

## Zwei Methoden zur Bestimmung populationsdynamischer Parameter von Zooplanktern unter Laborbedingungen mit ersten Ergebnissen an *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) und *Synchaeta cecilia* (Rotatoria, Monogononta)

Hartmut Arndt; Hans-Jörg Kramer; Reinhard Heerkloß; Carola Schröder

### Einleitung

Die Bestimmung populationsdynamischer Parameter von Zooplanktern hat für die Abschätzung der ökologischen Bedeutung des Zooplanktons in aquatischen Ökosystemen in vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen (z. B. ALLAN 1976, LYNCH 1982). Populationsdynamische Untersuchungen am Zooplankton unter definierten Umweltbedingungen sind u. a. für folgende Anwendungsbereiche wichtig: 1) Bestimmung der Sekundärproduktion (z. B. EDMONDSON 1974), 2) mathematische Modellierung des Stoff- und Energieflusses über die Weidenahrungskette in aquatischen Ökosystemen (z. B. VIETINGHOFF et al. 1981, 1984), 3.) Bestimmung der chronischen Wirkung von Schadstoffen (z. B. GENTILE et al. 1982, DANIELS and ALLAN 1981). Gerade für die ökologisch relevante Abschätzung von Schadstoffwirkungen hat sich in den letzten Jahren die Analyse populationsdynamischer Parameter gegenüber der Bestimmung einzelner physiologischer Parameter bewährt.

Voraussetzung für die Untersuchung populationsdynamischer Parameter ist die kontinuierliche Kultur der zu analysierenden Zooplankter, hier hat es in den letzten Jahren eine Reihe von Fortschritten gegeben (vgl. KINNE 1977, STEMBERGER 1981). Auch für die Ermittlung von Lebensdaten sind verschiedene Methoden aus der Literatur bekannt (z. B. HEINLE 1970, PREISSER and SPITTLER 1977, KANKAALA and WULFF 1981, WALZ 1983). Allerdings konzentrierten sich die Untersuchungen überwiegend auf den Einfluß eines einzelnen Faktors, ökologisch relevantere Mehrfaktorenversuche sind noch selten. Außerdem wurden bisher fast ausschließlich Gruppen von Tieren einer Art in wenigen Parallelversuchen eingesetzt, statistisch wünschenswerte Untersuchungen einzelner Organismen sind bisher kaum durchgeführt worden. Bei den für populationsökologische Untersuchungen am Zooplankton der Küstengewässer der Ostsee verwendeten zwei Methoden wurde versucht, den genannten Nachteilen bisheriger Analysen zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Es handelt sich dabei um eine etwas kompliziertere Anlage, die sich für die Einzelhaltung von Copepoden bewährt hat sowie um eine einfache Plexiglasplatte mit kleinen Kammern, die für die Beobachtung von Rotatorien Verwendung fand.<sup>1)</sup>

### 2. Methoden

Ziel der Methoden ist eine möglichst langfristige Kultur verschiedener Zooplankter bei unterschiedlichen Umwelt-

<sup>1)</sup> Herrn Dr. Klinkhardt sei an dieser Stelle für methodische Hinweise und Herrn Brzezinski für technische Hilfe herzlich gedankt.

bedingungen mit der Möglichkeit einer Einzelbeobachtung der Tiere ohne störende Manipulation.

#### 2.1. Anlage für die Bestimmung populationsdynamischer Parameter von Copepoden (*Eurytemora*)

Das Prinzip der Anlage ist ein Umlauf- bzw. Durchflußsystem, in dem die Entwicklung von Copepoden in kleinen Glasröhrchen verfolgt werden kann. Die Anlage (Abb. 1 a und b) besteht aus drei Sektionen, einem 6 l fassenden Glastrichter ((1) in Abb. 1b), der Kammerplatte aus PVC (2), die Glasröhrchen mit den Copepoden enthält und dem Reservoir aus PVC (3). Hinzu kommen 5 PVC-Stützen (5), ein Stützring aus isoliertem Stahldraht (4), das Steigrohr aus PVC (6) sowie eine automatische Temperaturregelung (7). Die Kammerplatte ist drehbar gelagert und wird durch die 3 cm lange Mittelachse (Verbindung zum Reservoir) und die 5 Stützen geführt. Am Außenrand der runden Platte befinden sich 80 Bohrungen (in 2 Ringen radiärsymmetrisch angeordnet), die den Einsatz von Glasröhrchen (70x : Ø 10 mm, 40 mm Länge; 10x : Ø 15 mm, 40 mm Länge) gestatten. Die Glasröhrchen sind unten mit 56 µm — bzw. 100 µm Gaze versehen und werden durch einen Gummiring (vertikal verschiebbar) in der Kammerplatte gehalten. Das Volumen in den Röhrchen wird durch den Wasserstand bestimmt. Das Reservoir (Höhe 60 mm) besitzt einen Außen (Ø 260 mm)- und einen Innenrand (Ø 70 mm) und faßt ein Volumen von max. 3 l. Im Boden des Reservoirs sind 80 Edelstahlkanülen (Ø 1,0/1,2 mm; 20 mm Länge) so eingesetzt, daß sie in jeder Stellung der Kammerplatte genau über den Glasröhrchen stehen. Außerdem ist im Reservoir ein verstellbarer Überlauf angebracht (in Abb. 1 nicht eingezeichnet), über den der Wasserstand im Reservoir und damit die Durchflußrate durch die Kammern reguliert werden kann. Am Reservoir ist ein Fünftel seiner Grundfläche für die Beobachtung der Glasröhrchen mit einem Binokular freigelassen worden (vgl. Abb. 1b). Trichterauslauf und Reservoir können durch ein Steigrohr bzw. einen Schlauch miteinander verbunden werden. Ein Umlauf kann mit Hilfe einer leistungsfähigen Peristaltikpumpe oder über eine Luftförderpumpe (z. B. handelsübliche Membranpumpe) erreicht werden. Außerdem kann auch im Durchfluß gearbeitet werden. Ein Stützring klammert die 5 Stützen an den Glastrichter. Am Stützring können isolierte Stahlhaken befestigt werden mit deren Hilfe die Anlage an einem Regal oder Stativ angebracht werden kann. Für eine optimale Einstellung der Versuchstemperatur ist es empfehlenswert, die Anlage in einem temperaturkonstanten Raum oder in einem temperierten Aquarium aufzu-

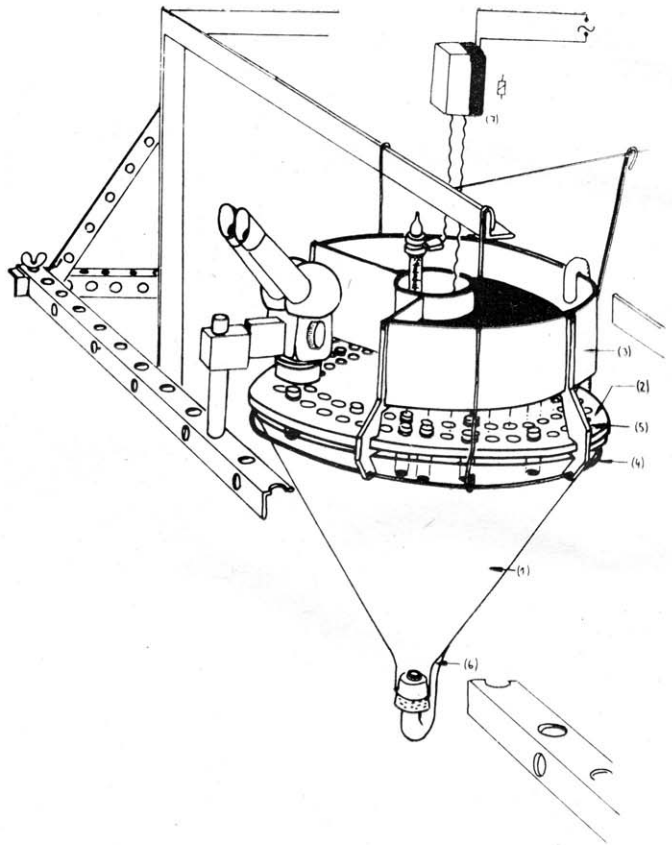
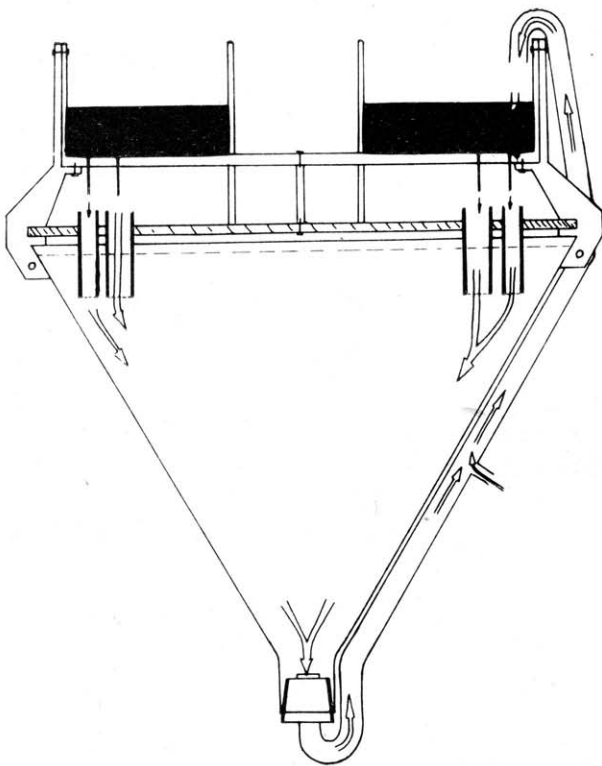


Abb. 1

Anlage zur Bestimmung populationsdynamischer Parameter von Copepoden unter Laborbedingungen (vgl. Text; links: Querschnitt, rechts: perspekt. Darstellung)

stellen. Als Versuchsmedium eignet sich am besten filtriertes Biotopwasser, ist die Verwendung eines definierten Mediums notwendig, sind die vielfach erprobten Rezepturen von KINNE (1977) zu empfehlen. Als Nahrung können Algen aus dem Biotopwasser bzw. ein aus Einzelalgenkulturen zusammengestelltes künstliches Algengemisch dienen. Die Versuchstiere werden einzeln in die Glasröhrchen eingesetzt und können zur Beobachtung mit Hilfe der drehbar gelagerten Kammerplatte in das Blickfeld des Binokulares geführt werden. So können die Vitalität, die Entwicklung, das Wachstum und die Eiproduktion in beliebigen Zeitabständen beobachtet werden. Die Beobachtung der Tiere kann durch Anheben der Glasröhrchen und damit der Verringerung des Kammer Volumens erleichtert werden. Es ist die Einbeziehung mehrerer Anlagen unter verschiedenen Bedingungen in einem Versuch möglich. Dadurch können bis zu 3 verschiedene Faktoren (mit jeweils 2 Stufen) in ihrer Wirkung auf populationsdynamische Parameter wie Natalität, Mortalität, Entwicklungsgeschwindigkeit u. a. untersucht werden. Als zu testende Faktoren kommen Temperatur (Steuerung über Heizrelaisschaltung), Salinität (unterschiedliches Medium), Nahrungsqualität (Zugabe unterschiedlicher Algengemische) sowie verschiedenste Schadstoffe (unterschiedlich belastetes Versuchsmedium) in Frage. Es können parallel bis zu 80 Einzeltiere in einem Versuchsansatz untersucht werden. Eine detailliertere Beschreibung der Anlage ist bei KRAMER (1983) zu finden.

### 2.2. Plexiglasplatte mit Mikrokammern für die Bestimmung populationsdynamischer Parameter von Rotatorien (z. B. *Synchaeta*)

Die verwendete Kammerplatte ist in Abb. 2 dargestellt. Auf der Plexiglasplatte ( $68 \times 125 \times 8$  mm) befinden sich

72 kleine Kammern (Volumen ca. 0,3–0,4 ml). Kleine Rotatorien können einzeln oder in Gruppen in die Kammern pipettiert werden. Eine Beobachtung der Kammern ist unter dem Mikroskop oder Binokular im Auf- und Durchlicht möglich. Die gesamte Fläche einer Kammer ( $\varnothing 5$  mm) kann in das Blickfeld des Mikroskopes gebracht werden, und durch vertikale Verschiebung des Objektisches ist eine Durchmusterung der gesamten Kammer möglich. Da es Unterschiede im Gedeihen der einzelnen Kulturansätze geben kann, ist eine größere Zahl von Parallelansätzen notwendig. Zur Minderung der Verdunstung in den Kammern muß die Plexiglasplatte bei hoher Luftfeuchtigkeit (z. B. in Petrischale mit feuchtem Filterpapier) aufbewahrt werden. Die Platten können unter unterschiedlichen Temperatur- und Lichtbedingungen exponiert werden. Als Nahrungsorganismen unter den Bedingungen der kleinen Kammern haben sich Algen mit Eigenbeweglichkeit (z. B. Flagellaten) bewährt. Es empfiehlt sich, wenigstens täglich eine Kontrolle der Kammern verbunden mit einem teilweisen Wechsel des Mediums und der Nahrung durchzuführen. Dazu wird unter dem Mikroskop bei gleichzeitiger Beobachtung der Tiere mit Hilfe einer Mikropipette vom Boden der nach unten spitz zulaufenden Kammer der Bodensatz abpipettiert und neues Medium zugesetzt. Die Nachkommen können in neue Kammern umgesetzt werden, ihre Entwicklung kann einzeln verfolgt werden.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend sollen Ergebnisse mit den beiden vorgestellten Methoden an Hand von ersten Untersuchungen an *Eurytemora affinis* (aus den Darß-Zingster Boddengewässern) bzw. an *Synchaeta cecilia* (aus der Unterwarnow) vorgestellt werden.

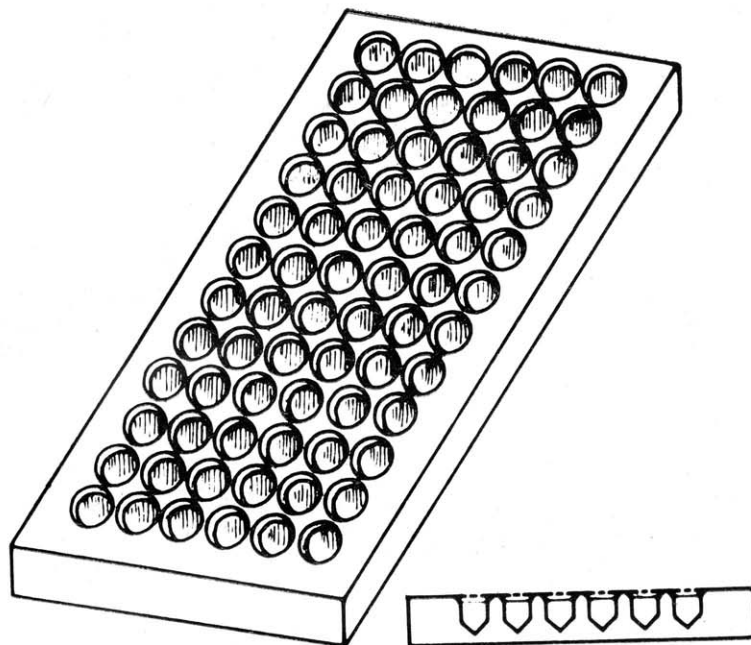


Abb. 2  
Plexiglasplatte mit Mikrokammern zur Einzelkultur von Rotatorien (vgl. Text; rechts: Querschnitt)

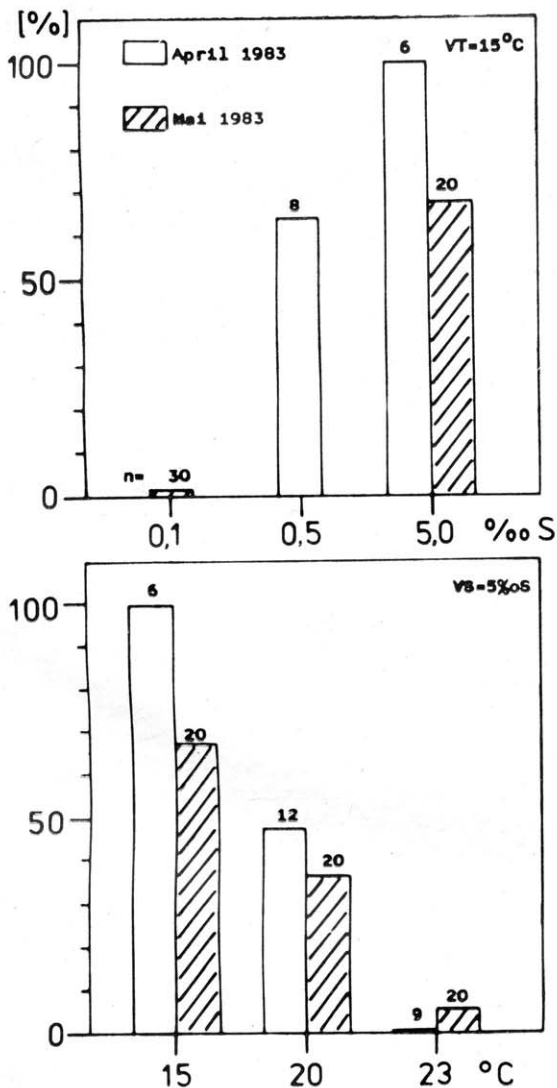


Abb. 3  
Abhängigkeit der Reproduktionsrate von *Eurytemora affinis* (Eier Weibchen<sup>-1</sup> Tag<sup>-1</sup> bei 15 °C und 5 ‰ = 100 ‰) vom Salzgehalt und von der Temperatur (Adaptationsbedingung: April 6 °C, 7,4 ‰ S; Mai 10 °C, 3,2 ‰ S; 24–48 h vor Versuchsbeginn stufenweise Anpassung der Tiere an Versuchsbedingungen in der Anlage)

### 3.1. Zum Einfluß von Temperatur und Salinität auf Natalität und Mortalität von *Eurytemora*-Weibchen

*E. affinis* ist ein produktionsbiologisch bedeutender Copepode in vielen Ästuarien der Nord- und Ostsee. Ergebnisse zur Reproduktionsrate sind in Abb. 3 dargestellt. Daneben zeigten Untersuchungen unter gleichen Bedingungen zur Lebenszeit der Weibchen, daß auch mit zunehmender Temperatur (15, 20, 23 °C) die Lebenszeit zurückgeht (14, 8, bzw. 4 Tage) und ebenso bei sinkendem Salzgehalt (5,0; 0,5; 0,1 ‰ S) die Lebenszeit kürzer wird (14, 8, bzw. 2 Tage). Es deutet sich damit an, daß extrem niedrige Salinitäten und hohe Temperaturen zu einer physiologischen Schwächung der Weibchen von *Eurytemora* führen können, die ihren Ausdruck in einer Reduzierung der Geburtenrate und einer Erhöhung der Mortalität findet. Wenn dies auch nur vorläufige Ergebnisse sind, so bestätigen sie doch die Reaktionsweisen der Tiere, wie sie teilweise unter Freilandbedingungen bekannt sind (vgl. ARNDT 1985). Die erhöhte Mortalität und geringere Natalität bei hohen Temperaturen könnte auf eine ungünstige Energiebilanz durch geringere Filtrationsraten (RING 1984) und stark erhöhte Respirationsraten (SCHARF et al. unveröff.) zurückgeführt werden. Unklar ist noch die Bedeutung der Adaptation von *Eurytemora* an wechselnde Temperatur- und Salzgehaltsbedingungen im Freiland.

Tabelle 1

Testung von Nähralgen für *Synchaeta cecilia* (25 °C, 7 ‰ S; + gute Reproduktion, ± Reproduktion vorhanden, ○ keine Reproduktion)

Alge	Eignung als Nahrung
Peridinium spp.	+
Dunaliella salina	+
Scenedesmus quadricauda	+
S. acutus	+
Ankistrodesmus falcatus	±
Dictiosphaerium ehrenbergianum	±
Microcystis aeruginosa	○
Oscillatoria redekei	○
O. agardhii	○
Aphanizomenon flos-aquae	±

Tabelle 2

Lebensstafel von *Synchaeta cecilia* (Laborkulturen in Plexiglaskammerplatte,  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $9,5\text{‰}$  S, Nahrung im Überschuß; vgl. Text)

x	$l_x$	$m_x$	$q_x$	$(l_x \cdot m_x)$
0	1,00	0	0	0
0,5	1,00	0	0	0
1,5	1,00	0,50	0,07	0,50
2,5	0,93	0,54	0,38	0,50
3,5	0,57	0,33	0,63	0,19
4,5	0,21	0	1,00	0

### 3.2. Zur Lebensstafel von *Synchaeta cecilia*

Diese Rotatorienart wird in den Küstengewässern Europas relativ häufig gefunden, es gibt bisher jedoch kaum Angaben zu ihrer Ökologie. Tab. 1 zeigt, bei welchen Algenarten in Laborkulturen Subitaneiproduktion nachgewiesen werden konnte, und die damit als potentielle Nähralgen für *S. cecilia* angesehen werden können. Bemerkenswert ist die Aufnahme von *Peridinium* (bis 30–

50  $\mu\text{m}$ ) durch die kleine *Synchaeta*-Art (100–120  $\mu\text{m}$ ). In Tab. 2 wurde eine Lebensstafel anhand der altersspezifischen (Index  $x$  = Alter in Tagen) Überlebensrate ( $l_x$ ) der Reproduktionsrate ( $m_x$ ) und der Mortalität ( $q_x$ ) von *Synchaeta cecilia* bei *Dunaliella*-Fütterung aufgestellt. Änderungen in der Struktur der Lebensstafel einer Population können empfindliche Indikatoren für die Wirkung von Umweltfaktoren sein (vgl. z. B. GENTILE et al. 1982). Aus Lebensstafeln lassen sich die für produktionsbiologische Betrachtungen wichtige Parameter Reproduktionswert ( $R_0 = \sum l_x \cdot m_x$ ) und Generationszeit ( $T = \sum x \cdot l_x \cdot m_x / R_0$ ) berechnen. Für *S. cecilia* betrug der mittlere Reproduktionswert der untersuchten Tiere (vgl. Tab. 2) 1,2 Nachkommen/Weibchen und die mittlere Generationszeit 2,2 Tage (Minimum weniger als 2 Tage!). Die maximale Wachstumsrate ( $r = (\ln N_2 - \ln N_1) / (t_2 - t_1)$ ;  $N$  = Abundanz) betrug  $1,4 \text{ d}^{-1}$ , was ein sehr hohes Wachstumspotential dieser Art unter günstigen Bedingungen andeutet (vgl. ALLAN 1976).

### Zusammenfassung

Es werden zwei Methoden für die Bestimmung populationsdynamischer Parameter von Zooplanktern vorgestellt. Die Methode für die Untersuchung von Copepoden basiert auf einem Umlauf- bzw. Durchflußsystem, in dem Kammern mit einzelnen Tieren ständig von frischem Medium durchströmt werden. Mit Hilfe eines Binokulares kann die Entwicklung der Copepoden in den Kammern verfolgt werden. Erste Untersuchungen an *Eurytemora affinis* (Weibchen) zeigten, daß bei hohen Temperaturen ( $> 20^\circ\text{C}$ ) und geringen Salinitäten ( $< 5\text{‰}$  S) die Geburtenrate stark absinkt und die Mortalität steigt. Für die Untersuchung von Rotatorien erwiesen sich Mikrokammern (0,4 ml), die in Plexiglasplatten eingebracht sind, als geeignet. Es werden erste Ergebnisse zum Nahrungsspektrum und zur Populationsdynamik (Lebensstafel) von *Synchaeta cecilia* vorgestellt.

### Резюме

Речь идет о двух методах определения параметров динамики популяции зоопланктона. Метод исследования копепоидов базируется на циркулярной или проточной системах, в камерах с отдельными особями с проточной, постоянно свежей средой. Проследить развитие в камерах можно с помощью бинокулярного микроскопа. Первые исследования на *Eurytemora affinis* (самки) показали, что при высокой температуре ( $> 20^\circ\text{C}$ ) и незначительной солёности ( $< 0,5\text{‰}$  S) рождаемость резко снижается, а смертность повышается. Для исследования коловратки оказались пригодными микрокамеры (0,4 мл), находящиеся внутри плексигласовых пластин. Представлены также первые результаты, касающиеся пищевого спектра и динамики популяции (жизненной таблицы) *Synchaeta cecilia*.

### Literatur

ALLAN, J. D. (1976):  
Am. Nat. 110: 165–180.

ARNDT, H. (1985):  
Dissertation WPU Rostock.

DANIELS, R. E., and ALLAN, J. D. (1981):  
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 485–494.

### Summary

Two methods for measuring population-dynamic parameters of zooplankton are described. The method used for copepods is based on a circulation or flow system which ensures that fresh medium continuously flows through the chambers containing the individual animals. Events in the chambers can be observed by means of a binocular microscope. Initial investigations with *Eurytemora affinis* (females) revealed that high temperatures (above  $20^\circ\text{C}$ ) and low salinities (less than  $0,5\text{‰}$  S) greatly reduce the birth rate and increase mortality. Microchambers (0,4 ml) in plexiglass plates proved to be suitable for investigating rotifers. Initial results regarding the food spectrum and the population dynamics (life table) of *Synchaeta cecilia* are presented.

### Résumé

Les auteurs présentent deux méthodes permettant la détermination de paramètres concernant la dynamique des populations d'organismes zooplanctoniques. La méthode appliquée pour étudier les copépodes se base sur un système à circuit fermé ou au passage, où du milieu frais passe constamment à travers les chambres contenant les animaux. À l'aide d'un binoculaire, on peut poursuivre le développement dans les chambres. De premiers examens portant sur l'*Eurytemora affinis* (femelles) ont montré que la natalité s'abaisse beaucoup et que la mortalité augmente en cas de températures élevées ( $> 20^\circ\text{C}$ ) et de salinités faibles ( $< 0,5\text{‰}$  S). Des microchambres (0,4 ml) incorporées dans des plaques en plexiglas se sont avérées appropriées à l'étude des Rotatoria. Les auteurs présentent de premiers résultats obtenus au sujet de la gamme de nourriture et de la dynamique des populations (table de vie) de *Synchaeta cecilia*.

EDMONDSON, W. T. (1974):  
Mitt. Internat. Verein. Limnol. 20: 229–272.

GENTILE, J. H., GENTILE, S. M., HAIRSTON, N. G. and SULLIVAN, B. K. (1982):

Hydrobiologia 93: 179–187.

HEINLE, D. R. (1970):  
Helgoländer wiss. Meeresunters. 20: 360–372.

- KANKAALA, P., and WULFF, F. (1981):  
Oikos 36: 137-146.
- KINNE, O. (1977):  
Marine Ecology. Vol. III Cultivation. Part 2.  
John Wiley & Sons, Chichester, New York Brisbane, Toronto.
- KRAMER, H.-J. (1983):  
Diplomarbeit WPU Rostock.
- PREISSER, B., and SPITTLER, P. (1977):  
Symp. "Cultivation of Fish Fry and its Live Food", Szymbark, Polen, 23.-28. 9. 1977.
- LYNCH, M. (1982):  
Ecology 63: 12-18.
- RING, M. (1984):  
Diplomarbeit WPU Rostock.
- STEMBERGER, R. S. (1981):  
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 721-724.
- VIETINGHOFF, U., HEERKLOSS, R., HUBERT, M.-L., und SCHNESE, W. (1981):  
WZ Rostock, Math.-nat. R. 30, H. 4/5: 63-72.
- VIETINGHOFF, U., HUBERT, M.-L., HEERKLOSS, R., ARNDT, H., and SCHNESE, W. (1984):  
Int. Revue ges. Hydrobiol. 69: 159-172.
- WALZ, N. (1983):  
Arch. Hydrobiol. 98: 70-92.

Verfasser: Dr. rer. nat. Hartmut Arndt  
Dipl.-Biol. Hans-Jürgen Kramer  
Dr. rer. nat. Reinhard Heerkloß  
Dipl.-Biol. Carola Schröder  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Biologie  
DDR - 2500 Rostock 1  
Freiligrathstr. 7/8