



HAL
open science

VERGLEICH DES STICKSTOFFABBAUS IN SEE - UND SÜSSWASSERAQUARIEN

H Kuhl, H Mann

► **To cite this version:**

H Kuhl, H Mann. VERGLEICH DES STICKSTOFFABBAUS IN SEE - UND SÜSSWASSER-
AQUARIEN. Vie et Milieu , 1960, pp.532-545. hal-02890238

HAL Id: hal-02890238

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02890238v1>

Submitted on 6 Jul 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

VERGLEICH DES STICKSTOFFABBAUS IN SEE — UND SÜSSWASSERAQUARIEN (1)

von Dr. H. KÜHL und Dr. H. MANN (2)

1. FRAGESTELLUNG

Im Gesamtkreislauf der Gewässer spielt der Stickstoff eine wesentliche Rolle. Vergleicht man seinen Kreislauf mit dem der übrigen Mineralstoffe, so zeigt sich, dass er sehr viel verwickelter ist, da der stickstoff in verschiedenen, ineinander überführbaren Verbindungen im Wasser auftreten kann. An den Umwandlungsprozessen der Stickstoffverbindungen nehmen Bodentiere und Mikroorganismen, Pilze und Bakterien teil, gleichzeitig gehen chemische Umsetzungen parallel dazu vor sich. Bei diesem Nach-oder Nebeneinander der verschiedenen Prozesse kommt es zu einer restlosen Zersetzung der organischen stickstoffhaltigen Substanz, wobei als Endprodukt neben Kohlensäure und Wasser Ammoniak entsteht. Damit ist aber die Mineralisation der organischen stickstoffhaltigen Substanz nicht beendet, sondern das Ammoniak wird nitrifiziert, wobei als erste Stufe das Nitrit (NO_2) entsteht, das dann in einer weiteren Stufe zu Nitrat (NO_3) oxydiert wird.

Diese Vorgänge der Nitrifikation des Ammoniak können in der angegebenen Richtung verlaufen, aber ebenso als Prozess der Denitrifikation in umgekehrtem Sinne sich abspielen. Hierbei treten dann wieder Nitrit und Ammoniak auf. Eine Denitrifikation zum elementaren Stickstoff scheint im Wasser hingegen im Gegensatz zu den gleichen Vorgängen im Boden nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. (MANSHARD) Nach WEKSMANN soll auch elementarer Stickstoff in Seewasser, und nach KLEIN und STEUER auch im Süßwasser auf bakteriellem Wege gebunden werden.

(1) Reçu le 14 décembre 1959.

(2) Herrn Prof. LUNDBECK zum 60. Geburtstag gewidmet.

Insgesamt zeigt dies, von welcher komplexer Natur der Kreislauf des Stickstoffs in natürlichen Gewässern ist. Aus diesem Grunde versuchten wir, unter bekannten Bedingungen die Nitrifikation in Modellversuchen zu untersuchen. Zunächst machten wir diese Versuche in Süßwasseraquarien (KÜHL und MANN, 1955), dann gingen wir zu Seewasseraquarien (KÜHL und MANN, 1956) über. Dabei konnten wir mehrfach feststellen, dass der Ablauf der Nitrifikationsprozesse grundsätzlich in gleicher Weise verlief, dass aber sowohl der zeitliche Ablauf, wie auch die Mengerverteilung der einzelnen Oxydationsstufen in den beiden Wasserarten unterschiedlich waren. Da diese Versuche anfänglich nicht gleichzeitig, sondern zu verschiedenen Jahreszeiten und bei verschiedenen Wassertemperaturen durchgeführt waren, war es möglich, dass es sich bei den Unterschieden nur um Zufälligkeiten handelte. Da diese Frage für eine Untersuchung wichtig genug erschien, stellten wir noch einmal Abbauversuche unter gleichen Bedingungen in Süß- und Seewasseraquarien an.

2. METHODIK

Die Versuche wurden in Vollglasaquarien (8 l Wasser) durchgeführt. Wir benutzten entweder Süßwasser mit einem Kalkgehalt von 45 mg/l CaO oder Seewasser mit einem Kalkgehalt von etwa 400 mg/l CaO und einem Salzgehalt von 32 ‰. Die Aquarien waren nicht bepflanzt, ohne Fische und enthielten keinen Bodengrund. Um den Einfluss des Sauerstoffgehaltes zu untersuchen, wurde eine Serie der Versuche durchlüftet, während die andere keine Durchlüftung erhielt. Bodengrund, Pflanzen und Tiere wurden von vornherein ausgeschaltet, um auf diese Weise ganz einfache und übersichtliche Verhältnisse zu schaffen, da diese Komponenten einen wesentlichen Einfluss auf den Ablauf der Prozesse ausüben, wie unsere früheren Versuche gezeigt hatten. Es lies sich allerdings nicht vermeiden, dass sich im Laufe der Zeit in den Aquarien eine Besiedlung mit Algen einstellte, die sicher die Ergebnisse beeinflusste. Wir benutzten natürliches Süß- und Seewasser, da nur so gewährleistet war, dass die natürliche Mikroflora im Wasser vorhanden war.

Alle Aquarien erhielten 5 bzw. 10 g frisches Muschelfleisch (*Mytilus edulis* L.) als Material für den Abbau.

Täglich um die gleiche Zeit (9 Uhr) wurden folgende Werte bestimmt: Wassertemperatur, pH, Säurebindungsvermögen (SBV), Sauerstoff (sofort und Zehrung nach 24 Stunden), Ammoniak, Nitrit, und Nitrat. Zur Ergänzung wurden gelegentlich der Gehalt an Phosphor und Kalk bestimmt. Die Versuche liefen in der Serie I vom 31. Januar bis 27. April, und in der Serie II vom 11. November bis zum 16. März.

3. VERSUCHSERGEBNISSE

A. — VERSUCH I

Betrachten wir zunächst den Verlauf der Nitrifikation in Aquarien mit 5 g Muschelfleisch ohne Durchlüftung (fig. 1 und 2).

Die Wassertemperaturen liegen zu Beginn der Versuche bei 12° C und steigen während der Versuchszeit auf 18° C an.

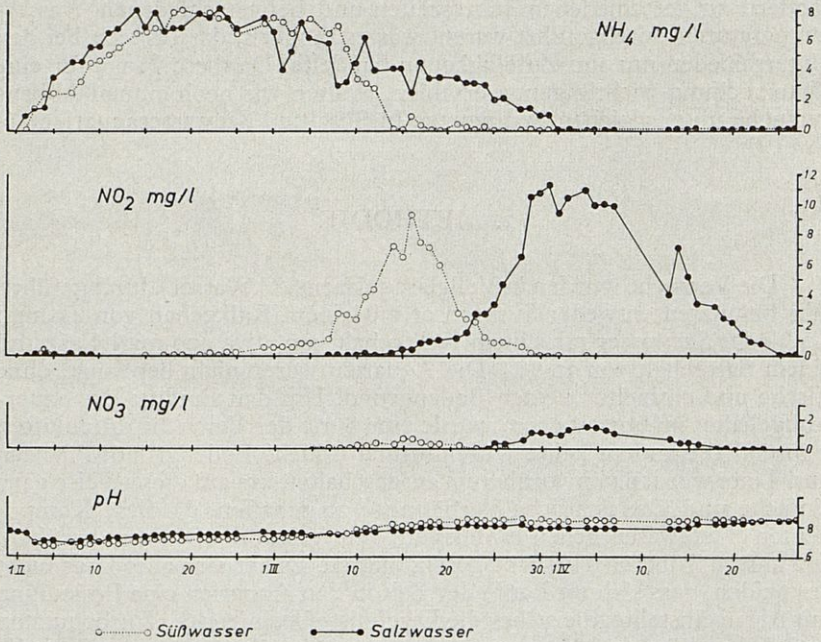


Fig. 1. — Aquarium (8 l) mit 5 g Muschelfleisch. Ohne Durchlüftung. NH₄, NO₂, NO₃, pH. Süßwasser und Seewasser.

Die Ammoniakbildung setzt in beiden Aquarien (Süß und Seewasser) sehr schnell ein und erreicht nach etwa 15 Tagen ihren Höhepunkt. Im Süßwasser verläuft sie etwas schneller als im Seewasser und ist bereits nach 42 Tagen beendet. Im Seewasser dagegen erreicht die Kurve des Ammoniakgehaltes erst nach 60 Tagen ihren Nullwert. Danach tritt zum Ende des Versuches in beiden Aquarien kein Ammoniak mehr auf.

Das erste Auftreten von Nitrit zeigt sich
im Süßwasseraquarium nach 25 Tagen,
erreicht seinen Höhepunkt nach 45 Tagen
und ist beendet nach 60 Tagen.

Im Seewasseraquarium ist die Nitritbildung verzögert. Die entsprechenden Daten sind : Beginn 45 Tage, Höhepunkt 60 Tage, Ende 85 Tage. Das heisst also, dass im Seewasser die Nitritbildung erst einsetzt,

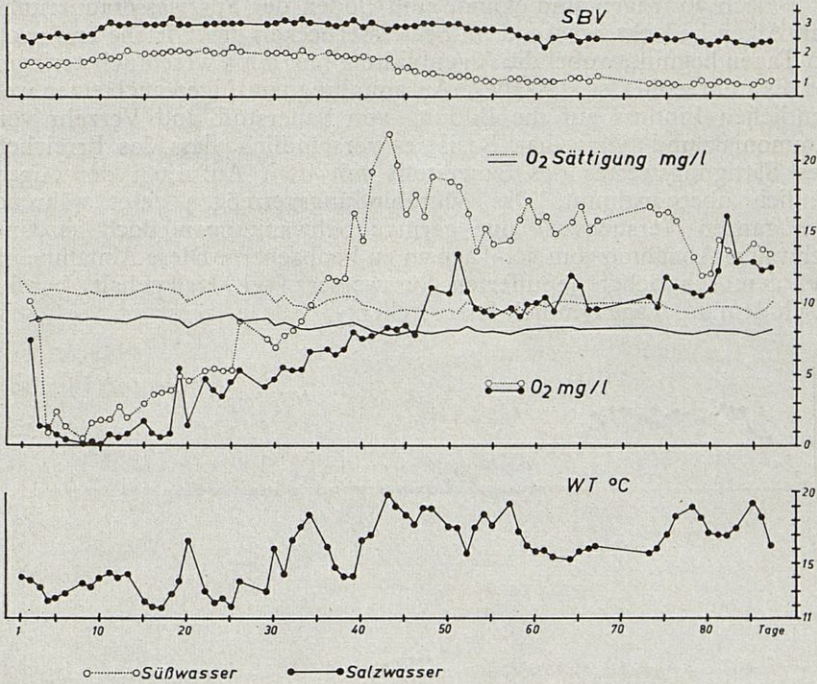


Fig. 2. — Aquarium (8 L) mit 5 g Muschelfleisch. Ohne Durchlüftung. O₂ mg/L und O₂ mg/L-Sättigung. Alkalität (SBV), Wasser temperatur (WT °C). Süßwasser und Seewasser.

wenn sie im Süßwasser schon ihren Höhepunkt erreicht hat. Eine ähnliche Verzögerung finden wir bei der Nitratbildung wieder. Auch hier ist sie im Süßwasser schon fast beendet, ehe sie im Seewasser überhaupt beginnt.

Interessant ist ein Vergleich der Mengen von Ammoniak, Nitrit und Nitrat, die in den beiden Wasserarten gebildet werden. Im Süßwasser sind die Mengen aller Verbindungen geringer als im Seewasser. Zum Verständnis des Gesamtlaufes ist es notwendig, dass wir auch

das Verhalten des Sauerstoffs in den Aquarien verfolgen. In beiden Fällen sinkt er zunächst sehr schnell auf geringe Werte ab, steigt dann langsam wieder an, wobei das Süßwasseraquarium wieder dem Seewasseraquarium vorangeht. Jenes erreicht schon nach 25 Tagen den Sättigungswert, und vom 30. Tage ab wird dieser mit hohen Werten überschritten. Das Seewasser ist erst nach 45 Tagen mit Sauerstoff gesättigt. Die Sättigungsgrenze wird erst später und in geringem Masse überschritten.

Nach 30 Tagen sind Wände und Boden des Süßwasseraquariums mit Algen bedeckt, während im Seewasserbecken das Gleiche erst nach 40 Tagen beginnt, wobei die Algenbildung hier auch wesentlich geringer ist. Es steht wohl fest, dass diese Ansammlung von Algen auch einen wesentlichen Einfluss auf die Bildung von Sauerstoff und Verzehr von Ammoniak und Nitrat hat. So ist es verständlich, dass das Erreichen des Sättigungswertes des Sauerstoffs mit dem Auftreten der Algen zeitlich übereinstimmt. Das Säurebindungsvermögen zeigt während der ganzen Versuchszeit nur geringe Schwankungen, doch ist eine schwache Abnahme vom 50. Tage an zu beobachten. Diese Abnahme ist bei dem schwächer gepufferten Süßwasser (vgl. Kalkgehalt) bereits nach dem 40. Tage deutlich festzustellen.

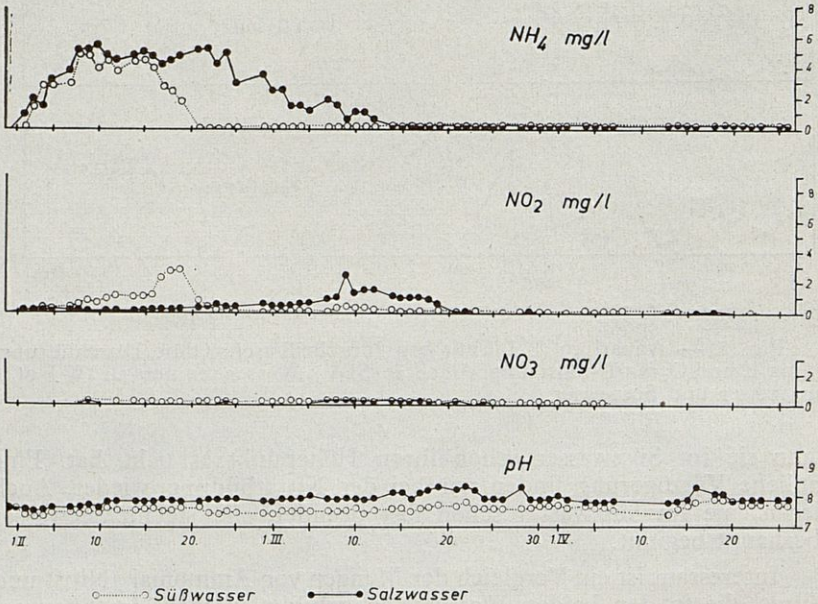


Fig. 3. — Aquarium (8 L) mit 5 g Muschelfleisch. Mit Durchlüftung. NH₄, NO₂, NO₃, pH. Süßwasser und Seewasser.

Die Verhältnisse ändern sich, wenn die Aquarien belüftet werden (Abb. 3 und 4). Es ist selbstverständlich, dass dann der Sauerstoffgehalt nur geringen Schwankungen unterworfen ist, vor allem aber, dass das Absinken auf den Nullpunkt bei Beginn der Nitrifikation fortfällt.

Ganz allgemein kann man bei diesen Versuchen sagen (fig. 3 und 4), dass sowohl Ammoniak wie Nitrit als auch Nitrat in erheblich geringeren Mengen in Erscheinung treten und die gesamte Nitrifikation

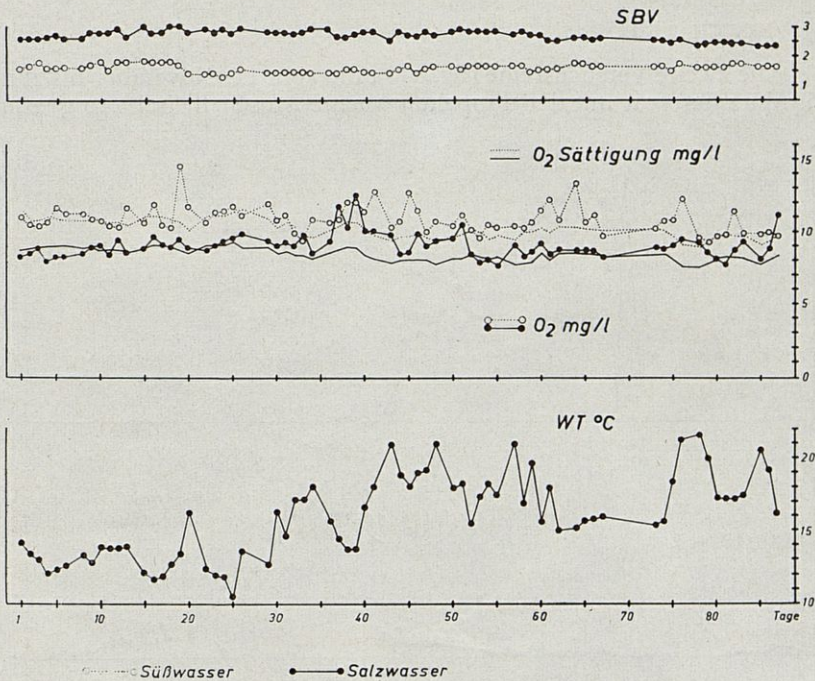


Fig. 4. — Aquarium (8 L) mit 5 g Muschelfleisch. Mit Durchlüftung. O₂ mg/L, O₂ mg/L-Sättigung. Alkalität (SBV), Wassertemperatur (WT °C). Süßwasser und Seewasser.

schneller beendet ist. Ohne Durchlüftung dauerte sie unter diesen Bedingungen insgesamt 85 Tage, mit Durchlüftung werden nur 50 Tage benötigt. Für die Ammoniakbildung gilt das Gleiche, was schon bei den unbelüfteten Aquarien hervorgehoben wurde, nämlich, dass das Ammoniak im Süßwasser schneller verschwindet als im Seewasser. Auch die Nitribildung ist im Süßwasser schneller abgeschlossen. Die Nitrate waren nur in Spuren nachzuweisen. Das Absinken des Säurebin-

dungsvermögens im Süßwasseraquarium tritt bei Belüftung nicht so deutlich hervor, wie es im unbelüfteten Aquarium der Fall war. Es treten in beiden belüfteten Aquarien nach 30 Tagen Algen auf. Zum gleichen Zeitpunkt hatten wir ihr Auftreten auch im unbelüfteten Süßwasseraquarium beobachtet, während sie im unbelüfteten Seewasseraquarium erst 8 Tage später in Erscheinung traten. Schwer festzustellen ist es, welche Mengen an Nitrat von den Algen verbraucht werden, da das Nitrat in Erscheinung tritt, wenn die Algenbildung schon stark vorgeschritten ist.

B) VERSUCH 2.

Die zweite Versuchsreihe (fig. 5-8), die vom 11. November bis zum 16. März lief, war mit der doppelten Menge Muschelfleisch (10 g) zum

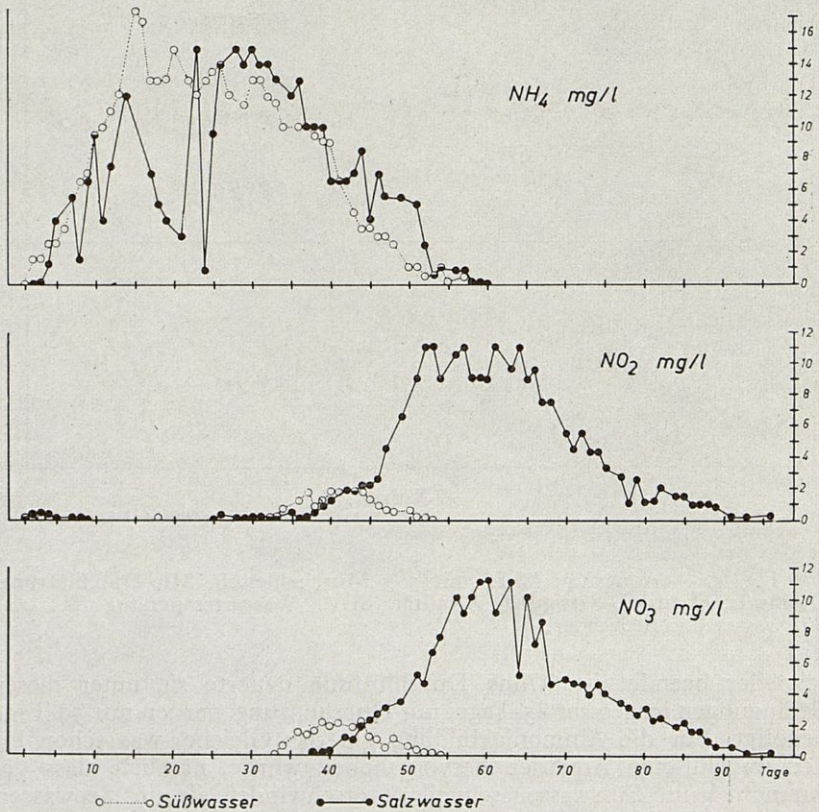


Fig. 5. — Aquarium (8 L) mit 10 g Muschelfleisch. Ohne Durchlüftung. NH₄, NO₂, NO₃, pH. Süßwasser und Seewasser.

Abbau beschickt. Die Wassertemperaturen stiegen von 13° C auf 18° C bei Beendigung des Versuchs an. Im Prinzip verlaufen die Abbauprozesse in beiden Wasserarten genau so wie oben bereits geschildert. Es tritt wieder zunächst Ammoniak in grossen Mengen auf, das durch Nitrit abgelöst wird. Nach dem Nitrit erscheint dann auch Nitrat in unterschiedlichen Mengen.

Bemerkenswert ist, dass jetzt durch die doppelte Menge an abbaufähiger Substanz (10 g gegenüber 5 g) die Unterschiede zwischen Süsswasser und Seewasseraquarien, besonders bei Nitrit und Nitrat, noch deutlicher als in der ersten Versuchsreihe zum Ausdruck kommen.

In den unbelüfteten Aquarien werde Mengen bis zu 17 mg/l gebildet, das entspricht der doppelten Menge des ersten Versuchs. Die Ammoniakkurven für beide Aquarien steigen zunächst gleichartig an. Nach Erreichen des Höhepunktes nimmt aber der Ammoniakgehalt im Süsswasser etwas schneller ab, wenn auch nicht so stark wie im Versuch 1.

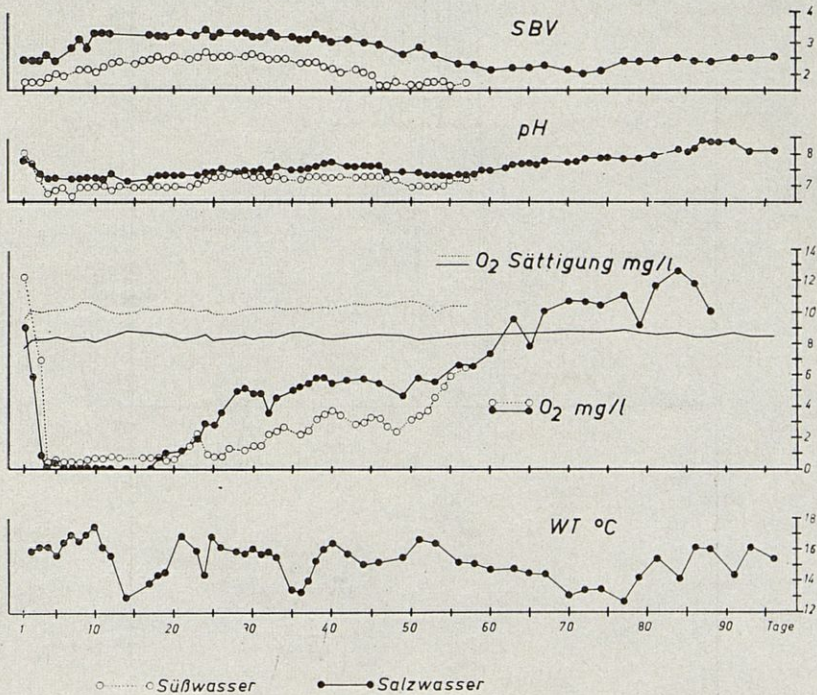


Fig. 6. — Aquarium (8 L) mit 10 g Muschelfleisch. Ohne Durchlüftung. O₂ mg/L, O₂ mg/L-Sättigung, Alkalität (SBV), Wassertemperatur (WT °C). Süsswasser und Seewasser.

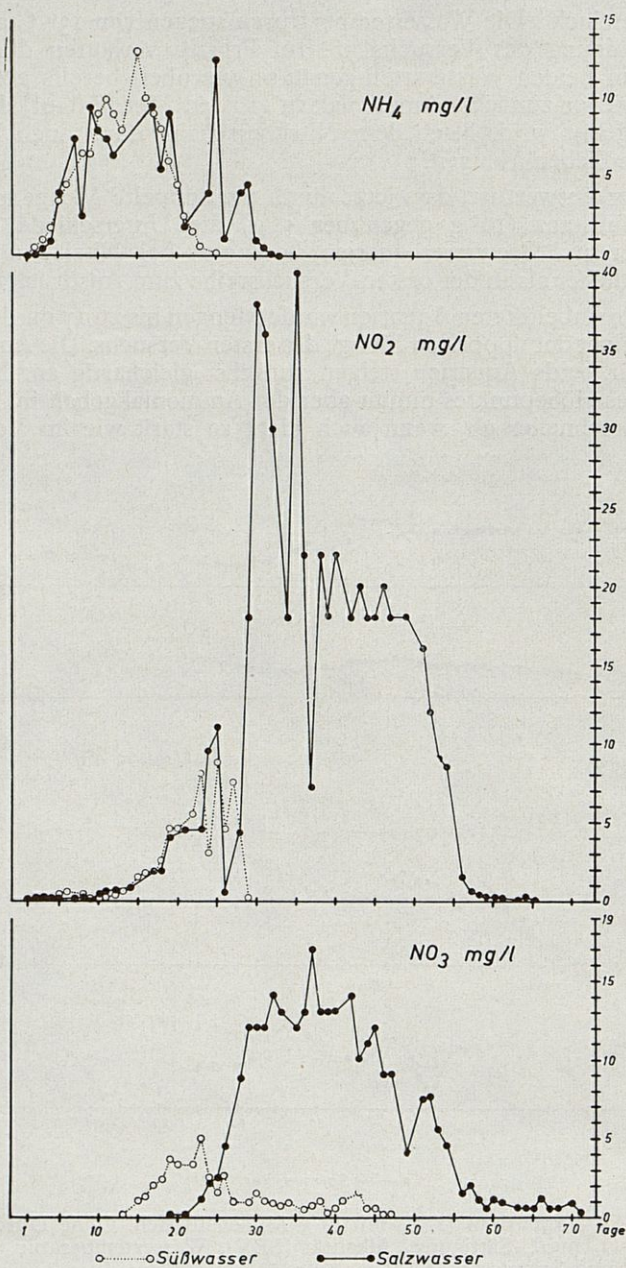


Fig. 7. — Aquarium (8 L) mit 10 g Muschelfleisch. Mit Durchlüftung. NH₄, NO₂, NO₃. Süßwasser und Seewasser.

Auffällig hoch ist auch die Nitritbildung im Seewasseraquarium, die bis zu 12 mg/l ansteigt und sich über 50 Tage erstreckt. Im Süßwasser dagegen werden nur Mengen bis zu 2 mg/l gebildet. Der Zeitraum beträgt nur 15 Tage. Ähnlich sind auch die Verhältnisse beim Nitrat.

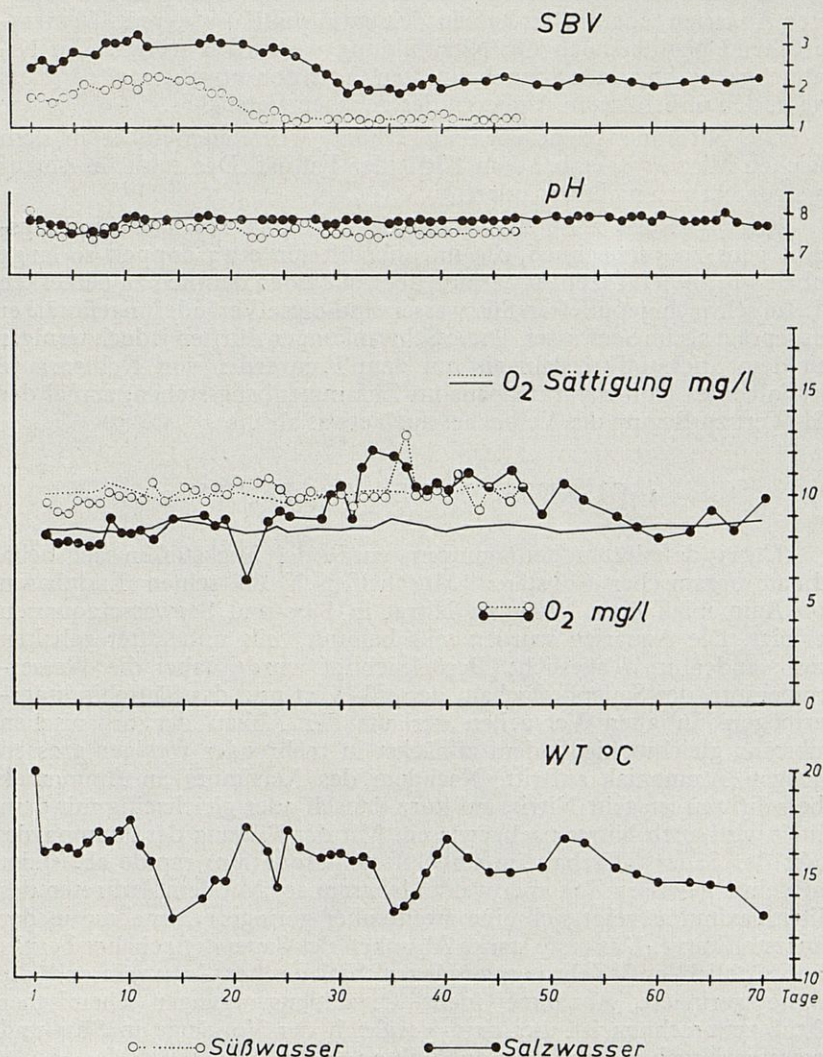


Fig. 8. — Aquarium (8 L) mit 10 g Muschelfleisch. Mit Durchlüftung O₃ mg/L, O₂ mg/L-Sättigung. Alkalität (SBV), pH, Wassertemperatur (WT °C). Süßwasser und Seewasser.

Durch die grössere Menge der abzubauenen Substanz wird auch mehr Sauerstoff verbraucht, was sich deutlich in der Kurve des Sauerstoffgehaltes bemerkbar macht, wie ein Vergleich der fig. 2 und 6 zeigt.

Vergleicht man jetzt die belüfteten Aquarien dieses Versuches mit den unbelüfteten, so zeigt sich, dass die Ammoniakbildung in den belüfteten Aquarien schon in der halben Zeit zum Abschluss kommt. Dementsprechend beginnt auch die Nitritbildung wesentlich früher. Die Nitritmenge ist hier in beiden belüfteten Aquarien etwa 4 mal so gross wie in den unbelüfteten Aquarien des gleichen Versuches.

Die Nitratmenge ist ebenfalls erhöht, wenn auch nicht in dem gleichen Masse wie es bei dem Nitrit der Fall ist. Der zeitliche Ablauf dagegen hat sich nicht verändert.

Beim Versuch 2 ist eine deutliche Zunahme des Säurebindungsvermögens zu verzeichnen, die im unbelüfteten etwa doppelt so lange anhält wie im belüfteten Aquarium, aber in beiden deutlich zu bemerken ist. Im schwach gepufferten Süsswasser sind diese Veränderungen stärker ausgeprägt als im Seewasser. Diese Schwankungen dürften jedoch weniger mit dem Stickstoffkreislauf als mit dem Freiwerden von Kohlensäure als Folge des Kohlehydratabbaus im Zusammenhang stehen, zumal der pH-Wert zu Beginn des Versuches auch etwas absinkt.

4. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Unter definierten Bedingungen wurde der Stickstoffumsatz beim Abbau organischer Substanz (Muschelfleisch) in seinen Endphasen von Ammoniak über Nitrit zu Nitrat in Süss- und Seewasseraquarien verfolgt. Die Aquarien wurden teils belüftet, teils unbelüftet gehalten und standen im Tageslicht. Berücksichtigt wurde dabei die Wassertemperatur, der Sauerstoffgehalt, der pH-Wert und das Säurebindungsvermögen. In allen Versuchen verläuft der Abbau der organischen Substanz gleichwertig, indem zunächst in mehr oder weniger grossen Mengen Ammoniak auftritt. Nachdem das Maximum an Ammoniak überschritten ist, tritt Nitrit, auf kurz danach oder gleichzeitig mit dem Nitrit wird auch Nitrat nachgewiesen. Mit der Bildung des Ammoniaks sinkt der Sauerstoffgehalt im unbelüfteten Aquarium rapide ab, steigt nach einer gewissen Zeit aber wieder langsam an. Mit dem Auftreten des Nitritmaximums zeigt sich eine zweite aber geringere Abnahme in der Sauerstoffkurve. Das erste starke Absinken des Sauerstoffgehaltes beruht hauptsächlich auf Zehrungsvorgängen biologischer Art, während die zweite geringere Abnahme mehr Oxydationsvorgängen chemischer Natur zuzurechnen ist. Bei dem Vergleich der Vorgänge in Süss- und Seewasser ergaben sich folgende Punkte :

1) Die Menge des gebildeten Ammoniums ist im Süss- und Seewasseraquarium etwa gleich gross.

2) Die Ammonifikation verläuft aber im Süsswasser schneller als im Seewasser.

3) Ebenso setzt die Nitrit- und Nitratbildung im Süsswasser früher ein als im Seewasser, dementsprechend ist auch die Nitrifikation schneller beendet.

4) Entsprechend diesen Verhältnissen geht das Wiederansteigen des Sauerstoffes im Süsswasser schneller vor sich als im Seewasser.

5) Bemerkenswert sind die erheblich grösseren Mengen an gebildetem Nitrit und Nitrat im Seewasser, obwohl die Nitrifikation im Seewasser zögernder verläuft.

6) Das Säurebindungsvermögen wird bei Beginn der Abbauprozesse, besonders bei einer grösseren Menge abbaufähiger Substanz, merklich erhöht, um später wieder den alten Wert zu erreichen. Auch dieser Vorgang geht im Süsswasser schneller vor sich als im Seewasser. Parallel dazu treten Schwankungen im pH-Wert auf.

Aus Abwasseruntersuchungen weiss man, dass z.B. die Aufarbeitung organischer Verschmutzungen im Seewasser doppelt so lange dauert wie im Süsswasser.

Unsere Versuche stimmen gut mit dieser Beobachtung überein. Bei früheren Untersuchungen konnten wir feststellen, dass der Ablauf des Stickstoffumsatzes in Süsswasser sehr stark vom Kalkgehalt abhängig ist, denn die Menge des gebildeten Nitrates, also des Endproduktes im Abbauprozess, stieg mit zunehmendem Kalkgehalt an. Übertragen wir dies auf unsere Versuchsanordnung in Süss- und Seewasser, so wäre es verständlich, dass die im Seewasser gebildete Nitratmenge grösser ist, da das Seewasser ja wesentlich kalkreicher ist als das Süsswasser. Damit sei aber nicht gesagt, dass wir den bakteriologischen Ablauf im Süsswasser dem im Seewasser gleich setzen wollen, denn es ist noch nicht ausreichend bekannt, wie der bakterielle Abbau im einzelnen im Seewasser überhaupt vor sich geht (ZO BELL). Wenn wir nach weiteren Ursachen des langsamen Abbaues im Seewasser suchen, so sei auch an die Möglichkeit gedacht, dass im Süsswasser die Menge der Keime höher ist und daher auch der Abbau schneller vor sich geht als im Seewasser, ganz abgesehen davon, dass auch die artenmässige Zusammensetzung sicher eine andere sein könnte. Aus dem gleichen Grunde ist es auch denkbar, dass ein grosser Teil der gebildeten Abbaustoffe im Süsswasser sofort in grösseren Mengen in den Zelleibern der Bakterien deponiert wird, sodass diese Stoffe z.B. Nitrit und Nitrat, in geringerer Masse in Wasser gelöst sind und von unseren chemischen Bestimmungsmethoden nicht erfasst werden (ZO BELL). Schliesslich sei auch darauf hingewiesen, dass möglicherweise durch den Salzgehalt des Seewassers eine Hemmung fermentativer autolytischer Vorgänge, die neben dem bakteriellen Umsetzungen ablaufen können, auftritt, wie es HOFFMANN für den Phosphorkreislauf im Seewasser angibt.

RÉSUMÉ

Nous avons étudié le circuit de l'azote dans ses derniers stades : ammoniac, nitrite, nitrate lors de la dégradation de substance organique (muscles de Lamellibranches) dans des aquariums d'eau douce et d'eau de mer, sous des conditions bien définies. Les aquariums, exposés à la lumière du jour, étaient tantôt aérés, tantôt non aérés. Il a été tenu compte de la température de l'eau, de la teneur en oxygène, du pH et du pouvoir de liaison des acides. La dégradation de la substance organique se passe de la même façon dans toutes les expériences. Une quantité plus ou moins importante d'ammoniac est d'abord libérée. Quand la quantité d'ammoniac a dépassé le maximum, on constate la présence de nitrite, et peu de temps après, ou simultanément, celle du nitrate.

Dans les aquariums non aérés, la teneur en oxygène baisse rapidement lors de la formation de l'ammoniac; cependant, après un certain temps, elle augmente de nouveau. Au moment où la quantité de nitrite a atteint son maximum, on enregistre une deuxième baisse de l'oxygène, plus faible.

La première baisse est due principalement à des processus biologiques de consommation, alors que la deuxième est plutôt causée par des processus chimiques d'oxydation.

L'étude comparative de ces processus dans l'eau douce et dans l'eau de mer a donné les résultats suivants :

1° La quantité d'ammoniac formée dans l'eau douce et dans l'eau de mer est sensiblement égale.

2° La formation de l'ammoniac est plus rapide dans l'eau douce que dans l'eau de mer.

3° La formation de nitrites et de nitrates commence plus tôt dans l'eau douce que dans l'eau de mer, la nitrification se termine plus vite dans l'eau douce.

4° Par conséquent, l'augmentation en teneur d'oxygène est accélérée dans l'eau douce.

5° Il est à remarquer, que la quantité de nitrite et de nitrate formée dans l'eau douce dépasse toujours celles formée dans l'eau de mer, bien que le processus de nitrification soit plus lent dans cette dernière.

6° Le pouvoir de liaison des acides est sensiblement augmenté au début du processus de dégradation, en particulier si la substance décomposable est assez importante. Plus tard, le pouvoir de liaison retombe à sa valeur initiale. Ce processus se passe également d'une manière plus rapide en eau douce que dans l'eau de mer. Parallèlement à ce processus, on enregistre des changements de valeurs du pH.

Les analyses d'eaux polluées montrent que la purification par la décomposition des matières organiques est à peu près deux fois plus rapide dans l'eau douce que dans l'eau de mer.

Nos expériences s'accordent très bien avec ces observations. Des expériences plus anciennes ont démontré que le processus du circuit de l'azote dans l'eau douce dépend en large mesure de la teneur en calcium. En effet, la quantité de nitrate formée (dernier produit du processus de la dégradation) augmente au fur et à mesure que la teneur en calcium est plus grande. Ceci pourrait donner une explication au fait que la quantité de nitrate formée dans l'eau de mer est plus grande, puisque cette eau est bien plus riche en calcium que l'eau douce. Nous ne prétendons nullement que le processus bactériologique soit le même dans l'eau douce et dans l'eau de mer. On est encore loin de connaître les détails de la décomposition bactériologique dans l'eau de mer (ZO BELL).

Si nous cherchons d'autres raisons pour la décomposition plus lente dans l'eau de mer, il faudrait tenir compte de la quantité plus élevée de bactéries dans l'eau douce qui accélèrent le processus de décomposition. La population de bactéries n'est certainement pas composée des mêmes espèces. Il est donc possible, que dans l'eau douce des quantités plus importantes de produits de dégradation soient déposées dans les bactéries; la quantité des nitrites et nitrates dissous dans l'eau est plus faible, les substances déposées dans les bactéries ne peuvent pas être détectées par nos méthodes chimiques (ZO BELL).

Il n'est, par ailleurs, pas tout à fait exclu que les processus autolytiques de fermentation qui ont lieu à côté des processus bactériologiques soient freinés par la salinité de l'eau de mer. HOFFMANN a mis en évidence ce ralentissement pour le circuit du phosphore dans l'eau de mer.

LITERATUR

- v. BRANDT, RAKESTRAW (Th.-X) and RÉMI (Ch.-E.). — The experimental decomposition and regeneration of inbrogenous organic matter in the sea. *Biol. Bull.* 72, 165-175 (1937).
- HOFFMANN (C.). — Untersuchungen über die Remineralisation des Phosphors im Plankton. *Kieler Meeresforschungen*, XII, 25-36, 1956.
- KÜHL (H.) u. MANN (H.). — Über unperiodische Veränderungen im Chemismus von Süßwasseraquarien. *Zeitschrift f. Fischerei*, N.F. 4, 223-24, 1955.
- KÜHL (H.) u. MANN (H.). — Unperiodische Veränderungen im Stoffhaushalt von Seewasseraquarien. *Hydrobiologia*, VIII, 66-78, 1956.
- KÜHL (H.) u. MANN (H.). — Modellversuche zum Stickstoffhaushalt in Aquarien. *Arch. Hydrobiol.*, Suppl. 22, 409-414, 1955.
- MANSHARD (E.). — Herkunft und Vorkommen von gebundenem Stickstoff in Boden und Gewässern (Assimilierbarkeit) *Handbuch d. Pflanzenphysiologie*, Bd. 8, 119-149, 1958.
- WAKSMAN (S.-A.), HOTCHKISS (M.) and CARLY (C.). — Marine bacteria and their role in the cycle of life in sea. *Biol. Bull.*, LXV, 137-167, 1933.
- ZO BELL (C.-E.). — Marine Microbiology. *Waltham Mass.*, 1946 (hier weitere Literaturangaben).