

Roger Burckhardt; Hartmut Arndt

## Untersuchungen zur Konsumtion von Ciliaten durch Metazooplankter des Barther Boddens (südliche Ostsee)

### Einleitung

In vergangenen Jahrzehnten fanden die Ciliaten bei den meisten Zooplanktonuntersuchungen nur wenig Beachtung. Diese Tatsache ist vor allem auf methodische Schwierigkeiten zurückzuführen:

1. Durch die geringe Größe und Empfindlichkeit können die meisten Ciliaten mit herkömmlichen Planktonnetzen nicht erfaßt werden.
2. Es gibt keine Fixierungstechnik, die in gleicher Weise für alle Arten geeignet ist.
3. Die systematische Bearbeitung des Protozooplanktons ist mit einem großen Aufwand verbunden und häufig nur begrenzt möglich.

Daß aber die Ciliaten hinsichtlich ihrer Abundanz und Biomasse eine wesentliche Komponente des Zooplanktons darstellen können, ist aus verschiedenen jüngeren Arbeiten bekannt, z. B. /PACE and ORCUTT 1981, GATES 1984, ARNDT 1986/. Hinzu kommt ihr hohes Reproduktionspotential /FENCHEL 1968, SCHARF und SCHNESE 1984/. Beides spricht für eine wichtige Rolle der Ciliaten im Stoff- und Energiefluß der betreffenden Ökosysteme. Für die Charakterisierung dieser Funktion ist neben Ingestion und Produktion auch die Nutzung der Ciliaten durch höhere trophische Niveaus von Interesse.

Die Aufnahme von Ciliaten konnte schon für verschiedene planktische Metazoen nachgewiesen werden: z. B. Cladoceren, Calanoiden, Cyclopoiden und Rotatorien, z. B. /PORTER et al. 1979, STOECKER u. SANDERS 1985, KLEKOWSKI u. SHUSHKINA 1966, SPITTLER 1972/.

Im Rahmen komplexer ökologischer Untersuchungen der inneren Küstengewässer der Ostsee durch die Sektion Biologie der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock war das Ziel der vorliegenden Untersuchung, durch Laboruntersuchungen erste Anhaltspunkte zu gewinnen, welche Prädatoren aus dem Hauptuntersuchungsgebiet Barther Bodden als potentielle Ciliatenkonsumenten in Frage kommen. Daneben sollten für einen zeitweise wichtigen Ciliatenkonsumenten, den Calanoiden *Eurytemora affinis* (vgl. /BURCKHARDT 1986/), Untersuchungen zum Einfluß der Nahrungskonzentration, sowie des Entwicklungsstadiums auf die Freßrate an Ciliaten durchgeführt werden.

### Material und Methoden

Die als Nahrung eingesetzten Ciliaten *Paramecium* sp. und *Euplotes harpa* stammten aus agnotobiotischen Laborkulturen (5‰ S). Die verwendeten Metazooplankter wurden mit Planktonnetzen im Barther Bodden gefangen und 2–10 Tage vor Versuchsbeginn in Biotopwasser (in situ Temperatur) gehältert. Während der Versuche wurde glasfaserfiltriertes Biotopwasser verwendet. Die Ciliaten wurden vor Versuchsbeginn an die Versuchsbedingungen

adaptiert. Die mittlere Größe der Ciliaten wurde über Messungen an lebenden Tieren ( $n=20$ ) ermittelt. Das Biovolumen (errechnet über Vergleiche mit geometrischen Körpern) wurde mit einem Faktor von 1,04 auf Frischmasse umgerechnet: *Paramecium* sp.  $0,10 \mu\text{g FM/Ind.}$  ( $136 \times 38 \times 35 \mu\text{m}$ ); *Euplotes harpa*  $0,26 \mu\text{g FM/Ind.}$  ( $137 \times 76 \times 33 \mu\text{m}$ ). Die Biomasse der Metazooplankter wurde über Längen-Gewichtsbeziehungen ermittelt: *Eurytemora*-Copepodite nach /HEERKLOSS unveröff./, Nauplien nach /ČISLENKO 1968, III/17/, *Neomysis* nach /JANSEN 1983/. Für *Synchaeta littoralis* wurde ein Wert von  $0,82 \mu\text{g FM/Ind.}$  nach /SCHRÖDER 1984/ angenommen. Zur Untersuchung der Ciliatenaufnahme durch Metazooplankter sind drei Methoden verwendet worden:

1. Direkte Beobachtung der Nahrungsaufnahme

In Esmarche-Schalen wurde die Ciliatenaufnahme durch *Eurytemora*-Copepodite bei 50facher Vergrößerung unter dem Binokular beobachtet.

2. Ermittlung aufgenommener Nahrungsmengen aus Differenzen von Zellkonzentrationen

Die Ciliaten wurden nach Waschen in glasfaserfiltriertem Biotopwasser mit Hilfe einer Mikropipette in der Regel in jeweils 5 Versuchsgefäße mit Metazooplanktern und 3 Kontrollgefäße (Versuchsvolumen jeweils 50 ml) eingebracht. Die Versuchszeit betrug 60 Minuten (Ausnahme Nauplien 3 Stunden). Beendet wurden die Versuche durch eine Filtration des Probenvolumens über eine  $200 \mu\text{m}$ -Gaze (Copepoden, *Neomysis*) bzw.  $56 \mu\text{m}$ -Gaze (Nauplien, *Synchaeta*). Der Inhalt der Kontrollgefäße wurde ebenfalls filtriert. Verluste an Ciliaten durch den Filtriervorgang konnten nicht festgestellt werden. Die Bestimmung der Ciliatenkonzentration am Versuchsende erfolgte mit der „Tröpfchenzählmethode“, vgl. /GOULDER 1971/. Die Berechnung der Filtrier(F)- und Freßrate (f) wurde wie in Horn (1981) vorgenommen:  $F = (\ln c_0 - \ln c_t) / t \cdot v / n$  und  $f = F \cdot c$  mit  $c = c_0 \cdot (e^{-tF'} - 1) (-tF')^{-1}$ , wobei  $F' = (\ln c_0 - \ln c_t) / t$  ( $c_0$  – Anfangskonzentration der Ciliaten;  $c_t$  – Ciliatenkonzentration nach Zeit t; v – Versuchsvolumen; n – Zahl der eingesetzten Metazooplankter). Die Experimente zur Untersuchung des Einflusses des Entwicklungsstadiums der Copepoden auf die Ciliatenkonsumtion wurden in 5 ml Probenvolumen mit einzelnen Copepoden durchgeführt (Versuchszeit 30 Minuten).

3. Direkte Bestimmung der Freßrate mit  $^{14}\text{C}$ -markierter Ciliatennahrung

Radioaktiv markierte Ciliaten wurden von den Nahrungsalgen ( $^{14}\text{C}$ -*Chlorella*) durch Sedimentation der Algen sowie Ausnutzung der negativen Geotaxis der Ciliaten in einem Meßzylinder getrennt. Die sich im oberen Viertel

## Резюме

В 1984—1986 гг. было проведено обнаружение первичной продукции фитопланктона посредством  $^{14}\text{C}$ -метода в Цингстомтечении по времени года, временам суток и по профилю глубины. Наряду с этим были регулярно проведены определения хлорофила и биомассы. В особенности в зимнем полугодии обнаруживались корреляции между первичной продукцией, хлорофилом, биомассой, суммарной радиацией, температурой воды и помутнением. Таким образом получилось по времени года особенно знаменательное отношение биомасса =  $0,33 \cdot \text{Chl. a} - 1,3$ . Для 1984—1986 гг. была вычислена среднегодовая продукция  $194 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ .

## Résumé

Pendant les années de 1984 à 1986, on a étudié, dans le Zingster Strom, les cours annuels et journaliers et les profils de profondeur de la production primaire du phytoplancton moyennant la méthode au  $\text{C}^{14}$ . De plus on a effectué régulièrement des déterminations de chlorophylle et de biomasse.

## Literatur

- BÖRNER, R. (1980): Produktionsbiologische Untersuchungen am Phytoplankton des Zingster Stromes. Diplomarbeit, W.-Pieck-Univ. Rostock.
- BÖRNER, R. (1984): Produktionsbiologisch-ökologische Untersuchungen am Phytoplankton des Zingster Stromes. Diss. A, W.-Pieck-Univ. Rostock.
- BÖRNER, R.; KELL, V. (1981): Produktionsbiologische Untersuchungen am Phytoplankton des Zingster Stromes der Darß-Zingster Boddenkette (südliche Ostsee). *Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock*, N-Reihe 30 (1981) 4/5, 37–42.
- GÄCHTER, R.; MARES, A. (1979): Comments to the acidification and bubbling method for determining phytoplankton production. *Oikos* 33: 69–73.
- GUNKEL, G. (1978): Abschlußbericht über die Bestimmung der Primärproduktion in den Boddengewässern von Darß und Zingst 1977–1978. Unveröff. Manuskript, W.-Pieck-Univ. Rostock.
- HELLWIG, J. (1976): Produktionsbiologische Untersuchungen am Phytoplankton des Barther Boddens mit Hilfe der  $^{14}\text{C}$ -Methode. Diss. A, W.-Pieck-Univ. Rostock.
- HÜBEL, H. (1973): Die Primärproduktion des Phytoplanktons in den Boddengewässern südlich der Halbinseln Darß und Zingst im Jahre 1972 unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse einer synoptischen Aufnahme. *Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock*, N-Reihe 22 (1973) 10, 1101–1104.
- En particulier dans le semestre d'hiver, il y avait des corrélations entre la production primaire, la chlorophylle, la biomasse, le rayonnement global, la température de l'eau et la turbidité. Pour le cours annuel on a ainsi trouvé la relation hautement significative biomasse =  $0,33 \cdot \text{Chl. a} - 1,3$ . La production annuelle moyenne calculée pour la période de 1984 à 1986 est de  $194 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ .

## Summary

The  $^{14}\text{C}$  method was used to measure seasonal fluctuations, diurnal variations and the depth profile of phytoplankton primary production in Zingster Strom from 1984 to 1986. The chlorophyll content and biomass were measured regularly during the same period. Correlations were found between primary production, chlorophyll content, biomass, global irradiation, water temperature and turbidity particularly during the winter half-year. In particular the highly significant relationship: biomass =  $0,33 \cdot \text{Chl a} - 1,3$  was found for the seasonal variation. Mean annual production was calculated as  $194 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  for the period 1984–1986.

## KELL, V. (1983):

Untersuchungen zur Exkretion des Phytoplanktons im Greifswalder Bodden (südliche Ostsee). *Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock*, N-Reihe 32 (1983) 5, 8–14.

## KELL, V. (1984):

Primärproduktionsmessungen im Greifswalder Bodden in den Jahren 1981 und 1982. *Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock*, N-Reihe 33 (1984) 6, 53–55.

## KELL, V.; BÖRNER, R. (1980):

Untersuchungen zur Primärproduktion des Phytoplanktons in den Darß-Zingster Boddengewässern (südliche Ostsee). *Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock*, N-Reihe 29 (1980) 4/5, 55–60.

## LORENZEN, C. J. (1967):

Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343–346.

## SCHIEWER, U.; BÖRNER, R.; WASMUND, N. (1988):

Deterministic and stochastic influences of nutrients on phytoplankton function and structure in coastal waters. *Kieler Meeresforsch., Sonderheft* 6 (im Druck).

## SCHINDLER, D. W.; SCHMIDT, R. V.; REID, R. A. (1972):

Acidification and bubbling as an alternative to filtration in determining phytoplankton production by the  $^{14}\text{C}$  method. *J. Fish. Res. Board Canada* 29: 1627–1631.

## UTERMÖHL, H. (1958):

Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Ass. intern. Limnol. théor.* 9: 1–38.

## WASMUND, N. (1984):

Probleme der spektrophotometrischen Chlorophyllbestimmung. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 12: 253–270.

Verfasser: Dr. Norbert Wasmund  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Biologie  
Doberaner Str. 143  
Rostock  
DDR-2500

des Meßzylinders ansammelnden Ciliaten wurden vorsichtig abgesaugt und anschließend 2–3mal über 20 µm-Gaze gewaschen. Eine mikroskopische Kontrolle auf verbliebene Nahrungsalgen wurde durchgeführt. Mit der Zugabe einer bestimmten Zahl von Ciliaten in Versuchsgefäße (50 ml) wurden die Versuche gestartet. Die Freßzeit betrug für Copepoden 20 und für Rotatorien 15 Minuten. Beendet wurden die Versuche durch Abfiltrieren der Prädatoren, die zur Reinigung der Mundwerkzeuge für 2 Minuten in unmarkiertes Biotopwasser gesetzt wurden und dann mit Sodawasser (1 : 4, RING pers. Mitt.) betäubt und sofort mit Mikropipetten bzw. feinen Pinzetten auf Glasfaserfilter übertragen wurden. Ciliaten wurden zur Bestimmung der Radioaktivität der Nahrung ebenfalls auf Glasfaserfilter überführt. Vor der Radioaktivitätsmessung auf einem Geiger-Müller-Zählrohr (VEB Meßelektronik Radebeul) wurden die Filter bei 60 °C für 24 Stunden getrocknet. Als Selbstabsorptionskoeffizienten ( $s_a$ ) wurden für Rotatorien 1,05 (Sorokin pers. Mitt.) und für Copepo-

den 1,79 /BURCKHARDT unveröff./ eingesetzt. Die Filtrier (F)- und Freßrate (f) wurde nach /SOROKIN 1968/ über folgende Formeln berechnet:

$$F = (R_M \cdot s_a) / (R_C \cdot t); f = c_0 \cdot F$$

( $R_M$  – Radioaktivität der Metazooplankter;  $R_C$  – Radioaktivität der Ciliaten;  $c_0$  – Anfangskonzentration der Ciliaten;  $t$  – Versuchszeit).

### Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse zur Aufnahme von Ciliaten durch Metazooplankter des Barther Boddens sind in Tab. 1 dargestellt. Neben den aufgeführten Arten konnte auch für die Calanoiden *Temora longicornis* und *Acartia tonsa* die Aufnahme von Paramecien nachgewiesen werden. Auf Grund der Höhe der aus den Versuchen berechneten Rationen (vgl. Tab. 1) können Ciliaten für *Eurytemora*, *Synchaeta littoralis* und eventuell auch für *Neomysis* potentiell eine wichtige Nahrungsquelle bilden. Bemerkenswert ist die Aufnahme von Paramecien durch Nauplien von *Eurytemora* (21,5–64 % Körperfrischmasse/d).

Tabelle 1:  
Aufnahme von Ciliaten durch Metazooplankter aus dem Barther Bodden

Metazooplankter	Nahrung	Methode	Freßrate (Ciliaten · Ind <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> )	Ø Tägliche Ration (% Körperfrischmasse · d <sup>-1</sup> )	Temperatur (°C)	Salinität (‰)	Ciliatenkonzentration (Ciliaten · ml <sup>-1</sup> )
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Synchaeta littoralis	Paramecium sp.	Differenz-zählung	0,284 ± 0,14 n = 5	72,6	3	3,7	4,0
	Paramecium sp.	Differenz-zählung	0,198 ± 0,099 n = 5	58,5	4	2,8	4,0
	Paramecium sp.	<sup>14</sup> C	0,4 n = 2	117,1	3	3,7	8,0
Eurytemora affinis 1. Copepodite	Euplotes harpa	Differenz-zählung	0,91 ± 0,12 n = 5	26,4	14	8,0	4,0
	Paramecium sp.	Differenz-zählung	2,29 ± 0,37 n = 5	36,7	10	5,0	4,0
	Euplotes harpa	<sup>14</sup> C	0,52 ± 0,25 n = 7	22,0	10	5,0	3,8
	Euplotes harpa	Differenz-zählung	1,85 ± 0,57 n = 5	54,4	14	8,0	5,0
	Paramecium sp.		2,05 ± 0,68 n = 5	23,3			
	Summe		3,9	77,7			
	Paramecium sp.	<sup>14</sup> C	1,38 ± 0,58 n = 10	20,9	10	5,0	4,0
			2,83 ± 15 n = 5	46,8			
2. Nauplien	Paramecium sp.	Differenz-zählung	0,116 ± 0,075 n = 5	21,5	10	5,0	4,0
Neomysis integer	Paramecium sp.	Differenz-zählung	293,84 ± 115,54 n = 5	11,35	11	7,0	20,0
	Paramecium sp.	Differenz-zählung	90,46 ± 21,45 n = 5	1,41	10	5,0	10,0

Beobachtungen des Freßvorganges bei *Eurytemora*-Copepoditen zeigten, daß die Paramecien nicht gejagt werden. Wenn ein *Paramecium* in den Filterstrom gerät und mit ihm zu den Mundwerkzeugen transportiert wird, kommt es zu einem plötzlichen Stopp der Filterbewegung, die Ciliaten werden mit den Mundwerkzeugen ergriffen, in Längsrichtung zur Mundöffnung geführt und aufgenommen.

Die Beziehung zwischen Nahrungskonzentration und Freßrate läßt sich anhand einer Sättigungskurve beschreiben (vgl. Abb. 1). Die Sättigungskonzentration bzw. „incipient limiting concentration“ lag im Bereich von 0,7 – 0,9 µg FM ml. Ein Parallelversuch mit Hilfe der <sup>14</sup>C-Technik ergab die gleiche Sättigungskonzentration.

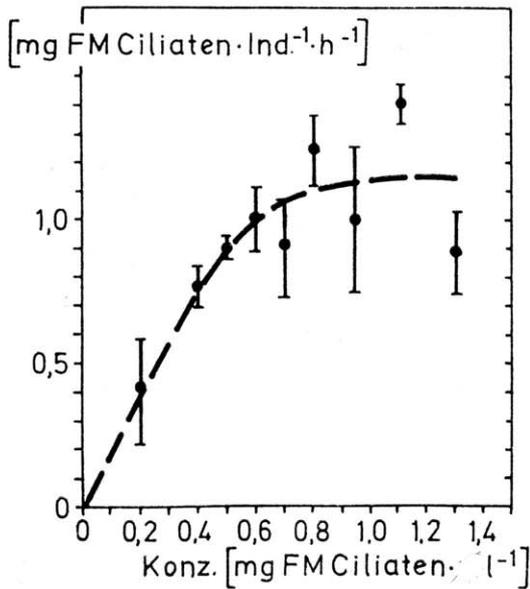


Abb. 1  
Abhängigkeit der Freßrate von *Eurytemora affinis* (C<sub>5</sub> & ad.) von der Nahrungskonzentration (*Paramecium* sp.)  
(Differenzzählmethode,  $\bar{x} \pm c.l. 95\%$ ; 10 °C; 5 ‰ S)

In einem dritten Komplex von Experimenten wurde der Ciliatenkonsum von *Eurytemora* in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium untersucht. Erwartungsgemäß nimmt die Freßrate an Paramecien mit wachsender Größe der Copepoditen zu. Hervorzuheben ist die deutlich höhere Freßrate der Copepoditstadien C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> und adulten Tiere gegenüber den jüngeren Stadien. Bemerkenswert ist auch hier wieder die Aufnahme der Paramecien durch die nur doppelt so großen 6. Naupliusstadien (vgl. Abb. 2). In Abbildung 3 wurden die ermittelten Freßraten auf das Körperfrischgewicht bezogen und als tägliche Rationen dargestellt (tageszeitliche Variabilitäten der Freßrate blieben unberücksichtigt). Eine höhere Ration der kleineren Entwicklungsstadien war zu erwarten, da kleinere Organismen bekanntlich eine größere Stoffwechselintensität pro Biomasseinheit aufweisen. Diese Tendenz deutet sich auch für die Stadien N<sub>6</sub> bis C<sub>3</sub> an. Eine deutliche Erhöhung der Ciliatenration ist jedoch in beiden Versuchen vom C<sub>3</sub>- zum C<sub>4</sub>-Stadium zu verzeichnen, die dann wieder zu den älteren Stadien abnimmt. Wenn die individuelle Variabilität des Ciliatenkonsums auch sehr groß ist, erscheint dieser Befund doch sehr interessant.

#### Diskussion

Die Literaturbefunde der letzten Jahre deuten eindeutig darauf hin, daß die traditionellen Ansichten über den

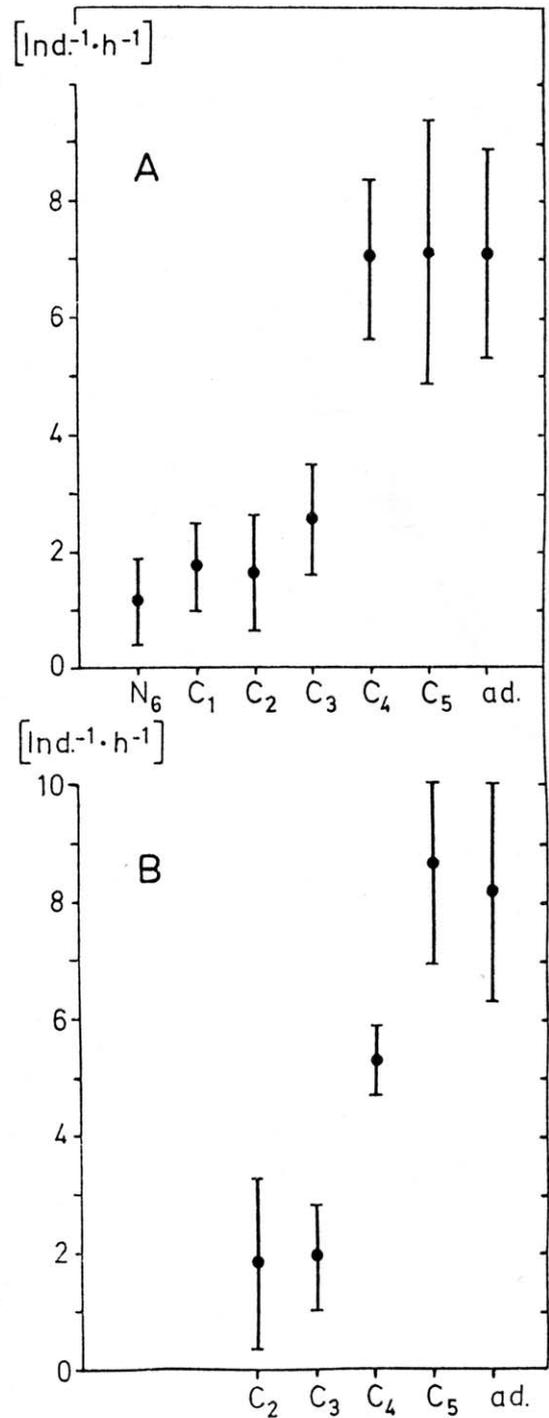


Abb. 2  
Abhängigkeit der Freßrate vom Entwicklungsstadium von *Eurytemora affinis*  
(Differenzzählmethode,  $\bar{x} \pm c.l. 95\%$ ; Nahrung: *Paramecium* sp.; 10 °C; 5 ‰ S; 48 h Adaptationszeit; A: Dez. 1985. B: März 1986)

Stofffluß im Pelagial der Küstengewässer einer gründlichen Revision bedürfen. So wurde die Bedeutung der Protozoen und deren Umsatz in der weiteren Nahrungskette (bzw. Nahrungsgewebe) stark unterschätzt (vgl. PORTER et al. 1985). Bisher wurde insbesondere die Aufnahme von loricated Ciliaten (Tintinniden) durch Metazooplankter untersucht, insofern stellen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen unter Verwendung relativ großer aloricer Formen als Nahrungsorganismen eine wichtige Ergänzung dar. Bemerkenswert ist, daß z.B. *Eurytemora* und *Synchaeta littoralis* in der Lage sind, durch Protozo-

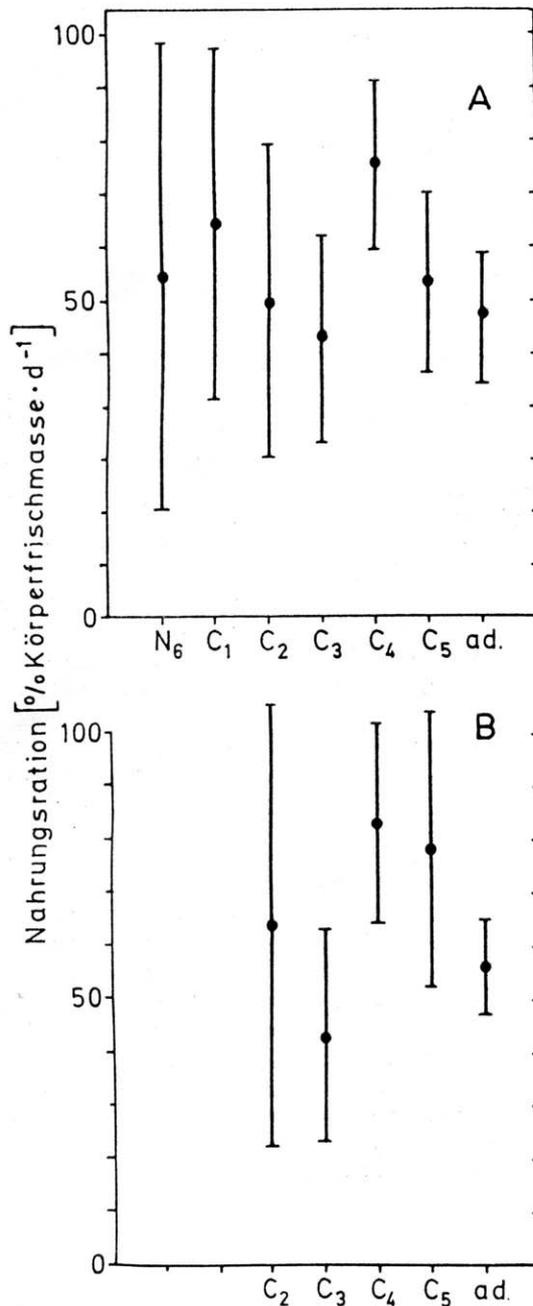


Abb. 3  
Tägliche Ration von *Eurytemora affinis* in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium  
(Nahrung: *Paramecium* sp., vgl. Abb. 2)

enaufnahme einen erheblichen Teil ihres Energiebedarfs zu decken. Für Copepoden sind solche Befunde bereits bekannt (z. B. BERK et al. 1977), für Rotatorien existieren

### Zusammenfassung

Mit Hilfe von Laborexperimenten (<sup>14</sup>C-Methode; Differenzzählung) zur Aufnahme von Ciliaten (*Paramecium*, *Euplotes*) durch Metazooplankter konnte festgestellt werden, daß aloricat Ciliaten eine potentielle Nahrung für *Eurytemora affinis*, *Acartia tonsa* und *Temora longicornis* (Calanoida), für *Neomysis integer* (Mysidacea) und *Synchaeta littoralis* (Rotatoria) darstellen. Freßratenbestimmungen ergaben, daß *E. affinis* und *S. littoralis* einen erheblichen Teil des Energiebedarfs durch Ciliatenaufnahme decken können. Untersuchungen zur Abhängigkeit

quantitative Befunde unseres Wissens nur für die limnische Gattung *Asplanchna* (vgl. MALY 1975). Wenn auch die Experimente unter ausschließlicher Gabe von Ciliaten in relativ hohen Konzentrationen durchgeführt wurden, so bestätigten doch Freilanduntersuchungen (vgl. BURCKHARDT 1986, ARNDT u. BURCKHARDT in Vorb.), daß *Eurytemora* und möglicherweise auch *S. littoralis* zu bestimmten Zeiten einen großen Teil ihres Energiebedarfs in Form von Ciliaten zu sich nehmen. Die in Tab. 1 dargestellten Ergebnisse zeigen bei gleichen Versuchsbedingungen häufig eine deutlich höhere Freßrate bei Verwendung der Zellzählmethode im Vergleich zur <sup>14</sup>C-Technik. Für diese Unterschiede (bis 55 %) können zwei Gründe eine Rolle spielen, erstens waren die Versuchszeiten unterschiedlich (für die <sup>14</sup>C-Technik könnte der Anfangsstreß größer gewesen sein), zweitens könnten die höheren Freßraten der Zellzählmethode durch den Verlust von Ciliatenbiomasse beim Fraßvorgang verursacht worden sein, der bei der <sup>14</sup>C-Technik nicht gemessen wird. Für letztere Ursachen sprechen auch die Befunde an Cyclopiden (vgl. LANE et al. 1976). Sollte sich dies in weiteren Experimenten bestätigen, müßte dieser Faktor für die Einschätzung der Ciliatenmortalität und des Nährstoffrecyclings unter Freilandbedingungen beachtet werden.

Die Abhängigkeit der Freßrate von der Ciliatenkonzentration folgt der typischen Sättigungskurve, wie sie für Filtrationsprozesse bei Copepoden bekannt ist (vgl. HORN 1981), und bestätigt die Befunde zur direkten Beobachtung der Ciliatenaufnahme, nach der die Ciliaten während des Filtrationsprozesses aufgenommen werden. Vom 3. zum 4. Copepoditstadium scheint es eine Umstellung in der Nahrungsaufnahme zu geben, was auch für andere Copepoden gefunden wurde (vgl. CHOW-FRAZER u. WONG 1986), für den bisher gewöhnlich als herbivor eingestufte *Eurytemora affinis* jedoch ein wichtiges Ergebnis darstellt. Hier müssen natürlich weitere Untersuchungen folgen. Interessant ist auch der Nachweis, daß Nauplien in der Lage sind, Paramecien zu konsumieren. Dies ist bisher nur für Cyclopiden-Nauplien bekannt (vgl. KLEKOWSKI u. SHUSHKINA 1966) und sollte zu weiteren Untersuchungen Anlaß geben.

Wenn die vorliegenden Untersuchungen auch nur erste Ergebnisse darstellen, so weisen sie doch darauf hin, daß die Wechselbeziehung Metazooplankton – Protozooplankton für die Modellierung und Steuerung der Küstengewässerökosysteme unbedingt Beachtung finden muß. Freilanduntersuchungen im Barther Bodden ergaben, daß im Frühjahr vor Beginn der Phytoplanktonblüte bis zu 100 % der Ciliatenproduktion pro Tag von Metazooplanktern (*Eurytemora*, *Synchaeta*) konsumiert werden können. Damit kommt den Ciliaten zumindest in der phytoplanktonarmen Jahreszeit möglicherweise eine wichtige Bedeutung für die Ernährung der größeren Zooplankter zu (BURCKHARDT 1986, ARNDT et al. im Druck).

der Ciliatenaufnahme durch *Eurytemora* von der Ciliatenkonzentration ergaben eine Sättigungskurve, was die visuell beobachtete Kopplung des Filtrationsprozesses mit der Ciliatenaufnahme bestätigte. Experimente zur Ciliatenaufnahme in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium (*Eurytemora*) zeigten eine Zunahme der Freßrate mit wachsender Größe der Copepoden (N<sub>6</sub> – ad.), wobei eine besonders starke Zunahme vom C<sub>3</sub>- zum C<sub>4</sub>-Stadium zu verzeichnen war. Bemerkenswert ist die Paramecienaufnahme durch *Eurytemora*-Nauplien.

Vergleiche mit Freilanduntersuchungen weisen auf die Bedeutung der Metazooplankton-Protozooplankton-Wechselbeziehung vor allem in der phytoplanktonarmen Jahreszeit für innere Küstengewässer hin.

#### Резюме

При помощи лабораторных экспериментов ( $^{14}\text{C}$ -метода, подсчет разницы) для определения поедания инфузорий (*Paramecium*, *Euplotes*) метазoopлankтоном могло быть установлено, что алорикатные инфузории являются потенциальным кормом для *Eurytemora affinis*, *Acartia tonsa* и *Temora longicornis* (Calanoida), для *Neomysis integer* (Mysidacea) и *Synchaeta littoralis* (Rotatoria). Определение поедаемости показало, что *E. affinis* и *S. littoralis* покрывают значительную часть их потребности в энергии путем поедания инфузорий. Исследования зависимости между поеданием инфузорий метазoopлankтоном *Eurytemora* и концентрацией инфузорий показаны на кривой насыщения, что подтвердило визуально наблюдаемую связь между процессом фильтрации и поеданием инфузорий. Эксперименты поедаемости инфузорий в зависимости от стадии развития метазoopлankтона (*Eurytemora*) показали прирост поедаемости с растущей величиной веслоногих рачков ( $N_6$ -ad.) причем наиболее сильный прирост был отмечен от  $C_3$ - до  $C_4$ -стадии. Примечательным является поедание тифелек *Eurytemora*-науплиями.

Сравнения с исследованиями на открытом грунте указывают на значение взаимоотношения метазoopлankтон-protozooplankтон для внутренних прибрежных вод, прежде всего во время года с малым содержанием фитопланктона.

#### Summary

In laboratory experiments ( $^{14}\text{C}$  method, cell counts) designed to yield information regarding the uptake of ciliates (*Paramecium*, *Euplotes*) by metazooplankters it was found that aloricate ciliates represent a potential food source for *Eurytemora affinis*, *Acartia tonsa*, *Temora longicornis* (Calanoida), for *Neomysis integer* (Mysidacea), and for *Synchaeta littoralis* (Rotatoria). The measured feeding rates showed that *E. affinis* and *S. littoralis* are able to satisfy a substantial part of their energy demand by grazing on ciliates. Investigations into the

dependence of ciliate uptake by *Eurytemora* on ciliate concentration yielded a saturation curve, thus confirming the visually observed link between the filtration process and ciliate uptake. Experiments designed to show the link between ciliate uptake and developmental stage of *Eurytemora* indicated that the feeding rate increases as the copepods grow ( $N_6$  - adult), the increase being particularly marked from stage  $C_3$  to  $C_4$ . The fact that nauplii of *Eurytemora* feed on *Paramecium* sp. is noteworthy. Comparisons with field investigations point to the importance of the relationship between metazooplankton and protozooplankton in landlocked coastal waters particularly during seasons when phytoplankton is scarce.

#### Résumé

A l'aide d'expériences effectuées en laboratoire (méthode au  $\text{C}^{14}$ , comptage des cellules) concernant l'ingestion de ciliés (*Paramecium*, *Euplotes*) par des êtres métazooplanktoniques, on a pu constater que les ciliés aloricates constituent une nourriture potentielle pour les *Eurytemora affinis*, *Acartia tonsa* et *Temora longicornis* (Calanoida), pour *Neomysis integer* (Mysidacea) et *Synchaeta littoralis* (Rotatoria). Des déterminations du taux d'ingestion ont eu pour résultat que les *E. affinis* et *S. littoralis* peuvent couvrir une partie considérable du besoin en énergie en mangeant des ciliés. Des études réalisées pour examiner dans quelle mesure l'ingestion de ciliés par *Eurytemora* est fonction de la concentration de ciliés ont donné une courbe de saturation, ce qui confirmait le couplage visuellement observé entre le processus de filtration et l'ingestion de ciliés. Des expériences portant sur l'ingestion de ciliés en fonction du stade de développement (*Eurytemora*) ont démontré une augmentation du taux d'ingestion avec la taille croissante des copépodes ( $N_6$ -ad.), un accroissement particulièrement considérable ayant été enregistré du stade  $C_3$  au stade  $C_4$ . On remarque l'ingestion de paramecies par des nauplies d'*Eurytemora*.

Des comparaisons avec des études menées dans la nature signalent l'importance du rapport entre le métazooplankton et le protozooplankton pour les eaux côtières intérieures surtout pendant la saison pauvre en phytoplankton.

#### Literatur

- ARNDT, H. (1986):  
Symp. Biol. Hung. 33: 257-261.
- ARNDT, H.; JOST, G.; WASMUND, N. (im Druck):  
Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.
- BERK, S. G.; BROWNLEE, D. C.; HEINLE, D. R.; KLING, H. J.; COLLWELL, R. R. (1977):  
Microbiol. Ecol. 4: 27-40.
- BURCKHARDT, R. (1986):  
Diplomarbeit, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.
- CISLENKO, L. L. (1968):  
Nomogrammy dlja opredelenija wesa wodnych organismow po rasmeram i formja tela. Isd. Nauka, Leningrad.
- CHOW-FRASER, P.; WONG, C. K. (1986):  
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 938-944.
- FENCHEL, T. (1968):  
Ophelia 5: 123-136.
- GATES, M. A. (1984):  
Hydrobiologia 108: 233-238.
- GOULDER, R. (1971):  
Oikos 22: 199-203.
- HORN, W. (1981):  
Int. Revue ges. Hydrobiol. 66: 787-810.
- JANSEN, W. (1983):  
Dissertation A, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.
- KLEKOWSKI, R. Z.; SHUSHKINA, E. A. (1966):  
Verh. intern. Verein. Limnol. 16: 399-418.
- LANE, P. A.; KLUG, M. J.; LOUDAN, L. (1976):  
Trans. Amer. Micros. Soc. 95: 143-155.
- MALY, E. J. (1975):  
Ecology 56: 346-358.
- PACE, M. M.; ORCUTT, J. D. jr. (1981):  
Limnol. Oceanogr. 26: 822-830.
- PORTER, K. G.; SHERR, E. B.; SHERR, B. F.; PACE, M.; SANDERS, R. W. (1985):  
J. Proto Zool. 32: 415-423.
- PORTER, K. G.; PACE, M. L.; BATTEY, J. F. (1979):  
Nature 277: 563-565.
- SCHARF, E.-M.; SCHNESE, W. (1984):  
Limnologica (Berl.) 15: 429-437.
- SCHRÖDER, C. (1984):  
Diplomarbeit, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.
- SOROKIN, J. I. (1968):  
Mitt. Int. Verein. Limnol. 16: 1-45.
- STOECKER, D. K.; SANDERS, N. K. (1985):  
J. Plankt. Res. 7: 85-100.

Verfasser: Dipl.-Biol. Roger Burckhardt  
Dr. rer. nat. Hartmut Arndt  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Biologie  
Freiligrathstr. 7/8  
Rostock  
DDR-2500