



In limnischen Ökosystemen gibt es zur Bedeutung des "microbial web" noch recht wenige quantitative Untersuchungen. Alle Komponenten des Protozooplanktons (heterotrophe Nannoflagellaten  $\leq 12 \mu\text{m}$ , heterotrophe Mikroflagellaten  $> 12 \mu\text{m}$ , kleine Ciliaten  $\leq 20 \mu\text{m}$ , große Ciliaten, Testaceen, Heliozoen, nackte Amöben) wurden nur selten über einen längeren Zeitraum gleichzeitig untersucht. Erste Beispiele dafür liegen aus dem Lake Oglethorpe (Georgia, Sanders et al. 1989), dem Bodensee (Geller et al. 1990), dem Müggelsee (Arndt & Nixdorf 1990) sowie Schweriner Gewässern (Arndt & Mathes 1990) vor. Das Protozooplankton scheint die wichtigste Verlustquelle für das Bakterienplankton darzustellen (vgl. Güde 1989, Weisse 1990), während man dem Metazooplankton eine Kontrollfunktion für das Protozooplankton zuschreibt (vgl. Güde 1988, Arndt & Nixdorf 1990). Besonders wenig weiß man bisher über die Bedeutung von Interaktionen innerhalb des Protozooplanktons (Weisse 1990, Arndt & Nixdorf 1990). Eigene Untersuchungen dazu, die zu 10 unterschiedlichen Zeiten des Jahres 1989 durchgeführt wurden, zeigten, daß es innerhalb des Protozooplanktons zu erheblichen quantitativen und qualitativen Unterschieden des Stoffflusses über das Protozooplankton im Jahresverlauf kommen kann, und daß die häufig verwendeten verallgemeinerten Darstellungen (vgl. Abb. 1), die Komplexität der realen Verhältnisse nur sehr ungenau charakterisieren. Nachfolgend sind einzelne Beispiele der Ergebnisse herausgegriffen, eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse erfolgt an anderer Stelle (Arndt, in Vorb.).

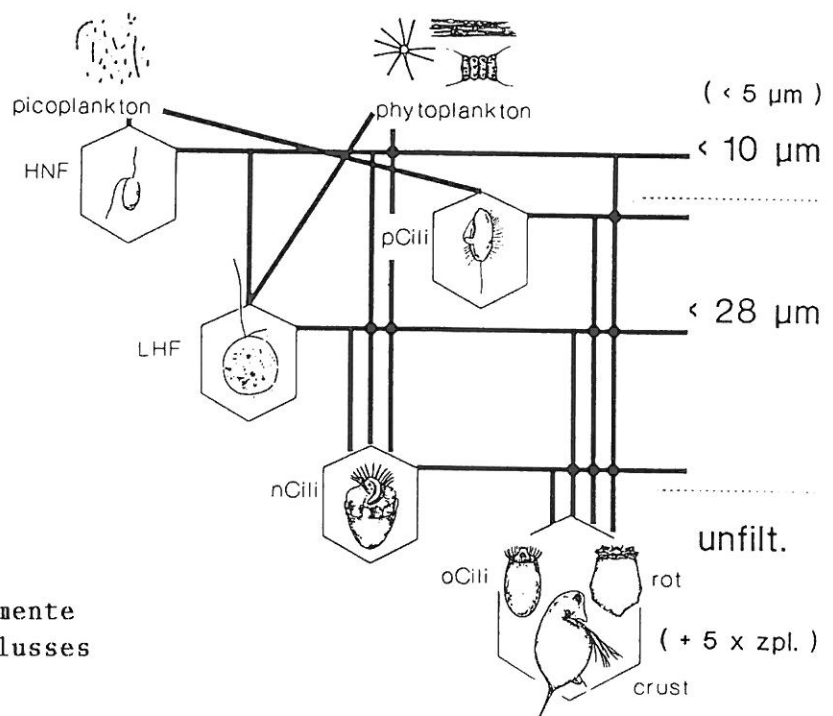


Abb. 2  
Schematische Darstellung  
der Fraktionierungsexperimente  
zur Abschätzung des Stoffflusses  
im "microbial web"

Die Untersuchungen wurden im flachen eutrophen polymiktischen Müggelsee (Berlin) durchgeführt. Um den Stofffluß über die Protozoen abschätzen zu können, wurden die Protozoen in unterschiedliche trophische Gruppen eingeteilt: Bakterien und picoautotrophe Organismen fressende heterotrophe Nanoflagellaten (HNF) und Ciliaten (pCili) und nanophage, große heterotrophe Flagellaten ( $>12 \mu\text{m}$ , LHF) und Ciliaten (nCili), deren Nahrung aus großen Bakterien, Phytoplankton und heterotrophen Flagellaten besteht. In 11-Flaschen wurde über Größenfraktionierung durch Filtration über Gaze unterschiedlicher Maschenweite erreicht, daß in Versuchsansätzen durch Ausschluß der jeweils höheren trophischen Stufe die Produktivität der verschiedenen Protozoengruppen abgeschätzt werden konnte (vgl. Abb. 2). Je nach Artzusammensetzung des Planktons wurde mit bis zu 5 Größenfraktionen (jeweils Parallelansätze) gearbeitet. Die Abundanz und Biomasse der Protozoen und Metazoen wurde vor und nach einer Expositionszeit von 6h (Sommer) bis 24h (Winter) mit einer spezifischen Lebendzähltechnik bestimmt. Zur Abschätzung des Nahrungsbedarfs der verschiedenen Protozoengruppen wurde eine Produktionseffizienz von 50% angenommen. Wenn auch bei der Technik der Größenfraktionierung ähnlich wie bei der Verdünnungstechnik Konzentrationsveränderungen in den Planktonkomponenten im Vergleich zum natürlichen Milieu in Kauf genommen werden müssen, liefert die Methode doch zumindest erste Anhaltspunkte zur Abschätzung der quantitativen Veränderungen im Stofffluß über das Protozooplankton. Die Rolle mixotropher Protozoen ebenso die von planktischen Rhizopoden mußte in diesen Experimenten unberücksichtigt bleiben.

Wie die Abbildungen 3 A-D belegen, weist der Stofffluß deutliche Unterschiede im Jahresverlauf auf. Erwartungsgemäß geringe Umsatzraten findet man im Winter, wobei dem Weg vom Picoplankton über die Nanoflagellaten, ähnlich wie in oligotrophen Gewässern, die größte Bedeutung zukommt. Während der Frühjahrsblüte in einer Zeit, in der die Metazoen noch geringe Biomassen und Umsatzraten erreichen, spielen die Protozoen eine ganz wichtige Rolle als Herbivore, eine Funktion der Protozoen, die oft unterschätzt wird. Innerhalb der Protozoen ist dabei in vielen Gewässern die Gruppe der großen heterotrophen Flagellaten, wie farblosen Dinoflagellaten und Chrysophyceen, von besonderer Bedeutung, die bisher bei quantitativen Arbeiten fast völlig unberücksichtigt blieb (vgl. Arndt & Mathes 1990). Im zeitigen Frühjahr übernehmen die Protozoen die Funktion des Metazooplanktons im Sommer. Mit Anwachsen der Metazooplanktonbiomasse im

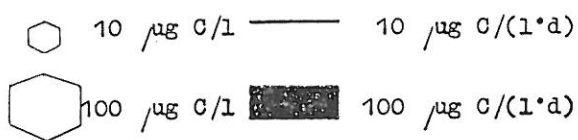
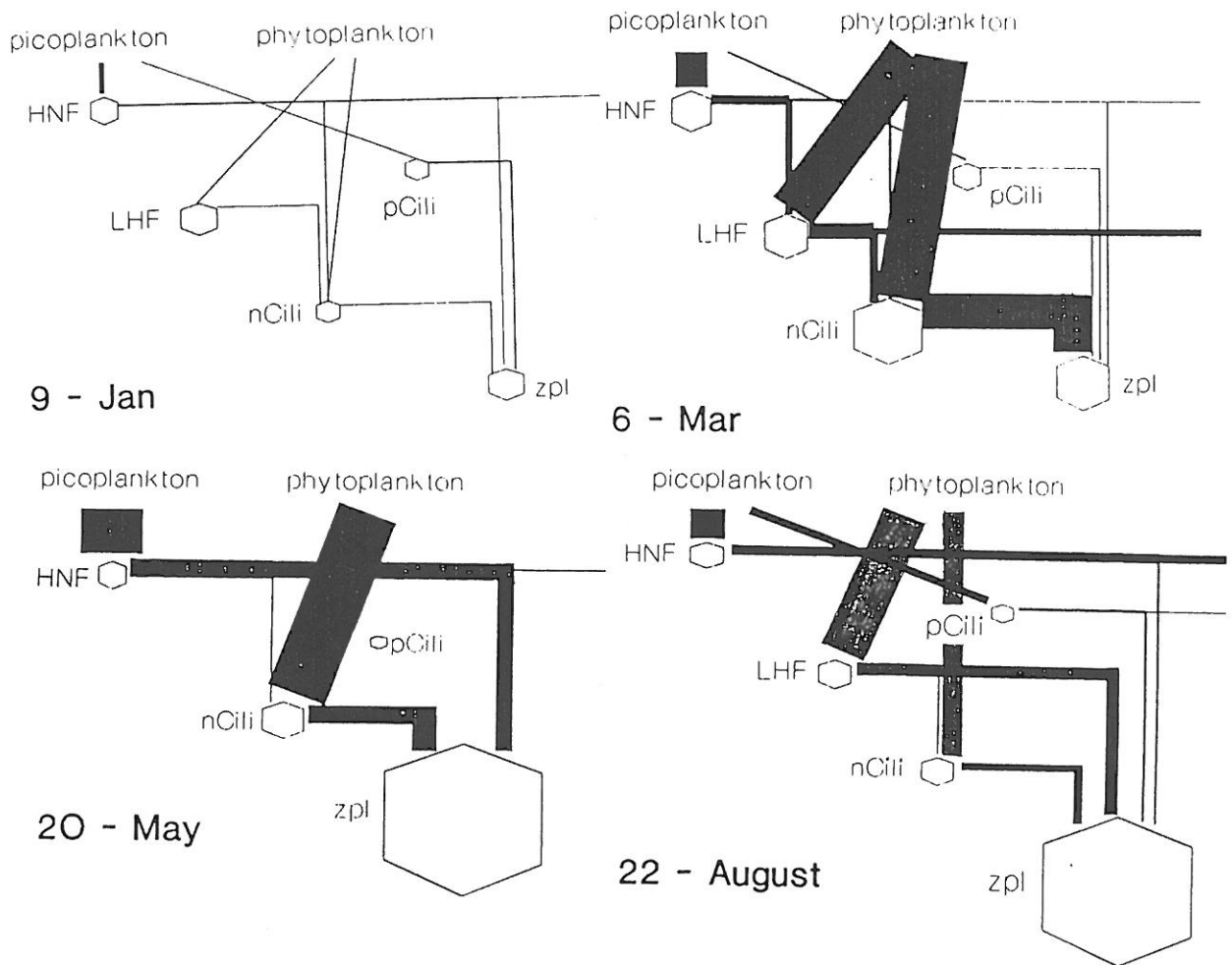


Abb. 3 Biomasse (Sechsecke) und Stofffluss (schwarze Balken) im "microbial web" des Müggelsees im Januar, März, Mai und August 1989.

Frühsommer wird die Biomasse der Protozoen durch die Metazoen stark reduziert, dennoch sind bei steigenden Temperaturen die Umsatzraten der Protozoen relativ hoch. Im Sommer ergeben sich ausgeglichene Verhältnisse bei relativ geringen Biomassen der verschiedenen Protozoengruppen.

Als ein wichtiges Ergebnis der Untersuchungen kann festgestellt werden, daß der Stofffluß über die verschiedenen Protozoengruppen - als einem wesentlichen Glied in der Funktion limnischer pelagischer Ökosysteme - starken jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt, was sowohl die quantitative Seite als auch die qualitative Seite (bacterivor/herbivor) anbelangt. Ein großer Teil der Protozoenproduktion wird bereits innerhalb des Protozooplanktons konsumiert, ein weiterer Teil wird von den Metazoen konsumiert. Dieser Regulationsmechanismus erklärt bei hohen Reproduktionsraten der Protozoen die relativ konstanten Biomassen im Gewässer. So müssen fast alle herbivoren Protozoen

auch als potentielle Räuber für heterotrophe Nanoflagellaten angesehen werden. Räuberische Ciliaten (bei diesen Untersuchungen nicht bearbeitet) treten sofort in Erscheinung, wenn Metazooplankter nicht die Hauptkonsumenten sind (Arndt unveröff.). Die Ergebnisse zeigen, daß die Aktivität des Protozooplanktons bei der Diskussion der Planktonsuccession berücksichtigt werden muß.

#### Literatur:

- Arndt,H; Mathes,J (1990): Large heterotrophic flagellates form a significant part of protozooplankton biomass in lakes and rivers. 1st Int. Conf. on Free-living heterotrophic Flagellates, Helsingör, 6.-11.8.1990, Ophelia in Druck
- Arndt,H; Nixdorf,B (1990): Spring clear-water phase in a eutrophic lake: Control by herbivorous zooplankton enhanced by grazing on components of the microbial web. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24, in Druck
- Azam,F; Fenchel,T; Field,JG; Gray,JS; Meyer-Reil,L-A; Thingstad,F (1983): The ecological role of water-column microbes in the sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 10, 257-263.
- Geller,W; Berberovic,R; Gaedke,U; Müller,H; Pauli,H-R; Tilzer,MM; Weisse,T (1990): Relations among the components of autotrophic and heterotrophic plankton during the seasonal cycle 1987 in Lake Constance. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24, in Druck
- Güde,H (1988): Direct and indirect influences of crustacean zooplankton on bacterioplankton of Lake Constance. Hydrobiologia 159: 63-73.
- Güde,H (1989): The role of grazing on bacteria in plankton succession. In: Plankton Ecology: Succession in Plankton Communities. (Ed: Sommer,U) Springer-Verlag, Berlin, 337-364
- Sanders,RW; Porter,KG; Bennett,SJ; DeBiase,AE (1989): Seasonal patterns of bacterivory by flagellates, ciliates, rotifers, and cladocerans in a freshwater planktonic community. Limnol. Oceanogr. 34, 673-687
- Weisse,T (1990): Trophic interactions among heterotrophic microplankton, nanoplankton, and bacteria in Lake Constance. Hydrobiologia 191: 111-122
- Williams,PJleB (1981): Incorporation of microheterotrophic processes into the classical paradigm of the planktonic food web. Kieler Meeresforsch., Sonderh. 5, 1-28