

Beitrag zur praktischen Gewässerüberwachung auf
Schwermetalle (Hg) mittels Algen (Scenedesmus quadricauda)
und der C-14-Methode

A. FRANTZ, W. RODINGER, J. SAS-HUBICKI

Vorwort

Der negative Einfluß von Schwermetallverbindungen vor allem aus industriellen Abwässern auf das Ökosystem Wasser hat während der letzten Jahre ständig zugenommen. Schwermetalle bilden für alle Organismen Risikofaktoren, sobald sie über das Medium Wasser in die Nahrungskette gelangen. Am Anfang dieser Nahrungskette stehen u. a. Algen. Auf Grund der autotrophen Ernährungsweise der Anfangsglieder, der Produzenten, erfolgt die primäre Aufnahme direkt aus dem Wasser. Die anfangs zumeist äußerst geringen Mengen an chemischen Substanzen werden mit der Nährstoffaufnahme in die Zellen der Produzenten inkorporiert und beeinflussen dort je nach Konzentration mehr oder weniger stark die Auf- und Abbaufunktionen der Organismen, wobei aber deren Lebensfunktionen weiter aufrecht erhalten bleiben. Bedingt durch den relativ großen Bedarf an pflanzlichem Material wird der Kreislauf fortgesetzt, die Primärkonsumenten reichern mit der Nahrungsaufnahme Schwermetalle in den eigenen Körperorganen weiter an. In den Endgliedern dieses Nahrungs-Transport-Zyklus können schließlich infolge der kontinuierlichen Anreicherung naturgemäß hohe Konzentrationen und somit schwerwiegende Schäden auftreten.

Zielsetzung

Die vorliegende Studie setzte es sich zum Ziel, eine Methode zu entwickeln, die es ermöglicht, rasche Aussagen über die hemmende oder

eutrophierende Wirkung von Belastungsstoffen zu machen. Hierbei boten sich insbesondere als Vertreter der autotrophen Ernährungsweise die Alge *Scenedesmus quadricauda*, als toxische Schwermetallverbindung Quecksilbernitrat und als Nachweismittel die C-14-Methode an.

Auf dieser Basis wurde die Auswirkung verschiedener Konzentrationen im allgemeinen subletaler Mengen - von Quecksilbernitrat auf die Alge *Scenedesmus quadricauda* getestet, wobei auf Expositionszeit und Lichtklima besonderes Augenmerk gerichtet wurde. Ein empfindliches Kriterium für die Anzeige einer geminderten organischen Leistungsfähigkeit stellte die jeweils verschiedene Aufnahme von C-14 in den Zellen von *Scenedesmus quadricauda* dar. Aus den Unterschieden in der Radioaktivität der verschiedenen mit Quecksilbernitrat kontaminierten Proben gegenüber den entsprechenden Leerwertproben konnte das Ausmaß des Einflusses der toxischen Schwermetallverbindung abgeschätzt werden.

Testorganismus

Wie schon eingangs erwähnt, wurde als Test-Modellorganismus die zu den Chlorophyceae zählende Alge *Scenedesmus quadricauda* herangezogen. Charakteristisch für diese Alge ist ihr weit verbreitetes Vorkommen in stehenden und fließenden Gewässern. Im Rahmen der experimentellen Tätigkeit wurde die Zucht über längere Zeiträume in Form von Chodatella-Stadien unter konstanten Temperatur-, Licht- und Nährstoffbedingungen durchgeführt. Die Kulturen wurden 14-tägig überimpft und im Kryo-Lichtthermostaten bei 22°C und ca. 3.000 lux im konstanten 12-Stunden Hell-Dunkel-Rhythmus exponiert. Für die Versuche selbst sind stets Algensuspensionen aus Kulturen der logarithmischen Wachstumsphase verwendet worden; die Bestimmung der Biomasse erfolgte mittels Chlorophyllanalyse. In den Testgefäßen betrug der Chlorophyllgehalt jeweils 24 µg/l, was einer Biomasse von etwa 8 mg/l entspricht.

Arbeitsmethode und Meßtechnik

Die Versuchsanordnung ist in der einschlägigen Literatur (1, 2, 3) bereits ausführlich behandelt worden. Innerhalb einer Testserie wurden je 100 ml destilliertes Wasser mit einer Algensuspension parallel in Hell- und Dunkelfläschchen abgefüllt, wobei der Chlorophyllgehalt in den Testgefäßen bei $24 \mu\text{g/l}$ lag. Hierauf sind Hell- und Dunkelfläschchen paarweise mit $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ versetzt worden, so daß neben den Leerwertproben (ohne $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$) Quecksilberkonzentrationen von 10^{-2}n , 10^{-4}n , 10^{-6}n und 10^{-8}n zur Verfügung standen. Anschließend wurde den Proben der C-14-Indikator in Form von radioaktiv markiertem Natriumbicarbonat (NaHCO_3) mit einer Anfangsaktivität von $3 \mu\text{Ci}$ pro Fläschchen beigemischt. In Abhängigkeit von Quecksilberkonzentration, Temperatur, Lichtbedingungen und Versuchsdauer assimilierten die Algen das $^{14}\text{CO}_2$ verschieden stark. Die assimilierte C-14-Aktivität - ein Maß für die intakte Lebensfunktion (biologische Aktivität) der Testorganismen - wurde mit einem Methandurchflußzähler FH 51 der Firma FRIESEKE & HOEPFNER quantitativ bestimmt.

Die Versuche wurden im Licht-Klimaschrank bei konstanter Temperatur von 22°C und konstanter Beleuchtungsstärke von 3.000 lux für die Hellperioden vorgenommen.

Bei der höchsten Konzentration von 10^{-2}n der $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung betrug bei einer Temperatur von 22°C der pH-Wert 4,7 die el. Leitfähigkeit EL_{20} $680 \mu\text{S}$ und der Sauerstoffgehalt $7,5 \text{ mg O}_2/\text{l}$.

Für die Versuchsdauer wählte man folgende Varianten aus, die die Auswertung kombinierter Hell- (H) und Dunkelphasen (D), d.h. aufeinanderfolgende Hell- und Dunkelassimilationen in Stunden erlaubten:

4 H	O D	4/O	8 H	16 D	8/16
8 H	O D	8/O	16 H	8 D	16/8
8 H	8 D	8/8	24 H	O D	24/O
16 H	O D	16/O			

Um die Reproduzierbarkeit der Tests zu gewährleisten, wurden einerseits Parallelansätze mit gleichen Konzentrationen und andererseits Wiederholungsmessungen mit verschiedenen langen Hell- und Dunkelperioden getätigt. Damit waren gleichzeitig die Meßergebnisse statistisch belegt. In Tabelle 1 und Abbildung 1 sind dementsprechend die Mittelwerte dieser Meßergebnisse angeführt bzw. verwendet worden.

Tabelle 1: Nettoimpulsraten der Mittelwerte der kombinierten Hell- und Dunklassimilationen bei verschiedener Normalität der $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung

Normalität der $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ - Lösung	Expositionszeit bzw. Versuchsdauer in Stunden						
	4/0	8/0	8/8	16/0	8/16	16/8	24/0
10^{-2}	$3 \cdot 10^1$	$6 \cdot 10^0$	$3 \cdot 10^1$	$4 \cdot 10^0$	$2 \cdot 10^1$	$2 \cdot 10^1$	$3 \cdot 10^2$
10^{-4}	$1 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
10^{-6}	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
10^{-8}	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
0	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$

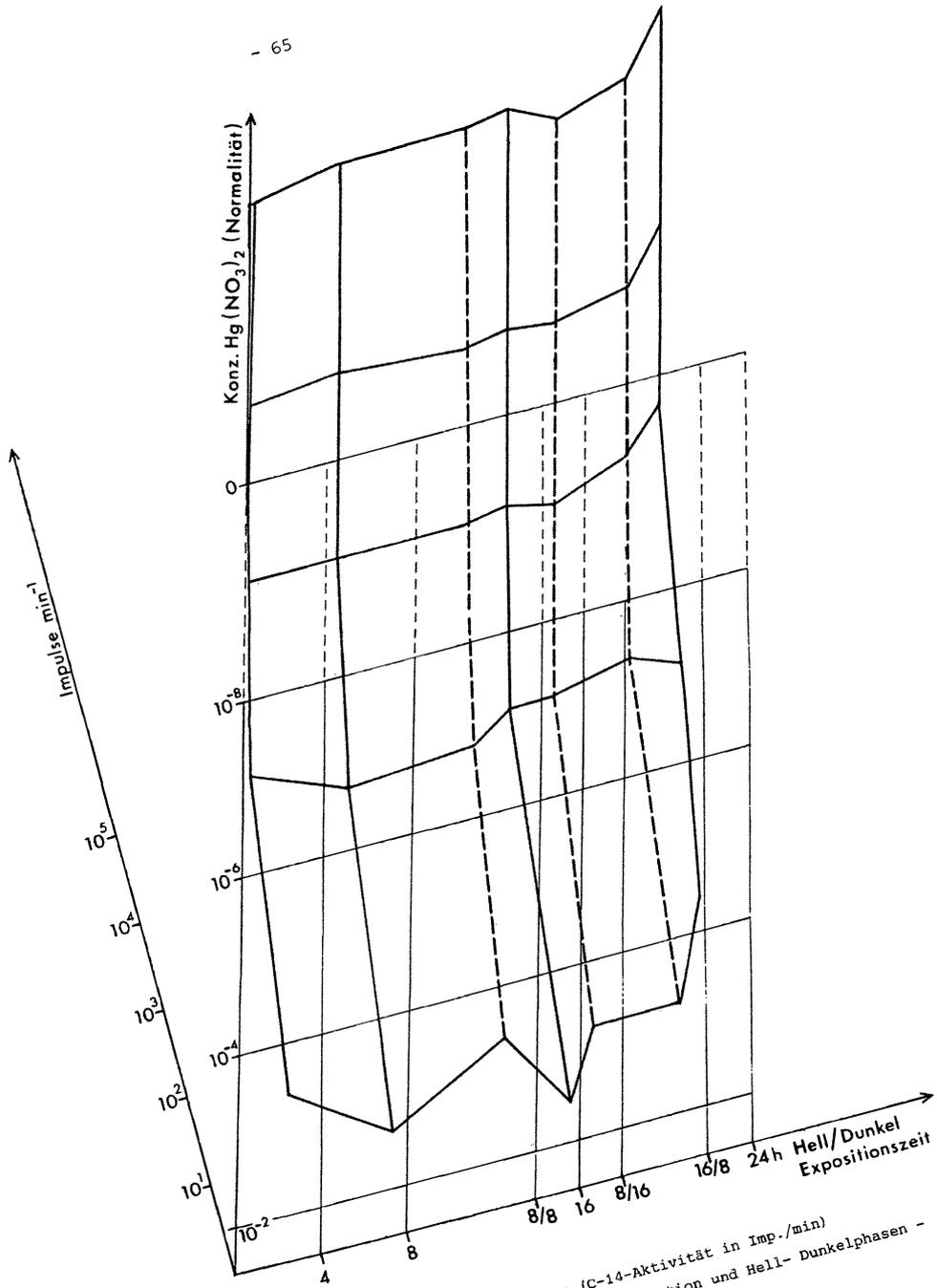


Abb.1 Verlauf der Assimilation (C-14-Aktivität in Imp./min) bei variabler Hg(NO₃)₂ - Konzentration und Hell- Dunkelphasen - kombination

Bekannterweise lassen sich biologische Vorgänge in gewissen Grenzen mathematisch beschreiben. Bei den vorliegenden Experimenten konnte an Hand eines mathematischen Hilfsmodells nachgewiesen werden, daß sich die Assimilationsvorgänge nahezu für alle verwendeten Schwermetallkonzentrationen angenähert durch eine Exponentialfunktion darstellen ließen.

In Abb. 1 ist eine dreidimensionale Gesamtübersicht über den Verlauf der Assimilation, gekennzeichnet durch die C-14 Aktivität (Imp./Min.), bei variabler $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ -Konzentration und Hell-Dunkelphasenkombination wiedergegeben.

Tabelle 2 bringt die Korrelation zwischen den Ergebnissen für die einzelnen Meßserien bei verschiedenen Kombinationen von Hell- und Dunkelphasen zum Ausdruck. Hierbei wurden die Nettoimpulsraten der Assimilationswerte auf $1 \mu\text{g}$ Chlorophyll a/l bezogen.

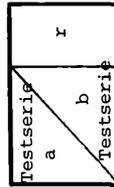
Die Autoren sind sich vollkommen aller Mängel der C-14-Methode (4) für Primärproduktionsmessungen bewußt, insbesondere der starken Abhängigkeit von auch nur geringen Änderungen in den Versuchsbedingungen, die Absolutmessungen schwierig gestalten. Deshalb wurde besonders darauf Bedacht genommen, daß bei allen Experimenten die Vorgangsweise exaktest beibehalten wurde, damit den Meßergebnissen - wenn auch nicht absolut, so doch relativ - eine gute Aussagekraft zukommt.

Ergebnisse und Diskussion

Alle Versuchsserien bestätigten, daß die hochkonzentrierte Quecksilbernitratlösung von 10^{-2} Normalität unabhängig von der vorgewählten Expositionszeit durchwegs erhebliche Beeinträchtigungen bei den Versuchsalgen hervorrief. Mit sinkender Konzentration nahm jedoch die toxische Wirkung der Schwermetallverbindung rapide und zwar angenähert exponentiell ab. Bei einer $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ -Konzentration von 10^{-4} n traten noch geringe

Tabelle 2: Korrelationskoeffizienten (r) verschiedener Kombinationen von Testserien

4/0	0,85	4/0	0,87	4/0	0,92	4/0	0,95	4/0	0,97	4/0	0,83
8/0	8/8	8/0	0,92	16/0	16/0	8/16	8/16	16/8	16/8	24/0	
8/8	8/8	16/8	16/8	8/0	8/16	8/0	0,80	8/0	0,95		
8/8	0,99	8/8	0,77	8/8	0,89	8/8	0,94	8/8			
16/0	16/0	8/16	8/16	16/0	16/8	24/0		24/0			
8/16	0,83	16/0	0,93	16/0	0,97						
16/8	0,97	8/16	0,75	24/0	24/0						
16/8	0,86	24/0									



Unterschiede in der C-14 Assimilation gegenüber der Leerprobe ohne Quecksilbersalz auf; die schwächeren Hg-Konzentrationen von 10^{-6} n und 10^{-8} n beeinflussten aber die Algen kaum mehr.

Berücksichtigt man nur die hell exponierten Leerproben, so war mit zunehmender Expositionszeit auch ein kontinuierliches Ansteigen der C-14-Aufnahme zu verzeichnen. Zusätzlich nachgeschaltete Dunkelphasen, die biochemische Prozesse bei Nacht simulieren, bewirkten naturgemäß eine Minderung der assimilatorischen Aufnahmefähigkeit von C-14 durch die Algenzellen.

Weiters war bei fortschreitender Erhöhung der Quecksilbernitratkonzentration zu erkennen, daß *Scenedesmus quadricauda* bei Expositionszeiten zwischen 8 und 16 Stunden unter Dauerbeleuchtung auf das Testmedium empfindlicher reagierte als für Belichtungszeiten von 4 und 24 Stunden. Die biologische Erklärung dafür dürfte darin liegen, daß bei der vierstündigen Versuchsdauer die Toxizität der Testsubstanz noch nicht voll zur Geltung kam, während sich die Algen bei einer Expositionszeit von 24 Stunden bereits an die Schwermetallverbindung gewöhnt hatten, d.h. das Quecksilber durch den Einbau unschädlich gemacht hatten. Besonders deutlich wirkte sich dieser Tatbestand bei den höchsten untersuchten $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ -Konzentrationen von 10^{-2} n aus.

Die Versuchsserien mit nachgeschalteter Dunkelphase zeigten ein ähnliches Verhalten wie die vierstündig exponierten Hellproben. Auffallend war hier insbesondere, daß bei relativ langen Hellproben und erwiesenermaßen stark toxischer Wirkung des Testmediums trotz hoher Hg-Konzentrationen (10^{-2} n) relativ hohe C-14-Werte und damit eine unerwartet hohe biologische Aktivität nachgewiesen werden konnten. Da infolge der stets gleichbleibenden Vorgangsweise zusätzliche Adsorptionseffekte auszuschließen sind, liegt die Vermutung nahe, daß die Markierungssubstanz C-14 nicht auf dem üblichen Weg der Assimilation, sondern möglicherweise durch osmotische Vorgänge ins Zellinnere gelangt ist.

Schließlich ist sowohl aus Abbildung 1 als auch aus den Tabellen 1 und 2 zu ersehen, daß sämtliche Kurven einen angenähert parallelen Verlauf aufweisen. Charakterisiert wird dies besonders augenfällig in Tabelle 2 durch die hohen Korrelationskoeffizienten von 0,95 bis 0,97 für die "4-Stunden-Kurve" und die hell/dunkel exponierten Proben (8/16, 16/8). Aber auch die sehr hohen Korrelationskoeffizienten von 0,99 für die 8/8-Stunden- und 16-Stunden-Kurve, von 0,79 für die 16-Stunden- und 24-Stunden-Kurve und von gleichfalls 0,97 für die 8/16-Stunden- und 16/8-Stunden-Kurve beweisen eine ausgezeichnete Übereinstimmung des Kurvenverlaufes, womit wegen der direkten Proportionalität eine direkte Umrechnung auf das entsprechend geänderte Lichtklima leicht möglich wäre.

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war, einen Beitrag zur Entwicklung einer standardisierten Schnellmethode zu liefern, die es erlaubt, kurzfristig Aussagen über die Auswirkung von Schwermetallverbindungen auf Wasserorganismen zu machen. Als Schwermetall wurde Quecksilber, als Testorganismus die Alge *Scenedesmus quadricauda* und als Indikator C-14 gewählt. Die Experimente haben bestätigt, daß diese Methode innerhalb gewisser Grenzen der Versuchsbedingungen wie Hg-Konzentration und Expositionszeit durchaus zielführend ist.

Literatur:

- (1) FRANTZ, A. SAS-HUBICKI, J. (1972): Primärproduktionsmessungen in den Donaustauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee nach der C-14-Methode, Wasser und Abwasser, Bd. 1972, 15-26, Wien
- (2) VOLLENWEIDER, R.A. (1974): A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments - IBP Handbook No.12, Blackwell Scientific Publications, Oxford
- (3) SAS-HUBICKI, J. u. RODINGER, W. (1976/77): Eine experimentelle Bestimmung der Toxizitätsgrenze eines Herbizides auf Triazinbasis bei *Scenedesmus quadricauda* (Chlorophyceae) mittels C-14, Wasser und Abwasser, Bd.19, 365-371, Wien
- (4) NAKANISHI, MASAMI (1971): Some Sources of Error in the C-14 Method for Estimating Primary Productivity and their Relationship to Light Intensity during Incubation, Japanese Journal of Limnology, 32 (4), 85-89, Tokio

Anschrift der Verfasser: Oberrat Dr. Anny FRANTZ, Leiterin der Abteilung Radiologie, Koär. Dr. Wolfgang RODINGER, Dipl.Ing. Julius SAS-HUBICKI, alle Bundesanstalt für Wassergüte, Schiffmühlenstraße 120, Postfach 7, A-1223 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [1980](#)

Autor(en)/Author(s): Frantz Anny, Rodinger W., Sas-Hubicki J.

Artikel/Article: [Beitrag zur praktischen Gewässerüberwachung auf Schwermetalle \(Hg\) mittels Algen \(Scenedesmus quadricauda\) und der C-14-Methode 61-70](#)