

FREILANDEXPERIMENTE ZUR SCHÄTZUNG DER SCHWIMMGESCHWINDIGKEIT DES ZOOPLANKTONS WÄHREND DER UFERFLUCHT

Afra und Günter MÜLLER

1. Einleitung

SIEBECK (1968, 1969) hat gezeigt, daß die sogenannte Uferflucht des Zooplanktons von der Vertikalwanderung unabhängig verläuft und daß für die Fluchtrichtung die räumliche Helligkeitsverteilung innerhalb des doppelten Grenzwinkels ausschlaggebend ist. Über die bei der Uferflucht erreichten Geschwindigkeiten liegen keine genaueren Angaben vor. STRICKLER (1970) nennt horizontale Schwimmgeschwindigkeiten von *Cyclops abyssorum praealpinus* und *Cyclops vicinus lobosus*, ROSENTHAL (1972) hat die Geschwindigkeit der Sprungbewegung von *Cyclops strenuus* gemessen und kalkuliert Durchschnittsgeschwindigkeiten.

In der vorliegenden Arbeit soll über einige Freilandexperimente zu dieser Frage am Lunzer Untersee (Niederösterreich) im Herbst 1973 berichtet werden.

Gedankt werden muß an dieser Stelle Hr. Prof. Dr. Heinz Löffler, Universität Wien, für die Anregung und die Möglichkeit zu dieser Arbeit. Dank gebührt auch den Mitarbeitern der Biologischen Station Lunz/See, besonders Hr. Fritz Aigner, der in kürzester Zeit die notwendige Versuchseinrichtung gebaut hat. Ganz besonders herzlich danken wir Hr. Prof. Dr. Otto Siebeck für die kritische Durchsicht des ersten Manuskripts dieser Arbeit.

2. Material und Methodik

Das Versuchsprinzip besteht darin, im Pelagial gefangenes Zooplankton in einer Plexiglasröhre vom Litoral Richtung Pelagial flüchten zu lassen und während einer Stunde auf der Pelagialseite der Röhre in kurzen Zeitabständen die ankommenden Tiere zu fangen. Da die Zahl der am Versuch beteiligten Tiere bekannt ist, kann die von einem bestimmten Prozentsatz der Tiere erreichte Geschwindigkeit berechnet werden. Eine genauere Beschreibung der Versuchseinrichtung und -durchführung folgt weiter unten.

Alle Vorversuche und eigentlichen Experimente wurden vom 13. bis 21. September 1973 durchgeführt. *Tabelle 1* bringt nähere Angaben über die ausgewerteten Versuche. Als Versuchsort wurde die flache, im SO des Lunzer Untersees gelegene Bucht südlich der Mündung des Seebachs ausgewählt. Die Uferbank ist hier relativ breit ausgebildet. Die Wassertiefe nimmt gegen das Freiwasser hin nur langsam zu, so daß sich günstige Voraussetzungen für die Durchführung der Versuche ergaben. Stichprobenartige Netzzüge zu verschiedenen Zeiten in diesem Seeteil lieferten praktisch nur Litoral- aber keine Planktonformen.

Abbildung 1 zeigt die Versuchsanordnung: Die Röhre wurde knapp unter dem Wasserspiegel entsprechend der bevorzugten Fluchrichtung ausgerichtet und auf ein Gestell montiert. Mehrere Vorversuche mit dem Rundbecken von SIEBECK (1968) dienten dazu, die bevorzugte Fluchrichtung an dieser Stelle des Sees unter ähnlichen Lichtverhältnissen, wie sie bei den Versuchen herrschten, festzulegen.

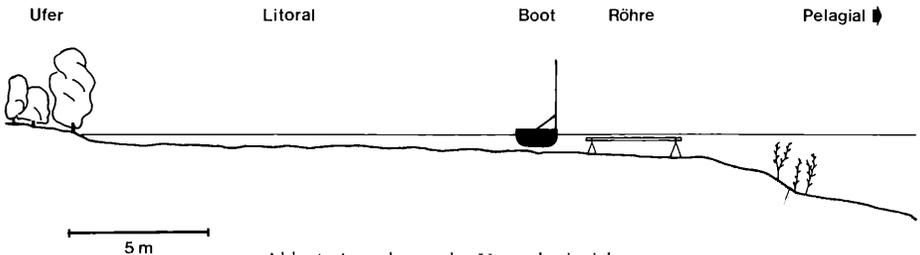


Abb. 1: Anordnung der Versuchseinrichtung

Die aus 3 mm starkem Plexiglas gefertigte Röhre ist 3 m lang und besitzt einen Innendurchmesser von 14,3 cm. An beiden Enden befinden sich 25 cm lange, austauschbare Plexiglas Kästen (Litoral- und Pelagialkästen), deren dem Wasser zugekehrte Seite aus Planktonnetzstoff (100 μ Maschenweite) besteht. Die der Röhre zugekehrte Seite des Kastens besitzt eine kreisförmige, an die Röhre passende Öffnung. Zwei Schieber, einer an der Röhre, einer am Kasten, ermöglichen ein rasches Wechseln der Kästen ohne wesentlichen Verlust an Tieren. Zwischen den beiden Schiebern befanden sich beim Wechseln maximal 4–6 Tiere, die verloren gingen. Die Röhre wurde vor jedem Versuch ausgewaschen, um Algen, Detritus, Gasblasen u. a. zu entfernen. Vor jedem Versuch wurde mit Farbstoff kontrolliert, ob im Bereich der Röhre Strömungen den Versuch beeinträchtigen könnten.

Knapp vor Versuchsbeginn wurde das benötigte Plankton im Pelagial mit dem Planktonnetz aus 16 bis 0 m Tiefe gefangen und in 10 l fassenden Eimern zum Versuchsort transportiert. Offenbar trotz der Sorgfalt geschädigte Tiere (bs. Cladoceen) wurden ausgeschieden: Aufschwimmende Tiere und der Bodensatz wurden verworfen. Der restliche Inhalt des Eimers wurde in den litoralseitig gelegenen Kasten geleert. Nach 15 Minuten Adaptation wurde mit dem eigentlichen Versuch begonnen:

Die beiden Schieber beim Litoralkasten wurden geöffnet. Nach jeweils zwei Minuten wurde der Schieber auf der Pelagialseite der Röhre kurz geschlossen und der Pelagialkasten ausgewechselt. Während des Wechsels waren die Schieber der

verwendeten zwei Pelagialkästen natürlich ebenfalls zu. Das im Pelagialkasten gefangene Plankton wurde in der Zwischenzeit in Probengefäße gespült und mit Formol fixiert. Nach 60 Minuten wurde der Versuch beendet. Das nach dieser Zeit im Litoralkasten und in der Röhre verbliebene Plankton wurde ebenfalls abgesiebt und fixiert.

Für Versuche mit künstlicher Horizontüberhöhung wurde das Stationsboot der Biologischen Station Lunz 1,2 m vom Litoralkasten entfernt im rechten Winkel zur Röhre aufgestellt. Auf dem Boot annähernd senkrecht angebrachte dunkelbraune Decken ermöglichten eine extreme Horizontüberhöhung. Der obere Rand der 3 m breiten, dunklen Fläche lag 2,6 m über dem Wasserspiegel. Lichtmessungen mit einem Gerät, wie es etwa SIEBECK (1968) benutzt hat, waren nicht möglich, da eine derartige Einrichtung nicht zur Verfügung stand.

Die beiden Experimentatoren versuchten, Störungen durch ihr selbst hervorgerufenes Dunkelfeld möglichst gering zu halten: Eine Person stand ständig beim Boot, die andere – bis zur Gürtellinie im Wasser – nur während des Wechsels der Kästen direkt beim Ende der Röhre.

Der Inhalt des Litoralkastens und der Röhre nach 60 Minuten und die 2-Minuten-Proben wurden unter dem Binokular vollständig ausgezählt. Erfasst wurden *Daphnia longispina* (O. F. MÜLLER), *Eubosmina longispina* (LEYDIG), *Eudiaptomus gracilis* (G. O. SARS) und *Cyclops tatricus* (KOZMINSKI). Bei den Copepoden wurden Copepodide, Männchen und Weibchen getrennt gezählt. Von den zusammengesütteten Proben der Versuche vom 15. und 20. September wurden die Gesamtlängen der Tiere gemessen, wobei bei den Copepoden die bei EINSLE (1975) zitierte Meßvorschrift nach KOZMINSKI beachtet wurde. (Die Tiere wurden erst 1978 und 1981 vermessen.) Da die Meßwerte im statistischen Test sich als nicht signifikant verschieden erwiesen (95% Niveau), sind sie in *Tabelle 2* zusammengefaßt angegeben. Um mit den Angaben von ROSENTHAL (1972) vergleichen zu können, sind bei *Cyclops tatricus* zusätzlich die Cephalothoraxlängen angegeben.

3. Auswertung, Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 10 Versuche gemacht, 4 jedoch wegen offensichtlich störenden Lichtveränderungen (sichtbar werdende Sonne etwa) oder aufkommendem Wind und Strömungen vorzeitig abgebrochen. Die 6 verbleibenden Experimente (3 ohne, 3 mit künstlichem Horizont) werden getrennt behandelt, da die Witterungs- und damit Lichtverhältnisse bei jedem Versuch etwas anders waren und eine Mittelwertbildung daher nicht zulässig erscheint. Ebenfalls verzichtet wurde bei den einzelnen Arten bzw. Gruppen auf die Darstellung der Ergebnisse, wenn nach 60 Minuten weniger als 150 Tiere im Pelagialkasten angekommen sind.

In *Tabelle 3* sind die Gesamtzahlen der Tiere in den einzelnen Versuchen, also die Summen der Tiere aus dem Litoralkasten und der Röhre nach 60 Minuten und aller 2-Minuten-Proben, angegeben. Die *Abbildungen 2 bis 8* zeigen für die endgültig ausgewerteten Arten bzw. Gruppen links die Summenkurven der einzelnen Versuche

A bis F, entsprechend der Tabelle 1 und 3. 100 Prozent sind alle nach 60 Minuten im Pelagialkasten ankommenden Tiere. Die 50-Prozent-Grenze, auf deren Basis die Uferfluchtgeschwindigkeit errechnet wird, ist strichliert eingezeichnet. Die Blockdiagramme auf der rechten Seite jeder Abbildung illustrieren die Verteilung der Tiere nach 60 Minuten. In diesem Fall entsprechen die 100 Prozent der Summe aller Tiere des Versuchs, also den Angaben in Tabelle 3. Von links nach rechts ist der Anteil der Tiere im Litoralkasten, in der Röhre (dunkel) und die Summe der 2-Minuten-Proben eingezeichnet. Die Zahl rechts von jedem Balken ist die Summe der 2-Minuten-Proben und kann als Maß für die Aussagekraft der Summenkurve gelten. *Tabelle 4* gibt die errechneten Geschwindigkeiten der einzelnen Arten und Gruppen auf eine Länge von 3,25 m (Mitte des Litoral- bis Mitte des Pelagialkastens) an.

Abgesehen von Versuch A, *Diaptomus* Copepodide, wo eine Geschwindigkeit wie im Versuch F erreicht wird, liegen die Geschwindigkeiten bei den Versuchen mit dem künstlichen Horizont zum Teil bis 50 Prozent über denen ohne zusätzliches Dunkelfeld. Bei *Daphnia* und *Bosmina* haben in den Versuchen ohne künstlichen Horizont immer weniger als 150 Tiere den Pelagialkasten erreicht, wobei lt. *Tabelle 3* bei *Daphnia* zumindest im Versuch B, bei *Bosmina* im Versuch A und C das Potential groß genug gewesen wäre.

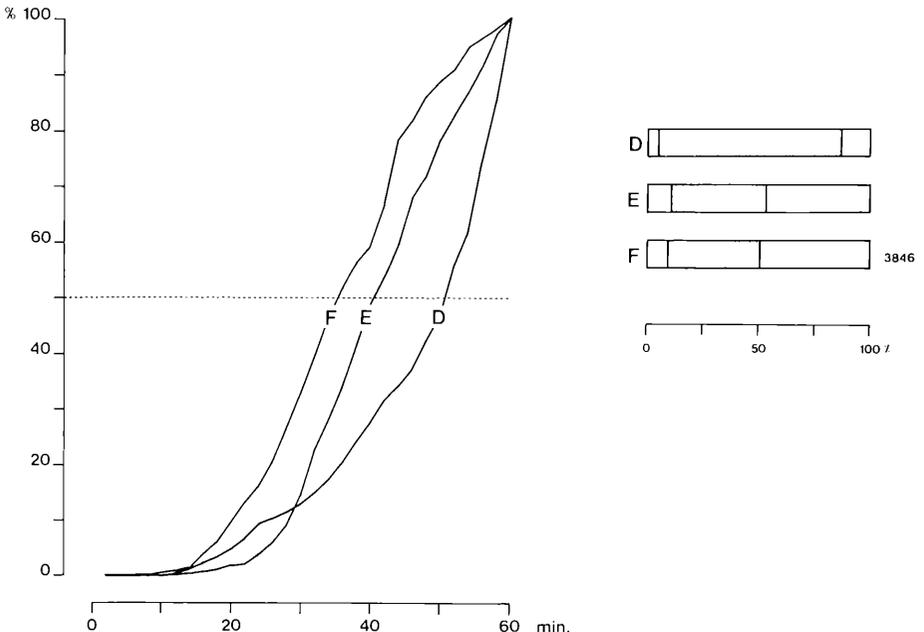


Abb. 2: *Daphnia longispina*, Summenkurven und Verteilung nach 60 Minuten, Erklärungen im Text

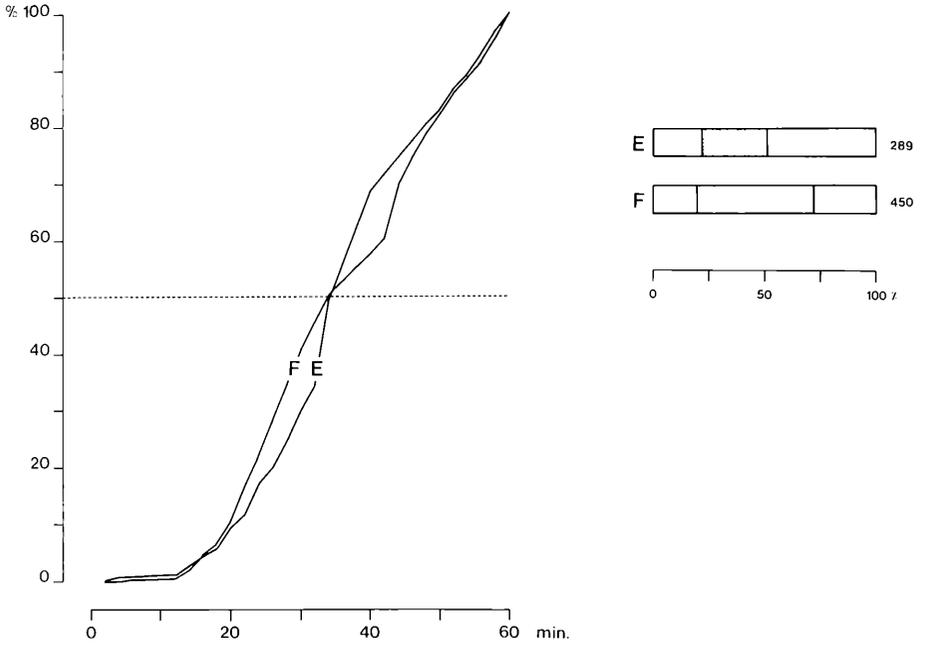


Abb. 3: *Eubosmina longispina*, Summenkurven und Verteilung nach 60 Minuten, Erklärungen im Text

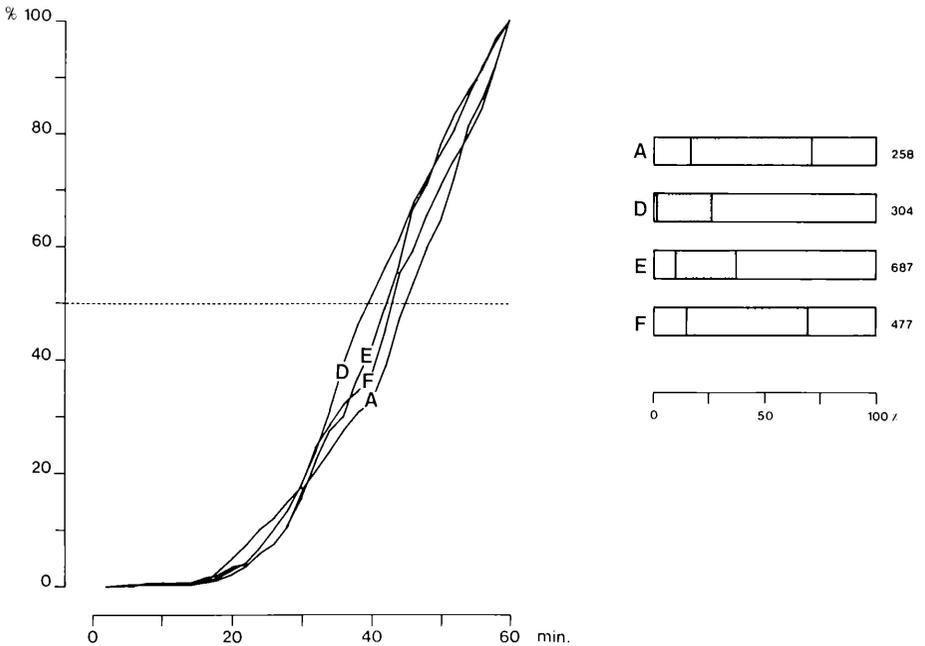


Abb. 4: *Eudiaptomus gracilis* ♀, Summenkurven und Verteilung nach 60 Minuten, Erklärungen im Text

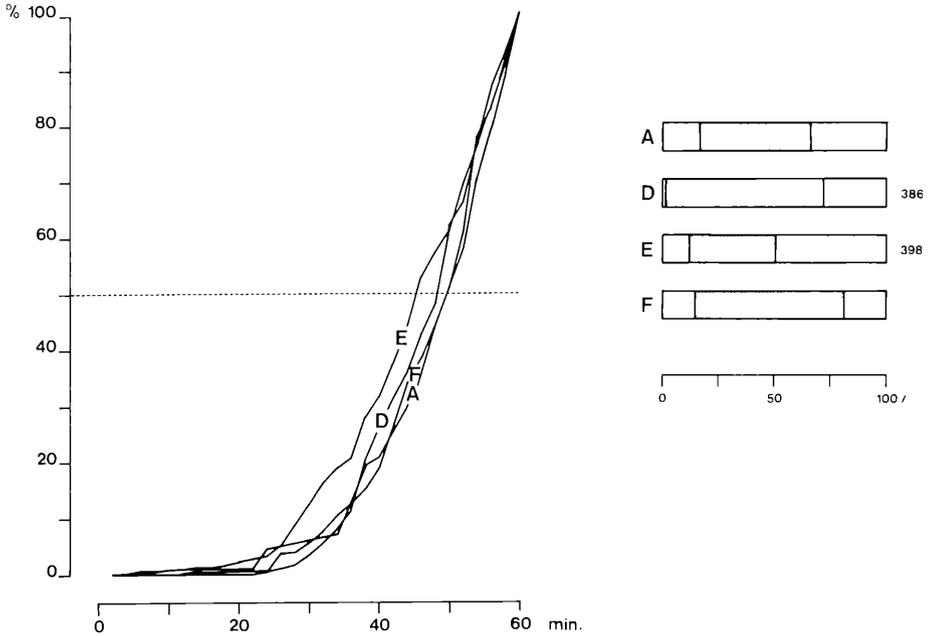


Abb. 5: *Eudiaptomus gracilis*, Copepodide, Summenkurven und Verteilung nach 60 Minuten, Erklärungen im Text

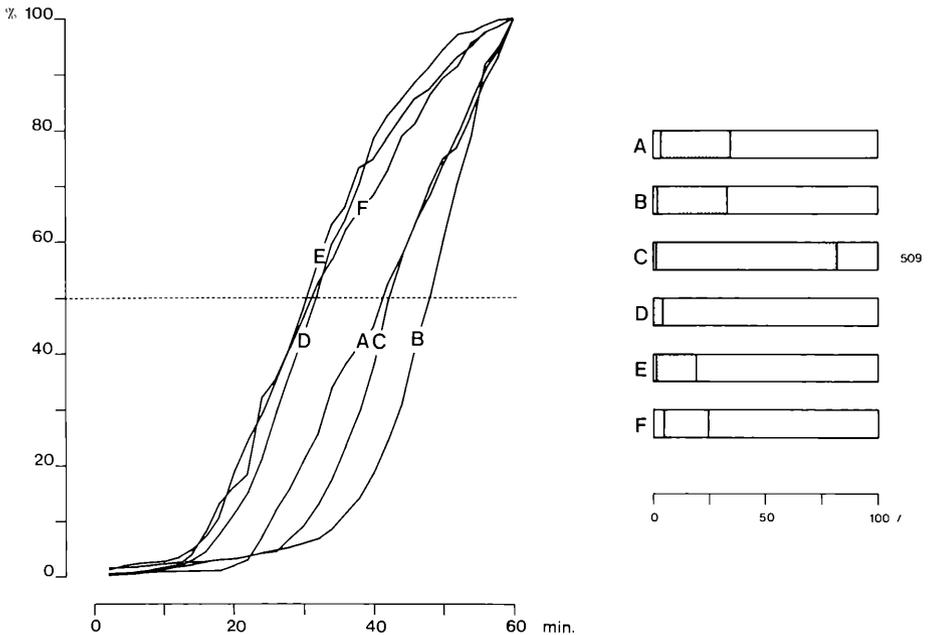


Abb. 6: *Cyclops taticus* ♀, Summenkurven und Verteilung nach 60 Minuten, Erklärungen im Text

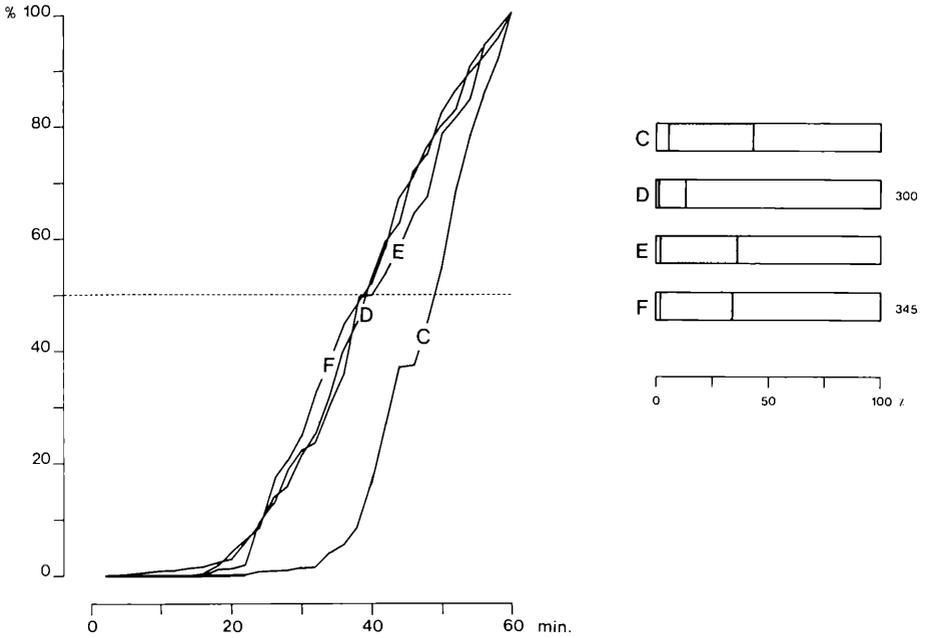


Abb. 7: *Cyclops tatricus* ♂, Summenkurven und Verteilung nach 60 Minuten, Erklärungen im Text

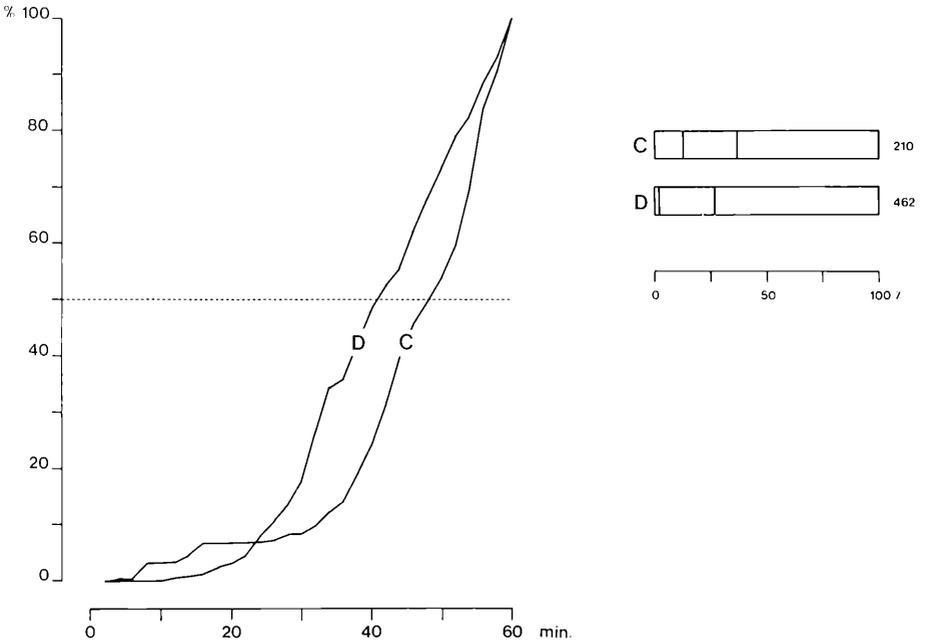


Abb. 8: *Cyclops tatricus*, Copepodide, Summenkurven und Verteilung nach 60 Minuten, Erklärungen im Text

Der Anteil im Pelagialkasten nach 60 Minuten erreicht bei *Cyclops* ♀ im Versuch D 96 Prozent, wobei aber in den Versuchen E und F höhere Geschwindigkeiten erreicht werden. Die Anteile im Pelagialkasten liegen dabei bei 81 und 75 Prozent. Der Anteil geflüchteter Tiere steht also, soweit die geringe Zahl Versuche diesen Schluß überhaupt zuläßt, nicht unbedingt in direkter Beziehung zur Geschwindigkeit, die dabei von 50 Prozent der Tiere erreicht wird. Ähnliches gilt für andere Versuche.

Für die bei den Versuchen mit und ohne künstlichen Horizont ermittelten unterschiedlichen Geschwindigkeiten bieten sich zwei Interpretationsmöglichkeiten an:

1. Die Tiere schwimmen bei künstlicher Horizontüberhöhung schneller.
2. Die Tiere schwimmen bei künstlicher Horizontüberhöhung zwar gleich schnell, können sich aber bei dem gegebenen Dunkelfeld besser orientieren. Die Schwimmrichtung ist präziser pelagialwärts ausgerichtet, so daß die Tiere schneller ans Ziel gelangen.

Welcher der beiden Gründe ausschlaggebend ist, kann auf Grund dieser Feldversuche nicht gesagt werden. Erwähnt werden müssen in diesem Zusammenhang die Versuche von RINGELBERG (1969). Seine Versuche lassen erkennen, daß für die Orientierung der Körperachse von *Daphnia magna* – und damit für die Schwimmrichtung – die Lichtverhältnisse entscheidend sind.

Die gemessenen Uferfluchtgeschwindigkeiten liegen unter den von ROSENTHAL (1972) angegebenen Geschwindigkeiten von *Cyclops strenuus*. Er kalkuliert Durchschnittsgeschwindigkeiten zwischen 1,6 und 4,5 mm/sec bei Tieren vergleichbarer Größe unter Berücksichtigung von Sprungweite, Dichte der Sprungfolgen und Temperatur.

STRICKLER (1970) nennt als horizontale Schwimmgeschwindigkeit für *Cyclops abyssorum praealpinus* $2,8 \pm 0,6$ bzw. $5,5 \pm 0,8$ mm/sec, für *Cyclops vicinus lobosus* $5,8 \pm 1,3$ mm/sec. Der Vergleich mit den bei HUTCHINSON (1967) angegebenen Geschwindigkeiten, die bei der Vertikalwanderung erreicht werden, zeigt, daß *Daphnia longispina* vergleichbarer Größe während der Vertikalwanderung etwa dreimal so schnell sein kann. Die für *Eudiaptomus gracilis* angegebenen Geschwindigkeiten entsprechen etwa denen der Uferfluchtversuche. *Cyclops strenuus* vergleichbarer Größe ist etwa 2–3mal schneller als *Cyclops tatricus* bei den Uferfluchtversuchen.

Die in den Versuchen ohne künstliche Horizontüberhöhung über 3,25 m gemessenen Geschwindigkeiten würden, sollten sie beibehalten werden, bedeuten, daß 50 Prozent der Tiere erst nach etwa 3 bis 4 Stunden das Pelagial erreichen. Allerdings dürfte die Geschwindigkeit wegen der gegen das Pelagial zu schwächer werdenden Horizontüberhöhung eher noch sinken.

Die Ergebnisse dieser Uferfluchtversuche dürfen natürlich nicht uneingeschränkt verallgemeinert werden. Die Zahl der Versuche ist dafür sicher zu gering. Außerdem fehlen Lichtmessungen. Insgesamt gesehen ist die Arbeit eher als „pilot study“ und als kleiner Beitrag zum komplexen Problem der räumlichen Orientierung des Zooplanktons zu werten.

Versuch	A	B	C	D	E	F
	ohne künstliche Horizontüberhöhung			mit künstlicher Horizontüberhöhung		
Datum	15. 9. 73	16. 9. 73	19. 9. 73	17. 9. 73	18. 9. 73	20. 9. 73
Uhrzeit	6.10.–7.10	17.45–18.45	17.10–18.10	17.30–18.30	6.10–7.10	6.15–7.15
Wetter, Bewölkung, Licht- verhältnisse	Nebel, erste Uferbäume gut sichtbar	7/10 bewölkt, Sonne vor Sonnenunter- gang hinter Wolken; bei Versuchsende noch etwa 1 Lux	6/10 bewölkt	5/8 bewölkt	dichter Nebel	10/10 bewölkt, später Auf- lockerung, leichter Dunst; Wolken vor der aufgehenden Sonne; starker Kontrast der Uferbäume gegen den Himmel
Wasser- temperatur*	—	—	17,2–17,8	17,6	16,1–16,3	16,2

Tabelle 1: Genauere Angaben über die ausgewerteten Versuche

(* Die Temperaturdifferenz zwischen 0 m und 16 m Tiefe im Pelagial des Sees beträgt in dieser Zeit maximal 10 °C [0 m: 17 °C, 16 m: 7 °C])

		\bar{x}	$s^{\text{min.}}$	$s^{\text{max.}}$
<i>Daphnia longispina</i>		1,18	0,84	1,72
<i>Eubosmina longispina</i>		0,65	0,44	0,78
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	♀	0,84	0,70	1,11
	Copepodide	0,64	0,37	0,74
<i>Cyclops tatricus</i>	♀	1,05 (0,74)	0,78 (0,55)	1,47 (1,03)
	♂	1,08 (0,75)	0,97 (0,69)	1,75 (1,21)
	Copepodide	0,51 (0,37)	0,41 (0,30)	0,64 (0,47)

Tabelle 2: Gesamtlängen der Tiere in mm, bei *Cyclops tatricus* sind die Cephalothoraxlängen in Klammer beigefügt.
(n = jeweils 80)

		A	B	C	D	E	F
		ohne künstliche Horizontüberhöhung			mit künstlicher Horizontüberhöhung		
<i>Daphnia longispina</i>		1594	2826	977	6749 x	2844 x	7862 x
<i>Eubosmina longispina</i>		1032	487	831	526	582 x	1582 x
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	♀	880 x	618	395	410 x	1095 x	1574 x
	♂	101	43	457	160	90	58
	Copepodide	571 x	284	496	1405 x	802 x	934 x
<i>Cyclops tatricus</i>	♀	1080 x	933 x	2814 x	582 x	1258 x	1506 x
	♂	327	211	267 x	346 x	269 x	522 x
	Copepodide	219	109	332 x	629 x	204	246

Tabelle 3: Gesamtzahlen der Tiere in den einzelnen Versuchen
Versuche, für die eine Summenkurve in den Abbildungen 2 bis 8 dargestellt ist, sind mit x gekennzeichnet.

		A	B	C	D	E	F
		ohne künstliche Horizontüberhöhung			mit künstlicher Horizontüberhöhung		
<i>Daphnia longispina</i>		—	—	—	1,05	1,30	1,48
<i>Eubosmina longispina</i>		—	—	—	—	1,52	1,57
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	♀	1,19	—	—	1,37	1,24	1,21
	Copepodide	1,07	—	—	1,09	1,16	1,07
<i>Cyclops tatricus</i>	♀	1,27	1,11	1,01	1,67	1,72	1,72
	♂	—	—	1,09	1,33	1,30	1,33
	Copepodide	—	—	1,09	1,30	1,44	1,33

Tabelle 4: Geschwindigkeiten während der Uferflucht, angegeben in mm/sec.
Erläuterungen siehe im Text

4. Literatur

- EINSLE, U., 1975: Revision der Gattung *Cyclops* s. str. speziell der *abyssorum*-Gruppe, Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 32: 57–219.
- HUTCHINSON, G. E., 1967: A Treatise on Limnology. Vol. 2 Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1115 pp.
- RINGELBERG, J., 1969: Spatial orientation of planktonic crustaceans 2. The Swimming behaviour in a vertical plane, Verh. Internat. Verein. Limnol. 17, 841–847.
- ROSENTHAL, H., 1972: Über die Geschwindigkeit der Sprungbewegungen bei *Cyclops strenuus* (Copepoda), Int. Revue ges. Hydrobiol. 57, 1, 157–167.
- SIEBECK, O., 1968: „Uferflucht“ und optische Orientierung pelagischer Crustaceen, Arch. Hydrobiol./ Suppl. XXXV, 1, 1–118.
- SIEBECK, O., 1969: Spatial orientation of planktonic crustaceans 1. The swimming behaviour in a horizontal plane, Verh. Internat. Verein. Limnol. 17, 831–840.
- STRICKLER, J. R., 1970: Über das Schwimmverhalten von Cyclopiden bei Verminderungen der Bestrahlungsstärke, Schweiz. Z. Hydrol. 32, 1, 150–180.

Adresse der Autoren: Beide: A-4063 Hörsching, Mozartstraße 7

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Afra, Müller Günter

Artikel/Article: [FREILANDEXPERIMENTE ZUR SCHÄTZUNG DER SCHWIMMGESCHWINDIGKEIT DES ZOOPLANKTONS WÄHREND DER UFERFLUCHT. 29-41](#)