

# Keimelimination durch Zooplankton

## Wasserreinigung in Schwimm- und Badeteichen\*

Dipl.-Biol. Inga Eydeler und Dr. Jürgen Spieker, Dipl.-Biol., KLS Gewässerschutz, Hamburg

Schwimm- und Badeteiche sind kleine Stillgewässer, in denen weitgehend die gleichen gewässer-ökologischen Prozesse ablaufen wie in natürlichen Seen. Technische Einrichtungen können diese Prozesse lenken, unterstützen oder auch behindern.

Genau wie in einem See findet auch in einem Schwimm- und Badeteich eine Insitu-Entkeimung schon durch natürliche Prozesse im Gewässer selbst statt. Eine wichtige Rolle spielt dabei das Zooplankton (im Wasser frei schwe-

bende, tierische Kleinstorganismen), das sich zum Großteil von Bakterien und Algen ernährt. Zusätzlich findet eine weitere Reduktion der Keime durch das natürliche UV-Licht, das Absinken auf den Gewässerboden (Sedimentation), bestimmte Milieubedingungen, Konkurrenzdruck und den Wegfraß durch das Makrozoobenthos statt.

### Der Wasserkörper des Schwimmteichs

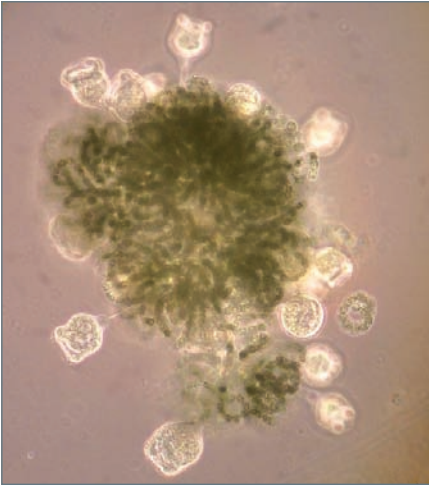
In einem Stillgewässer lebt eine Vielzahl von Organismen, die über komple-

xe Nahrungsgeflechte miteinander in Beziehung stehen. Der Freiwasserkörper, das Pelagial, wird dominiert vom Plankton, den „schwebenden“ Gewässerorganismen. Dazu zählen u. a. das Bakterioplankton, das Phytoplankton und das Zooplankton.

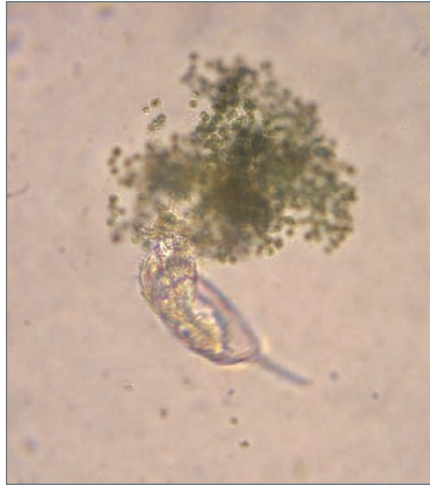
### Vorkommen und Nahrung des Zooplanktons

Im Süßwasser bilden die *Flagellata* (Geißeltierchen), die *Ciliata* (Wimpertierchen), die *Rotatoria* (Rädertierchen), die *Cladocera* (Wasserflöhe) und die *Copepo-*

**Strudler: Ciliata (Wimpertierchen) und Rotatoria (Rädertiere)**



■ Ciliata: Vorticella auf einer Algenkolonie im Freiwasser siedelnd, strudeln Bakterien ein.



■ Rotatoria: Keratella beim Fressen coccaler Cyanobakterien



■ Rotatoria: Brachionus beim Verdauen von Bakterien

**Filtrierer: Cladocera (Wasserflöhe)**



■ Cladocera: Bosmina

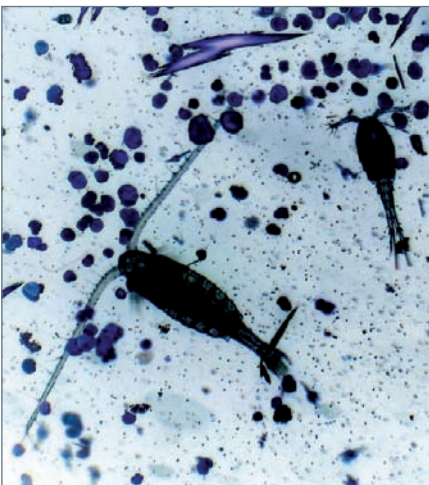


■ Cladocera: Ceriodaphnia

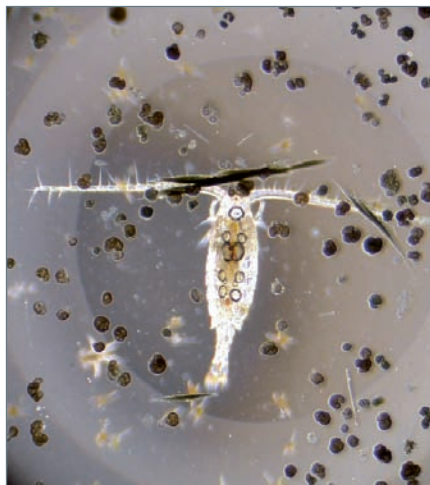


■ Cladocera: Daphnia

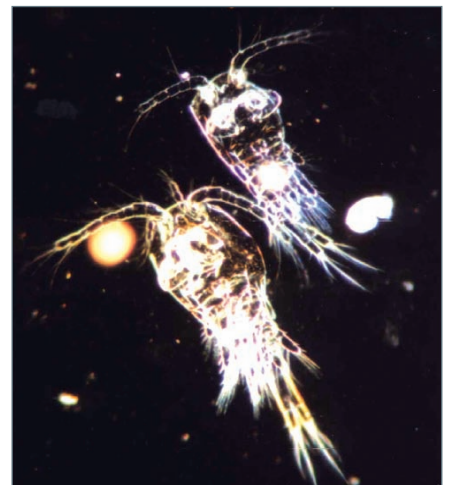
**Greifer: Copepoda (Hüpferlinge)**



■ Calanoide und Cyclopoide: Copepoda



■ Calanoider Copepod: Eudiaptomus



■ Cyclopoide Copepoda: Cyclops

da (Ruderfußkrebse, Hüpferlinge) die am häufigsten im Zooplankton vertretenen Gruppen. Die Mehrzahl der Zooplankter ernährt sich von Bakterien (bakterivor) und/oder Phytoplankton (herbivor). Einige Zooplankter ernähren sich auch räuberisch, d. h. ihre Beute ist tierisch. Unter den Copepoda gibt es viele Arten, die je nach Entwicklungsstadium alles fressen (omnivor). Die bakterivoren und herbivoren Zooplankter sind Strudler, Filtrierer oder Greifer (Schönborn, 2003).

Die *Strudler* strudeln durch Cilien oder Wimpern die Nahrung in den Mund, wie z. B. Ciliaten und Rotatorien. Die *Filtrierer* pressen einen Wasserstrom durch siebartige Strukturen und filtern die Nahrung heraus, wie bei den Cladoceren. Die *Greifer* ergreifen gezielt ihre Nahrung, wie z. B. viele Copepoda und phagotrophe Flagellata.

Die Wimperntierchen und Rädertierchen bevorzugen für ihre eingestrudelte Nahrung eine Partikelgröße zwischen 0,5 und 3 µm. Die Wasserflöhe können je nach Art und Größe ein Partikelspektrum von 0,2 µm bis hin zu 50 µm verwerten.

## Filtrations- und Ingestionsleistungen des Zooplanktons

Die Entschlüsselung des Nahrungsgefüges und der Stofffluxe in aquatischen Ökosystemen ist schon seit Jahrzehnten Gegenstand intensiver limnologischer und mikrobiologischer Forschungen. Inzwischen sind für viele Zooplanktonorganismen die Fraß- und Filtrationsleistungen bekannt (siehe Tabelle 1). Diese Erkenntnisse führten angesichts von zunehmender Ressourcenknappheit und wachsender Weltbevölkerung innerhalb der letzten Jahre dazu, angewandte Forschungen auf den gezielten Einsatz von Zooplanktonorganismen zur Abwasserbehandlung und Keimelimination zu konzentrieren.

Insbesondere die großen Daphnien-Formen, wie z. B. *Daphnia magna*, sind für ihre enormen Filtrations- und Ingestions-

leistungen bekannt. Die Ingestionsrate eines Individuums gibt an, wie viele Futterpartikel oder wie viel Futtermasse ein Individuum pro Zeiteinheit frisst. Die Filtrationsrate gibt an, in welchem Wasservolumen die gefressene Futtermenge vorhanden war (Lampert & Sommer, 1993) (siehe dazu auch den „Infokasten“).

So wurden in diversen Experimenten allein Bakterien-Filtrationsraten von Daphnien von bis zu 42 bis 66 ml/Individuum/Tag ermittelt (Schallenberg et al., 2005; Porter et al., 1983). Mittels unterschiedlich konzipierter Fraßversuche, Darminhaltsuntersuchungen und Radioisotopenversuchen wurde dokumentiert, dass Fäkalkeime wie *Escherichia coli* und *Campylobacter jejuni* von den Daphnien nicht nur aufgenommen, sondern auch in großer Zahl abgetötet und verdaut werden (siehe Tabelle 2). Für *Daphnia magna* wurden Ingestionsraten von *Escherichia coli* bis zu  $5,6 \times 10^6$  *E.coli*-Zellen pro Stunde beobachtet (Mc. Mahon et al., 1963).

## Filtrationsrate

„Die Filtrationsrate (F) gibt an, in welchem Wasservolumen die gefressene Futtermenge vorhanden war. Da sie aus der Zahl der aufgenommenen oder aus der Suspension verschwindenden Partikel berechnet wird und die Retention filtrierbarer Partikel meist < 100 % ist, gibt sie keinen wirklichen Wasserdurchsatz durch den Filterapparat an und kann auch auf Arten angewandt werden, die nicht wirklich filtrieren.“

Die englische Bezeichnung „clearance rate“ macht besser deutlich, dass angegeben wird, welches Wasservolumen pro Zeit partikelfrei gemacht wird. Die individuelle Filtrationsrate hat die Dimension V/ind/t und kann aus dem Quotienten der Ingestionsrate (I) und der Futterkonzentration (C) berechnet werden:  $F_{ind} = I/C$  [...]“.

Aus: Lampert & Sommer, 1993, S. 235

Zooplanktongruppe	Filtrationsraten [ml / Ind. / Tag]		
	Minimum	Maximum	Mittelwert
Ciliata	0,012	0,163	0,0875
Rotatoria	0,007	16,992	8,500
Copepoda	0,048	129,600	64,824
Cladocera	0,096	66,480	33,288

■ Tabelle 1: Experimentell ermittelte Filtrationsraten von Zooplanktern

(Literatur im Anhang; die hier aufgeführten Werte stammen aus unterschiedlichen Versuchsansätzen mit verschiedenen Arten und geben einen Eindruck über die Spannbreiten.)

Zooplanktonart	Ingestionsraten [Zellen / Ind. / Tag]	Futterorganismus
<i>Daphnia magna</i>	$5,6 \times 10^6$	<i>Escherichia coli</i>
<i>Daphnia parvula</i>	$9,6 \times 10^5$	natürliche Bakterienpopulationen (Größe: 0,1 - 1 µm)
	clearance rate [ml / Ind. / h]	
<i>Daphnia carinata</i>	1,75	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>E.coli</i>

■ Tabelle 2: Experimentell ermittelte Ingestionsraten von Zooplanktern

(Literatur im Anhang; die hier aufgeführten Werte stammen aus unterschiedlichen Versuchsansätzen.)

Aber auch für andere Arten aus den Gruppen der Cladocera und der Copepoda wurden hohe Filtrationsraten ermittelt. So sind z. B. die häufig vorkommenden Wasserflöhe der Gattungen *Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Diaphanosoma* und *Chydorus* starke Bakterien-Filtrierer. Unter den Copepoda sind Arten aus der Gattung *Eudiaptomus* als Bakterien-Greifer bekannt.

### Zooplankton in Schwimm- und Badeteichen

Im Rahmen der gewässerökologischen Überwachung von Schwimm- und Badeteichen gemäß FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V., Bonn; Anmerkung der Redaktion) wird das Zooplankton einmal im Monat mit beprobt und ausgewertet. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Datenbank Naturbäder (DANA)“ wurden die Zooplanktondaten aus 13 verschiedenen Schwimm- und Badeteichen aus den Jahren 2007 und 2008 ausgewertet. Die

Individuen/m <sup>3</sup>	Minimum pro Probenahme	Maximum pro Probenahme	Mittel ganze Saison
Rotatoria (Rädertiere)	0	377 389	19 039
Copepoda (Hüpferlinge)	21	146 369	8 589
Cladocera (Wasserflöhe)	0	87 898	7 274
Gesamt	42	454 729	34 903

■ Tabelle 3: Zooplankton-Individuendichten in 13 verschiedenen Schwimm- und Badeteichen, Badesaison 2007 und 2008 (KLS 2007, 2008)

Anzahl Arten	Minimum pro Probenahme	Maximum pro Probenahme	Mittel ganze Saison	Maximum ganze Saison
Rotatoria (Rädertiere)	0	12	5	18
Copepoda (Hüpferlinge)	0	6	2	7
Cladocera (Wasserflöhe)	0	8	3	11
Gesamt	2	22	10	32

■ Tabelle 4: Zooplankton-Artenanzahl in 13 verschiedenen Schwimm- und Badeteichen, Badesaison 2007 und 2008 (KLS 2007, 2008)

Schwimm- und Badeteiche wurden dafür mit einer Index-Nummer belegt (NI = Schwimm- und Badeteich-Index). Die

Zooplanktondaten wurden im Rahmen des gewässerökologischen Monitorings (KLS, 2007 und 2008) erhoben.

### Zooplanktonarten

Folgende Zooplanktonarten wurden in den 13 verschiedenen Schwimm- und Badeanlagen vorgefunden:

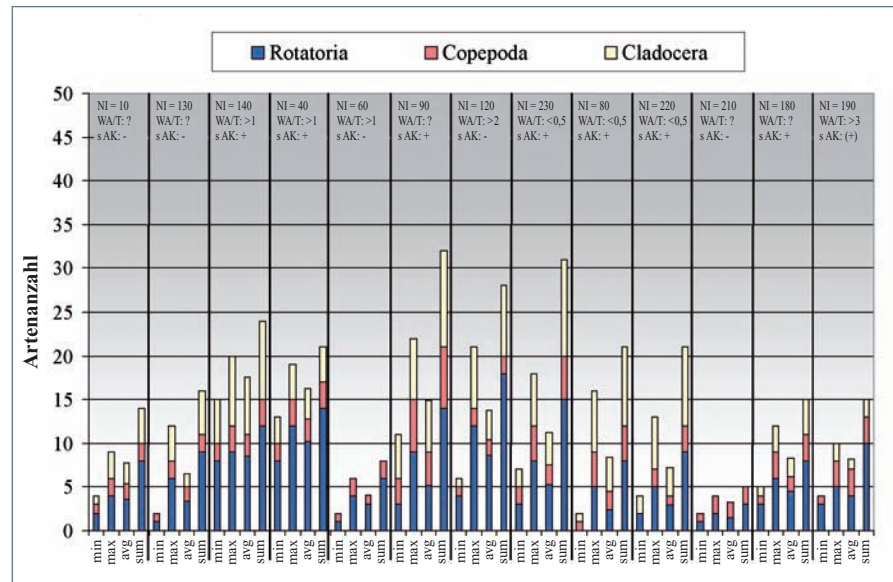
#### Rotatoria (Rädertiere)

*Ascomorpha sp.*, *Asplanchna sp.*, *Brachionus angularis*, *Brachionus c.f. urceolaris*, *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus sp.*, *Cephalodella sp.*, *Collotheca sp.*, *Colurella sp.*, *Euchlanis c.f. dilatata*, *Euchlanis c.f. triquetra*, *Echlanis sp.*, *Filinia longiseta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella cochlearis f. tecta*, *Keratella quadrata*, *Lecane c.f. luna*, *Lecane c.f. lunaris*, *Lecane c.f. quadridentata*, *Lecane sp.*, *Lepadella sp.*, *Monammata sp.*, *Mytilina mucronata*, *Mytilina sp.*, *Notholca acuminata*, *Notholca c.f. squamula*, *Platijas quadricornis*, *Polyarthra sp.*, *Pompholyx sulcata*, *Scardidium longicaudum*, *Synchaeta sp.*, *Testudinella patina*, *Trichocerca sp.*, *Trichotria pocillum*

**Copepoda (Ruderfußkrebse, Hüpferlinge)**  
*Acanthocyclops sp.*, *Cyclops sp.*, *Dia-cyclops sp.*, *Eucyclops sp.*, *Eudiaptomus vulgaris*, *Macrocylops sp.*, *Megacyclops sp.*, *Mesocyclus leuckarti*, *Thermocyclops sp.*, *Tropocyclops prasinus*, *Calanoide Copepodide*, *Cyclopoide Copepo-dide*, *Nauplien*

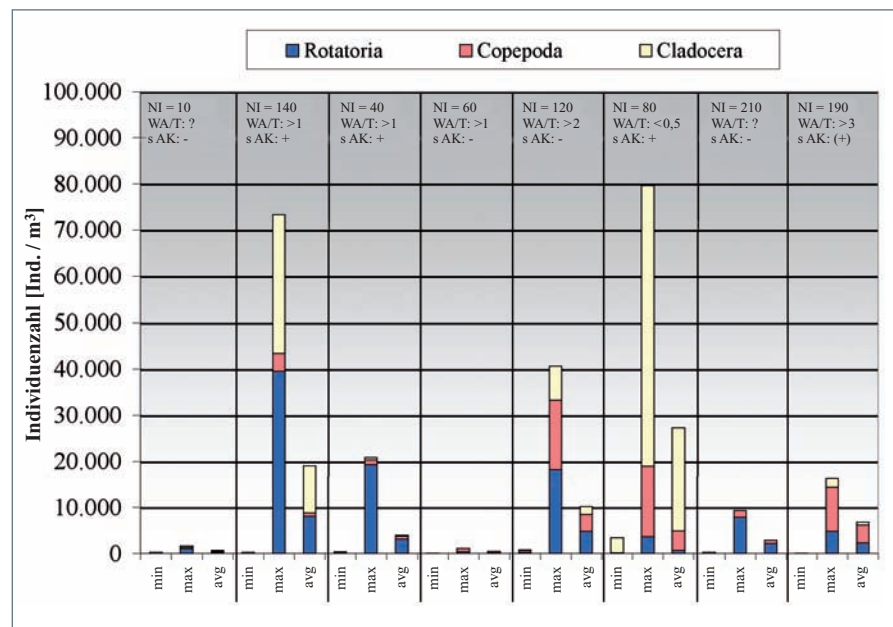
#### Cladocera (Wasserflöhe)

*Acroperus harpae*, *Alona c.f. affinis*, *Alona c.f. quadrangularis*, *Alona c.f. rectangula*, *Alona guttata*, *Alona sp.*, *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia c.f. dubia*, *Ceriodaphnia sp.*, *Chydorus sp.*, *Daphnia c.f. pulex*, *Daphnia c.f. rosea*, *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Dah-nia sp.*, *Eurycercus lamellatus*, *Grapto-leberis testudinaria*, *Pleuroxus aduncus*,



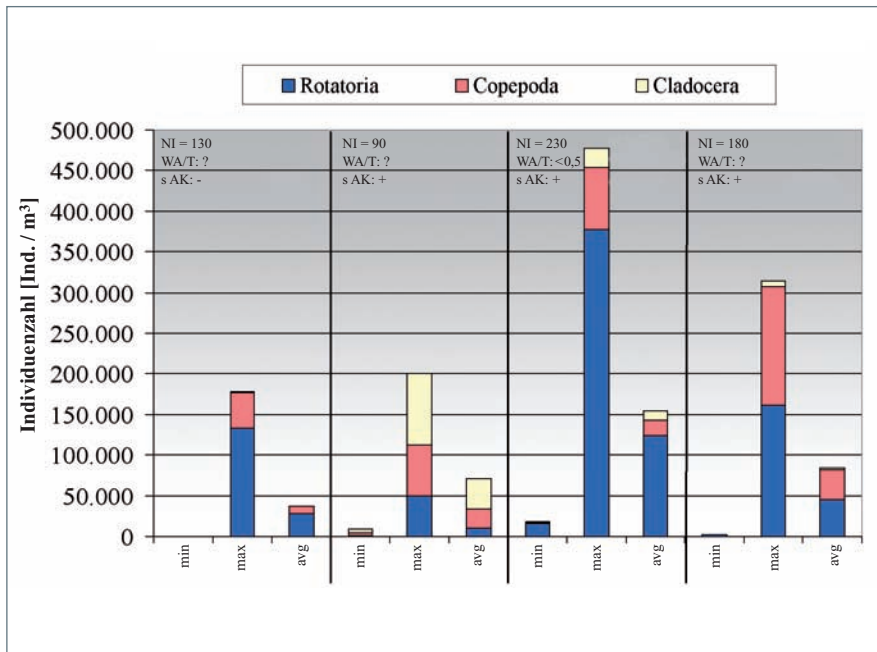
■ Abbildung 1: Anzahl vorgefundener Zooplankter-Arten in verschiedenen Schwimm- und Badeanlagen in den Jahren 2007 und 2008

Erläuterungen: NI = Schwimm- und Badeteich-Index; WA/T = Wasseraustausch pro Tag; s AK = Vorhandensein (+) oder Fehlen (-) von submerser Aquakultur; min = Minimum; max = Maximum; avg = Average (Mittelwert); sum = Summe aller vorhandener Arten



■ Abbildung 2: Individuendichten der häufigsten Zooplanktongruppen in verschiedenen Schwimm- und Badeanlagen; Individuendichten <100 000 Ind./m³

Erläuterungen: NI = Schwimm- und Badeteich-Index; WA/T = Wasseraustausch pro Tag; s AK = Vorhandensein (+) oder Fehlen (-) von submerser Aquakultur; min = Minimum; max = Maximum; avg = Average (Mittelwert)



■ Abbildung 3: Individuendichten der häufigsten Zooplanktongruppen in verschiedenen Schwimm- und Badeteichanlagen; Individuendichten >100 000 Ind/m<sup>3</sup>

Erläuterungen: NI = Schwimm- und Badeteich-Index; WA/T = Wasseraustausch pro Tag; s AK = Vorhandensein (+) oder Fehlen (-) von submerser Aquakultur; Min = Minimum; Max = Maximum; AVG = Average (Mittelwert)

*Pleuroxus c.f. trigonellus*, *Polyphemus pediculus*, *Scapholeberis mucronata*, *Simocephalus vetulus*

#### Individuendichten und Artenanzahl

Die Individuendichten und die Artenanzahl waren in den Bädern teilweise sehr unterschiedlich. Die Gesamtindividuenzahlen reichten dabei von nur 42 bis hin zu 454 729 Individuen pro m<sup>3</sup> (siehe Tabelle 3, Abbildung 2 und Abbildung 3). Die Anzahl verschiedener Zooplankton-Arten an einem Probenahmetermin reichte von minimal zwei bis hin zu 32 Arten (siehe Tabelle 4 und Abbildung 1).

Sowohl die höchsten Individuendichten als auch die höchste Artenvielfalt an Zooplankton wurden in den Schwimm- und Badeteichen NI 90 und NI 230 vorgefunden. Bei diesen beiden Schwimm- und Badeteichen handelt es sich um

naturnahe Systeme mit einem hohen Anteil an submerser Aquakultur und geringen Wasseraustratsraten. Die geringsten Individuendichten und Artenanzahl wurden für die Schwimm- und Badeteiche NI 210 und NI 60 dokumentiert. Die Schwimm- und Badeteiche NI 10 und NI 190 wiesen ebenfalls extrem niedrige Individuendichten auf. Bei diesen Bädern handelt es sich um stark durchströmte Bäder mit wenig oder gar keiner submersen Aquakultur.

### Reinigungsleistung in Schwimm- und Badeteichen durch das Zooplankton

Anhand der qualitativen und quantitativen Bestimmung des Zooplanktons in Schwimm- und Badeteichen kann die mögliche Filtration des Wasserkörpers durch die Zooplanktonorganismen errechnet werden. In den Abbildungen auf den nächsten Seiten sind beispielhaft die Filtrationsleistungen für einen Schwimm- und Badeteich mit hohen Zooplanktondichten (Beispiel A) und für einen Schwimm- und Badeteich mit sehr geringen Zooplanktondichten (Beispiel B) dargestellt. Die Zooplanktondaten wurden im Rahmen der gewässerökologischen Überwachung nach FLL im Jahr 2008 erhoben (KLS 2008).

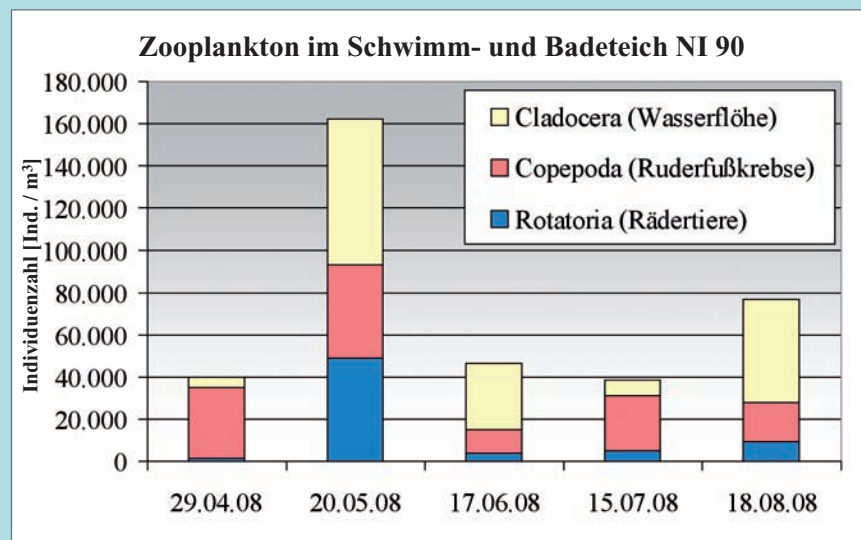
#### Beispiel A: hohe Individuendichten

Im Beispiel A – hohe Zooplankton-Individuendichten (siehe Abbildung 4) – kann unter Annahme einer maximalen Filtrationsleistung der gesamte Wasserkörper des Schwimm- und Badeteiches bis zu 3 bis 11 mal pro Tag allein durch das Zooplankton durchfiltriert werden, unter der Annahme einer mittleren Filtrationsleistung noch 2 - 5 mal pro Tag (siehe Abbildung 5). Bei minimaler Filtrationsleistung ist die Filtration durch Zooplankton vernachlässigbar gering.

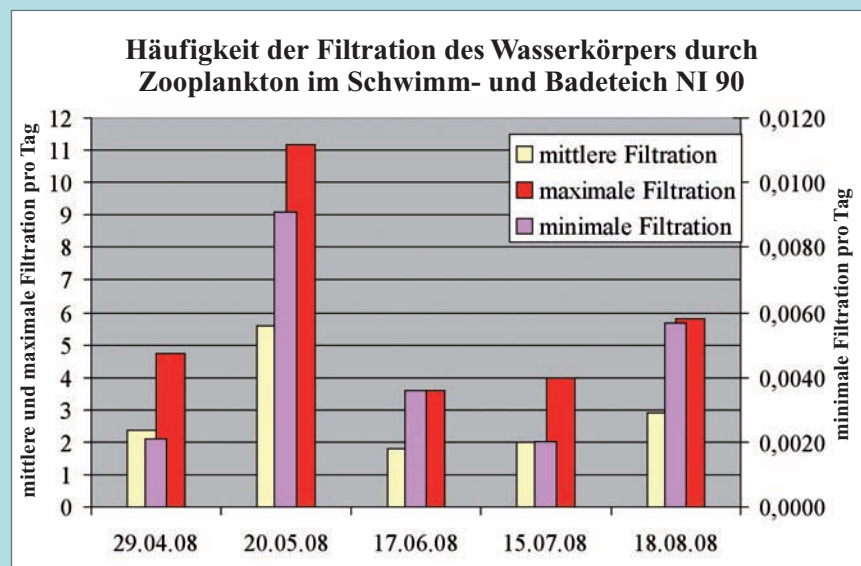
In einem Schwimm- und Badeteich ist jedoch auf Grund der geringen Trophie und des Mangels an Nahrung für die Zooplankter nicht mit einer minimalen, sondern mit einer mittleren bis maximalen Filtrationsleistung zu rechnen.

### Beispiel A

Hohe Zooplankton-Individuendichten, geringer Wasseraustausch, hoher Anteil submerser Aquakultur (Schwimm- und Badeteich NI 90)



■ Abbildung 4: Zooplankton-Individuendichten im Schwimm- und Badeteich NI 90 in der Saison 2008



■ Abbildung 5: Maximale und mittlere (Legende links) sowie minimale (Legende rechts) Filtrationsleistungen im Schwimm- und Badeteich NI 90 durch das Zooplankton in der Saison 2008

Je geringer das Nahrungsangebot ist, desto mehr müssen die Zooplankter filtrieren, um an Nahrung zu gelangen.

#### Beispiel B: sehr geringe Individuendichten

Im Beispiel B – sehr geringe Zooplankton-Individuendichten (siehe Abbildung 6) – ist die Filtrationsleistung sehr gering (siehe Abbildung 7). Unter Annahme einer

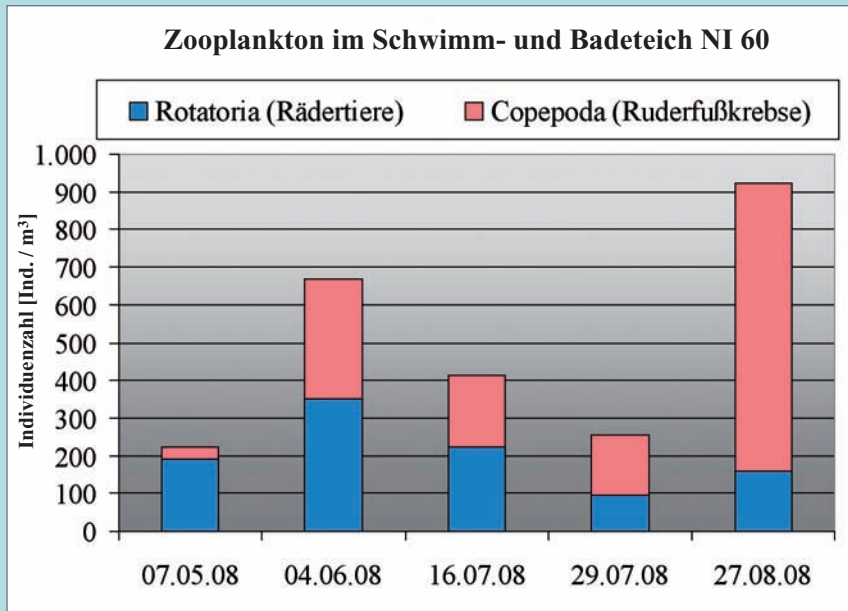
maximalen Filtrationsleistung wäre der gesamte Wasserkörper des Schwimm- und Badeteiches erst in 10 bis 60 Tagen einmal durchfiltriert worden.

### Anmerkung

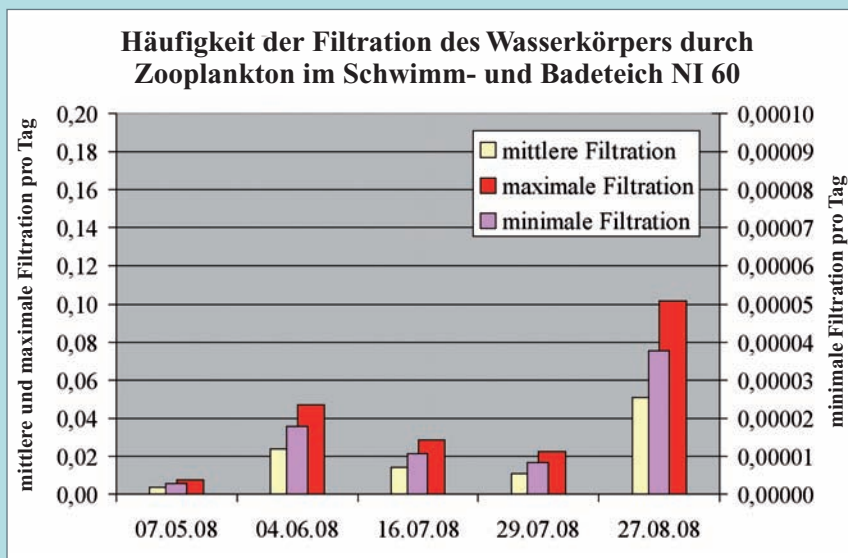
\* Datenauswertung im Rahmen des Forschungsprojektes DANA (Datenbank Naturbäder), gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück

### Beispiel B

Sehr geringe Zooplankton-Individuendichten, höherer Wasseraustausch, keine ausgeprägte submerse Aquakultur (Schwimm- und Badeteich NI 60)



■ Abbildung 6: Zooplankton-Individuendichten im Schwimm- und Badeteich NI 60 in der Saison 2008



■ Abbildung 7: Maximale und mittlere (Legende links) sowie minimale (Legende rechts) Filtrationsleistungen im Schwimm- und Badeteich NI 60 durch das Zooplankton in der Saison 2008

### Quellen und weiterführende Literatur

Archibold, J. H. G. & Berger J. (1985): A qualitative assessment of some metazoan predators of *Halteria grandinella*, a common freshwater ciliate. – *Hydrobiologia* 126: 97 – 102.

Arndt, H. (1993): Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) – a review. – *Hydrobiologia* 255/256: 231 – 246.

Buikema, A. L., Miller, J. D. & Yongue, W. H. Jr. (1978): Effects of algae and protozoans on the dynamics of *Polyarthra vulgaris*. – *Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 20: 2395 – 2399.

Bogdan, K. G. & Gilbert, J. J. (1982): Seasonal patterns of feeding by natural populations of *Keratella*, *Polyarthra*, and *Bosmina*, clearance rates, selectivities, and contributions to community grazing. *Limnol. Oceanogr.*, 27, 918 – 934.

Carrick, H. J., Fahnenstiel, G. L., Stoermer, E. F. & Wetzel R. G. (1991): The importance of zooplankton-protozoan trophic couplings in Lake Michigan. – *Limnology & Oceanography* 36: 1335 – 1345.

Ejmont-Karabin, J. (1974): Studies on the feeding of the planktonic polyphage *Asplanchna priodonta* Gosse (Rotatoria). – *Ekologia Polska* 22: 311 – 317.

Flößner, D. (2000): Die Haplopoda und Cladocera Mitteleuropas. – Backhuys Publishers, Leiden: 428 pp.

Gilbert, J. J. & Jack, J. D. (1993): Rotifers as predators on small ciliates. – *Hydrobiologia* 255/256: 247 – 253.

Hadas, O., Cavari, B. Z., Dott, Y. & Bachrach, U. (1982): Preferential feeding behaviour of *Daphnia magna*. In: *Hydrobiologie* 89, 49 – 52.

Jack, J. D. & Gilbert, J. J. (1993): Susceptibilities of different sized ciliates to direct suppression by small and large cladocerans. – *Freshwater Biology*: 29: 19 – 29.

Jürgens, K., Arndt, H. & Zimmermann, H. (1997): Impact of metazoan and protozoan grazers on bacterial biomass distribution in microcosm experiments. In: *Aquatic Microbial Ecology*. Vol. 12: 131 – 138.

Katechakis, A. & Stibor, H. (2004): Feeding selectivities of the marine cladocerans *Penilia avirostris*, *Podon intermedius* and *Evadne nordmanni*. In: *Marine Biology* 145: 529 – 539.

Korniyenko, G. S. (1976): Contribution of infusoria to the nutrition of *Acanthocyclops vernalis*

- and *Cyclops vicinus*. – Hydrobiological Journal 12: 62 – 65.
- Lampert, W. & Sommer, U. (1993): Limnökologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.
- Lieder, U. (1996): Crustaceae, Cladocera, Bosminiidae. In (Ed. Schwoerbel, J. & Zwick, P.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8, 2 – 3, 80 pp.
- Maly, E. J. (1969): A laboratory study of the interaction between the predatory rotifer *Asplanchna* and *Paramecium*. – Ecology 50: 59 – 80.
- Mc Mahon, J. W. & Rigler, F. H. (1963): Feeding rate of *Daphnia magna* Straus in different foods labeled with radioactive phosphorus. Department of Zoology, University of Toronto, Toronto, Ontario.
- Ooms-Wilms, A. L. (1997): Are bacteria an important food source for rotifers in eutrophic lakes? Journal of Plankton Research. Vol. 19 no. 8 pp. 1125 – 1141.
- Ooms-Wilms, A. L., Postema, G. & Gulati, R. D. (1993): Clearance rates of bacteria by the rotifer *Filinia longiseta* (Ehrb.) measured using three tracers. Hydrobiologia, 255/256, 255 – 260.
- Ooms-Wilms, A. L., Postema, G. & Gulati, R. D. (1995): Evaluation of bacterivory of Rotifera based on measurements of in situ ingestion of fluorescent particles, including some comparisons with Cladocera. J. Plankton Res., 17, 1057 – 1077.
- Pedros-Alió, C. & Brock, T. D. (1983): The importance of attachment to particles for planktonic bacteria. Arch. Hydrobiol., 98, 354 – 379.
- Perni, G., Scavia, L. D., Pace, M. L. & Carrick, H. J. (1990): Micrograzer impact and substrate limitation of bacterioplankton in Lake Michigan. – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 1836 – 1841.
- Porter, K. G., Feig, S. Y. & Vetter, E. F. (1983): Morphology, flow regimes, and filtering rates of *Daphnia*, *Ceriodaphnia*, and *Bosmina* fed natural bacteria. In: Oecologia (Berlin) 58: 156 – 163.
- Pouriot, R. (1977): Food and feeding habits of Rotifera. – Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebnis. Limnol. 8: 246 – 260.
- Rothhaupt, K.O. (1990): Differences in particle size-dependent feeding efficiencies of closely related rotifer species. Limnol. Oceanogr., 35, 16 – 23.
- Sanders, R. W. & Porter, K. G. (1990): Bacterivorous flagellates as food resources of the freshwater crustacean zooplankton *Daphnia ambigua*. – Limnology & Oceanography 35: 188 – 191.
- Sanders, R. W. & Wickham S. A. (1993): Planktonic protozoa and metazoa: predation, foodquality and population control. – Marine microbial Food Webs 7: 197 – 223.
- Schallenberg, M., Bermer, P. J., Henkel, S., Launhardt, A. & Burns, C. W. (2005): Survival of *Campylobacter jejuni* in Water: Effect of Grazing by the Freshwater Crustacean *Daphnia carinata* (Cladocera). In: Applied and Environmental Microbiology, Sept. 2005, p. 5085 – 5088.
- Schönborn, W. (2003): Lehrbuch der Limnologie. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), Stuttgart 2003.
- Sorokin, Y. U. & Paveljeva, E. B. (1972): On the characteristics of the pelagic ecosystem of Dalnee Lake (Kamchatka). – Hydrobiologia 40: 519 – 552.
- Vanni, M. J. & Lampert, W. (1992): Food quality effects on life history traits and fitness in the generalist herbivore *Daphnia*. – Oecologia 92: 48 – 57.
- Wickham, S. A. (1995 b): Trophic relation between cyclopoid copepods and ciliated protist: Complex interaction link the microbial and classic food webs. – Limnol. & Oceanogr. 40: 1173 – 1181.
- Williamson, C. E. (1989): The predatory behavior of *Mesocyclops edax*: predator preferences, prey defenses, and starvation-induced changes. – Limnology & Oceanography 25: 903 – 909.
- Williamson, C. R. & Butler, N. (1984): Predation on rotifers by the suspension-feeding calanoid copepod *Diatomus pallidus*. – Limnol. & Oceanogr. 31: 393 – 402.
- Zimmermann, H. (1994): Untersuchungen zur Bedeutung der Ciliaten im mikrobiellen Nahrungsnetz des Belauer Sees. – Dissertation Hamburg: 164 pp. S. 26, 27, 79 u. 82.