dem gesamten Kreislauf die Stufen herausgegriffen, die man chemisch mit einfachen Methoden erfassen kann. Es sind dies die von KLERKOPPER bezeichneten Reaktionen 2 und 3, d. h. die Bildung des Ammoniaks und die Nitrifikation über Nitrit zu Nitrat. Bei zahlreichen Untersuchungen, die wir unter den verschiedensten definierten Bedingungen durchgeführt haben, fanden wir klare und gut übereinstimmende Ergebnisse. Diese lassen sich in folgender Weise zusammenfassen (KÜHL u. MANN 1955, 1956).

Die erste Stufe des Abbaues, die von uns chemisch erfaßt wurde, war die Bildung des Ammoniaks. Die Ammonifikation ging in allen Versuchen sehr schnell vor sich. Danach folgte die Bildung von Nitrit und Nitrat. Bei Belüftung oder Filterung wurde der Abbau wesentlich beschleunigt (Abb. 3). Dies machte sich in einer Abkürzung der Ammonifikation und einer verstärkten Nitrit- und Nitratbildung bemerkbar. Bei Gegenwart von Pflanzen wurden einige Stickstoffverbindungen (insbesondere Nitrat) weitgehend aufgebraucht. In diesem Fall spielten die Lichtverhältnisse im Zusammenhang mit der Photosynthese naturgemäß eine große Rolle. Enthielten die Aquarien anstelle von toter organischer Substanz nur lebende Tiere, so wurden die Stoffwechselprodukte der Tiere in gleicher Weise abgebaut.

Die Nitritbildung setzte im allgemeinen ein, wenn die Ammoniakbildung im Abklingen begriffen war, das Gleiche galt im Großen und Ganzen auch für die Beziehungen zwischen Nitrit und Nitrat.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 3)

Abb. 4: Abbau organischer Substanz ohne Durchlüftung. Süßwasser ○ ··· ○ Seewasser ●—●

Abb. 5: Abbau organischer Substanz ohne Durchlüftung Süßwasser ○ ··· ○ Seewasser ●—●

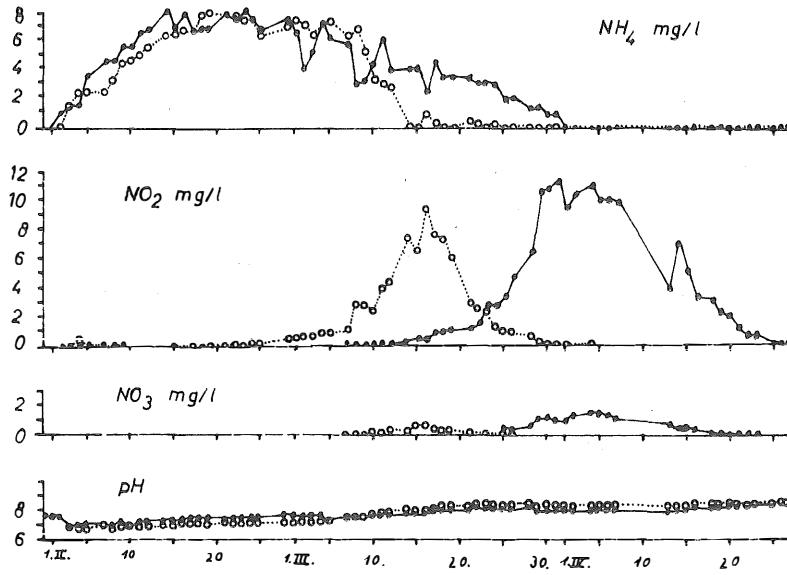


Abb. 4

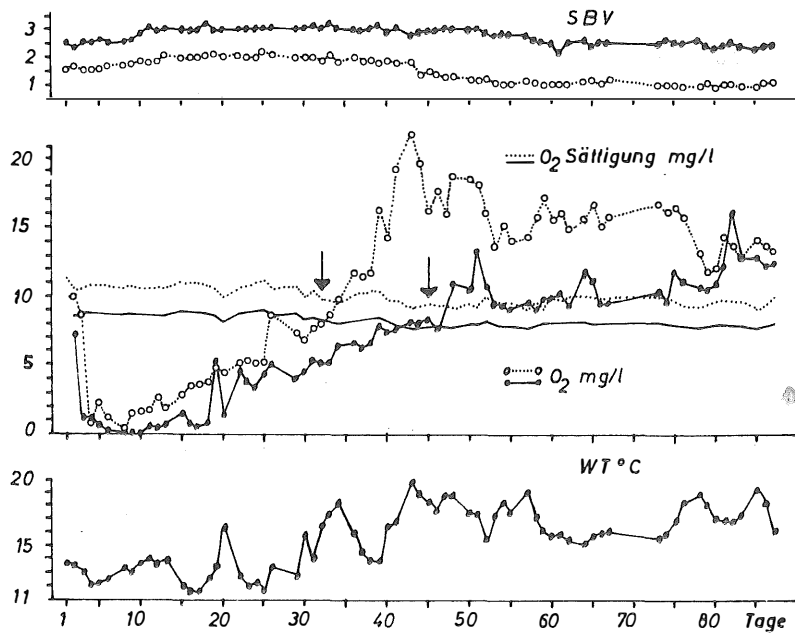


Abb. 5

Tafel 3 (zu H. Kühl und H. Mann)

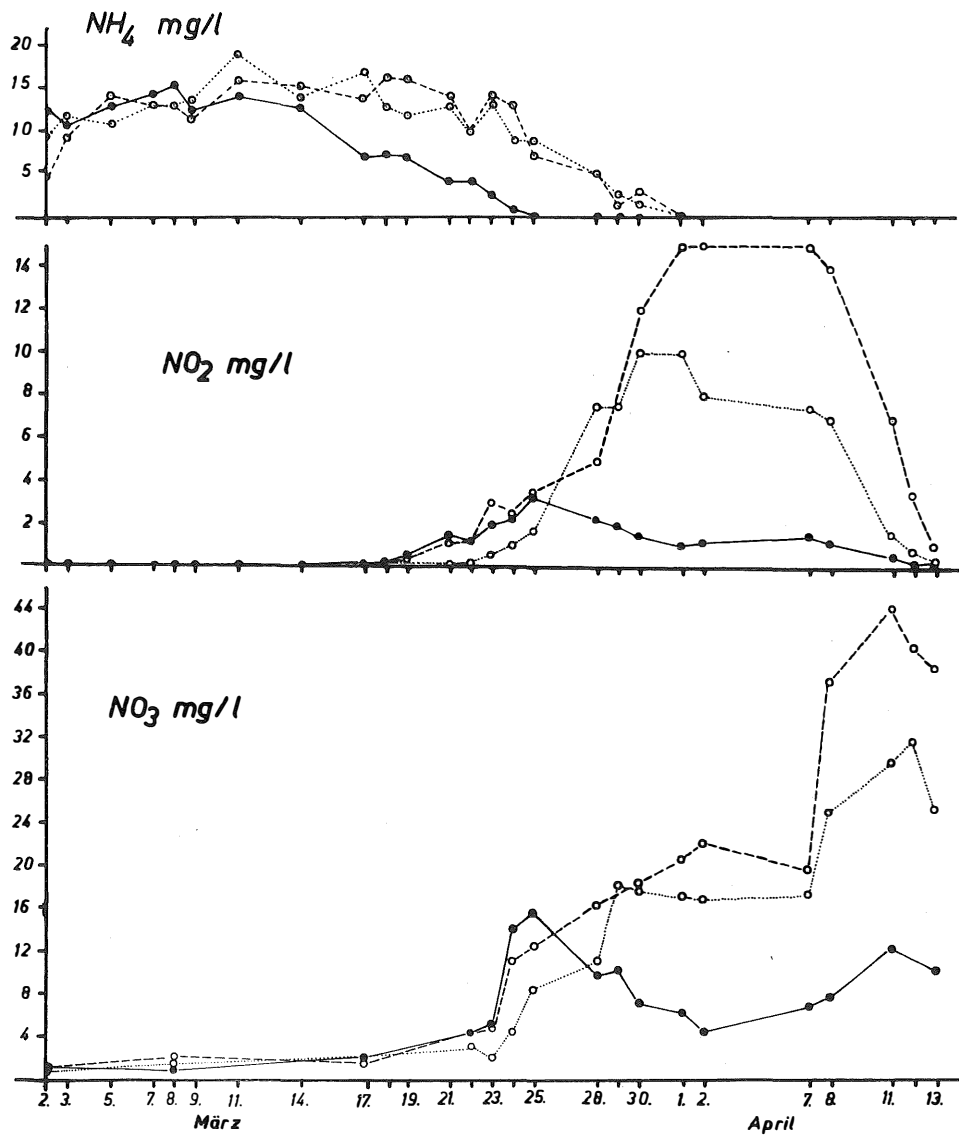


Abb. 6

Tafel 4 (zu H. Kühl und H. Mann)

Der Sauerstoffgehalt ging in undurchlüfteten Aquarien sehr schnell auf geringe Werte herunter und stieg allmählich mit der Aufarbeitung der organischen Substanz wieder an. Bei Sauerstoffzufuhr durch Belüftung oder Filterung war die Abnahme auch vorhanden, ging aber schneller zurück. Während der Nitratbildung, gelegentlich auch schon bei der Nitritbildung, war des öfteren eine nochmalige Abnahme im Sauerstoffgehalt festzustellen, die offenbar auf Oxydationsvorgängen beruhte, da während dieser Zeit die biologischen Zehrungsvorgänge (nachgewiesen an 24-stündigen Sauerstoffzehrungsproben) gleichbleibend waren. In der ersten Zeit gingen auch die pH-Werte etwas zurück, was offensichtlich mit dem Kohlehydratabbau im Zusammenhang steht. Umgekehrt stieg das Säurebindungsvermögen (SBV) anfangs in charakteristischer Weise an, um danach wieder abzusinken.

Waren keine Verbraucher der Stickstoffverbindungen in den Aquarien vorhanden, so kam es am Ende der Mineralisation zu einer Nitrit- bzw. Nitratanreicherung, wie wir des öfteren auch in Schauaquarien feststellen konnten. Vergleicht man jetzt den Stickstoffumsatz unter gleichen Bedingungen in Süß- und Seewasseraquarien, so läßt sich feststellen, daß die Prozesse wie oben geschildert, im Prinzip gleichartig verlaufen (KÜHL u. MANN 1961). Ein Unterschied zwischen Süß- und Seewasseraquarien besteht allerdings darin, daß im Süßwasser die Ammonifikation schneller verläuft, die Nitrit- und Nitratbildung früher einsetzt und die Nitrifikation eher beendet ist. Die Nitrit- und Nitratmengen sind im Seewasser erheblich höher, obwohl die Nitrifikation zögernder verläuft. Die Sauerstoffkurven ähneln sich in ihrem Verlauf. Bei einer Algenbildung tritt ein schnellerer Anstieg ein (Abb. 4 u. 5).

Nachdem in Süß- und Seewasser sich ein deutlicher Unterschied in dem Ablauf des Stickstoffabbaus gezeigt hatte, war es von Interesse, diese Verhältnisse in Brackwasser mit verschiedenem Salzgehalt zu verfolgen. Wir untersuchten Aquarienwässer mit folgendem Salzgehalt: 0,6‰, 15,9‰ und 29‰. Wie erwartet, lagen die Werte für den Gehalt an Ammonium, Nitrit und Nitrat verschieden hoch. Das Wasser mit dem stärksten Salzgehalt wies auch die höchsten Werte auf (Abb. 6).

Bei unseren Untersuchungen im Süßwasser konnten wir feststellen, daß die Bildung des Nitrats weitgehend vom Kalkgehalt abhängt, so wäre es verständlich, daß die Menge des Nitrats im kalkreichen Seewasser besonders hoch ist. Die Gründe, warum der Stoffumsatz im Süßwasser schneller vor sich geht, können verschiedener Natur sein, da nach ZO BELL (1946) noch keineswegs genügend bekannt ist, wie der bakterielle Abbau im Seewasser vor sich geht. Einmal ist es möglich, daß die Zahl der Keime im Süßwasser erheblich höher ist als im Seewasser, ferner ist daran zu denken, daß dementsprechend die gelösten Abbaustoffe im Süßwasser schneller in den Bakterienleibern gebunden und damit von uns nicht mehr chemisch erfaßt werden (ZO BELL 1946). Schließlich hat HOFFMANN (1956) darauf hingewiesen, daß durch den Salzgehalt des Seewassers auch an eine Hemmung der fermentativen autolytischen Prozesse zu denken ist. Beim Betrachten unserer zahlreichen Kurven hat sich herausgestellt, daß immer wieder Stickstoffverluste zu verzeichnen waren. Es lag daher nahe, eine Stickstoffbilanz aufzustellen. Bei der Diskussion dieses Vorhabens mußten wir aber immer wieder feststellen, daß das nur sehr unvollkommen möglich ist, da die Möglichkeiten für Stickstoffverluste sehr zahlreich sind, ganz abgesehen davon, daß das System nicht geschlossen ist.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 4)

Abb. 6: Abbau organischer Substanz ohne Durchlüftung bei verschiedenem Salzgehalt

● — ● 0,6‰, ○ ○ 15,9‰, ○ — — ○ 29,0‰.

Literaturverzeichnis

BOTAN, E. A., MILLER, J. J. and H. KLEEREKOOPER, 1960: A study of the microbiological decomposition of nitrogenous matter in fresh water. *Arch. f. Hydrobiol.* **56**, 334—354. — COOPER, L. H. N., 1937/38: The nitrogen cycle in the sea. *Journ. Mar. Biol. Assoc.* **22**, 183—204. — HOFFMANN, C., 1956: Untersuchungen über die Remineralisation des Phosphors im Plankton. *Kieler Meeresforschungen* **XII**, 25—36. — KRAMER, K. u. MEURER, G.: Die Bedeutung der Nitrate für die Sektierhaltung. Sonderdruck. — KÜHL, H. u. MANN, H., 1952a: Rhythmische Veränderungen im Chemismus von Aquarienwässern. *Z. f. Fischerei* **1**. N. F., 7—27. — KÜHL, H. u. MANN, H., 1952b: Über die periodischen Änderungen im Chemismus von Seewasseraquarien. *Verhdl. d. Deutschen Zoolog. Gesell. Wilhelmshaven*, 1952, 378—385. — KÜHL, H. u. MANN, H., 1955: Über unperiodische Veränderungen im Chemismus von Süßwasseraquarien. *Z. f. Fischerei* **4**. N. F., 223—234. — KÜHL, H. u. MANN, H., 1956: Unperiodische Veränderungen im Stoffhaushalt von Seewasseraquarien. *Hydrobiologia* **VIII**, 66—78. — KÜHL, H. u. MANN, H., 1961: Vergleich des Stickstoffabbaus in See- und Süßwasseraquarien. *Vie et Milieu* **XI**, 532—545. — ZO BELL, C. G., 1946: *Marine Microbiology*. Waltham Mass.