

Umstellung des seeinternen Stoffhaushaltes bayerischer Voralpenseen im Zuge der Reoligotrophierung und Auswirkungen auf das Nahrungsnetz

III. Ciliaten und mikrobieller Zyklus im Ammersee

S. Schmidt-Halewicz

Gewässerbiologin, Benedikt-Bauer Str. 25, 78467 Konstanz

Einleitung:

Das mikrobielle Nahrungsnetz des Ammersees wurde von August 1995 bis November 1996 mit dem Schwerpunkt Ciliatenbesiedlung untersucht. Aufgrund des jährlich wiederkehrenden Sauerstoffminimums im Metalimnion (LENHART, 1998 selber Band) vermutete man, daß in diesem Bereich Abbauprozesse dominieren und, daß folglich die Abundanz von Bakterien und ihren Konsumenten besonders im Metalimnion höher sei, als in vergleichbaren mesotrophen Seen. Zur Einleitung und Vorstellung des Projektes und des Ammersees siehe KUCKLENTZ (1998, selber Band).

Die Bedeutung des mikrobiellen Zyklus, vornehmlich der Ciliaten, wird anhand von Abundanzen, Biomassen und Nahrungswahlpräferenzen verdeutlicht. Über das autotrophe Pikoplankton und die heterotrophen Nanoflagellaten berichtet CHANG (1998, selber Band). Die Bakterien wurden 1996 von Frau Roth, BayLWw München, im Rahmen desselben Projektes gezählt.

Methoden:

Die Ciliaten wurden 14-tägig in 10-12 (1995) bzw. 3-6 (1996) Tiefenstufen je Probenahmetag in 250ml Glasflaschen abgefüllt, und mit essigsauerm Lugol (MÜLLER 1987) fixiert. Dabei wurden wechselnde Tiefen gewählt, damit immer die aktuelle Lage des Metalimnions berücksichtigt werden konnte. Die Bestimmung des Biovolumens der Ciliaten erfolgte durch Längen- bzw. Breitenmessung mikroskopisch mithilfe eines Meßokulars. Einfache geometrische Formen mit der entsprechenden mathematischen Formel wurden jedem Taxon zugeordnet. Die Bestimmung des Kohlenstoffs erfolgte nach GELLER & MÜLLER (1993). Die Auswertung erfolgte in Form von Isoliniendarstellung mit der erforderlichen Interpolation und durch Zusammenfassung zu 0-15m-Mittelwerten.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Bakterien-Zellzahlen lagen zwischen 0,2 und $2,54 \cdot 10^6/\text{ml}$. Die maximalen Zellzahlen wurden jeweils im September (1995) bzw. Oktober (1996) ermittelt. Von Mitte Juni bis Ende Oktober lagen die Zellzahlen in den oberen 10m meist über $1,4 \cdot 10^6/\text{ml}$, in der übrigen Jahreszeit darunter. Das autotrophe Pikoplankton (nur 1996 bearbeitet) entwickelte Abundanzen von 0,05 bis $50 \cdot 10^4/\text{ml}$. Die Maximalentwicklung fand Ende Mai statt. Ein kleineres Sekundärmaximum ereignete sich im September. Die heterotrophen Nanoflagellaten (nur 1996 bearbeitet) wiesen Zellzahlen von 0,2 bis $18,4 \cdot 10^3/\text{ml}$ auf. Dabei ereignete sich das Maximum Ende Mai. Ein weiteres, schwächeres Maximum konnte Anfang August festgestellt werden (s. CHANG, 1998 selber Band).

Die Ciliaten-Abundanz bewegte sich zwischen unter 1 und 74 Zellen/ml. In Tab. 1 sind Abundanz- und Biomasse-Bandbreite aus der vorliegenden Untersuchung verschiedenen anderen Seen aus dem süddeutschen bzw. Alpenraum gegenübergestellt. Hier wird deutlich, daß die Abundanzschwankung sehr unterschiedlich ausfallen kann, während die Biomasse, v.a. die Maxima in etwa der zunehmenden Trophie folgen. Die drei ersten Seen liegen oberhalb 600m Höhenmeter, die drei letzteren sind typische Voralpenseen. Der Ammersee wies im Untersuchungszeitraum geringere Ciliatenbiomassen auf als der italienische Lago Maggiore bzw. der Bodensee vor 10 Jahren.

Tab. 1: Ciliaten Abundanz und Biomasse, Min.-Max. über ganze Vegetationsperiode in verschiedenen Seen

(Schrumpfung mit Faktor 1,4 und Umrechnung in Kohlenstoff mit $110\text{fgC}/\mu\text{m}^3$ nach GELLER & MÜLLER (1993) in allen Fällen berücksichtigt)

Seen	Jahr(e)	Trophie-Klassifikation	Abundanz [Ind./ml]	Biomasse [$\mu\text{gC/l}$]	Quelle
Königssee	1992	oligotroph	1- 7	2 - 5	BARTHELMEß 1995
Kl. Kinzig	1990-92	oligo-mesotroph	<1- 49	<1 -25	SCHMIDT-HALEWICZ 1995
Piburger See	1991	oligo-mesotroph	<1-121	5 -41	SOMMARUGA & PSENNER 1995
Ammersee	1995-96	mesotroph	<1- 74	<1 -48	diese Arbeit
L. Maggiore	1995	mesotroph	2- 50	7 -571	CALLIERI & HEINIMAA 1997
Bodensee	1987	mesotroph	2- 80	4 -100	WEISSE & MÜLLER 1990

Das absolute Maximum des Zeitraumes August 1995 bis November 1996 ereignete sich Ende April, also einen Monat vor der Entwicklung vom Pikoplanktons. Das Frühjahrsmaximum der Ciliaten (Ende April 1996) bestand fast ausschließlich aus kleinen prostomatiden Ciliaten, deren Nahrungsgrundlage kleine Cryptomonaden bilden. Diese lagen mit 30% des Phytoplanktonbiovolumens zur selben Zeit ausreichend vor (vgl. HE. MORSCHEID, 1998 selber Band).

Schwerpunktentwicklung ausgedrückt in Biomasse hatten die Ciliaten im August und Oktober 1995, sowie von Ende April bis Mitte Juni und im September/Oktober 1996 (Abb. 1). Vergleicht man diese Zeiträume mit dem Auftreten von *Daphnia* (HA. MORSCHEID, 1998 selber Band), wird deutlich, daß die Ciliaten immer dann höhere Biomasse entwickeln, wenn die Daphnien mit Abundanzen unter 2 Ind/l in den oberen 15m verteilt vorhanden waren. Im Herbst, wenn die Daphnien ein zweites Maximum ausprägen, entwickeln sich bevorzugt großvolumige Formen unter den Ciliaten, häufig räuberische Formen wie *Paradileptus* sp. oder große Filtrierer wie *Stentor* sp., die von Daphnien nicht berührt werden.

Die Zusammensetzung der Ciliatengesellschaft in taxonomischen Ordnungen enthält Tab. 2. Das Überwiegen oligotricher Ciliaten in der Biomasse ist typisch für oligotrophe Seen. BEAVER & CRISMAN (1982) fanden im Durchschnitt 53% oligotriche Ciliaten in der Ciliatenbiomasse. Im Königssee lag der Anteil der Oligotrichida bei 44% (BARTHELMEß, 1995), in der Talsperre Kleine Kinzig bei 53% (SCHMIDT-HALEWICZ, unveröff.) der Ciliatenbiomasse. In mesotrophen Seen nimmt der Anteil oligotricher Ciliaten ab zugunsten der Ordnungen Peritrichida und Scuticociliatida. Der Biomasseanteil dieser beiden Ordnungen im Ammersee-Ciliatenplankton entsprach denen im Bodensee (vgl. Tab. 2; Bodensee 1987-1988: Peritrichida 9-12%; Scuticociliatida 12-14%; MÜLLER 1989). Die wesentlichen Vertreter der Ordnungen Peritrichida und Scuticociliatida sind

Bakterien- bzw. Pikoplanktonkonsumenten. Eine Ausnahme hiervon bildet die Art *Histiobalantium bodamicum*, die erstmals aus dem Bodensee beschrieben wurde (KRAINER & MÜLLER, 1995). Hierbei handelt es sich um einen typischen Filtrierer kleiner Algen (a1), der im Ammersee vornehmlich im Sommer und Herbst beachtliche Biomassen bildet.

Tab. 2: Prozentuale Zusammensetzung der Ciliaten nach taxonomischen Ordnungen im Ammersee 1995 und 1996 (0-15m Mittel)

Ordnung	Abundanz		Biomasse	
	1995*	1996	1995*	1996
Prostomatida	55	57	11	26
Oligotrichida	28	29	40	37
Scuticociliatida	7	6	25	10
Peritrichida	6	4	16	15
Haptorida	4	4	8	10
Heterotrichida	<1	<1	2	1

Erläuterung: * Daten von August bis November vorhanden

Teilt man die Ciliatentaxa nach ihrer Futterwahlpräferenz ein (im wesentlichen folgend der Einteilung von LANG, 1997), läßt sich folgende Aufstellung (Abb. 2) erreichen: Die Konsumenten von Bakterien- und Pikoplankton (f1=Kleinstpartikelfiltrierer) stellen in der Regel unter 50% der Ciliaten-Abundanz. Im Mai und Juni 1996 war das Vorkommen dieser Futterwahlgruppe f1 mit über 50% in allen Tiefen verstärkt. Bei vielen Probenahmeterminen ergab die relative Zusammensetzung der Futterwahlpräferenz einzelne Tiefenstufen oder -bereiche mit über 50% f1. Die Tiefen mit größerer Abundanz von f1 waren jedoch nicht auf den Bereich des Metalimnions beschränkt, sondern manchmal auch an der Oberfläche (23.07.96). Neben den Vertreterern aus den Ordnungen Peritrichida (*Vorticella*) und Scuticociliatida (*Cyclidium*) sind kleine oligotriche Ciliaten (*Strobilidium*) Konsumenten des Pikoplanktons. Um eine reine f1-Gesellschaft der Ciliaten zu erhalten, wären Bakterienzahlen zwischen 10^7 und 10^8 erforderlich (STABELL, 1996). Diese Bakteriendichten konnten im Ammersee zu keinem Zeitpunkt und in keiner Tiefe ermittelt werden. Es ist daher davon auszugehen, daß die bei niedrigen Bakterienzahlen effektiver filtrierenden Nanoflagellaten die wesentlichen Konsumenten des Pikoplanktons sind. Die Algenkonsumenten, v.a. die des Nanoplanktons (a1) überwiegen in der Ciliaten-gesellschaft des Ammersees.

Zusammenfassung:

Abundanz und Biomasse der Ciliaten im Ammersee entsprechen den Erwartungen für einen mesotrophen See. Eine auffällige Konzentration von Bakterien und ihren Konsumenten im Bereich des Metalimnions oder an der Chemokline konnte nicht festgestellt werden. Das Ciliatenplankton des Ammersees enthält jedoch größere Anteile der Ordnungen Scuticociliatida und Peritrichida als nährstoffärmere Seen (Bsp. Talsperre Kleine Kinzig, Königssee). Im Frühjahr und August ist ein starker Transport innerhalb des Nahrungsnetzes über den mikrobiellen Zyklus zu vermuten (bottom up). Mit Beginn der Frühljahrsblüte erscheinen zuerst prostomatide Ciliaten (a1), die dann mit Fortschreiten des Frühljahrs abgelöst werden durch kleine oligotriche Formen (f1) unter den Ciliaten und durch heterotrophe Nanoflagellaten. Im Sommer ist der Einfluß von Daphnien auf die

isopleth/1505inas.xls
 text/06198/d5l98ad.xls

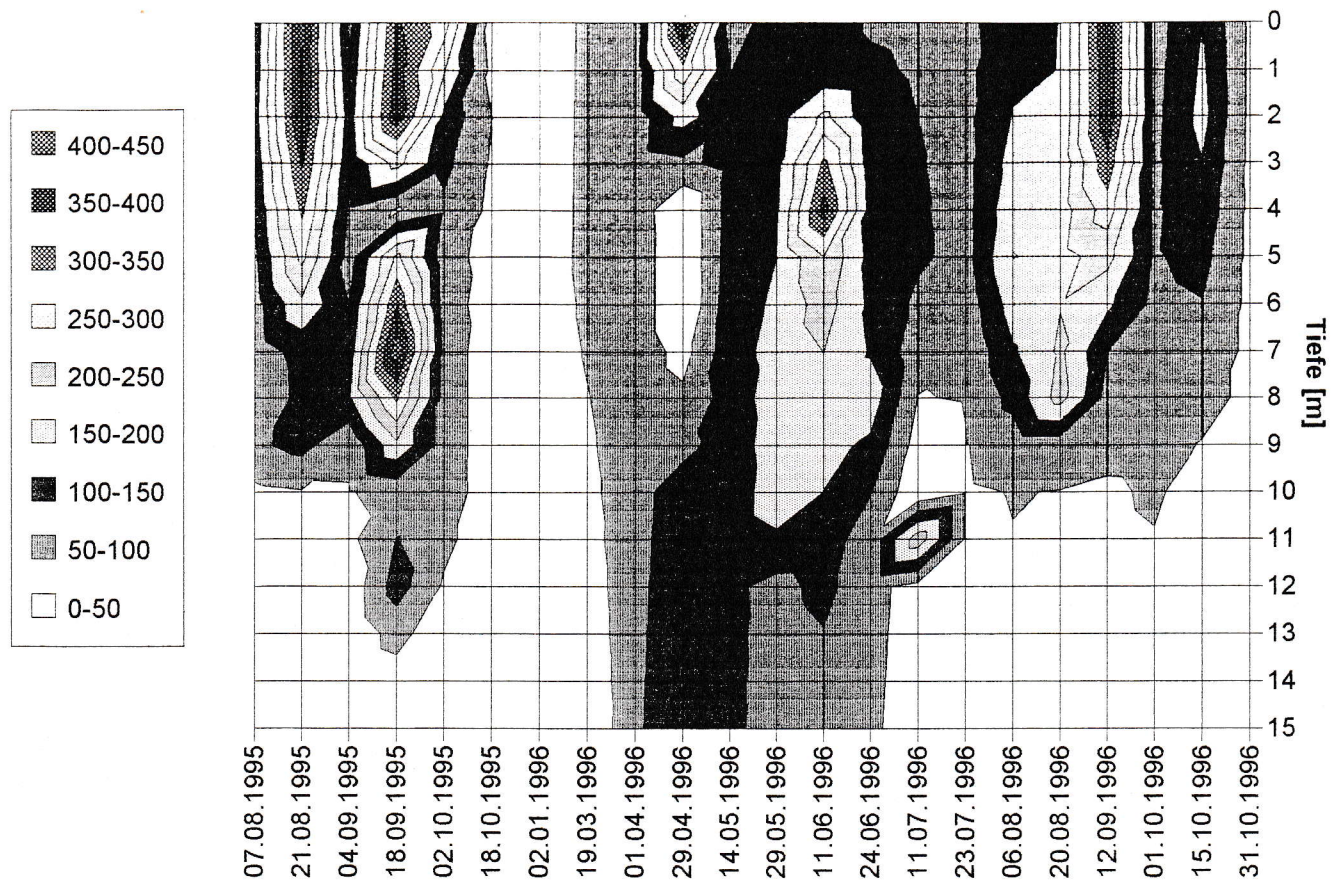


Abb. 1: Ciliatenbiovolumen [$\mu\text{m}^3 \cdot 10^6/\text{l}$] im Ammersee 0-15m, 1995-1996

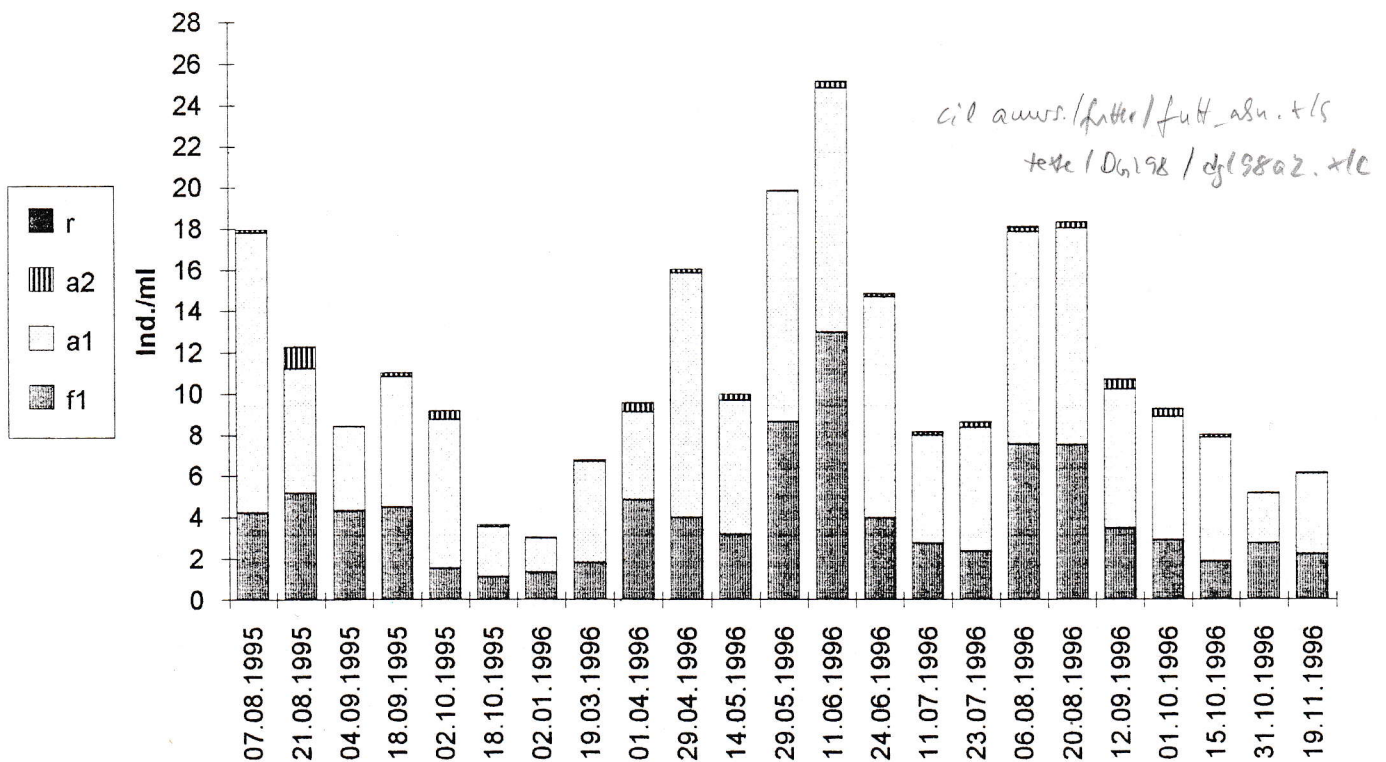


Abb. 2: Ciliaten Abundanz im Ammersee in Futterpräferenz-Gruppen, 0-15m Mittelwerte; f1= Kleinstpartikelfiltrierer, a1=Nanoalgen-; a2=Netzalgenkonsumenten; r=Räuber

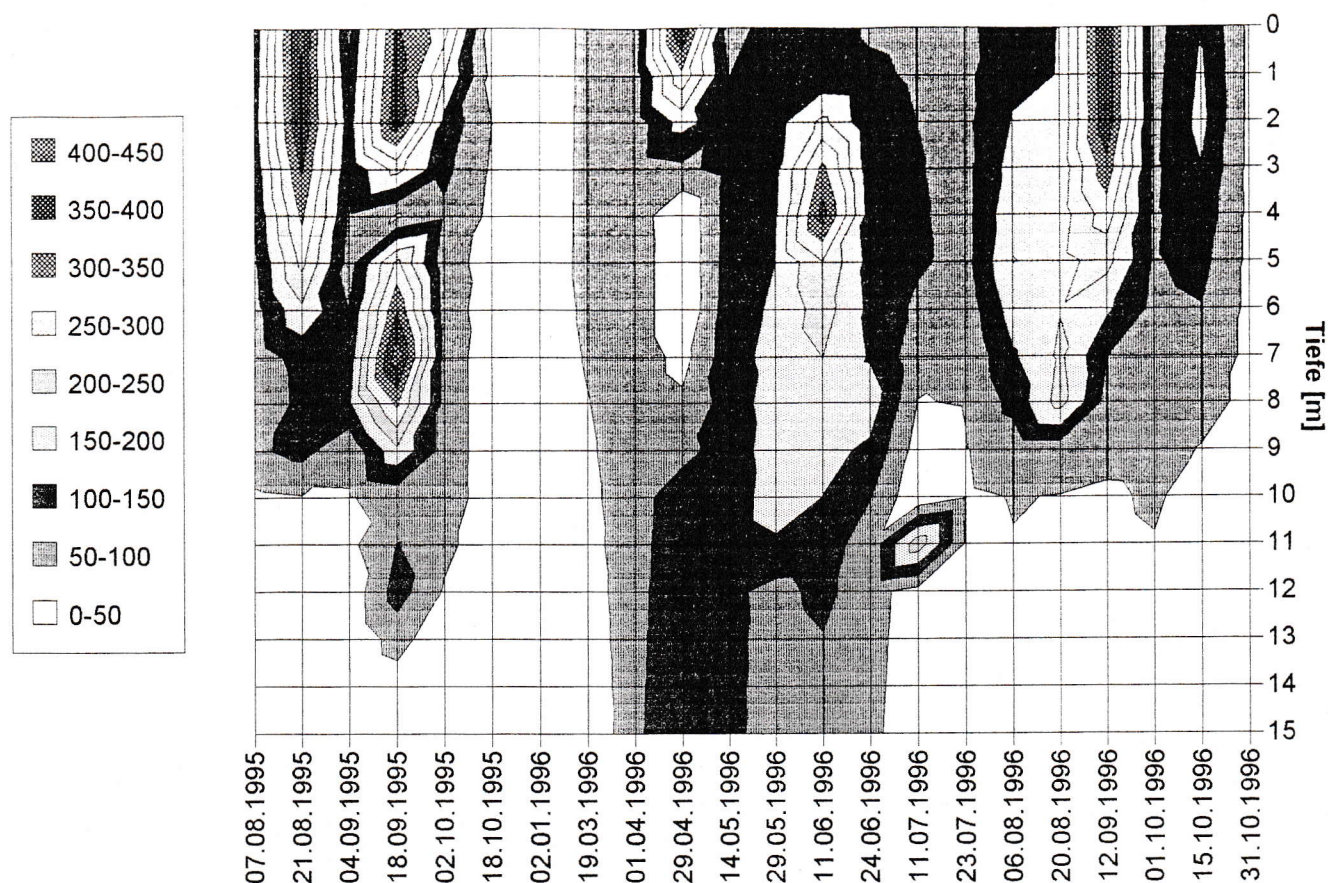


Abb. 1: Ciliatenbiovolumen [$\mu\text{m}^3 \cdot 10^6/\text{l}$] im Ammersee 0-15m, 1995-1996

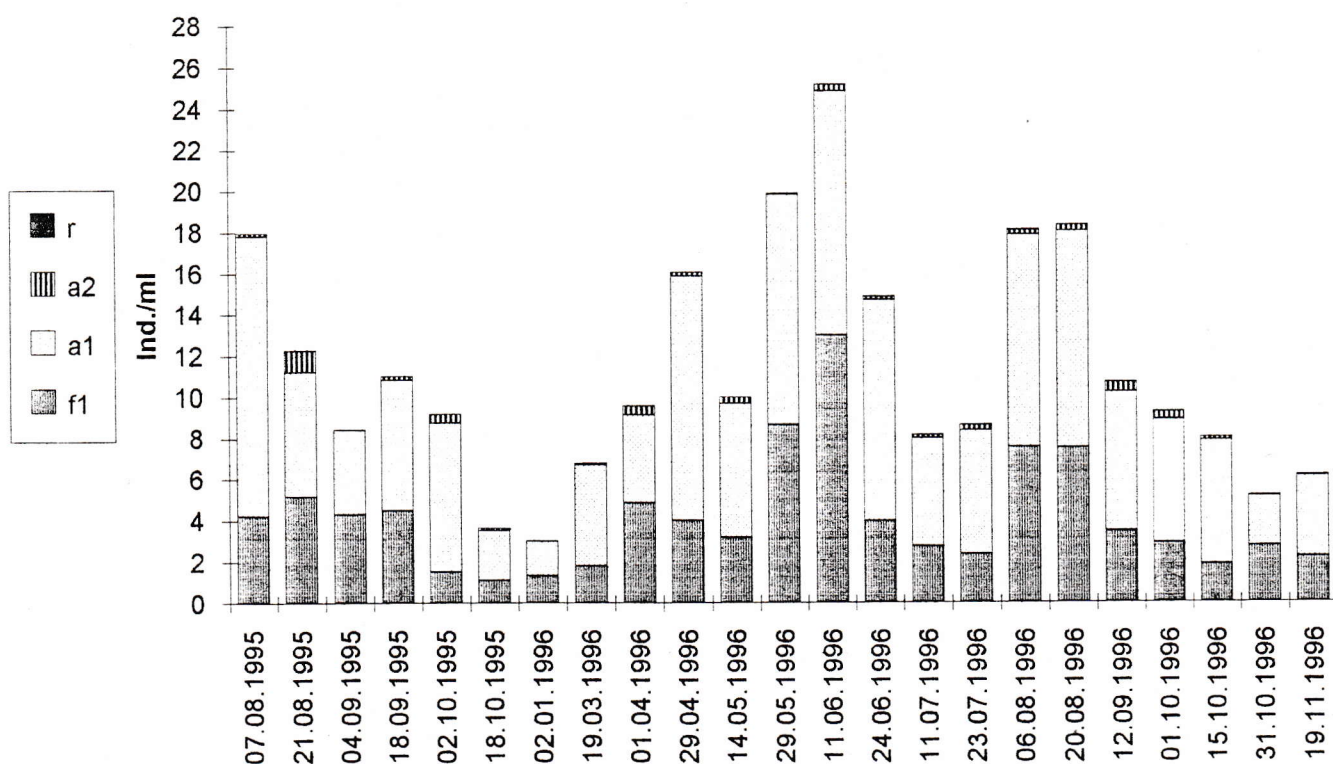


Abb. 2: Ciliaten Abundanz im Ammersee in Futterpräferenz-Gruppen, 0-15m Mittelwerte; f1= Kleinstpartikelfiltrierer, a1=Nanoalgen-; a2=Netzalgenkonsumenten; r=Räuber

Ciliatenpopulation (bzw. alle mikrobiellen Gruppen) maßgeblich. Größere Formen, die von *Daphnia* nicht tangiert werden, können sich vermehren, die kleineren sind reduziert. Es bleibt zu prüfen, ob die Anzahl der Daphnien für eine top down-Kontrolle ausreichen könnte. In dieser Untersuchung wurde deutlich, daß Biomasse und Abundanz der Ciliaten sich umgekehrt proportional zum Vorkommen der Daphnien verhalten.

Literaturverzeichnis:

- BATHELMEß, T. (1995): Die saisonale Planktonsukzession im Königssee. *Dissertat. Univers. Konstanz, Fak. f. Biologie* : 281 S.
- BEAVER, J. R. und T. L. CRISMAN (1982): The trophic response of ciliated protozoans in freshwater lakes. *Limnol. Oceanogr.* **27**: 246-253
- CALLIERI, C. und S. HEINIMAA (1997): Microbial loop in the large subalpine lakes. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.* **56**: 143-156
- KRAINER, K.-H. und H. MÜLLER (1995): Morphology, infraciliature and ecology of a new planktonic ciliate, *Histobalantium bodamicum* n. sp. (Scuticociliatida: Histobalantiidae). *Europ. J. Protistol.* **31**:
- LANG, M. M. (1997): Das Nahrungsnetz im Pelagial des Bodensees - Eine Analyse auf Basis der Theorie der Nahrungsnetze in: **Konstanzer Dissertationen**, 546, G. Harrer Verl.: 189 S.
- MÜLLER, H. (1987): Enumeration and identification of pelagic ciliates: A comparison of methods. *EOS* **68**: 1783
- MÜLLER, H. (1989): The relative importance of different Ciliate taxa in the pelagic food web of Lake Constance. *Microb. Ecol.* **18**: 261-273
- MÜLLER, H. und W. GELLER (1993): Maximum growth rates of aquatic ciliated protozoa: the dependence on body size and temperature. *Arch. Hydrobiol.* **126**: 315-327
- SOMMARUGA, R. und R. PSENNER (1995): Trophic interactions within the microbial food web in Piburger See (Austria). *Arch. Hydrobiol.* **132**: 257-278
- STABELL, T. (1996): Ciliate bacterivory in epilimnetic waters. *Aquat. Microb. Ecol.* **10**: 265-272
- WEISSE, T., H. MÜLLER (1990): Significance of heterotrophic nanoflagellates and ciliates in large lakes: Evidence from Lake Constance in: TILZER, M. M., C. SERRUYA, **Ecological structure and function in large lakes**, Springer Verl.: 540-555
- Die in diesem Band ebenfalls erscheinenden Aufsätze von CHANG, KUCKLENTZ, LENHART, HE. MORSCHIED, HA. MORSCHIED wurden nicht aufgelistet.