©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

| Carinthia II | 166./86. Jahrgang | S. 373–385 | Klagenfurt 1976 |
|---|---|---|---|

# Die vertikale Verteilung des Zooplanktons im Goggausee (Der Einfluß von Algen und *Chaoborus flavicans*)

Von Alois HERZIG und Otto MOOG

(Mit 4 Abbildungen)

## EINLEITUNG

Der Goggausee, ein meromiktischer Kleinsee geringer Tiefe (700 m lang, 150 m breit, $z_{max} = 12$ m, $\bar{z} = 6$ m; FINDENEGG 1963), war Ziel einer einwöchigen Untersuchung (19. bis 26. Mai 1974) der Limnologischen Lehrkanzel der Universität Wien. Die Studie beinhaltete pollenanalytische und paläolimnologische Untersuchungen einerseits sowie eine Bestandsaufnahme von chemisch-physikalischen Faktoren, Primärproduktion, Bakterien, Zooplankton, Zoobenthos und Fischen anderseits. Mit Ausnahme des Zooplanktons sind die Ergebnisse bereits veröffentlicht (LÖFFLER et al. 1975).

Ein meromiktischer See, mit seinem sauerstofffreien Tiefenwasser, schränkt die meisten Zooplankter in ihrer vertikalen Verteilung ein. Bis auf Ausnahmen (manche Protozoen, Rotatorien und *Cyclops*-Arten; Dauerstadien; z. B. HERZIG & POWELL 1972, RUTTNER-KOLISKO 1975) sind die Organismen auf die sauerstoffreichen Wasserschichten beschränkt. Zur Untersuchungszeit stellte aber auch die hohe Phytoplanktondichte – vor allem die Alge *Synedra nana,* die in dichtester Formation zwischen 1,5 und 3 m vorhanden war – ein Hindernis für die tierischen Organismen dar. Es war also eine sauerstofführende Schichte von 7 m vorhanden, diese wiederum durch den „*Synedra*-Horizont" in eine 1,5 m dicke obere und eine 4–5 m dicke untere Schichte getrennt.

Ziel dieser Untersuchung war es, die Vertikalverteilung der Rotatorien und Crustaceen im diurnen Zyklus zu verfolgen, wobei der Einfluß des Algenhorizontes und der nächtlichen Anwesenheit des Räubers *Chaoborus flavicans* in den obersten Wasserschichten mit erfaßt werden sollte.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

## METHODE

Als Entnahmegerät diente eine Motorpumpe (Zweitakt-Benzinmotor der Marke Libelle-0, 1,5 PS), an die ein Überdruckschlauch (Durchmesser 1 Zoll, Fa. Semperit) angeschlossen und dessen Ansaugöffnung mittels Trichter erweitert war. Die Proben wurden in Meterstufen mit einer Förderleistung von 10 Liter/Minute genommen.

Die Zeiten der Aufsammlungen: 20. Mai: 16.30, 21.00, 24.00 / 21. Mai: 12.00, 15.30, 18.30, 21.30, 23.45 / 22. Mai: 1.15, 3.15, 5.15, 9.30, 11.15.

Für die Wanderung von *Chaoborus flavicans* fanden auch die Daten von SCHIEMER et al. (1975) Verwendung (23./24. Mai). Am 20. und 21. Mai war die Wettersituation beständig, schön, am 22. Mai begann ein Schlechtwettereinbruch mit fast ständiger Bewölkung und Regen.

## ERGEBNISSE

Zooplankton allgemein: Jahreszeitlich bedingt waren in erster Linie Copepoden und Rotatorien zu erwarten, weniger jedoch Cladoceren. Umso erstaunlicher war es, daß fast nur Rotatorien vorhanden waren (99.7 % der Individuen, 93 % der Zooplanktonbiomasse) und die Crustaceen einen „unbedeutenden Rest" darstellten. Dazu gesellte sich noch eine relativ große *Chaoborus*-Population (Tab. 1). Überdies war das Fehlen eines calanoiden Copepoden auffallend, was auch FINDENEGG (1963) herausstreicht (auf eine mögliche Erklärung soll später eingegangen werden). Innerhalb der Crustaceen bildeten *Cyclops strenuus abyssorum* und *Mesocyclops leuckarti* den Hauptanteil (Adulte und Copepodide 79,6 %, Nauplii 15,5 %), wogegen *Daphnia longispina* nur 3,4 % des Bestandes bildete; auf *Ceriodaphnia pulchella, Bosmina longirostris* und *Chydorus sphaericus* entfielen 1,5 %.

Tab.: 1 Individuendichte, Biomasse, Prozentwerte und die jeweiligen Vertrauensgrenzen (95 %) für den 20./21. Mai 1974

| Individuendichte | m² | 95 % VG. | % |
|---|---|---|---|
| Zooplankton gesamt | $8.145 \times 10^6$ | $9.774–6.788 \times 10^6$ | |
| Rotatoria | $8.120 \times 10^6$ | $9.906–6.655 \times 10^6$ | 99.7 |
| Crustacea | 25110 | 30132–20925 | 0.3 |
| *Chaoborus flavicans* | 5445 | 8448–3509 | |

| Biomasse (mg Trgew.) | m² | % |
|---|---|---|
| Zooplankton gesamt | 650 | |
| Rotatoria | 605 | 93 |
| Crustacea | 45 | 7 |
| *Chaoborus flavicans* | 1270 | |

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Als häufigste Rotatorien kamen *Keratella cochlearis* (37 %) und *Filinia longiseta* (30,2 %) vor; *Anuraeopsis fissa* (15,7 %), *Polyarthra dolichoptera* (11 %) und *Keratella quadrata* (4,6 %) fielen ebenfalls auf. *Trichocerca birostris, Gastropus stylifer, Asplanchna priodonta, Synchaeta pectinata, Synchaeta* sp. und *Hexarthra* sp. erstellten die restlichen 1,5 %.

Unter einem Quadratmeter waren $8.145 \times 10^6$ Individuen bzw. 650 mg Trockengewicht Biomasse vorhanden (0–11 m). Bei einem Vergleich der Individuendichte mit jener des Klopeiner Sees und des Längsees, die im Mai der Jahre 1971 und 1972 besammelt wurden (HERZIG & POWELL 1972, HERZIG et al. 1973) geht hervor, daß in beiden Seen ungefähr gleich viele Crustaceen vorhanden waren, im Goggausee deren Dichte dagegen unverhältnismäßig niedrig war. Die Rotatorien sind im Vergleich zum Klopeiner See im Goggausee zehnmal so zahlreich (Tab. 2).

Tab.: 2 Vergleich der Individuenzahl dreier meromiktischer Seen im Mai (Goggau: 20./21. Mai 1974, Klopeiner See: 8./9./10. Mai 1971, Längsee: 29./30. Mai 1972)

| | $m^2$ | $m^3$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Total | Total | Crust. | Rotat. | % Rot./Crust. |
| Goggausee (0–11 m) | $8.145 \times 10^6$ | 740000 | 2283 | 737717 | 99.7/0.3 |
| Klopeiner See (0–25 m) | $2.983 \times 10^6$ | 119300 | 35790 | 83510 | 70/30 |
| Längsee (0–10 m) | | | 28800 | | |

Die Abundanz von *Chaoborus flavicans* betrug 5445/$m^2$. SCHIEMER et al. (1975) geben 11.000/$m^2$ (110/100 $cm^2$) an, wobei diese Verschiedenheit mit der unterschiedlichen Methodik erklärbar ist. FINDENEGG (1963) gibt für den Goggausee 800/$m^2$ an. Um zu zeigen, wie groß diese Population sein kann, seien einige Beispiele angeführt: SMYLY (1972) gibt für die Jahre 1956–1968 im Esthwaite Water (Lake District, England) 500–5200/$m^2$ an; KAJAK & RANKE-RYBICKA (1970) erwähnen für einen eutrophen und einen dystrophen See Polens 300/$m^2$ und bezeichnen dies als wenig, weisen aber auch darauf hin, daß diese Art bis zu über 100.000 Tiere pro $m^2$ erreichen kann. Im Längsee, wo diese Art gleichfalls vertreten ist, waren im Mai 1972 ca. 400/$m^2$ vorhanden (SCHIEMER 1973). Die Dichte dieses Organismus im Goggausee kann also als eher hoch bezeichnet werden.

Es fällt auf, daß im Goggausee wenige Crustaceen, sehr viele Rotatorien und viele Chaoboriden vorhanden sind, wobei ein calanoider Copepode gänzlich fehlt. Nun wird aber in vielen Fällen darauf verwiesen, daß gerade Chaoboriden in der Lage sind, den Zooplanktonbestand und im speziellen den der Crustaceen in kurzer Zeit zu dezimieren (KAJAK & RANKE-RYBICKA 1970, ANDERSON & RAASVELDT 1974). Es dürfte auch im Goggausee das Fehlen eines Diaptomiden und die geringe Crustaceendichte den hohen Individuenzahlen von *Chaoborus flavicans* zuzuschreiben sein.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

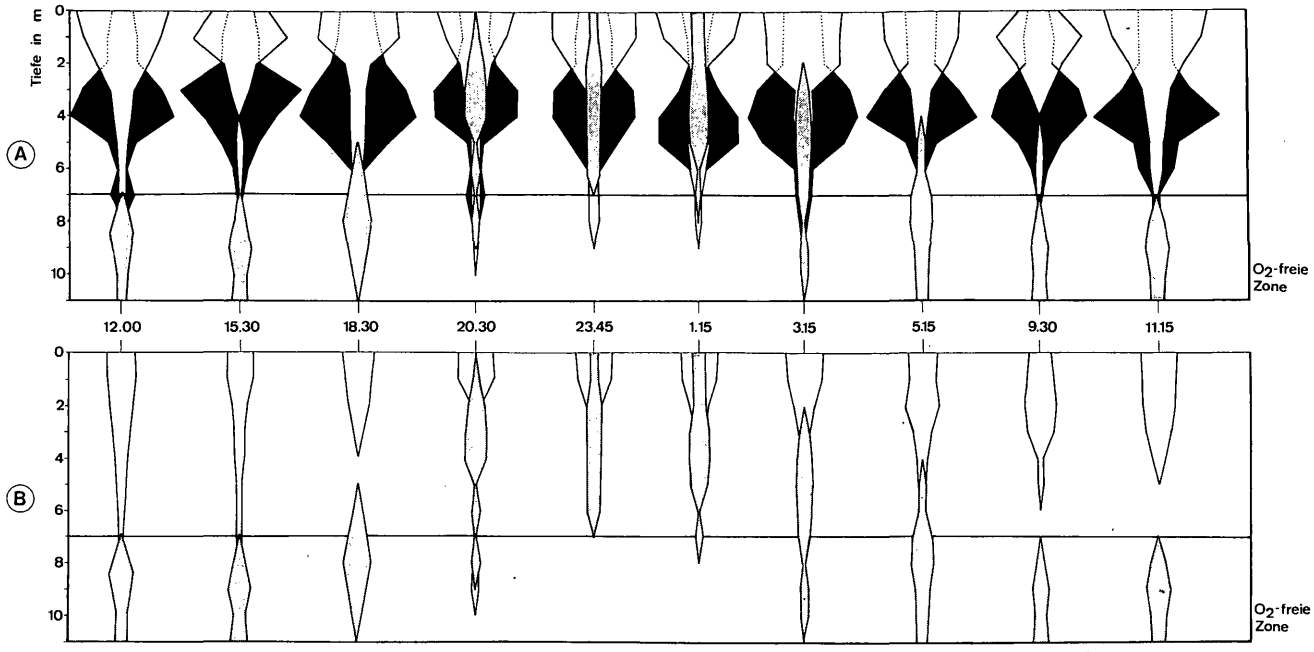



Abb. 1a: Vertikalverteilung von *Keratella cochlearis* □, Rotatoria-Rest ■, und *Chaoborus flavicans* ▒ (die Zählwerte dargestellt als $\sqrt[3]{\frac{N}{4.19}}$, der Maßstab für *Chaoborus flavicans* ist doppelt so groß wie der der Rotatoria)

1b: Vertikalverteilung von Crustacea □ und *Chaoborus flavicans* ▒ (Zählwerte dargestellt als $\sqrt[3]{\frac{N}{4.19}}$)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

## Die vertikale Verteilung im diurnen Zyklus:

Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren Bedingungen gegeben, wie sie aus BERGER (1975) und DOKULIL (1975) zu entnehmen sind. In Abb. 2a sind diese nochmals kurz dargestellt. Auffällig sind die geringe Sichttiefe (1,5 m im Durchschnitt), die Sauerstoffgrenze bei 7 m sowie das Biomassemaximum von *Synedra nana* zwischen 1,5 und 3 m (Werte von 5 bis 6,3 mg/l). Diese hohe Phytoplanktonbiomasse ist auch der Grund für die geringe Sichttiefe. Die euphotische Zone erstreckte sich bis 3,1 m.

Crustaceen und Rotatorien: Die Crustaceen sind zum Großteil zwischen 0 und 2 m vorhanden (Abb. 1b, 2a). In Abb. 1b ist die Verteilung der Crustaceen im zeitlichen Verlauf dargestellt; es ist ersichtlich, daß nur eine minimale Wanderung stattfindet und das Eindringen der *Chaoborus*-Population in den Bereich der Crustaceen während der Nachtstunden nur sehr gering ist.

In Abb. 2a sind die mittleren Tiefen der Crustaceenpopulation nach der Zeit aufgetragen. Diese mittlere Tiefe (S) einer Population läßt sich wie folgt errechnen (vgl. HOFMANN 1975):

$$S = \frac{\sum_{z=0}^{n} N_z \cdot z}{\sum_{z=0}^{n} N_z}$$

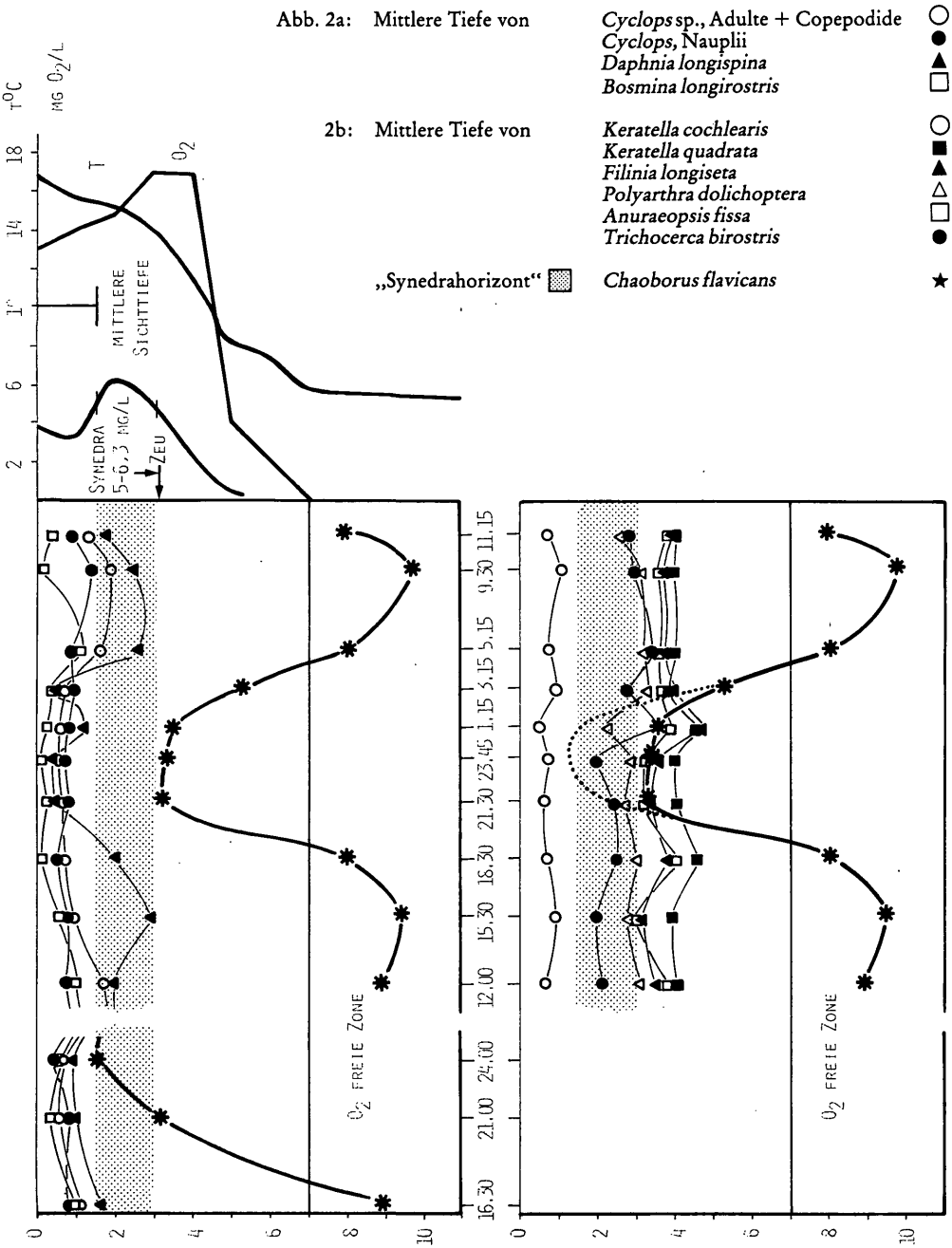
S ... mittlere Tiefe der Population
$N_z$ .. Anzahl der Individuen einer Art in der Tiefe z
z ... Tiefe in Meter (1)

Aus einer Darstellung dieser Berechnungen geht hervor, daß mit Ausnahme von *Daphnia longispina* alle Crustaceen oberhalb des dichtesten *Synedra*-Horizontes verbleiben und nur geringe Verlagerungen zeigen (Abb. 2 a). Die minimalen Tag-Nacht-Unterschiede soll Tab. 3 zeigen.

Tab.: 3 S-Werte der wichtigsten Arten: Tag-, Nacht- und Dämmerungsstunden (20./21./22. Mai 1974)

| S in Metern | Tag (8–18) | Nacht (20–3) | Dämmerung (4–6/18–20) |
|---|---|---|---|
| Crustacea | 1.00–1.82 | 0.62–0.74 | 0.73–1.42 |
| *Cyclops* spp. | 0.95–1.88 | 0.60–0.70 | 0.73–1.59 |
| *Cyclops* Nauplii | 0.79–1.40 | 0.53–0.89 | 0.65–0.94 |
| *Daphnia longispina* | 1.68–3.25 | 0.44–1.00 | 2.00–2.57 |
| *Ceriodaphnia pulchella* | 1.00–2.50 | 0.10–0.55 | 1.00–2.00 |
| *Bosmina longirostris* | 0.10–1.00 | 0.10–0.70 | 0.12–1.05 |
| *Keratella cochlearis* | 0.67–1.08 | 0.52–1.00 | 0.75–0.82 |
| *Keratella quadrata* | 3.94–4.10 | 4.01–4.59 | 4.00–4.58 |
| *Anuraeopsis fissa* | 3.02–3.93 | 3.20–3.87 | 3.69–3.89 |
| *Polyarthra dolichoptera* | 2.62–3.08 | 2.29–3.29 | 2.97–3.26 |
| *Filinia longiseta* | 3.14–4.00 | 3.43–4.70 | 3.73–3.80 |
| *Chaoborus flavicans* | 7.93–9.69 | 1.50–5.25 | 7.00–8.00 |
| *Chaoborus flavicans* (23./24. Mai, SCHIEMER et al. 1975) | 8.60–9.70 | 2.78–5.00 | 7.40–8.76 |

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Rotatorien treten in zwei getrennten Schichten auf, wobei es nur zu ganz geringen Überlagerungen kommt (Abb. 1a, 2b). *Keratella cochlearis* ist nur von 0 bis 2 m in großer Dichte vorhanden, der Rest der Rädertiere hat das Maximum zwischen 3 und 5 m. Alle lassen aber im diurnen Zyklus keine deutliche Wanderung erkennen (höchstens 0,5–1 m) (Tab. 3). Augenscheinlich ist die klare Trennung zwischen *Keratella cochlearis* und den übrigen Rotatorien, und es scheint, wie bei den Crustaceen, der Algenbestand eine Barriere darzustellen.

Weiters geht aus Abb. 1 hervor, wie gering der Prozentsatz in die sauerstoffreie Zone eindringender Tiere ist. So sind es bei *Keratella cochlearis* maximal 0,4 %, bei den restlichen Rädertieren 0,8 % und bei den Cyclopiden 0,5 %. Im Klopeiner See dagegen hatte *Keratella cochlearis* ein zweites Maximum in der Zone stark reduzierten Sauerstoffs (HERZIG & POWELL 1972). Ähnliches hat auch RUTTNER-KOLISKO (1975) im Lunzer Obersee beobachten können.

*Chaoborus flavicans:* Die diurne Wanderung stimmt sehr gut mit den Befunden anderer Autoren überein (z. B. TERAGUCHI & NORTHCOTE 1966, GOLDSPINK & SCOTT 1971, PARMA 1971 für *Chaoborus flavicans;* LAROW 1970 für *Chaoborus punctipennis;* WOODMANSEE & GRANTHAM 1961 für *Chaoborus albatus).* Als „Zeitgeber" wird jeweils das Licht angeführt, als die Wanderung modifizierend Sauerstoff, Temperatur und die Abundanz von Futterorganismen. Nach TERAGUCHI & NORTHCOTE (1966) ist der wesentlichste Faktor die Sauerstoffsituation, danach rangiert die Temperatur und dann das Vorhandensein von Beutetieren, wobei letzteres in seiner Signifikanz geringer ist.

Im Goggausee beginnt die deutliche Verlagerung der Population in die sauerstoffreichen Wasserschichten in der Dämmerung (18.00) und gegen 21.30 können die ersten Individuen bereits in der obersten Meterschichte beobachtet werden. Zwischen 23.00 und 1.00 sind die meisten Tiere oben, dann setzt die Abwärtswanderung ein und in der Morgen-

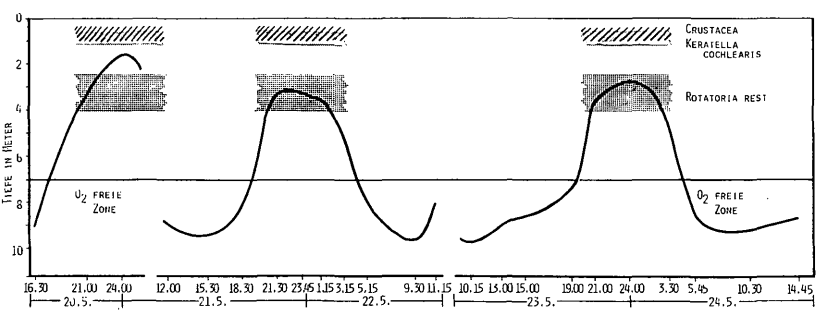



Abb. 3: Wanderung von *Chaoborus flavicans* und die Aufenthaltstiefe der Beutetiere (dargestellt am Beispiel der mittleren Aufenthaltstiefe der jeweiligen Population) (23./24. Mai aus SCHIEMER et al. 1975).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

dämmerung sind nur mehr wenige im sauerstoffhältigen Milieu (Abb. 1, 2, 3). Nach der Abb. 2 und 3 sind während der Nachtstunden die meisten Tiere zwischen 1,5 und 3 m. Die Aufenthaltsdauer im sauerstoffreichen Wasser beträgt 9–10 Stunden. Tagsüber sind alle zwischen 7 und 11 m (Grund), das Maximum liegt bei 8–9,7 m.

Während der Wanderphase überlagert die *Chaoborus*-Population die der Rotatoria (mit Ausnahme *Keratella cochlearis)* zur Gänze. Dies bedeutet, die Chance, ihren Nahrungsbedarf zu decken, ist zu dieser Zeit am größten, denn der Großteil der Chaoboriden erreicht die Masse der Crustaceen und *Keratella cochlearis* nicht. Auf die Bedeutung dieser Tatsache soll noch später eingegangen werden.

Wie aus allen Abbildungen zu entnehmen ist, existiert – abgesehen von *Chaoborus flavicans* und *Daphnia longispina* – keine ausgeprägte diurne Vertikalwanderung. Der Einfluß der extremen Algendichte spielt dabei sicherlich eine wesentliche Rolle. Diese andauernde extreme Schichtung kann noch mit Hilfe eines Koeffizienten, des „Schichtungsgrads" (B) einer Population („degree of stratification"), belegt werden. Dieser läßt sich folgendermaßen errechnen:

$$B = \frac{1}{\sum_{z=0}^{n} P^2_i} \qquad P_i = N_i \cdot N_t^{-1} \qquad (2)$$

$P_i$ ist der in der Tiefe z sich befindliche Anteil der Art i an der Gesamtpopulation dieser Art. LEVINS (1968) und LANE & MCNAUGHT (1973) bezeichnen diesen Wert als Nischenbreite („niche breadth"). In diesem Fall soll er, wie bei HOFMANN (1975), als Maß der Schichtung gelten. Ein niedriger B-Wert ist also extremer Schichtung gleichzusetzen und umgekehrt.

Auf diese Weise erhält man für die Crustaceen Tageswerte von B = 3,1–3,7, für die Nächte B = 2,1–2,3. Bei *Keratella* tritt kein Unterschied zwischen Tag und Nacht auf (B = 2–2,5). Dasselbe gilt für die restlichen Rädertiere (B = 2–2,9). Bei *Chaoborus flavicans* fällt die starke Schichtung tagsüber (B = 2–3), gegenüber einer geringen (B = 3–4,5) in den Nachtstunden auf. Zu dieser Zeit sind sie auch auf die oberen 0–7 m verteilt.

Das Zooplankton ist demnach im Goggausee ständig extrem geschichtet, es kommt nur zu geringfügigen Verlagerungen, ausgeprägte Wanderungen mit einer Wanderamplitude von mehreren Metern sind nicht festzustellen. Nur *Chaoborus flavicans* zeigt klare Unterschiede zwischen Tag und Nacht.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

## *Chaoborus flavicans* und die Ernährungsmöglichkeiten im Goggausee:

Chaoboriden ernähren sich vornehmlich von Zooplankton, Insektenlarven und Oligochaeten. Crustaceen und Rotatorien sind das bevorzugte Futter von *Chaoborus flavicans,* GOLDSPINK & SCOTT (1971) erwähnen benthische Nahrung als mindest gleichbedeutend. Experimente haben die Bevorzugung der Copepoden gegenüber Cladoceren gezeigt. Sind aber die Cladoceren in Form kleiner Daphnien vorhanden, werden diese gleich gerne aufgenommen (KAJAK & RANKE-RYBICKA 1970, SWÜSTE et al. 1973, ANDERSON & RAASVELDT 1974, z. B.) Für Copepoden gilt wieder, daß Diaptomiden lieber gefressen werden, *Cyclops* Nauplien aber ebenfalls ein gerne aufgenommenes Nahrungsobjekt darstellen. KAJAK & RANKE-RYBICKA (1970) finden in ihren Experimenten folgendes: Nauplien werden zu 80 %, Copepodide und adulte Copepoden zu 61–73 % und Cladoceren zu 34–53 % eliminiert. Die Ernährung von Rotatorien wird in fast allen Arbeiten erwähnt, aber nur PARMA (1971) gibt zwei Arten an, die tatsächlich aufgenommen wurden *(Notholca squamula, Keratella quadrata).* Nahrungsaufnahmeraten, wie sie für Crustaceenernährung vorhanden sind (KAJAK & RANKE-RYBICKA 1970, SMYLY 1972, ANDERSON & RAASVELDT 1974, SCHIEMER et al. 1975 z. B.), liegen für Rotatorien keine vor.

PARMA (1969) betont ferner den Einfluß der Nahrung auf die Entwicklung und dabei vor allem zum Zeitpunkt des Verpuppens. Bei ungenügender Ernährung können bis zu 50 % und mehr nicht zum

Tab. 4: Nahrungsaufnahme (C) und Körpergewicht (W) bei *Chaoborus flavicans* und *Chaoborus americanus* (4. Larvenstadium)

| Art (Autor) | C/Tag | µgTrgew. W, LIV | C in % W |
|---|---|---|---|
| *Chaoborus flavicans* (KAJAK & RANKE-RYBICKA 1970) | 14–36 | 320–380 | 3.6–12.5 |
| *Chaoborus flavicans** (SCHIEMER et al. 1975) | 2–42 | 190–240 | 0.9–18.0 |
| *Chaoborus flavicans* (SMYLY 1972) | –40 | | |
| *Chaoborus flavicans* (PARMA 1971) | | 388–400 | |
| *Chaoborus americanus* (ANDERSON & RAASVELDT 1974) | 10–20 | | |

* Nahrungsaufnahmeraten aus SCHIEMER et al. 1975, Tab. 2; ausgewählt wurden das größte und das geringste Nahrungsangebot, die Individuenzahlen auf Trockengewicht (nach Gewichts-Längenregressionen, HERZIG in Vorbereitung) umgerechnet; als Aktivitätszeit sind 6 Stunden angenommen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Verpuppen kommen, diese Larven sterben dann auch. Nahrungsmangel kann überdies die Entwicklungsdauer verzögern. Hungerexperimente von SIKOROWA (1966, *Chaoborus alpinus, Chaoborus crystallinus)* zeigen, wie lange diese Tiere (je nach Art 19–83 Tage) ohne Nahrung überleben können.

Für die Goggauseepopulation haben SCHIEMER et al. (1975) Nahrungsaufnahmeraten bestimmt. Als Beutetiere wurden Crustaceen geboten. Bei einem Vergleich dieser Resultate mit jenen anderer Autoren fällt eine relativ gute Übereinstimmung auf (Tab. 4).

Wollen nun die Chaoboriden im Goggausee Crustaceen fressen, so müssen sie während der Nachtstunden bis in die oberste Wasserschichte (0–1 m) vordringen, um ihre Beute in einer Dichte anzutreffen, die in den Experimenten von SCHIEMER et al. die untere Grenze des Nahrungsangebotes darstellten (im Experiment: 28 µ/L; in der Natur: 12–35 µ/L). Wie aus der Wanderung der Tiere zu sehen ist (Abb. 1, 2, 3), trifft dies nur zu einem geringen Prozentsatz zu (1–26 % – 20./21. bzw. 21./22. Mai; – 34 % – 23./24. Mai); viel mehr überlagert die *Chaoborus*-Population die der Rädertiere (ausgenommen *Keratella cochlearis).*

Um diese Überlagerung zweier Populationen darzustellen, kann man den Index (α) dieser Überlappung berechnen.

wobei $P_i$ wie in (2) und i und j 2 Arten sind

$$\alpha_{ij} = \frac{\sum_{z=0}^{n} P_i \cdot P_j}{\sum_{z=0}^{n} P^2_i} \qquad (3)$$

Dies wird sehr häufig als Maß der Konkurrenz („coefficient of competition"; LEVINS 1968, LANE & MCNAUGHT 1973) bezeichnet und verwendet, in dieser Arbeit soll es aber als ein Grad der Überlappung zweier Populationen („overlap of occurrence"; COLWELL & FUTUYMA 1971, HOFMANN 1975) verstanden werden. Die Ergebnisse sind in Abb. 4 zusammengestellt. Dabei zeigt sich ganz klar, daß wohl eine geringfügige Überlagerung der *Chaoborus*-Population mit Crustaceen und *Keratella cochlearis* während der Nachtstunden gegeben ist, wirklich von Bedeutung jedoch nur die zwischen *Chaoborus* und Rotatorien sein kann.

Die Chaoboriden, die nun tatsächlich in den Genuß von Crustaceen kommen, haben diese Möglichkeit nur in der Zeit von 21.30 bis 3.30, was 6 Stunden Freßaktivität bedeutet. Für die Rotatorien wären es 10 Stunden (18.00–6.00). Nimmt man die von SCHIEMER et al. gefundene Mindestaufnahmerate und überträgt sie auf die im Goggausee gegebene Situation, so würden täglich 11.4 mg (Trgew) Zooplankton von der *Chaoborus*-Population eliminiert werden. Crustaceen sind aber nur 45 mg vorhanden (unter 1 Quadratmeter); es muß also der Nahrungsbedarf aus dem wesentlich größeren Bestandteil des Zooplanktons, den Rotatorien

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

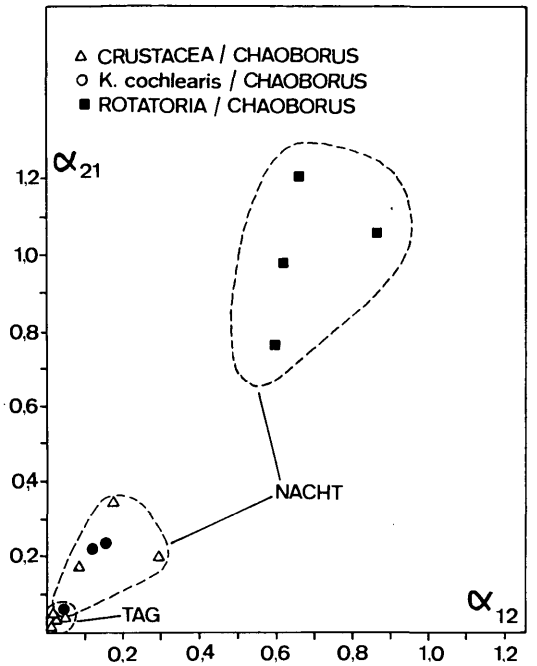



Abb. 4: Grad der Überlappung durch *Chaoborus flavicans.*

(605 mg/m²), gedeckt werden. Inwieweit eine Ernährung von Rotatorienkost ausreichend ist, kann nicht gesagt werden und geht auch aus der Literatur nicht hervor; bei einem Vergleich der Larvengewichte (L IV, 9–11 mm) mit jenen aus anderen Gewässern (KAJAK & RANKE-RYBICKA 1970, PARMA 1971) fällt aber auf, wie wesentlich leichter die Tiere im Goggausee sind (Tab. 4). Es scheint also diese Rotatorienkost doch nicht optimal zu sein. Trotz dieser vermutlichen Unterernährung von *Chaoborus flavicans* aber ist die Zahl, in der diese Art im Goggausee anzutreffen ist, beträchtlich.

## ZUSAMMENFASSUNG

1. Im Mai 1974 bestand das Zooplankton zu 99,7 % aus Rotatorien, der Rest waren Crustaceen.
2. Ein dichter Algenhorizont *(Synedra nana)* teilte das Mixolimnion in einen oberen Bereich (0–1,5 m), wo sich Crustaceen und *Keratella cochlearis* aufhielten, und einen unteren (2–7 m), wo der Rest der Rotatoria sich einschichtete.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

3. Das Plankton war Tag und Nacht extrem geschichtet, nur *Daphnia longispina* und *Chaoborus flavicans* folgten einer diurnen Vertikalwanderung.
4. Abundanz von Crustaceen und Rotatorien sowie die experimentell gewonnenen Nahrungsaufnahmeraten (SCHIEMER et al. 1975) von *Chaoborus flavicans* bilden die Basis einer Diskussion der Ernährungsmöglichkeiten dieser Art.

## LITERATUR


ANDERSON, R. S., & RAASVELDT, L. G. (1974): *Gammarus* and *Chaoborus* predation. Can. Wildlife Service, Occasional Papers Nr. *18*, 23 pp.

BERGER, F. (1975): Einige physikalische und chemische Bemerkungen. In: Arbeitsbericht der limnologischen Exkursion Goggausee 1974. Carinthia II, *165/85*:165–196.

COLWELL, R., & FUTUYMA, D. J. (1971): On the measurement of niche breadth and overlap. Ecology *52*:567–576.

DOKULIL, M. (1975): Phytoplankton, Primärproduktion und Bakterien im Goggausee. In: Arbeitsbericht der limnologischen Exkursion Goggausee 1974. Carinthia II, *165/85*:165–196.

FINDENEGG, I. (1963): Ein meromiktischer Kleinsee, der Goggausee in Kärnten. Anz. math.-naturwiss. Klasse, Öst. Akad. Wiss., 1963, *7*:1–11.

GOLDSPINK, C. R., & SCOTT, D. B. C. (1971): Vertical migration of *Chaoborus flavicans* in a Scottish loch. Freshw. Biol. *1*:411–421.

HERZIG, A., & POWELL, S. (1972): Zooplankton. In: Arbeitsbericht der limnologischen Exkursion Klopeiner See 1971. Carinthia II, *162./82.*:, 235–274.

HERZIG, A., NEWRKLA, P., & STRNAD, R. (1973): Zooplankton. In: Arbeitsbericht über die Limnologische Exkursion 1972 zum Längsee. Carinthia II, *163./83*:331–377.

HOFMANN, W. (1975): The influence of spring circulation on Zooplankton dynamics in the Plußsee. Verh. Int. Ver. Limnol. *19*:1241–1250.

KAJAK, Z., & RANKE-RYBICKA, B. (1970): Feeding and production efficiency of *Chaoborus flavicans* MEIGEN larvae in eutrophic and dystrophic lakes. Pol. Arch. Hydrobiol. *17, 1/2,* 225–232.

LANE, P. A., & MCNAUGHT, D. C. (1973): A niche analysis of the Gull Lake (Michigan, USA) zooplankton community. Verh. Int. Ver. Limnol. *18*:1441–1447.

LAROW, E. J. (1970): The effect of oxygen tension on the vertical migration of *Chaoborus* larvae. Limnol. Oceanogr. *15*:357–362.

LEVINS, R. (1968): Evolution in changing environments. Princeton University Press, 120 pp.

LÖFFLER, H., SCHULTZE, E., BERGER, F., DOKULIL, M., SCHIEMER, F., DOLEZAL, E., GNAIGER, E., JANTSCH, A., & BRENNER, T. (1975): Arbeitsbericht der limnologischen Exkursion Goggausee 1974. Carinthia II, *165./85.*:165–196.

PARMA, S. (1969): The life cycle of *Chaoborus crystallinus* (De Geer) (Diptera, Chaoboridae) in a Dutch Pond. Verh. Int. Ver. Limnol. *17*:888–894.

– (1971): *Chaoborus flavicans* MEIGEN; an autecological study. Proefschrift Rijksuniversiteit te Groningen, Bronder-Offset, Rotterdam, 128 pp.

RUTTNER-KOLISKO, A. (1975): The vertical distribution of plankton rotifers in a small alpine lake with a sharp oxygen depletion (Lunzer Obersee). Verh. Int. Ver. Limnol. *19*:1286–1294.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

SCHIEMER, F. (1973): Substratverhältnisse und Faunenverteilung im Profundal. In: Arbeitsbericht über die Limnologische Exkursion 1972 zum Längsee. Carinthia II, *163./83.*:331–377.

SCHIEMER, F., DOLEZAL, E., GNAIGER, E., & JANTSCH, A. (1975): Beobachtungen über Verteilung, tageszeitliche Wanderungen und Nahrungsaufnahmeraten von *Chaoborus flavicans* (MEIGEN) im Goggausee. In: Arbeitsbericht der limnologischen Exkursion Goggausee 1974. Carinthia II, *165/85*:165–196.

SIKOROWA, A. (1966): Beitrag zur Systematik und Ökologie der Chaoboriden. Verh. Int. Ver. Limnol. *16, 3*:1709–1715.

SMYLY, W. J. P. (1972): The crustacean zooplankton, past and present in Esthwaite Water. Verh. Int. Ver. Limnol. *18*:320–326.

SWÜSTE, H., CREMER, R., & PARMA, S. (1973): Selective predation by larvae of *Chaoborus flavicans* (Diptera, Chaoboridae). Verh. Int. Ver. Limnol. *18*:1559–1563.

TERAGUCHI, M., & NORTHCOTE, T. G. (1966): Vertical distribution and migration of *Chaoborus flavicans* larvae in Corbett Lake, British Columbia. Limnol. Oceanogr. *11*:164–176.

WOODMANSEE, R. A., & GRANTHAM, B. J. (1961): Diel vertical migrations of two zooplankters *(Mesocyclops* and *Chaborus)* in a Mississippi lake. Ecology *42*:619–628.

Anschrift der Verfasser: Dr. Alois HERZIG, Institut für Limnologie und Gewässerschutz der Öst. Akademie der Wissenschaften, A-1090 Wien, Berggasse 18/19, und Otto MOOG, Limnologische Lehrkanzel der Universität Wien, A-1090 Wien, Berggasse 18/19.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1976

Band/Volume: 166_86

Autor(en)/Author(s): Moog Otto, Herzig Alois

Artikel/Article: Die verticale Verteilung des Zooplanktons im Goggausee (der Einfluß von Algen und Chaoborus flavicans). (Mit 4 Abbildungen) 373-385