

Strukturgebundener Stoffumsatz im Fließgewässer: Untersuchungen zur Bedeutung des mikrobiellen Nahrungsgefüges im Freiwasser und auf den Aggregaten der Mittelelbe im Frühsommer

Heike Zimmermann-Timm, Henry Holst, Ute Wörner, Hartmut Kausch

1 Einleitung

In Fließgewässern sind allochthone und autochthone Planktonkomponenten vertreten, wobei flussabwärts die Dichte des autochthonen Planktons zunimmt. Die räumliche und zeitliche Dynamik der Zooplankter wurde für verschieden große Fließgewässer beschrieben (Saunders und Lewis 1989, Shiel et al. 1982, de Ruyter van Steveninck et al. 1992, Viroux 1997, Basu und Pick 1997). Allerdings fanden in diesen Studien das Pico-, Nano- und Microplankton häufig nur unzureichende Beachtung. Qualitative und quantitative Veränderungen dieser unterschiedlichen Planktonkomponenten sollen in zeitlich verschieden gelegenen Längsschnittbereisungen, mit unterschiedlichen hydrographischen bzw. jahreszeitlichen Aspekten, in der Mittelelbe untersucht werden.

Dieser Beitrag stellt beispielhaft die qualitative und quantitative Veränderung der Rotatorien und Flagellaten während einer Längsschnittbereisung von Geesthacht bis Dresden im Juni 1999 vor.

Für Rotatorien ist bekannt, dass sie im Frühjahr und Frühsommer eine wichtige Komponente innerhalb der Zooplanktongemeinschaft einnehmen und das mikrobielle Nahrungsnetz in vielfältiger Weise beeinflussen können (Arndt 1993). Sie scheinen sogar zeitweise innerhalb größerer Fließgewässer die dominierenden Metazooplankter darzustellen (Ketchum 1954, Pace et al. 1992). Trotzdem sind Untersuchungen zur Bedeutung der Rotatorien in Fließgewässersystemen selten. Naidenov (1971) und Shiel (1979) konnten, allerdings ohne Berücksichtigung der Protozoen, Zooplanktonbiomasseanteile von 80% für die Rotatorien feststellen. In der Mittelelbe liegen die aktuellsten Arbeiten über das Rotatorienplankton von Klapper (1961) und Meister (1994) vor.

Untersuchungen zum Protozooplankton der Mittelelbe sind bisher ebenfalls nur sporadisch durchgeführt worden. Arndt und Matthes (1991) stellten bei Untersuchungen der Spree, Donau und Elbe fest, dass Protozoen einen Zooplanktonbiomasseanteil von 75-98% erreichen können. Zu ähnlichen beachtlichen Ergebnissen gelangten auch Carlough und Meyer (1989) für das Plankton des Ogeechee Rivers (Georgia, USA).

Untersuchungen zu den funktionellen Gruppen der Protozoen wie auch der im Flussplankton quantitativ wichtigen Rotatorien und deren Bedeutung in Fließgewässern sind auf Grund deren erheblicher Biomasseanteile unabdingbar. Dies sowie eine Einschätzung der trophischen Interaktionen zwischen Bakterio-, Phyto- und Zooplankton fehlten bisher im Bereich der Mittelelbe. Das Gleiche gilt für die Untersuchungen der Wechselwirkung zwischen der Planktonbiozönose und den verschiedenen abiotischen Faktoren, vornehmlich Strömung, Temperatur und Morphologie des Gewässerbettes sowie Eutrophierung und anthropogene Einflussnahmen in Fließgewässern.

Im Folgenden soll eine Charakterisierung der pelagischen Lebensgemeinschaft im Längsschnitt am Beispiel der Flagellaten und Rotatorien vorgenommen werden und eine erste Einschätzung zur Bedeutung der aus organischen und anorganischen Komponenten bestehenden Aggregate (Alldredge und Silver 1988, Zimmermann-Timm et al. 1998) für das Plankton bzw. das Nahrungsgewebe gegeben werden.

2 Material und Methoden

Im Juni (21.-26. Juni) wurde von Geesthacht bis Dresden eine Bereisung der Elbe durchgeführt, wobei die fließende Welle an 10 verschiedenen Standorten beprobt wurde: Stkm 585 (Geesthacht), Stkm 509 (Damnitz), Stkm 475 (Schnackenburg), Stkm 420 (Havelberg), Stkm 317 (Magdeburg), Stkm 285 (Aken), Stkm 257 (Rosslau), Stkm 150 (Torgau), Stkm 67 (Radebeul) und Stkm 46 (Dresden-Laubegast). Die Planktonproben wurden mittels eines Horizontalschöpfers entnommen. 6 l Flusswasser, 3 x 2 l, wurden über einem 35µm Planktonsieb aufkonzentriert. Um eine hohe taxonomische Auflösung speziell bei illorikaten Rotatorienarten (z.B. bei *Synchaeta* sp.) zu Gewähr

leisten, erfolgte ein Betäubung der Rotatorien mittels Selterswasser und anschließender Fixierung durch langsame Zugabe von Formaldehyd (Endkonzentration 5%; Koste 1978). Die qualitative und quantitative Auswertung der Planktonproben erfolgte im Labor an einem OLYMPUS Umkehrmikroskop bei 60 bis 600-facher Vergrößerung.

Aggregate und aggregatassoziierte Flagellaten wurden mittels des Kernerschen Sinktrichters erfasst (Kerner et al. 1995), der zuvor mit 10 l Probenwasser befüllt worden war. In diesem Trichter sinkt ein großer Teil der im Probenwasser enthaltenen Aggregate während einer Zeitdauer von 15 min zu Boden. Die Aggregatfraktion kann dann über den Auslass des Trichters entnommen werden.

Die Bestimmung der aggregatassoziierten heterotrophen Flagellaten wurde lebend an einem Phasenkontrastmikroskop durchgeführt. Die Quantifizierung von Bakterien, auto- und heterotrophen Flagellaten wurde nach einer DAPI-Färbung auf Filtern (Porter und Feig 1980) vorgenommen. Zur Bestimmung der Aggregatvolumina und -abundanz wurden Aggregate vor Ort an einem Binokular gezählt und vermessen. Leitfähigkeit, Sauerstoff und Temperatur wurden mit einem WTW Messgerät durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamtabundanz der Rotatorien zeigte stromabwärts, ab Magdeburg, eine starke Zunahme. Der maximale Wert wurde mit 3535 Ind. l⁻¹ in Geesthacht erreicht. Diese Abundanzzunahme, die v.a. die Arten *Trichocerca pusilla*, *Synchaeta oblonga*, *Keratella cochlearis* und *Anuraeopsis fissa* betrifft, mag in dem nicht mehr von Zuflüssen und Altarmen geprägten unteren Abschnitt der Elbe als ein Zeichen für Vermehrungen im Strom aufgefasst werden und daher als Hinweis für das Vorhandensein allochthoner Arten im Fluss gelten. Interessant ist die Artenverteilung der Rotatorien im Längsschnitt. Während im oberen Teil des Untersuchungsgebietes *Synchaeta oblonga* dominierte, war es unterhalb von Magdeburg die Art *Trichocerca pusilla*. Ähnlich wie bereits in der Tide-Elbe beobachtet (Holst et al. 1998), herrscht auch hier eine Dominanz der beutegreifenden Rotatorien gegenüber filtrierenden Arten in anderen Fließgewässersystemen (Koste 1978) vor.

Es lässt sich nicht ausschließen, dass die top-down-Kontrolle in der Elbe eine andere als in vergleichbaren großen Strömen ist und somit über den Effekt der trophischen Kaskade auch eine ganz andere Entwicklung der planktischen Biozönose vonstatten geht.

Vergleicht man die Zusammensetzung der heterotrophen Nanoflagellaten, so lässt sich feststellen, dass von Torgau bis Dresden Katablephariden, also planktische Formen, dominieren. Auffällig ist die Artenzusammensetzung ab Magdeburg. Ab hier beherrschen die meist an Aggregate assoziierten Kinetoplastiden das Untersuchungsgewässer. Unter Berücksichtigung der erhöhten Salinität, die die Saale-Einmündung mit sich bringt, muss allerdings festgestellt werden, dass sich bei den Flagellaten große Unterschiede in der Artenzusammensetzung, aber nur geringfügige Unterschiede in der Abundanz abzeichnen. Während bei Aken ca. $3 \times 10^5 \text{ ml}^{-1}$ heterotrophe und ca. $1 \times 10^3 \text{ ml}^{-1}$ autotrophe Flagellaten erfasst wurden, so waren es bei Magdeburg $2 \times 10^3 \text{ ml}^{-1}$ heterotrophe Flagellaten bzw. ca. $1 \times 10^3 \text{ ml}^{-1}$ autotrophe Flagellaten. Vergleicht man die Abundanz der aggregatassoziierten Flagellaten mit denen der im Wasserkörper suspendierten Formen, so lässt sich feststellen, dass bei den autotrophen Flagellaten, im Vergleich zu den heterotrophen Formen, ein weniger stark ausgeprägter Aggregatbezug vorliegt. Dies mag in der Tatsache, dass der Aggregatbezug eine Lichtlimitierung mit sich bringt, begründet sein. Anders sieht es dagegen bei den Bakterien aus, hier waren bei Magdeburg ca. 3×10^6 mal mehr Bakterien in der Aggregatfraktion als bei Aken zu finden. Die Bakterien weisen an diesen beiden Probenstellen doppelt so große Abundanz auf den Aggregaten im Vergleich zum Freiwasser auf.

Aggregate waren in allen Stationen vorhanden. Maximale Aggregatabundanz wurden bei Magdeburg mit 1200 Aggregaten ml⁻¹ erreicht. An den am weitesten stromaufwärts gelegenen Stationen, Dresden und Torgau, war der Anteil kleinerer Aggregate ($\leq 25\text{-}50 \mu\text{m}$) an der Gesamtabundanz höher als an den weiter stromabwärts gelegenen Stationen. Die Zusammensetzung der Aggregate, Detritus, mineralische Partikel, Diatomeenschalen, Diatomeen und coccale Grünalgen, zeigte im Längsschnitt im Vergleich zu den Untersuchungen in der Tide-Elbe (Zimmermann-Timm et al. 1998, Zimmermann-Timm et al. eingereicht) nur unwesentliche Veränderungen. Zu 60-80% war Detritus der dominierende Aggregatbestandteil. Wie sich in Abhängigkeit der Aggregatgröße die Besiedlung verändert, werden weitere Auswertungen zeigen.

Die Erklärung der Veränderungen der Flagellaten- und Rotatorienbiozönose im Längsschnitt bedarf noch weiterer Auswertungen. Es scheint sich allerdings abzuzeichnen, dass die Zunahme der Temperatur von Dresden bis Geesthacht um ca. 3°C und damit einhergehend auch die Zunahme des Nahrungsangebotes (z.B. Phytoplankton), die Ausbildung der Planktonbiozönose unterhalb von Magdeburg fördert.

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Faktor scheint im Zufluss der Saale begründet zu sein. Hier liegen für den entsprechenden Zeitraum im Juni Werte zwischen 2609 – 2721 $\mu\text{S cm}^{-2}$ vor. D.h. mit dem Zufluss der Saale, welche mit Abwässern des Kalibergbaus belastet ist, steigt die Leitfähigkeit in der Elbe rapide an. Dies mag die Veränderungen der Artenzusammensetzung bei den Flagellaten und Rotatorien bedingen und gleichzeitig auch die größeren Aggregatabundanzen und –volumina oberhalb von Magdeburg erklären.

Literatur

- Allredge, A., Silver, M.W. (1988) Characteristics, dynamics and significance of marine snow.- *Progr. Oecnaogr.* 20: 41-82
- Arndt, H. (1993) Rotifers as Predators on Components of the microbial food web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) - a review. *Hydrobiologia* 255/256: 231-246
- Arndt, H., Matthes, J. (1991) Large heterotrophic flagellates form a significant part of protozooplankton biomass in lakes and rivers.- *Ophelia* 33: 225-234
- Basu, B.K., Pick, F.R. (1997) Phytoplankton and zooplankton development in a lowland, temperate river.- *J. Plankton Res.* 19: 237-253
- Carlough, L.A., Meyer, J.L. (1989) Protozoans in two southern blackwater rivers and their importance to trophic transfer.- *Limnol Oceanogr.* 34: 163-177
- De Ruyter van Steveninck, E.D., Admiraal, W., Breebart, L., Tubbing, G.M.J., van Zanten, B. (1992) Plankton in the River Rhine. Structural and functional changes observed during downstream transport.- *J. Plankt. Res.* 14, 10: 1351-1368
- Holst, H., Zimmermann, H., Kausch, H., Koste, W. (1998) Temporal and Spatial Dynamics of Planktonic Rotifers in the Elbe Estuary during Spring.- *Est. Coast. Shelf Sci.* 46: 261-273
- Kerner, M., Kappenberg, J., Brockmann, U., Edelkraut, F. (1995) A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe estuary. 1. The effect of changes in physico-chemical conditions on the oxygen consumption.- *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 110, *Unters. Elbe-Aestuar* 7,1: 1-25
- Ketchum, B.H. (1954) Relation between circulation and planktonic populations in estuaries. *Ecology* 35, 2: 191-200
- Klapper, H. (1961) Biologisches Gütebild der Elbe zwischen Schmilka und Boizenburg.- *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 46: 51-64
- Koste, W. (1978) Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Begründet von Max Voigt, Gebrüder Bornträger Berlin Stuttgart, Bd. I und Bd. II
- Meister, A. (1994) Untersuchungen zum Plankton der Elbe und ihrer größeren Nebenflüsse. -*Limnologica* 24,2: 153-214
- Naidenov, W. (1971) Zustand und Perspektiven der Untersuchungen über das Zooplankton der Donau, ihrer Nebenflüsse und der stehenden Gewässer. *Schweiz. Z. Hydrol.* 33: 314-322
- Pace, M.L., Finlay, S.E.G., Lints, D. (1992) Zooplankton in Advective Environments: The Hudson River Community Comparative Analysis.- *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1060-1069
- Porter, K.G., Feig, Y.S. (1980) The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora.- *Limnol. Oceanogr.* 25: 943-948
- Saunders, F.F., Lewis Jr., W.M. (1989) Zooplankton abundance in the lower Orinoco River.- *Limnol Oceanogr.* 34: 397-409
- Shiel, R.J. (1979) Synecology of the Rotifera of the River Murray, South Australia.- *Austr. J. Mar. Freshw. Res.* 30: 255-263
- Shiel, R.J., Walker, H.K.D., Williams, W.D. (1982) Plankton of the lower River Murray, South Australia.- *Austr. J. Mar. Freshwat. Res.* 33: 301-327
- Viroux, I. (1997): Zooplankton development in two large lowland rivers, the Moselle (France) and the Meuse (Belgium), in 1993. *J. Plankton Res.* 19,11: 1743-1762
- Zimmermann-Timm, H., Holst, H., Müller, S. (1998) Seasonal dynamics of Aggregates and their Typical Bio-coenosis in the Elbe Estuary.- *Estuaries* 21, 4A: 613-621
- Zimmermann-Timm, H., Hoberg, M., Müller, S., Holst, H. (eingereicht) The influence of course of the river on estuarine aggregates: occurrence, characteristics and colonization in the Elbe Estuary.- *Limnol Oceanogr.*

Danksagung

Wir danken der ARGE Elbe für das Überlassen der Oberwasserabflussdaten und dem STAU Magdeburg für die Daten zur Leitfähigkeit der Saale. Das Forschungsvorhaben wurde finanziert durch das BMBF mit dem Förderkennzeichen 0339606.