

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern  
**Band:** 57 (2000)

**Artikel:** Ökologie des Bielersees  
**Kapitel:** Das tierische Plankton : Bedeutung und Formen  
**Autor:** Tschumi, Pierre-André  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-318631>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

- Da während der Stagnation 1950 t O<sub>2</sub> durch Eddy-Diffusion ins Hypolimnion gelangen [104] und veratmet werden, sind die gemessenen Defizite um diesen Betrag zu erhöhen, um den tatsächlich verbrauchten Sauerstoff zu erhalten.
- Der im Hypolimnion gesamthaft verbrauchte Sauerstoff beträgt für den Tiefenbereich von 10–74 m 7580 t. Damit wurden 6100 t absinkende Biomasse bzw. 2200 t organischer Kohlenstoff abgebaut oder oxidiert. Der nicht abgebaute Rest gelangt auf den Seegrund und bildet Faulschlamm, das heisst schmutzig-dunkles Sediment. Die sedimentierte Biomasse beträgt 7000 t TG bzw. 2500 t organischer Kohlenstoff. Aus dem Einschluss ins Sediment resultiert jedes Jahr eine Nettoabgabe von rund 8800 Tonnen Sauerstoff an die Atmosphäre (s. 8.3).

Aus der Analyse von Sedimentbohrkernen schloss MÜLLER [77] unabhängig von unseren Produktionsmessungen auf eine seit 1878 gleichgebliebene Sedimentationsrate von 3000 t organischen Kohlenstoff (*Tabelle 10*: 2500 t C von der Algenproduktion stammend). Ursprünglich dürfte der Import von Biomasse durch die Zuflüsse dominiert haben (Bodenerosion, häusliche Abwässer ohne Kläranlagen). Mit der Zunahme der Gewässereutrophierung und dem Bau von Kläranlagen nahm der Beitrag der Algenproduktion an der Sedimentierung zu und derjenige des Imports durch Zuflüsse ab.

#### 10.6.4 Hauptergebnisse der Messung der Algenproduktion

Mit einer mittleren Algen-Bruttoproduktion von 400 g/m<sup>2</sup> C<sub>ass</sub> war der Bielersee von 1974 bis 1988 hoch eutroph. Seine im Verlauf jeder Stagnationsperiode schwindenden O<sub>2</sub>-Reserven vermochten jeweils weniger als die halbe absinkende Nettoproduktion von rund 4700 t C (13 000 t Algen TS) abzubauen. 2500 Tonnen Algen-Kohlenstoff gelangten jährlich ins Sediment und bildeten dunklen Faulschlamm.

Eine jährliche Bruttoproduktion von 400 g/m<sup>2</sup> C<sub>ass</sub> bedeutet für den ganzen See 44 000 t neugebildete Algentrockensubstanz. Davon werden 8800 t von den Algen veratmet und 15 000 t vom Krebsplankton gefressen. 10% davon bilden neue Crustaceen-Biomasse. Im See entstehen somit im Jahr 1570 t Krebsplankton-Trockensubstanz bzw. rund 40 g/m<sup>2</sup> TG (s. [8], [72], [111] in Kapitel 13). Davon werden 23 g/m<sup>2</sup> oder 900 t TG vom Nidau-Büren-Kanal exportiert [8]. Im See verbleiben somit 17 g/m<sup>2</sup> oder 670 t Krebsplankton-Trockensubstanz bzw. 6700 t Frischgewicht, wichtigste Fischnahrung.

## 11. Das tierische Plankton: Bedeutung und Formen

### 11.1 Was ist Zooplankton, und was bedeutet es für den See?

Das Zooplankton oder tierische Plankton besteht aus kleinsten einzelligen Tierchen (Protozoen), aus ebenfalls mikroskopisch kleinen mehrzelligen Rädertierchen (Rotatorien) und aus <1 mm bis wenige mm kleinen Krebschen (Crustaceen). Die meisten

Zooplankter schweben frei im Wasser. Sie haben nur beschränkte Eigenbeweglichkeit und werden dem Plankton zugeordnet, weil sie durch Wasserströmungen, ähnlich wie Algen, leicht verfrachtet werden. Sie ernähren sich von Algen, von organischen Abfällen, von Bakterien und zum Teil auch von tierischem Plankton.

Das tierische Plankton ist der wichtigste Nutzniesser der im Kapitel 10 besprochenen Algenproduktion, also wichtigster Konsument 1. Ordnung eines Sees. Nach *Tabelle 10* verzehrt es im Bielersee rund 40% der jährlichen Algen-Nettoproduktion [8], das heisst 15 000 t Algen-Trockensubstanz oder 150 000 t frische Algen. Damit deckt es den eigenen Nahrungsbedarf und sichert insbesondere sein Wachstum und seine Vermehrung. Die im Jahresverlauf neu entstehenden Zooplankter sind die Hauptnahrung der meisten Jungfische sowie der Felchen und Rotaugen der Freiwasserzone (s. 15.2).

## *11.2 Eine Übersicht über die Zooplankter des Bielersees*

### 11.2.1 Stamm: Urtierchen, Protozoen

Sie sind einzellig und ernähren sich von Algen, Bakterien, organischen Abfällen und gelegentlich auch von Protozoen oder sogar Rädertierchen. Sie wurden bisher in Seen noch wenig erforscht. Wir haben sie in unseren Planktonfängen oft angetroffen, aber weder ihre Artenvielfalt noch ihre Ernährung, Vermehrungsweise und Bedeutung im Seehaushalt untersucht. Einige Vertreter sind auf Tafel 4,1–4, dargestellt.

### 11.2.2 Stamm: Rundwürmer, Nemathelminthes

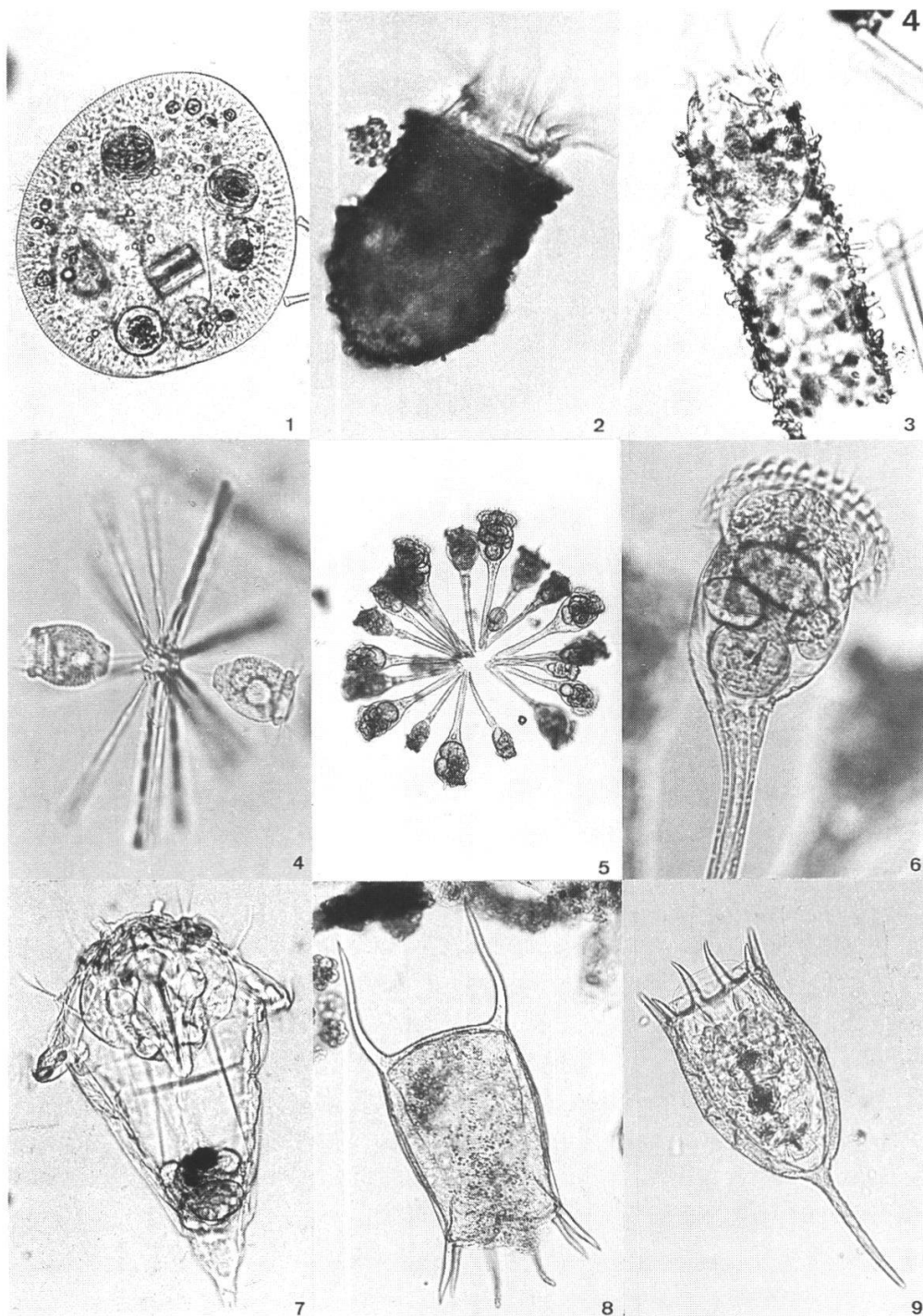
#### 11.2.2.1 Klasse: Rädertierchen, Rotatoria

Sie sind mit der Klasse der Fadenwürmer (Nematoden) verwandt, zu denen Darmparasiten (Spulwurm *Ascaris* und Madenwurm *Oxyuris*) und Bodenbewohner (z.T. Pflanzenschädlinge) gehören.

Die Rotatorien des Bielersees wurden durch HEIDI BERNER-FANKHAUSER genauer untersucht, welche 1974/75 35 Arten und 1981/82 52 Arten nachwies [8, 14, 15, 16]. Sie erfasste vor allem die Bestände und die Biomasse der verschiedenen Arten im Jahresverlauf und zeigte, dass infolge der kurzen Generationsdauer die Populationsdynamik und Interaktionen zwischen Arten nur ersichtlich sind, wenn die Probenahmen in kurzen Zeitintervallen von wenigen Tagen erfolgen.

Rädertierchen sind meist kleiner als 1 mm. Sie sind mehrzellig, wobei die Zahl der Körper- und Organzellen vom Schlüpfen bis zum Adultstadium konstant bleibt. Sie wachsen also nicht durch Zellvermehrung, sondern durch Vergrösserung und Auseinanderweichen der Zellen. Diese sind nicht durch Zellwände voneinander getrennt und bilden ein sog. Syncytium.

Um die Mundöffnung der Rädertierchen liegen kranzförmig angeordnete Flimmerhärchen. Unter dem Mikroskop erscheinen die koordiniert schlagenden Cilien wie ein



Tafel 4: Einzeller (1–4), Rädertierchen (5–9)

1. Flimmertierchen-Art, etwa 0,5 mm. Hat zahlreiche Kieselalgen gefressen.
2. Tintinnopsis, Urnentierchen, 40–140  $\mu\text{m}$ , in urnenförmigem Gehäuse.
3. Tintinnidium, Klöppelglöckchen, 100–300  $\mu\text{m}$ , in zylindrischem Gehäuse aus Kieselalgenfragmenten.
4. 2 Glockentierchen auf Asterionella (vgl. Tafel 2/7).
5. Conochilus, Kuglrädertierchen, Kolonie von etwa 20 Einzeltierchen, jedes bis 380  $\mu\text{m}$ .
6. Conochilus, Einzeltier mit Räderorgan (Kranz von Flimmerhärchen).
7. Synchaeta pectinata, Drachenrädertierchen, 300–500  $\mu\text{m}$ .
8. Keratella quadrata, Facettenrädertierchen, gepanzert, 200–250  $\mu\text{m}$ .
9. Keratella cochlearis, gepanzert, im Frühjahr und Herbst mit langem Hinterdorn, im Sommer dornlos, 80–320  $\mu\text{m}$ .

drehendes Rad (Räderorgan, *s. Tafel 4/6*). Sie dienen der Fortbewegung und dem Herbeistrudeln von Nahrung, die aus Algen, Detritus, Bakterien usw. besteht. Diese werden über eine Speiseröhre in den Kaumagen befördert, wo gröbere Partikeln (Kieselalgen usw.) durch kräftige Chitinkiefer zermalmt werden. Anschliessend folgen Magen, Darmkanal und After. Im Körper befinden sich Verdauungsdrüsen, Geschlechtsdrüsen, Ausscheidungsorgane und sogar ein kleines Gehirn.

Die Fortpflanzung ist meist ungeschlechtlich (parthenogenetisch oder «jungfräulich») durch Bildung grosser diploider Eier (mit doppeltem Chromosomensatz). Aus diesen schlüpfen stets wieder diploide Weibchen. Unter ungünstigen Umweltbedingungen (z.B. Winter) entstehen bei zahlreichen Arten kleine Eier mit einfachem Chromosomensatz, aus denen sehr kleine und kurzlebige Zwergmännchen schlüpfen. Befruchten diese ein Weibchen mit kleinem Ei, bildet sich daraus ein grosses dickschaliges diploides Dauerei, welches ungünstige Umweltbedingungen überlebt und dann wieder parthenogenetische Weibchen ergibt.

Beispiele:

*Tafel 4/5*: Eine Kolonie von Kugelrädertierchen (*Conochilus*). Ihre Füsse werden durch Gallerte zusammengehalten. Das an der Aussenseite der Kugel befindliche Mundfeld ist mit einem hufeisenförmigen Cilienkranz besetzt. Dieses Räderorgan ist auf *Tafel 4/6* deutlich sichtbar.

*Tafel 4/7*: Das Drachen-Rädertierchen *Synchaeta* mit unterschiedlich langen Cilien und seitlichen Wimperohren. Dazwischen ist ein kräftiger Kauapparat sichtbar.

*Tafel 4/8*: *Keratella quadrata*, ein Facetten-Rädertierchen. Es steckt in einem Panzer mit vorne 6 und hinten 2 langen Dornen.

*Tafel 4/9*: *Keratella cochlearis*, in kelchförmigem Panzer mit vorne 6 Dornen und hinten 1 langen Stachel.

*Tafel 5/1*: Das Schwertborsten-Rädertierchen *Polyarthra* mit nach hinten gerichteten federartigen Flossen (wir nannten es «Indianer»). Am Hinterende ein grosses Ei.

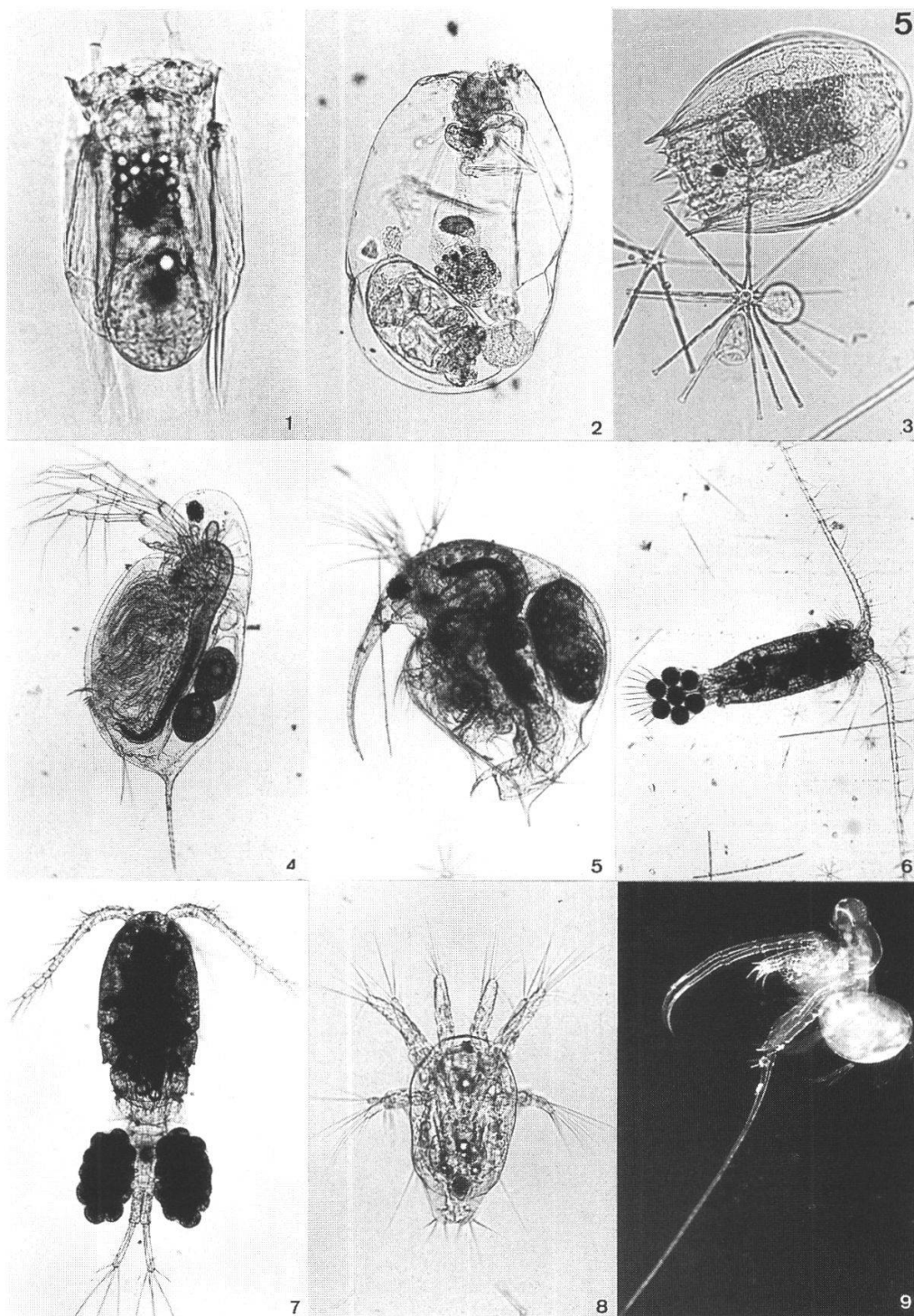
*Tafel 5/2*: Das Sack-Rädertierchen *Asplanchna*, das grösste Rädertierchen des Bielersees, 1,5 mm lang. Das Mundfeld mit den Cilien ist hier eingezogen. *Asplanchna* ist lebendgebärend; unten links ist ein im Mutterleib befindliches Jungtier sichtbar.

*Tafel 5/3*: Ein Furchenpanzer-Rädertierchen *Notholca*. Der Panzer ist vorne bedornt und seitlich gefurcht. Die Aufnahme zeigt unten eine Kolonie der Kieselalge *Asterionella* mit 2 glockentierchenähnlichen Passagieren. Dies erlaubt einen Grössenvergleich zwischen Rädertierchen, Algen und Protozoen.

### 11.2.3 Stamm: Gliederfüssler, Arthropoda

Die über 900 000 Arten dieses Stamms besitzen einen gegliederten Panzer aus Chitin. Dieser dient als Aussenskelett und als Schutz. Zu diesem Stamm gehören die Klassen der Spinnen, Insekten, Hundert- und Tausendfüssler und Krustentiere. Wir beschränken uns hier auf die Krustentiere oder Crustaceen und verwenden im folgenden eine vereinfachte Einteilung in nur 3 Gruppen.





Tafel 5: Rädertierchen (1–3), Krebschen (4–9)

1. *Polyarthra vulgaris*, Schwertborsten-Rädertierchen, 100–150  $\mu\text{m}$ .
2. *Asplanchna priodonta*, Sack-Rädertierchen, 400–1500  $\mu\text{m}$ .
3. *Notholca squamale*, Furchenpanzer-Rädertierchen, 120–180  $\mu\text{m}$ .
4. *Daphnia longispina*, Langdorn-Wasserfloh, bis 2,5 mm. 2 Eier im Brutraum.
5. *Bosmina*-Art, Rüsselkrebsechen, Weibchen mit Embryo im Brutsack, 250–700  $\mu\text{m}$ .
6. *Eudiaptomus gracilis*, Farbloses Schwebekrebsechen, Weibchen mit Eiern, bis 1,5 mm.
7. *Cyclops vicinus*, Hüpfertling, Weibchen mit Eiern, bis 3,5 mm.
8. Nauplius, Larve eines Hüpfertlings, etwa 150  $\mu\text{m}$ .
9. *Bythotrephes longimanus*, Langschwanz-Krebsechen, mit Stachel bis 10 mm.

### 11.2.3.1 Gruppe: Höhere Krebsse, Malacostraca

Zu dieser Gruppe gehören die bekannten Krebsse, wie Flusskrebse, des Süßwassers und Meeresbewohner, wie Langusten, Hummer, Krabben, Garnelen oder Krevetten, Einsiedlerkrebse usw. Zu den höheren Krebsen gehört auch der Krill, ein bis 6 cm langer und 1–2 g schwerer Planktonkrebse der Polarregionen. Krill-Schwärme können mehrere Millionen Tonnen Gewicht erreichen. Sie ernähren sich von Algen und sind die Vorzugsnahrung von Bartenwalen. In Mägen von Blauwalen fand man bis 4 Tonnen Krill [91]. Im Plankton unserer Seen spielen die folgenden winzigen Vertreter der Crustaceen eine wichtige Rolle als Algenvertilger und Fischnahrung:

### 11.2.3.2 Gruppe: Wasserflöhe, Cladoceren, Unterordnung der Blattfusskrebse [50]

Sie sind <1 bis wenige mm gross, und ihr Körper wird meist durch zwei seitliche Schalen eingeschlossen. Sie bewegen sich ruckartig mit zwei Ruderantennen. Zwischen den Schalen befinden sich 5–6 Beinpaare, welche durch rasches Schlagen (bis 300mal pro Minute) nach hinten einen Wasserstrom erzeugen. Die mit dem Wasser herbeigestrudelte Nahrung, meist Algen oder Detritus, wird mit den dichten Borstenkämmen der Beine herausfiltriert und zum Mund geführt, wo sie durch Kiefer zerkleinert und dann in den Darm befördert wird. Blasenförmige Beinabschnitte dienen der Atmung, wie Kiemen.

Da die Tierchen durchsichtig sind, lassen sich unter dem Mikroskop die Beine, der Darm mit seinem grünen Inhalt und seinen im Kopf befindlichen Leber-Blindsäckchen, das über dem Vorderdarm gelegene rasch schlagende Herz, das Auge mit mehreren Linsen und die im Brutraum des Rückens befindlichen Eier oder Embryonen beobachten (*s. Tafel 5/4 und 5/5*).

Die Vermehrung erfolgt im Sommerhalbjahr parthenogenetisch, das heisst «jungfräulich», nur durch Weibchen. Die unbefruchteten Eier verbleiben bis zum Schlüpfen im dorsalen Brutraum. Männchen entstehen erst unter ungünstigen Umweltbedingungen, beispielsweise gegen den Winter zu. Die befruchteten, besonders dotterreichen Eier entwickeln sich unter Bildung einer derben Schale zu Dauereiern. Diese überwintern und können auch Austrocknung überstehen. Aus ihnen entstehen im Frühjahr oder nach Dürren wieder parthenogenetische Weibchen.

Sämtliche Nachkommen eines parthenogenetischen Weibchens haben gleiches Erbgut und bilden einen Klon (= erbgleiche Nachkommenschaft). Klone entstehen auch bei der ungeschlechtlichen Vermehrung von Pflanzen, Protozoen und Rädertierchen. Auch ein-eiige Zwillinge, Drillinge usw. bei Mensch und Tier bilden einen Klon. Kürzlich wurden Säuger künstlich kloniert, indem der Zellkern einer Eizelle durch den Kern eines Muttertieres ersetzt wurde. Das Schaf, die Ziege oder die Maus, die sich daraus entwickeln, haben genau gleiches Erbgut wie die Spenderin des Zellkerns.

Beispiele:

*Tafel 5/4*: Wasserfloh, *Daphnia*. Sie wird bis 2,5 mm lang. Deutlich sichtbar sind die beiden Ruderantennen, das Auge, der Darm mit seinen Leberläppchen hinter dem Auge

und, zwischen beiden Schalen, die dicht mit langen Borsten besetzten Beine. Über dem Darm liegen zwei Eier im Brutraum, und vor diesem sieht man das Herz. Algen sind die Hauptnahrung.

*Tafel 5/5:* Rüsselkrebs, Rüsseltierchen, *Bosmina*. Grösse: 0,25–0,7 mm. Das erste Antennenpaar ist rüsselartig gebogen; die zweiten Antennen dienen, wie bei *Daphnia*, der Fortbewegung. Sichtbar sind Auge, Darm, die Beine zwischen den Schalen, und im Rücken ein Junges im Brutraum. Davor erkennt man das Herz. Algen sind die wichtigste Nahrung.

*Tafel 5/9:* Der Dornkrebs *Bythotrephes*. Mit dem Stachel erreicht er 1 cm. Seitliche Schalen fehlen. Im Unterschied zu *Daphnia* und *Bosmina* ist dieser grosse Plankter räuberisch. Er frisst Wasserflöhe und Ruderfusskrebse, die er mit seinen zum Fangapparat ausgebildeten Extremitäten ergreift. Da er glasklar durchsichtig ist, wird er von seinen Beuten und Feinden schlecht wahrgenommen. Auf unserem Bild ist er gut sichtbar, weil er auf schwarzem Hintergrund seitlich stark beleuchtet wurde. Vorne am Kopf befindet sich ein rot-braunes Auge, und am Rücken sitzt rucksackartig der Brutraum mit 3 Jungen. Die seitlichen Ruderantennen sind unscharf, da nicht in der Bildebene. Als Endglied der planktischen Nahrungskette (Konsument zweiter Ordnung) figuriert *Bythotrephes* am Schluss der Tafel.

#### 11.2.3.3 Gruppe: Ruderfusskrebse, Copepoda, s. [58]

Sie sind ähnlich klein wie *Daphnia* und *Bosmina*. Der längliche, gepanzerte und gegliederte Körper endet in eine Schwanzgabel mit Borsten. Die seitlich abstehenden Antennen sind mehrgliedrig und tragen zahlreiche Sinnesborsten. Sie dienen dem Schweben, bei Männchen auch dem Ergreifen der Weibchen, nicht aber der Fortbewegung. Für diese sorgen 4 bauchständige Ruderfüsse, die ruckartig nach hinten schlagen und ein Hüpfen verursachen. Die Tierchen heissen deshalb Hüpfertlinge.

Die Fortpflanzung ist getrenntgeschlechtlich, mit Weibchen und Männchen. Die befruchteten Eier werden vom Weibchen bis zum Schlüpfen mitgetragen. Aus den Eiern schlüpfen Jungtiere, die ganz anders aussehen als ihre Eltern: Sie sind rundlich-oval und besitzen nur 3 Gliedmassenpaare, aus denen später die Antennen und Kiefer der Adulten entstehen. Solche Jungformen heissen Nauplien (*s. Tafel 5/8*). Da sie, wie alle Krebse, einen Chitinpanzer besitzen, können sie nur nach einer Häutung weiterwachsen. Bei jeder der 11 Häutungen erscheinen neue Abschnitte der hinteren Körperregion mit den dazugehörigen Gliedmassen. So nimmt der Nauplius, der vor allem den Kopf der Copepoden darstellt, nach der 5. Häutung sukzessive die Gestalt der Erwachsenen an. Die adultähnlichen Jungstadien zwischen den 5 letzten Häutungen heissen Copepodite.

Bei *Cyclops vicinus* verkriechen sich die 4. Copepodit-Stadien bereits im Frühsommer im Schlamm und treten erst im folgenden Frühjahr wieder hervor, um nach einem 5. Copepodit-Stadium adult zu werden und sich zu vermehren (*s. 12.3.2.1*).



Beispiele:

*Tafel 5/6:* Das Schwebekrebschen Eudiaptomus, ein Weibchen mit 7 Eiern an der Schwanzgabel. Es wird bis 1,5 mm gross. Typisch sind die sehr langen seitlich abstehenden Antennen, die dem Schweben dienen und Sinnesorgane tragen. Eudiaptomus filtert und frisst kleinere Algen. Es ist wichtige Nahrung für Jungfische und Felchen.

*Tafel 5/7:* Der Hüpferling Cyclops. Seinen Namen verdankt er dem leuchtend roten Auge vorn am Kopf, zwischen den Antennen. Weibchen können bis 3,5 mm gross sein. Die Antennen sind etwas kürzer als bei Eudiaptomus, der Körper etwas breiter. Die Eier werden vom Weibchen in zwei Paketen zu je 10–40 Stück seitlich am Hinterleib bis zum Schlüpfen mitgeführt. Jungtiere ernähren sich von Algen, Adulte sind räuberisch und ergreifen mit ihren Mundwerkzeugen ihre Nahrung, die aus Zooplanktern oder sogar Jungfischen oder Insektenlarven besteht.

*Tafel 5/8:* Ein Nauplius, die Larve eines Copepoden. Die Art ist auf diesem Stadium schwer bestimmbar. Nauplien sind etwa 150 µm gross und ernähren sich von kleinen Algen. Sie bilden die Nahrung zahlreicher Jungfische.

## 12. Wie viele und wieviel Zooplankter leben im See?

Artenzusammensetzung, Individuenzahlen und Biomasse des tierischen Planktons sind zum Verständnis des Seestoffwechsels, des Ablaufs der Nahrungsketten und der ökologischen Wechselwirkungen im See ebenso wichtig wie entsprechende Aussagen über Algen.

### 12.1 Wie wird die Individuendichte des tierischen Planktons ermittelt?

Im Kapitel 7 wurde gezeigt, wie entsprechende Aussagen über die Algen gewonnen werden: Artenkenntnis und Auszählen der Zellen, nach Arten getrennt, in Wasserproben von 10–50 ml. Die Algenbiomasse erhält man durch Multiplikation der Zahl der Zellen mit ihrem artspezifischen Gewicht.

Artenkenntnis und Auszählen sind auch für die Erforschung des tierischen Planktons unumgänglich, aber die Methode muss der ganz anderen Bestandesdichte angepasst werden. Folgende Zahlen veranschaulichen dies:

- Maximale Algen-Zellzahlen unter einem m<sup>2</sup> Seefläche von 0 bis 70 m: rund 600 Milliarden (17.8.1973, s. *Tabelle 7*).
- Maximale Individuenzahlen der Rädertierchen unter 1 m<sup>2</sup> Seefläche von 0 bis 24 m [8]: 18 Millionen. Die Individuendichte ist 26 000mal geringer als bei Algen im entsprechenden Tiefenbereich.
- Maximale Individuenzahlen der Crustaceen unter 1 m<sup>2</sup> Seefläche bis in Tiefen von 24 bis 70 m [72, 110, 111]: 1,2–2,3 Mio. Die Individuendichte ist 260 000 bis 500 000mal geringer als bei Algen.