A black and white micrograph showing a diatom with a prominent star-like pattern of spines. The diatom is centered in the lower half of the frame. The background is a light, textured surface with several dark, irregular spots. The text is overlaid on the left side of the image.

Limnologisches Praktikum 2002
Erlache (Bensheim)
12.08.- 23.08.2002

I Einführung

Das vom 12.08.2002 bis 23.08.2002 durchgeführte ökologische Praktikum, mit Schwerpunkt Limnologie, an der Technischen Universität Darmstadt, im Fachbereich Biologie hatte das Lernziel, die Wechselwirkungen von Lebensraum und Lebensgemeinschaft zu betrachten.

„Limnologie ist die Wissenschaft von Binnengewässern als Ökosystem, deren Struktur, Stoff- und Energiehaushalt sie erforscht. Sie ist somit ein Teil der Ökologie, neben der Ozeanologie, die sich mit marinen Ökosystemen, und der Epeirologie (Kühnelt 1960), die sich mit terrestrischen Lebensräumen befasst.“ (Schwoerbel, 1999).

Die Aufgabe der Limnologie ist es, die Systemgemeinschaften der Gewässer zu erforschen und darzustellen. Neben der Absicht, das limnische System näher zu charakterisieren und zu verstehen, sollten auch die Methoden zur Untersuchung dieses Systems vorgestellt und erlernt werden. Darüber hinaus wurde die Untersuchung von Interdependenzen sowie charakteristischen ökologischen Vorgängen und Beziehungen durchgeführt.

Das gewählte Geländebeispiel (Große Erlache Bensheim) ist generell geeignet, den Zusammenhang zwischen abiotischen Faktoren (Hydrologie und Chemismus des Wasserkörpers), Primärproduktion (besonders Phytoplankton) und Sekundärproduktion (Zooplankton-Ebenen, Nekton und Austrag) aufzuzeigen. Die Ergebnisse der betrachteten Messungen geben Aufschluss über den gegenseitigen Einfluss der betrachteten Faktoren aufeinander. Daraus lässt sich auf die Gewässergüte des betrachteten Wasserkörpers schließen.

Die Probenahme wurde außerdem mit einer Exkursion verbunden, die zusätzlich die Komplexität der Flora und Fauna des Lithoralbereichs verdeutlichen sollte. Im folgenden Protokoll werden alle gewonnenen Ergebnisse sowie die sich daraus resultierenden Erkenntnisse dargestellt.

II Untersuchungsgebiet, Probenahme und Methoden

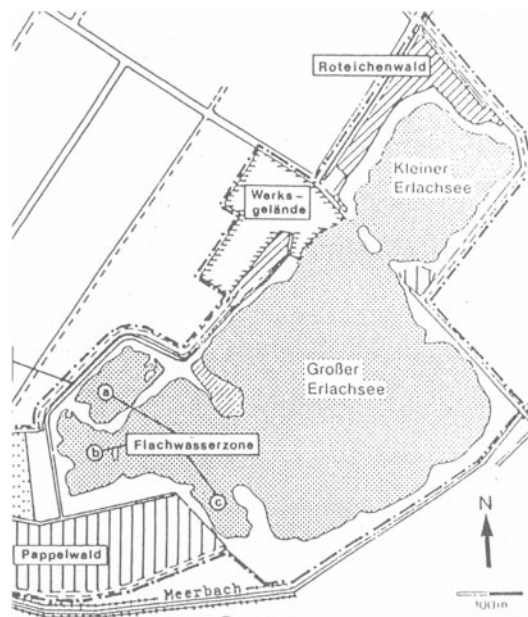
Das Untersuchungsgebiet Erlache ist ein künstlich durch Kiesentnahme entstandenes Gewässer. Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen, bei denen die beiden Seenkomplexe Kleine und Große Erlache getrennte Wasserkörper darstellten, wurde bei der diesjährigen Probenahmen festgestellt, dass beide Komplexe, aufgrund von aktiven Baggertätigkeiten verbunden wurden.

Ein weiterer Unterschied zu früheren Studien war die aktive Baggertätigkeit während der Probenahme. Dazu gehörte unter anderem die Einleitung von Spülwasser aus der Kiesgewinnung die in der Nähe der beprobten Stelle stattfand.

Diese Wassereinleitung wurde gegen 15 Uhr eingestellt. Diese äußerliche Störung ist deutlich in den entnommenen Proben zu erkennen, da bei den ersten beiden Probenahmen (13 Uhr, 16 Uhr) ein erheblicher Eintrag von Schwebstoffen zu verzeichnen war.

Dies erschwerte die im Labor folgende Auszählung der Organismen und erforderte eine besondere Behandlung der genannten Proben. Darauf wird im folgenden Kapitel genauer eingegangen. Aufgrund geringer Teilnehmerzahl wurde sich gegen der letzten Jahre für eine zwölfstündige Probeentnahme entschieden. Dar-

aus ergibt sich eine nur halbtägige Betrachtung der sich im See abspielenden Prozesse. Aus früheren ganztägigen Untersuchungen weiß man, daß die resultierenden Graphen der Vertikalwanderung des Planktons achsensymmetrisch verlaufen. Aus dieser Erkenntnis heraus ist es legitim eine Halbtags-Probenahme durchzuführen und die Ergebnisse auf einen ganzen Tag zu übertragen. Zur Abwicklung der Probenahme wurden die acht Praktikumssteilnehmer in zwei Gruppen eingeteilt, die abwechselnd alle drei Stunden Proben auf der im See verankerten Schute entnahmen. Vor Ort wurden die physikalischen Faktoren wie **pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigung, Lichtintensität und Temperatur** der jeweiligen Proben gemessen. Im Gegensatz dazu wurden die chemischen Faktoren **Phosphat-, Nitrat- und Ammoniumgehalt** der jeweiligen Proben in der darauffolgenden Woche im Labor ermittelt. Auch die Auszählung des Zoo- und Phytoplanktons erfolgte in weiteren Arbeitsschritten im Labor. Neben dieser zeitlich ausgerichteten Probenahme erstellten drei Teilnehmer am Dienstagmorgen ein **Tiefenprofil** bis 25 m für Temperatur, Sauerstoffgehalt, Nitrat, Ammonium und Phosphat



Probenahme am See :

Zur Probenahme wurde die Schute an geeigneter Stelle im großen See verankert (Wassertiefe >10 m)

Die Probenahme erfolgte in dreistündigen Zeitintervallen, beginnend um 13 Uhr. Es wurde zu 5 Zeitpunkten gemessen. An den jeweiligen Terminen wurden beginnend bei 0 m bis in eine Tiefe von 8 m Proben gezogen. Dabei wurde in Abständen von 1 m beprobt.

Die Wasserproben aus den gewünschten Tiefen wurden mittels einer elektrischen Wasserpumpe nach oben befördert. Der in die Tiefe reichende Schlauch war mit einem Rückschlagventil versehen, um ein Zurücklaufen des Wassers zu verhindern.

Das offene Ende des Schlauches wurde mit einem daran befestigten Seil auf die gewünschte Tiefe abgesenkt.

An der Apparatur war eine Wasseruhr angebracht, anhand welcher die geförderte Wassermenge abgelesen werden konnte, die ersten 20 l wurden verworfen, 10 l für die physikalischen und chemischen Bestimmungen in einen Eimer aufgefangen.

Für die chemischen Laboranalysen wurden 100 ml Probenwasser abgefüllt.

Als zusätzliche physikalische Größe wurde die Lichtintensität in den 9 Tiefenstufen mittels eines elektrischen Lichtintensitätsmessgerätes bestimmt.

Für die Planktonproben wurden jeweils 50 l Wasser der entsprechenden Tiefenstufe durch ein Planktonnetz (20 µm) gefiltert. Am unteren Ende des Netzes war eine Planktonkammer befestigt, an dem sich ein Ventil zur Entnahme des Filtrierrückstandes befand.

Anschließend wurde das Planktonnetz mit Leitungswasser gespült. Hierbei wurden noch am Netz haftende Organismen in die Planktonkammer gewaschen. Die in der Kammer befindlichen Planktonproben wurden über das Ventil in entsprechend beschriftete Probenbehälter umgefüllt, in die ein Gemisch aus ein paar Tropfen Formol und einer Pipette Lugol'scher Lösung zum Fixieren und Anfärben der Organismen gegeben worden waren.

Tiefenprofil

Hierbei wurden zusätzlich zu den regelmäßigen Proben auf der Schute einmalig an anderer Stelle in 3 m-Schritten bis in eine Tiefe von 25 m Wasserproben genommen (Ruttner Schöpfer), die dann später im Labor auf ihren Nitrat-, Nitrit-, Phosphat- und Ammoniumgehalt hin untersucht werden sollten. Außerdem wurde für jede Tiefenstufe die Sauerstoffsättigung, der Sauerstoffgehalt und die Wassertemperatur gemessen.

Chemische Analysen

Die vor Ort genommenen Proben wurden mittels spektrometrischer Messungen auf Nitrat-, Nitrit-, Ammonium- und Phosphatgehalt hin untersucht. Bei der ersten Untersuchung zeigte sich, dass die Konzentrationen nicht messbar waren. Es erfolgte daher eine Aufkonzentrierung von 100 ml auf 10 ml durch Eindampfen. Das Ausgangsvolumen wurde notiert um später auf die Ausgangskonzentrationen bezogen. Auch nach dem Konzentrierungsprozess fanden sich erneut extrem niedrige Nitratkonzentrationen, es wurde daher auf Messungen der Nitritkonzentrationen verzichtet.

Nitratbestimmung

250 l Probe, 150 l CuSO_4 , 100 l Hydrazinsulfatlösung, vortexen. 5 min bei 37°C inkubieren, dabei schütteln
+ 150 l NaOH 0,25 M, vortexen. 10 min bei 37°C inkubieren, dabei schütteln, 1 ml Nitritmix, 10 min bei RT inkubieren. Messung bei 540 nm
Umrechnung der Extinktion in Konzentrationen mit einer Eichgeraden, 3fach Bestimmungen der Proben und Ermittlung des Mittelwertes.

Ammoniumbestimmung

1250 l Probe + 500 l Phenollösung + 50 l Natrium-Nitroprussiat (0,5 %) + 130 l Oxidationspuffer [5 ml Citratpuffer (20 g Na-Tricitrat, 1 g NaOH / 100 ml) + 1,25 ml 1,5 N Na-Hypochlorid], täglich frisch ansetzen, 1h bei RT inkubieren. Messung bei 644 nm

Auch hier wurden 3 Bestimmungen pro Probe gemessen und deren Extinktionen gemittelt. Die Eichgerade wurde im Vorfeld erstellt.

Phosphatbestimmung

1000 l Probe, + 10 l Schwefelsäure (H_2SO_4 , 30%), gut schütteln; + 30 l Ascorbinsäure (500 mg Ascorbinsäure + 4500 l H_2O bidest; erst direkt vor der Reaktion ansetzen, dabei die Ascorbinsäure im Reagenzglas sehr vorsichtig lösen, da sie sehr schnell oxidiert wird, dunkel lagern)
+ 50 l Molybdat – Schwefelsäurereagenz gut schütteln, 25 min bei RT inkubieren. Messung bei 720 nm.
Umrechnung der Extinktion in Konzentrationen mit einer Eichgeraden, 3fach Bestimmungen der Proben und Ermittlung des Mittelwertes.

Aus den Extinktionswerten wurden die Konzentrationen im Seewasser folgendermaßen bestimmt: Zu der im Vorfeld erstellten Eichgerade wurde die Funktion ermittelt und die gemessenen Extinktionen in diese eingesetzt.

Da wir wegen der niedrigen Konzentrationen die Proben auf ein Volumen von 10 ml eingedampft hatten, mussten nun die errechneten Konzentrationen auf das ursprüngliche Volumen bezogen werden.

Auszählung der Planktonproben

Um vergleichbare Volumina zu erhalten, wurden die Probengefäße mit destilliertem Wasser auf jeweils 100 ml aufgefüllt. Zur weiteren Untersuchung wurden aus den Proben 10 ml entnommen und in eine sogenannte Sedimentationskammer verbracht.

Vor der Entnahme aus dem Probengefäß, wurde die Probe aufgeschüttelt.

Dann wurde auf die Sedimentationskammern ein Zylinder aufgesetzt in den die 10 ml Volumen hineinpipettiert wurden. Nach 10 Minuten hatte sich das Plankton auf dem Grund der Sedimentationskammer abgesetzt.

Mit Invert-Mikroskopen wurden nun die vorhandenen Organismen bestimmt und ausgezählt. Aus den gezählten Häufigkeiten musste nun auf die tatsächliche Individuenzahl pro Liter Seewasser zurückgerechnet werden.

Bei den um 13 Uhr und 16 Uhr entnommenen Proben enthielt das Wasser sehr viele Sedimentpartikel, die eine Auszählung unmöglich machten. Diese Proben mussten zunächst aufbereitet werden, ohne dabei Planktonorganismen zu verlieren.

Zunächst wurde die Probe aufgeschüttelt und dann für eine Minute stehen gelassen, wobei sich gröbere Sedimentpartikel bereits absetzten. Nun wurden aus dem oberen Bereich der Lösung 10 ml entnommen.

Diese wurden durch eine Gaze mit einer Maschenweite von 45 µm gefiltert und mit destilliertem Wasser nachgespült. Das Filtrat wurde verworfen. Der Rückstand wurde von der Gaze in ein Becherglas gespült und diese Lösung mittels eines Sedimentationszylinders auf eine Sedimentationskammer verbracht. Da man hier mit mehr als 10 ml Volumen zu arbeiten hatte, wurde die Sedimentationszeit auf 15 Minuten erhöht.

Vorher durchgeführte Testfiltrationen mit vorheriger und nachfolgender Auszählung des Planktons zeigten keine Verluste von Organismen bei dieser Methode.

Organismenbeschreibung

Bestimmte Organismen zeigen die Wassergüte an, daher werden einzelne Organismen der Beprobung ausgezählt und anhand ihrer Häufigkeit die Wasser-

güte des untersuchten Habitat bestimmt. Als Bioindikatoren dienen Organismen, die nur unter bestimmten Umweltverhältnissen anwesend sind. Eine ausführliche Beschreibung mit Abbildungen der untersuchten Organismen findet sich im Bestimmungsschlüssel, der als Anhang beiliegt. Im einzelnen wurden in diesem Praktikum folgende Organismen ausgezählt:

Prokaryota

Oscillatoria spp. (*limosa* ?), Schlamm- Schwingalge
Oscillatorien sind fadenförmige Blaualgen, die sich durch Homogonien vermehren. Die Alge ist schwärzlich grün bis braun, freischwimmend oder festsitzend und aus geraden Fäden gestaltet. Die Fäden bestehen aus gleichgestalteten Zellen, die wesentlich breiter als lang sind. Als Verzweigungen kommen nur Scheinverzweigungen (unechte Verzweigungen) vor. Heterocysten und Akineten fehlen. Sie besitzen zylindrische Trichome, die frei und nicht zu Kolonien vereinigt sind. Mehr als 100 Arten kommen im Meer, im Süßwasser, in heißen Quellen und in Abwässern vor. Die scheibenförmigen Zellen enthalten immer einwachsende Querwände unterschiedlichen Alters. Zellen 2-5 m lang, 11-22 m breit; freischwimmend oder festsitzend.

Leitorganismus der Wassergüteklasse I (nach Liebmann); oligosaprobe Zone (reines, sauerstoffreiches, fast frei von toter org. Substanz; arm an Arten und Individuen, nährstoffarm)

Anabaena spp. Die Ringelalge *Anabaena* ist ein Zellfaden aus runden Zellen. Ihre Heterocysten dienen zur Stickstoff-Fixierung, daher ist sie bedeutend für die Versorgung von Ökosystemen mit Stickstoffverbindungen. Sie kann Dauerzellen ausbilden. Mehr als 100 Arten sind bekannt. Sie kommen vor allem im Süßwasser vor, wo einige Arten Wasserblüte verursachen. Als Fraßschutz bildet sie Toxine aus. Zellen zwischen 4-8 m und 6,5-8 m breit, 6-10 m lang. Leitorganismus der Wassergüteklasse I (nach Liebmann); oligosaprobe Zone (reines, sauerstoffreiches, fast frei von toter org. Substanz; arm an Arten und Individuen, nährstoffarm)

Eukaryota

Diatomeae, Kieselalgen:

Diesen Organismen ist in die Zellwände opalähnliche Kieselsäure eingelagert. Sie sind stets einzellig, können sich aber zu Kolonien zusammenlagern und dadurch charakteristische Formen bilden.

Asterionella formosa, Schwebesternchen
Kieselalge; ca. 8-10 Einzelzellen verbinden sich in charakteristischer Weise zu sternförmigen Kolonien; 40- 130 m lang, 2 m breit; Plankton von Seen und Teichen, sehr häufig. Vermehrungsoptimum bei 5 - 8°C, Vermehrungsminimum unter 4°C. Man trifft in warmen Wasser meist 8zellige Formen, in kaltem Wasser überwiegend Einzelzellen oder wenigzellige Formen an. *Asterionella* ist an bestimmte Trophiestufen gebunden, so dass die Häufigkeit als Maß für die Belastung eines Gewässers herangezogen werden kann. Leitorganismus der Wassergüteklasse II (nach Liebmann); β - mesosaprobe Zone, (mäßig verunreinigt).

Fragilaria sp., Kamm / Bruch- Kieselalge
in Einzelzellen vorkommend oder aber kammartig aneinander gelagert; 25- 150 m lang, 2-5 m breit; Plankton von Seen und Teichen, sehr häufig. Leitorganismus der Wassergüteklasse II (nach Liebmann); β - mesosaprobe Zone

(mäßig verunreinigt).

Chrysophyceae, Goldalgen:

Dinobryon sp., Becherbäumchen
Charakteristisch sind die tütenförmigen Cellulosegehäuse, welche die Zellen schützen. Die kolonienbildenden Algen betreiben Isogamie. Gehäuse je nach Art 30-70 m, 30-50 m, 55-100 m lang; stockwerkartige Kolonien bildend.

Mallomonas sp.

Die einzellige, begeißelte Alge *Mallomonas* besitzt keine Zellwand, dafür ist ihre Zelle mit Kieselschuppen besetzt. Solche Schuppen kommen nur bei Chrysophyceae vor. Sie werden in der Zelle am Chloroplasten in Vesikeln gebildet, die als Gußform fungieren. Die fertigen Schuppen werden auf der Zelle abgelagert. Es fehlt ihnen der für Chrysophyceae typische photorezeptorische Apparat aus einer Geißelanschwellung, die sich dem Augenfleck im Chloroplasten anschmiegt. *M. acaroides* 20- 45 m *M. caudata* 50- 80 m groß; in stehenden, sauberen Gewässern. Leitorganismus der Wassergüteklasse I (nach Liebmann), oligosaprobe Zone (weitgehend rein, sauerstoffreich, fast frei von toter organischer Substanz, demzufolge arm an Arten und Individuen und nährstoffarm).

Dinophyceae:

Dinoflagellaten besitzen 2 heteromorphe Geißeln und bilden häufig aus cellulosehaltigen Wandplatten eine Halbschale um den Organismus herum. Meist photoautotroph.

Ceratium hirundinella, Hornalge

Die äußere Form dieser Hornalge erinnert an einen Dreizack. Das Scheitelhorn ist lang ausgezogen und am Ende offen. Ihm gegenüber liegen die 3 manchmal auch nur 2 Basalhörner. Betrachtet man *Ceratium hirundinella* über längere Zeit, so stellt man fest, dass sich die äußere Erscheinung saisonal verändert (Fraßvermeidung). Die Chloroplasten sind an der Hörnerbasen und den Gürtelenden gruppiert. Der Riese unter dem Plankton kann bis zu 400 m groß werden, auch wenn durchschnittliche Exemplare nur eine Größe von 200-300 m haben. Der in Teichen und Seen vorkommende Dinoflagellat ernährt sich sowohl pflanzlich, als auch tierisch. Kleinere Organismen fängt er mit Hilfe von Plasmafäden, die durch die Panzerplattenporen und das offene Scheitelende austreten. Große Objekte werden mit Hilfe eines Pseudopodiums durch die Längsfurche ins Innere transportiert.

Peridinium sp., Panzertafelflagellat

Dinoflagellaten, die sich in ihrer Form und Größe unterscheiden. Von breit eiförmigen Formen (ca.30 m lang und breit) mit breiter Längsfurche und rotbraunen Chloroplasten über kugelige Typen (etwa 46 m groß) mit gefelderten Panzerplatten und braunen Chloroplasten hin zu kugelig – eiförmige Formen (Größe um 48 m), bei denen die Längsfurche die Querfurche rechtwinkelig durchsetzt. Das Aussehen der Panzerplatten variiert zwischen den Arten. Zu finden sind die Vertreter der verschiedenen Arten in Gewässern aller Art zwischen Wasserpflanzen und eher selten im Plankton.

Chlorophyceae, Grünalgen:

Die Grünalgen sind das größte und artenreichste Phylum der Algen. Sie sind charakterisiert durch ihre grüne Farbe, bedingt durch den Anteil von Chlorophyll a und b, das nicht durch akzessorische Pigmente maskiert wird. Ihr Vorkommen in Süßwasser ist universell und sie bilden oft dominante Populationen im Phytoplankton aus, wobei es sich sowohl um zahlreiche einzellige, mehrzellige, oder koloniebildende Arten

handeln kann.

Pediastrum und *Oocystis*

Diese beiden Gattungen gehören zu den Chlorococcales, einer Organisationsstufe innerhalb der Grünalgen, die sich dadurch auszeichnet, dass die Einzelzellen nicht mehr frei beweglich sind (keine Fortbewegungsorgane) und oft Kolonien unterschiedlicher Größen ausgebildet werden. Die vegetative Vermehrung erfolgt nicht mehr durch Zweiteilung, sondern nach mehrfacher Kernteilung zerfällt das Cytoplasma der Mutterzellen und jeder Tochterkern erhält einen Teil des Cytoplasmas, ein verbleibender Rest stirbt ab.

Oocystis spec., Sargalgen

Bei vielen *Oocystis*-Arten bleiben die 2-8 Tochterzellen lange innerhalb der blasenartig geschwollenen Mutterzellmembran eingeschlossen. Weit verbreitet im Plankton. Größe: von 8-13 μ m bis 30-40 μ m lang; von 5-8 μ m bis 30-45 μ m breit

Pediastrum spec., Zackenrädchen

Pediastrum bildet Kolonien aus, die rund, flach und radiär gebaut sind. Sie bestehen aus einer Zellschicht aus 4-32 Zellen. Die Randzellen tragen meist vorstehende Hörner, die mittleren dagegen nicht. Die vegetative Vermehrung erfolgt durch begeißelte Zoide, die nicht einzeln, sondern in einer Blase aus der Mutterzelle entlassen werden, in der sich die Zoide zu einer Tochterkolonie anordnen und ihre Geißeln verlieren. Häufig in Plankton. Größe: 20-400 μ m Durchmesser, je nach Art und Kolonie

Ciliata: Wimperntierchen sind die höchst organisierten Einzeller. Die Wimpern, die Schwimmgürtel und Tastborsten bilden sind Reste einer Ganzkörperbewimperung.

Tintinnopsis lacustris, Urnentierchen

Das Gehäuse dieses Ciliaten ist hinten zugespitzt oder abgerundet und am Halsteil ist oft eine Ringwülste aufgelagert. Insgesamt hat das Gehäuse große Ähnlichkeit mit einem Sektorkorn. Die Bewimperung des Körpers ist bis auf ein Wimpernfeld hinter dem Peristomsaum reduziert. Auf dem Mündungsring liegt ein lockerer Kranz langer Tastcilien auf. Das Gehäuse ist zwischen 40-140 μ m groß. Zu finden ist *T. lacustris* häufig im Plankton stehender Gewässer.

Rotatoria:

Diese heterotrophen Metazoen sind in Kopf-, Rumpf- und Fußabschnitt gegliedert. Zwei Wimpernzonen bilden den Wimpernapparat, der zu Nahrungsaufnahme und Fortbewegung dient.

Keratella sp., Facetten- Rädertiere

Die Gattung *Keratella* besitzt keinen Fuß und ist mit gefeldertem, rückseitig gewölbtem, bauchseitig abgeflachtem oder leicht nach innen eingezogenem Panzer, sowie einem roten Augenfleck ausgestattet. Diese Gattung ist sehr vielgestaltig mit verschiedenen Formen der einzelnen Arten je nach Jahreszeit. Die Größe der verschiedenen Vertreter der Gattung schwankt zwischen 80 und 320 μ m. Je nach Taxon findet man *Keratella* in Seen, Teichen, Moorgewässern und stehenden Gewässern. In typischen Lebensgemeinschaften des Planktons der oligosaprobien Zone (weitgehend rein, sauerstoffreich, fast frei von toter organischer Substanz, demzufolge arm an Arten und Individuen und nährstoffarm).

Polyarthra sp., Schwertborsten- Rädertiere

Auszeichnend für diese fußlose Gattung sind die 4 Bündel mit je 3 Rumpfflossen. Darüber hinaus besitzt *Polyarthra* ein dunkelrotes Gehirnauge. Die einzelnen Arten unterscheiden sich in Flossenbreite, Größe und

Lebensraum. Im Plankton trifft man besonders häufig auf *Polyarthra vulgaris*. Diese Art hat 18-28 μ m breite Flossen, sowie zwei schmale Bauchstacheln. Der gesamte Organismus ist zwischen 100 und 145 μ m groß und tritt im Sommer am häufigsten auf.

Pompholyx sp., Schielaugen- Rädertiere

Der Panzer dieser Gattung ist vorne quer abgestutzt. Kittdrüsen am reduzierten Fuß scheiden Sekretstiel aus. An diesem haften die Sommerier. Zwei symmetrische angeordnete Linsenaugen sind charakteristisch für diese Gattung. Die Größe der verschiedenen eher seltenen Taxa schwankt zwischen 70 und 126 μ m. Der bevorzugte Lebensraum sind Seen und Teiche.

Crustacea:

Cladocera (Wasserflöhe):

Die meisten Arten sind Filtrierer oder weiden den Algenaufwuchs von Oberflächen ab, nur wenige Arten ernähren sich räuberisch. Sie spielen eine wichtige Rolle als Nahrung für Jungfische.

Copepoda, Ruderfußkrebse

Hauptsächlich marin vorkommend. Die meisten Süßwassercopepoden leben in kleineren, meist seichten Gewässern. Die in erster Linie als Sinnesorgane dienenden Antennen sind bei den Calanoiden sehr lang (bis 25gliedrig). Bei den Männchen ist die erste rechte Antenne zu einem Greiforgan umgewandelt. Zur Fortbewegung werden die fünf Brustbeinpaare verwendet. Die Eier werden in einem unpaaren Eisack unter dem Abdomen deponiert. Die Calanoiden ernähren sich als Strudler von Phytoplankton

Calanoida: 1. Antennen sehr lang, mindestens halb so lang wie der Körper; Eier in unpaarem Eisack unterhalb dem Abdomen; mit Herz; schwebend im Wasser.

Cyclopoida: Körper birnenförmig; ca. 1 mm groß; ohne Herz; sehr schlechte Schwimmer, kriechend und schlängelnd. Die Cyclopoiden ernähren sich als Räuber, Aas- oder Algenfresser. Meist in Kleingewässern

Nauplius-Larven: Der Nauplius ist ein Larventyp vieler Crustacea. Man findet ihn zum Beispiel bei den Cyclopoiden und Calanoiden und er ist deshalb ein häufig beobachteter Organismus in der Erlache.

Nauplien rudern ruckartig durch das Wasser, wobei die Bewegung und die Nahrungsaufnahme mit nur drei Gliedmaßenpaaren bewerkstelligt wird.

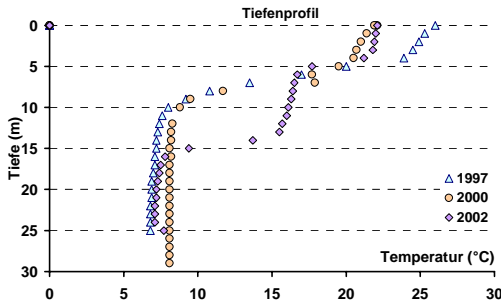
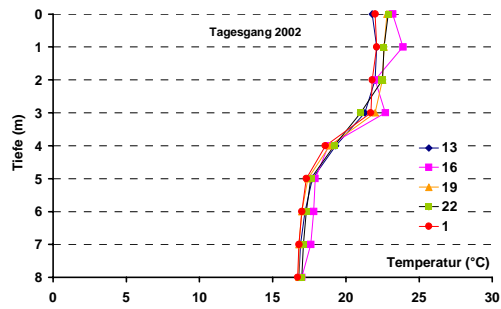
III Ergebnisse

Physikalische Untersuchungen

Temperatur

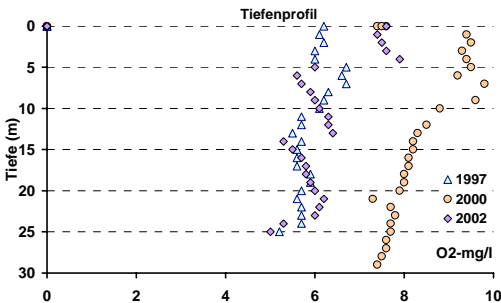
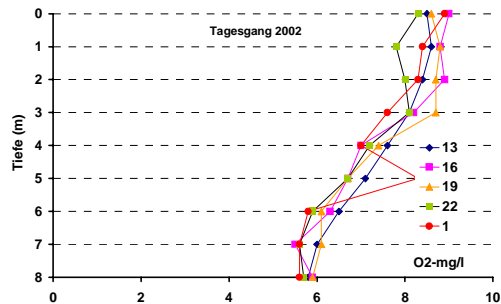
Die Temperatur nahm zu allen Uhrzeiten mit der Wassertiefe ab. Alle Kurven zeigten zwischen 3-4 m einen deutlichen Unterschied. Das Temperaturmaximum (23,9 °C) war um 16 Uhr, das Minimum (16,7°C) um 1 Uhr. Die 13 Uhr-Messung wich kaum von der 1 Uhr-Kurve ab. Im Vergleich zum Jahr 2000 war die Temperatur in 8 m Tiefe in diesem Jahr um 5 – 6°C höher. Im Tiefenprofil blieb von 0-4 m die Temperatur relativ konstant zwischen 21 und 22 °C. Ein deutliche Temperaturabsenkung um 5°C war zwischen 4-6 m zu erkennen. Bis 13 m blieben die Werte weitgehend konstant bei rund 15°C. In den nächsten drei Metern Wassertiefe fiel die Temperatur auf 7,8°C und blieb bis 25m konstant.

In den Jahren 1997 und 2000 zeigte die Temperaturkurve bei 4-5 m eine eindeutige Sprungschicht mit einem Temperaturunterschied von ca. 12°C. Die oberflächentemperatur der 1997-Studie war ungefähr 4°C höher als in den nachfolgenden Praktika.



O₂-Konzentration

Die Werte des Tagesganges lagen in einem Bereich von 5,5 – 9,0 mg/l. Mit zunehmender Wassertiefe sank die O₂-Konzentration. Alle Kurven zeigten eine deutliche Konzentrationsabnahme zwischen 2 und 4 m. Am deutlichsten war dies bei der 16 h Messung.

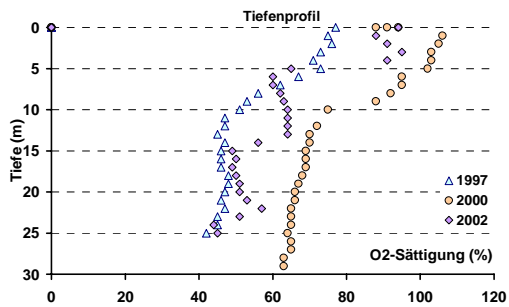
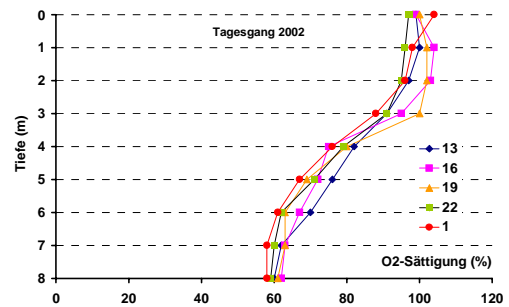


Die niedrigsten Werte wurden um 22 Uhr gemessen. Das Jahr 2000 hatte um 1,5 mg/l höhere O₂-Konzentrationen in allen Tiefen, mit einem ähnlichen Kurvenverlauf wie 1997. Die Daten der 97er-Studie lagen im Wertebereich der diesjährigen Untersuchung.

Die O₂-Konzentration des Tiefenprofils entsprach im Kurvenverlauf der O₂-Sättigung. Die Werte lagen zwischen 5-7 mg/l.

O₂-Sättigung

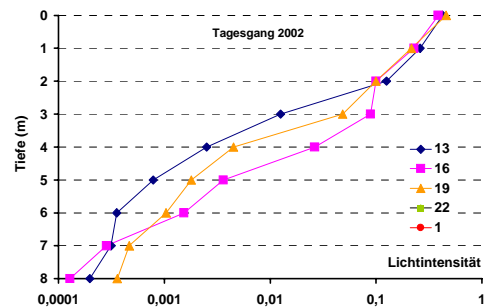
Alle Kurven waren ähnlich, eine kontinuierliche Abnahme der O₂-Sättigung mit zunehmender Tiefe. Die Werte des Tagesganges bewegten sich zwischen 58 und 104%. Bis zu einer Tiefe von drei Metern war das Wasser im Mittel zu 90% mit O₂ gesättigt. Bis zu einer Tiefe von 3-6 m nahm die O₂-Sättigung ab, die sich dann bis zu einer Tiefe von 8 m auf 60% O₂-Sättigung einstellte. Im Jahr 2000 hingegen lag die O₂-Sättigung in diesem Tiefenbereich bei 80%. Die O₂-Sättigung (%) nahm auch im Tiefenprofil mit zunehmender Tiefe



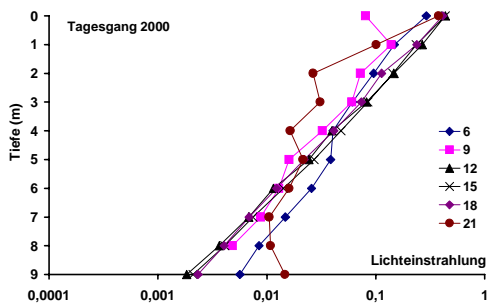
kontinuierlich ab. Sprunghafte Unterschiede waren bei 4-5 m und 13-15 m zu verzeichnen.

Lichtintensität

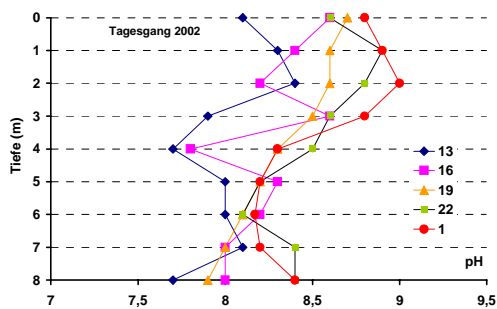
Die Lichtintensität zu den drei gemessenen Uhrzeiten waren im Bereich von 0-2 m sehr ähnlich. Ab drei Metern wies die 13 Uhr-Kurve die niedrigsten Intensitäten auf, die 16 Uhr Messreihe die höchsten.



In 7 m Tiefe war die Lichtintensität um 19 Uhr am höchsten.

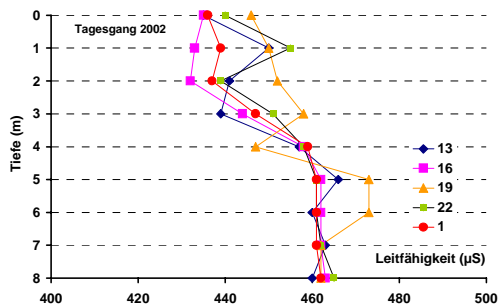


In diesem Jahr waren die Messwerte im Vergleich zur letzten Studie (2000) um das 10 fache niedriger. Deutlich ist 2002 eine massive Lichtabsorption von 2 m abwärts bis 7 m zu erkennen, die bei der 16 Uhr Messung ein Maximum aufweist (Schwebstoffe).



pH-Wert

Die pH-Werte lagen zwischen 7,7 und 9,0. Ein einheitlicher Trend der Graphen ist bei 4 m in den sauren Bereich zu erkennen. Ein ähnlicher Kurvenverlauf ist bei den Messungen um 13 Uhr, 22 Uhr und 1 Uhr nachzuvollziehen.



Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit in der Tiefe von 2-4 m nahm zu allen Uhrzeiten mit der Wassertiefe zu. Die Mehrzahl der Graphen zeigte in einer Tiefe von 4-8 m einen einheitlichen Verlauf. Die 19 Uhr-Messung wich in ihrem Verlauf von allen anderen ab. In den früheren Studien (2000 und 1997) fanden sich sehr ähnliche Verläufe.

Chemische Analysen

Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Vergleicht man die 2002 ermittelten Daten mit denen von 2000 und 1997, so erkennt man eine deutliche Abnahme der Nährstoffkonzentrationen. Aufgrund dieser extrem niedrigen Konzentrationen, konnten die

Schwankungen im Tagesgang nicht interpretiert werden. Dies beruht auf der in diesen Messbereichen fehlenden Genauigkeit des Verfahrens.

Bei der Bestimmung der Nitratwerte konnte man deutlich niedrigere Werte als bei den Messungen der Vorjahre feststellen. Die gemessenen Konzentrationen lagen in Bereichen von 0,01 mg/ml und 0,019 mg/ml. Bei der Bestimmung des Nitratwertes, wird in der Probe vorhandenes Nitrat zu Nitrit umgewandelt. Bei der nachfolgenden Messung wird somit die Extinktion von Nitrit gemessen, wobei das in der Probe zusätzlich vorhandene Nitrit zu dieser Extinktion beiträgt. Da jedoch bei unserer Bestimmung der Nitratkonzentration (incl. Nitrit) bereits sehr niedrige Werte ermittelt wurden, wurde auf eine Messung des Nitrits verzichtet, da die zu erwartenden Konzentrationen weit unter denen der Nitrats liegen.

Die Bestimmung der Ammoniumwerte ergab Werte zwischen 0,008 mg/l und 0,04 mg/l. Damit lag unser Maximalwert um das 25fache niedriger als der Minimalwert der Vorjahre.

Die Phosphatmessungen ergaben Konzentrationen zwischen 0,01 und 0,1 mg/ml. In den vorherigen Jahren wurden Phosphatkonzentrationen von bis zu 2,1 mg/l gemessen. Erneut lagen also unsere Werte auf einem im Vergleich extrem niedrigen Niveau.

Organismen

Phytoplankton

Dinobryon, *Asterionella* und *Ceratium* hoben sich 2002 in den Mengenverhältnis deutlich von den anderen Arten ab. Sie machten 95% des gesamten Phytoplanktons aus, erstaunlicherweise zu sehr ähnlichen Mengenanteilen (*Dinobryon* 35%, *Asterionella* 32%, *Ceratium* 28%). Darauf folgten *Tintinnopsis*, *Oocystis*, *Mallomonas*, *Peridinium* und *Fragillaria*, die in der Gesamtmasse des Phytoplanktons weniger als ein Drittel ausmachten.

1997-2002

In diesen Jahren gab es eine deutliche Verschiebung in den Mengenverhältnissen und der Artenverteilung. 1997 dominierte *Ceratium* (66%) mit fast zwei Dritteln das Phytoplankton, darauf folgten *Peridinium* (11%), *Oscillatoria* (8%), *Asterionella* (5%), *Fragillaria*, *Tintinnopsis* und *Anabaena*. Im Jahr 2000 machten *Asterionella* und *Ceratium* gemeinsam, über 70% des Phytoplanktons aus (je 36%), die Individuenzahl/l von *Ceratium* nahm deutlich ab, während die von *Asterionella* zunahm. 2000 hatten noch *Dinobryon* (5%) und *Mallomonas* (13%) einen nennenswerten Anteil an der Gesamtmenge des Phytoplanktons. Im Jahr 2002 stieg die Dichte sowohl von *Ceratium*, als auch von *Asterionella* und vor allem von *Dinobryon* drastisch an. Diese drei Organismen nahmen über 95% des Phytoplanktons ein, wobei sie ungefähr je ein Drittel ausmachten. Alle anderen Arten, außer *Tintinnopsis* (2%), nahmen in ihrer Individuenanzahl/l deutlich ab, ihr Anteil am Phytoplankton war verschwindend gering.

Zooplankton

Auffallend war, dass ca. 50% aller untersuchten Zooplankter der Gattung *Polyarthra* angehörten. *Kellicottia* und *Keratella* stellten je etwa 15% der tierischen Organismen, während sich Nauplien, Cyclopiden, Calanoiden, Cladoceraner und *Pompholyx* mit relativ geringen Vorkommen die restlichen 20% teilten.

2000 und 2002 bildete *Polyarthra* mit ca. 50% die mit Abstand häufigste Zooplankton-Gattung, 1997 war das

Abundanzen (%)

Gruppe	Spezies	1997	2000	2002
Ciliata	<i>Tintinnopsis</i>	0,916	1,431	1,938
Crustacea	Calanoida	0,040	0,081	0,011
	Cladocera	0,138	0,014	0,010
	Copepoda	0,370	0,002	
	Cyclopoida	0,282	0,088	0,043
	Nauplien	0,414	0,225	0,026
Phytopl.	<i>Anabaena</i>	0,623		0,012
	<i>Asterionella</i>	5,302	36,054	32,251
	<i>Ceratium</i>	66,802	35,576	28,067
	<i>Cosmarium</i>		0,421	
	<i>Dinobryon</i>		5,031	35,610
	<i>Fragilaria</i>	3,754	0,478	0,586
	kokk.Grünalgen		1,706	
	<i>Mallomonas</i>		13,359	0,389
	<i>Oocystis</i>			0,808
	<i>Oscillatoria</i>	7,961		0,010
<i>Pediastrum</i>	1,192		0,008	
<i>Peridinium</i>	11,239	1,168	0,013	
	<i>Synedra</i>		2,496	
Rotatoria	<i>Kellicottia</i>	0,061	0,359	0,005
	<i>Keratella</i>	0,572	0,334	0,056
	<i>Polyarthra</i>	0,107	1,177	0,152
	<i>Pompholyx</i>	0,227		0,004

Vorkommen weitaus geringer. *Keratella* stellte in allen drei Jahren ebenfalls einen recht bedeutenden Anteil am Zooplankton, 1997 und 2000 fast ein Viertel, 2002 etwas weniger (ca. 15%). Auffallend ist, dass das Vorkommen von *Pompholyx* 2002 verschwindend gering war im Vergleich zu seiner Abundanz in den Jahren 1997 und 2000. Im Gegensatz dazu wurden 1997 und 2000 sehr viel weniger Individuen von *Kellicottia* gefunden als 2002, als sich ihr Anteil auf ca. 15% steigerte. In 1997 fanden sich auch deutlich mehr Nauplius-Larven und Cyclopoiden, als 2000 und 2002, während Calanoiden und Cladocera in allen drei Jahren relativ selten waren.

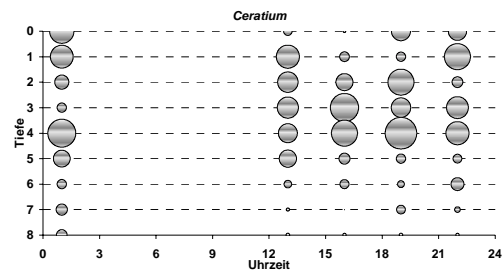
Tagesgang 2002:

Mallomonas

In 2, 3 und 4 m Tiefe wurde *Mallomonas* 2002 zu jeder Uhrzeit gefunden. Um 13.00 fehlte diese Species in den Tiefen ab 6 m und 1m, um 14.00 trat sie sogar nur in den obersten 4 m auf. Um 19.00 war *Mallomonas* nur in 0 und 5 m Tiefe nicht vorhanden und in 3 m Tiefe zeigte sich eine deutliche Ansammlung. Um 22.00 und 1.00 fehlt sie nur in 7 und 8 m, bzw. 5m Tiefe. Zu diesen Uhrzeiten trat er auch in höherer Dichte auf.

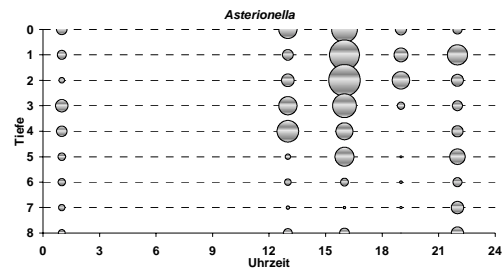
Ceratium

Ceratium war zu allen Uhrzeiten in hohen Mengen und in fast allen Tiefen, dabei von 13.00 bis 19.00 in den Tiefen 2 - 4 m besonders häufig, ab 22.00 in 0 - 1 m und 3 - 4 m, bzw. 4 - 5 m Tiefe um 1.00. In allen drei untersuchten Jahren war *Ceratium* immer in großen Mengen zu finden und zu jeder Zeit. 1997 trat es ab 5 m Tiefe häufiger auf als in den oberen Schichten, im Jahr 2000 dagegen ab 5 m Tiefe deutlich seltener. 2002 war die Verteilung gleichmäßig, abgesehen von einer schwachen Akkumulation in 3- 4 m Tiefe. Eine zeitabhängige Veränderung in der Tiefenverteilung war nicht zu sehen. In den Jahren 1997 und 2000 war *Ceratium* ab 5 m Tiefe deutlich weniger vorhanden und fehlte von 9-15 Uhr an der Oberfläche bis in 1 m Tiefe.

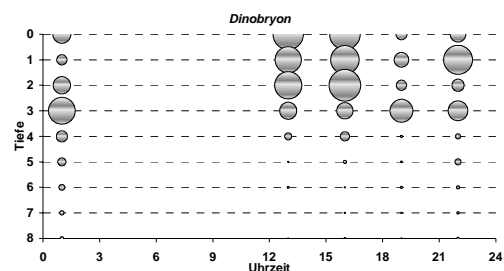


Asterionella

Asterionella war 2002 in allen Tiefen zu jeder Uhrzeit zu finden, außer um 19.00 bei 4 und 8 m. Um 16.00 trat sie besonders häufig auf, vor allem in 0 - 5 m Tiefe. Um 19.00 zeigte sie eine deutliche geringere Häufigkeit ab 5 m. Im allgemeinen zeigte *Asterionella* jedoch eine recht einheitliche Verteilung in allen Tiefen bei jeder Probenahme. 1997 wurde *Asterionella* erst ab 5 m Tiefe zu jeder Uhrzeit gefunden, wobei sie um 12.00 besonders häufig auftrat (5 und 6 m), im Jahr 2000 dagegen in 0 - 4 m Tiefe zu jeder Zeit (außer bei 1 und 3 m), ab 5 m Tiefe nahm die Abundanz deutlich ab. 2002 war die Dichteverteilung sehr viel homogener, bei jeder Probenahme wurde sie in allen Tiefen in ähnlichen Mengenverhältnissen gefunden. Ab 6 m Tiefe war erst eine leichte Abnahme der Häufigkeit zu erkennen. Beim Vergleich der Jahre 2000 und 2002 sieht man



deutlich, dass *Asterionella* besonders häufig in den Tiefenbereich von 2 - 4 m zu finden ist, ab 5 m nimmt die Häufigkeit deutlich ab.



Dinobryon

In den Tiefen 0- 3 m war *Dinobryon* 2002 sehr häufig, vor allem um 13.00 und 16.00. Ab 4 m Tiefe nahm die Häufigkeit rapide ab. Um 13.00 und 16.00 fehlte die Alge in 5, 7 und 8 m, bzw. 7 und 8 m völlig, um 19.00 wurde sie nur in 8 m Tiefe nicht gefunden. In beiden Jahren 2000 und 2002 war *Dinobryon* in den oberen Schichten, 0-3 m Tiefe, wesentlich häufiger als in den darunter liegenden.

Oocystis

Die Mengen und Tiefenverteilung von *Oocystis* war zu jeder Uhrzeit relativ gleichmäßig. In den gesiebten Proben (13.00 und 16.00) wurde *Oocystis* seltener gefunden, und um 19.00 und 22.00 trat sie besonders häufig in 2, bzw. 0 und 1m auf.

IV Diskussion

Physikalische Parameter

Temperatur: Die meisten Stoffwechselfvorgänge sind temperaturabhängig. Im Allgemeinen sind aquatische Organismen geringeren Schwankungen der Umgebungstemperatur ausgesetzt als terrestrische. Viele physikalische und chemische Faktoren sind mit der Temperatur korreliert und werden demnach von ihr beeinflusst. Viele Organismen können auf eine Temperaturänderung mit geänderten Verhaltensweisen reagieren.

pH-Wert: Alle Organismen haben ein pH-Werts-Bereich, in dem ihr Stoffwechsel optimal abläuft. Durch Stoffwechselprodukte können Organismen den pH-Wert ihrer Umgebung beeinflussen. Sowohl auf chemische als auch auf physikalische im See ablaufende Prozesse kann der pH-Wert sich auswirken.

Sauerstoff: Fast alle Organismen benötigen Sauerstoff, um ihren Metabolismus aufrecht erhalten zu können. Die Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser ist temperaturabhängig. Das Vorkommen von aeroben und anaeroben Bereichen ist typisch für aquatische Lebensräume.

Leitfähigkeit: Der Gehalt an Ionen in wässrigen Proben bedingt deren Leitfähigkeit. Sie ist abhängig von der Ionenkonzentration und dem Dissoziationsgrad der gelösten Elektrolyte. Darüberhinaus wird die Leitfähigkeit von der Temperatur und der Ionenbeweglichkeit beeinflusst. Die Leitfähigkeit gibt also den Salzgehalt des Wasserkörpers an.

Temperatur: Die Temperaturmessungen zeigen, dass es in diesem Jahr eine doppelte Sprungschicht im See gab. Dadurch wurde der Wasserkörper in drei Schichten mit jeweils nahezu konstanter Temperatur unterteilt. Sprungschichten entstehen generell durch den Dichteunterschied, den das Wasser durch verschiedene Temperaturen erfährt. Die Dichteänderung pro °C ist bei hohen Temperaturen höher als bei niedrigen. Daher erhöht sich die Stabilität von unten (kalt) nach oben (warm), was eine Durchmischung der beiden Schichten erschwert. Durch die Sonneneinstrahlung wird das Oberflächenwasser erwärmt. Die Absorption der Sonneneinstrahlung nimmt mit zunehmender Tiefe des Wassers ab. Dadurch erfährt das Wasser in tieferen Bereichen ab ca. 4 m eine geringere Erwärmung und es bildet sich eine Sprungschicht aus.

In allen vorherigen Studien konnte nur eine deutlich ausgebildete Sprungschicht nachgewiesen werden. Eine wie in der diesjährigen Studie auftretende doppelte Sprungschicht ist für einen Süßwassersee atypisch. Die Abnahme der Temperatur in der ersten Sprungschicht ist nicht so extrem ausgeprägt, da im Bereich zwischen 5 und 15 m die Temperatur konstant war. Eine mögliche Begründung ist, dass die beiden Erlachen durch aktiven Kiesabbau einen gemeinsamen Wasserkörper bilden. Der bereits bekannte Grundwassereinstrom in die Kleine Erlache aus dem Odenwald beeinflusst somit auch die Große Erlache. Die Ausbildung der zweiten Sprungschicht beruht wahrscheinlich auf einem monatelangem Warm-

wassereinstrom von ca. 15° C. Es ist zu vermuten, dass es sich bei dem Warmwassereinstrom um den Grundwassereinstrom und Niederschlag handelt. Mit der Ausbildung der zweiten Sprungschicht geht ein enormer Energieeintrag in das untersuchte Gewässer einher.

In den beiden oberen Schichten finden sich zwei unterschiedliche Strömungen. Die Strömung der ersten Schicht beruht auf der Konvektionsströmung, die durch äußere Einflüsse wie Wind, Regen und Kiesabbau entsteht. Die zweite vorhandene Strömung, die in Bereichen unter 6 m auftritt, kommt durch den Warmwassereinstrom zustande. Da die Strömung in der ersten Schicht eine saisonale Erscheinung darstellt, sind die zu beobachtenden Prozesse auf die Warmwassereinstromung in der zweiten Schicht zurückzuführen.

Von der Schute wurden nur Proben bis 8 m Tiefe genommen, womit nur die Strömung der ersten Schicht erfasst wurde. Lediglich das Tiefenprofil zeigte die tieferliegende zweite Sprungschicht.

Sauerstoffhaushalt: Durch die Photosynthesetätigkeit des Phytoplanktons kommt es vor allem in den oberen Metern zu einer O₂-Produktion. Diese nimmt mit zunehmender Tiefe ab, gleichzeitig steigt die Respirationstätigkeit durch Destruenten und damit die Sauerstoffzehrung. Die Unterschiede der diesjährigen Studie zu den Vorjahren beruht unter anderem auf einer erhöhten Temperatur, die Einfluß auf die O₂-Sättigung, die Respiration und die Photosynthese hat. Mit steigender Temperatur erhöht sich die Stoffwechselrate der Organismen und die Löslichkeit von O₂ in Wasser nimmt ab.

Lichtintensität: Unterhalb von 2 m kam es durch die Baggertätigkeiten und Einleitung von Spülwasser der Kiesreinigung zu einer massiven Belastung durch Schwebstoffe. Da ab 16 Uhr die Baggertätigkeit eingestellt wurde, nahm die Lichtintensität ab diesem Zeitpunkt wieder zu. Die Werte der 19 Uhr-Messung lagen darunter, da die Sonneneinstrahlung gegen abend abnimmt. Der kombinierte Einfluß von Schwebstoffen und bewölktem Himmel führte dazu, daß die 13 Uhr-Kurve ab zwei Meter deutlich geringere Werte hatte. Im Verhältnis zu den anderen Jahren bewegten sich alle gemessenen Lichtintensitäten in niedrigeren Bereichen, weil sich unter anderem die Probenahmestelle in der Nähe der Einleitungsstelle des Waschwassers befand. Durch diesen Einleitungsvorgang kam es zum Eintrag der Schwebstoffe in den Wasserkörper. Ein weiterer Grund könnte die geringere Sonneneinstrahlung am Untersuchungstag sein.

Leitfähigkeit: Die Leitfähigkeit war von 0 - 4 m variabel, da hier die vorhandenen Algen Nährstoffe aus dem umgebenden Wasser aufnehmen. Je nach Photosyntheserate und Wachstum ändert sich die Leitfähigkeit im Laufe des Tages. Unterhalb der ersten Sprungschicht war eine einheitliche Tendenz zu erkennen, die auf den Ioneneintrag durch den Warmwassereinstrom in diesem Bereich zurückzuführen sein könnte. Auch ist die durchschnittliche Algenpopulation hier geringer. Da sich die Leitfähigkeit nur sehr langsam änderte, sind die Kurven der vorigen Untersuchungen unserer sehr ähnlich. Für die 19 Uhr Kurve gibt es keine plausible Erklärung und ihr Verlauf ist eventuell auf fehlerhafte Messungen zurückzuführen.

pH-Wert: Die Schwankungen in den oberen 4 m beruhen auf den dort vorkommenden Strömungsverhältnissen. Ab einer Tiefe von 5 m könnte man auf eine einheitliche Tendenz durch die Auswirkungen der Sprungschicht schließen. Der pH-Wert war im unteren

Tiefenbereich saurer als im oberen Bereich. Dies lässt sich auf die Photosyntheseaktivität des Phytoplanktons und die damit verbundene CO₂-Abnahme zurückführen. Sind Algen besonders produktiv, kann es zu einem erhöhten Protonenexport durch die ATPase kommen, der die CO₂-Fixierung überwiegen kann. Dies könnte die saureren Werte der 16 Uhr-Messung (sonniges Wetter) im Verhältnis zu den nachfolgenden Messungen erklären. Die 13 Uhr-Messung (bewölkt) könnte dagegen durch eine höhere Respirationsrate beeinflusst werden.

Chemische Untersuchungen

Die im Praktikum durchgeführten chemischen Analysen dienen der Charakterisierung der Nährstoffverfügbarkeit im untersuchten Wasserkörper. Betrachtet wurden Nitrat, Nitrit, Ammonium und Phosphat. Als wichtigste Stickstoffverbindungen in Gewässern dienen Nitrat und Ammonium den photoautotrophen Pflanzen als Stickstoffquellen.

Oligotrophe Seen werden durch hohe Nitratgehalte charakterisiert, während in Seen mit hoher Produktion Nitrat im Epilimnion oft fast vollständig verbraucht ist. Ist dies der Fall, greifen Pflanzen auf Ammonium als Stickstofflieferanten zurück. Ammonium entsteht aus der Zersetzung organischer Reste. Der Einfluss von Mikroorganismen auf die Stickstoffumsetzungen ist vielfältig. Aerobe Nitrifikanten oxidieren aus Ammonium Nitrit, welches dann von anderen Mikroorganismen zu Nitrat weiteroxidiert wird.

Da die Nitrifikation nur unter aeroben Bedingungen stattfinden kann, kommt es in den anaeroben Bereichen des Hypolimnions zu einer Anreicherung von Ammonium unterhalb der Sprungschicht. Nitrat verschwindet hier. Dies wird nicht nur durch die fehlende Nitrifikation ausgelöst, sondern wird zusätzlich durch die unter anaeroben Bedingungen ablaufende Nitratammonifikation verschärft, wobei Nitrat in Ammonium umgewandelt wird. Zusätzlich können Denitrifikanten Nitrat zu elementarem Stickstoff reduzieren.

Nitrit ist meist nur in niedrigen Mengen im Wasser zu finden, da es durch Mikroorganismen sehr rasch abgebaut wird. Stickstoffverbindungen sind für sämtliche Organismen eines Gewässers essentiell und werden in relativ großen Mengen umgesetzt. Stickstoff wird als sogenannter Makronährstoff bezeichnet.

Im Gegensatz dazu wird Phosphat als Mikronährstoff bezeichnet, da er nur in relativ geringen Mengen benötigt wird. In nicht anthropogen belasteten Gewässern liegt Phosphat zudem nur in geringen Konzentrationen gelöst vor und fungiert deshalb häufiger als Stickstoff als limitierender Faktor für die Primärproduktion. Eine Zunahme des Phosphatgehaltes eines Gewässers signalisiert die zunehmende Eutrophierung. Der natürliche Eintrag von Phosphat geschieht durch Niederschläge und durch in Gesteinen enthaltenes Phosphat. Aus landwirtschaftlich gedüngten Flächen und aus Abwässern gelangen vergleichsweise große Mengen Phosphat in Gewässer.

Über die Ursache der extrem niedrigen Nährstoffkonzentrationen können wir nur spekulieren. Auffallend beim diesjährigen Tiefenprofil sind folgende Punkte. Während bisher bereits in einer Tiefe von 8 - 9 m eine plötzliche Erniedrigung der Temperatur von ca. 20° C auf ca. 9° C festzustellen war, wurde diese Temperatur bei den diesjährigen Untersuchungen erst in einer Tiefe von ca. 15 m erreicht (zweite Sprungschicht). In einer Tiefe von ca. 5 m gab es dieses Jahr einen weiteren Temperatursprung von 23° auf 18° C den wir

als erste Sprungschicht ansehen. Wie ist dies nun zu erklären ?

Im Vergleich zu den anderen Jahren haben sich in diesem Jahr folgenden Faktoren verändert, die einen Einfluss auf den Wasserkörper haben könnten. Zusammenschluss der Kleinen Erlache mit der Großen Erlache aufgrund von Baggertätigkeiten an der trennenden Landfläche. Der Grundwasserzufluss aus dem Odenwald geschieht in der Kleinen Erlache. Bisher waren die damit verbundenen Veränderungen des Wasserkörpers nur auf die Kleine Erlache beschränkt. Durch den zuvor erwähnten Zusammenschluss der beiden Seen findet nun ein direkter Einstrom dieser Wassermengen in die Große Erlache statt. Da die kleine Erlache eine ungefähre Tiefe von 14 m hat, wäre ein vertikaler Durchstrom des einströmenden Wassers möglich. Dieser könnte die von unseren Messungen ermittelte Schicht mit einer Temperatur von 15° C zwischen 6 und 15 m Tiefe erklären. Die erste Sprungschicht auf 5 m ist wahrscheinlich durch die Trennung der verschieden temperierten Wasserkörper zurückzuführen. Diese ist auf die Sonneneinstrahlung zurückzuführen.

Die klimatischen Bedingungen dieses Jahres sind geprägt durch im Mittel niedrigere Temperaturen und starke Niederschläge. Dadurch könnte die Ausbildung einer klar erkennbaren Sprungschicht, wie sie in anderen Jahren gefunden wurde, beeinträchtigt worden sein. Zusätzlich könnte durch die vom Kieswerk vorgenommene Entnahme und Rückleitung von Spülwasser eine Vermischung der Schichtungen des Wasserkörpers verursacht worden sein. Dieser Faktor sollte jedoch einen geringeren Einfluss haben wie die beiden erstgenannten.

Normalerweise kommen Nitrat, Nitrit und Phosphat hauptsächlich im Epilimnion, dem Bereich oberhalb der Sprungschicht, vor. Für Phosphat kann dies im Ansatz aus den Ergebnissen erkannt werden, die extrem niedrigen Konzentrationen in den tiefen Bereichen könnte durch Mikroorganismen verursacht worden sein, die bei Dekompositionsprozessen Phosphat benötigen. Diese Mikroorganismen müssen eine extreme Affinität zum Phosphat besitzen um es praktisch vollständig eliminieren zu können. Bei den Nitratwerten zeigt sich folgende Tendenz. Oberhalb von 15 m finden wir niedrigere Nitratwerte als unterhalb. Dies könnte mit der in diesem Jahr deutlich tiefer gelegenen Sprungschicht zusammenhängen. Oberhalb verteilt sich das Nitrat im Wasser und wird durch die dortigen Organismen aufgenommen. Durch die relativ hohen Temperaturen in dieser Tiefe, besteht die Möglichkeit, daß diese von Organismen aufgesucht werden, die sonst nur in höhergelegenen Wasserschichten zu finden sind. Unterhalb dieser Grenze zeigen sich in den Ergebnissen erhöhte Nitratkonzentrationen. Messungen der Sauerstoffsättigung in diesen Tiefen zeigen für die aerobe Nitrifikation ausreichende Werte an, zudem können hier die anaeroben Prozesse der Denitrifikation und Nitratammonifikation nicht stattfinden, wodurch die erhöhten Nitratwerte erklärt werden könnten. Ammonium wird hier evtl. durch Pflanzen mit extrem hohen Affinitäten aufgenommen. Ein Erklärungsansatz der niedrigen Nährstoffkonzentrationen im Epilimnion wäre, daß durch die nach unten verschobene zweite Sprungschicht das Wasservolumen, auf welches sich die Nährstoffe nun verteilen, erhöht ist.

Organismen

Betrachtet man die in diesem Jahr vorherrschenden Organismen, so stechen sofort *Dinobryon*, *Ceratium*

und *Asterionella* ins Auge, während andere Organismen, die in den anderen Jahren in deutlich höheren Abundanz zu finden waren, in den Hintergrund treten. Diese Entwicklung könnte mit den niedrigen Nährstoffgehalten erklärbar sein. Arten der Gattung *Dinobryon* sind dafür bekannt, dass sie unter extrem geringen Nährstoffverhältnissen wachsen können. Die drei vorherrschenden Arten des Phytoplanktons sind durch ihre Größe mit einem wirksamen Fraßschutz versehen, der eine Top-Down-Kontrolle durch Beweider unwahrscheinlich macht.

Die niedrigen Abundanz des restlichen Phytoplanktons könnten sich aus einer gleichzeitigen Top-Down-Kontrolle durch das vorhandene Zooplankton und einer Bottom-Up-Kontrolle durch die niedrigen Nährstoffkonzentrationen erklären.

Beim Zooplankton ergaben sich in den diesjährigen Messungen ebenfalls weitaus geringere Abundanz, sowohl in der Gesamtheit des Zooplanktons, als auch bei den einzelnen untersuchten Organismen. Die insgesamt niedrige Abundanz erklärt sich aus der geringen Verfügbarkeit an fressbarem Phytoplankton. Bei den wenigen vorhandenen Organismen des Zooplanktons zeigt sich ein deutlicher Schwerpunkt auf räuberischen bis generalistischen Formen. Dies wäre wiederum durch den Mangel an fressbaren Formen beim Phytoplankton zu erklären.

Tiefenverteilung des Zooplanktons

Cladocera: Das Schaubild aus dem Jahr 2002 deutet (obwohl nicht so viele Messungen gemacht werden konnten) eine Wanderung der Wasserflöhe über den Tag hinweg an. Dieser Eindruck wird beim Betrachten der Schaubilder aus den Jahren 1997 und 2000 bestätigt, wo die Tiere tagsüber in tieferen Wasserschichten zu finden waren, als nachts. Diese Wanderung kann am besten als Reaktion auf einen Fraßdruck durch planktivore Fische wie zum Beispiel die Ukelei gedeutet werden. Da Fische auf Sicht jagen, ziehen sich größere Zooplankter wie die Cladoceren in tiefere Wasserschichten zurück, wo sie für ihre Jäger schwerer zu orten sind. Bei Dunkelheit kehren sie wieder in die oberen Wasserschichten zurück, da das Nahrungsangebot an Phytoplankton dort reicher ist. Außerdem ermöglichen die höheren Wassertemperaturen an der Oberfläche ein schnelleres Wachstum.

Calanoida: Die Calanoiden fanden sich in allen drei Jahren hauptsächlich in den unteren Wasserschichten. Im oberflächennahen Wasser fehlen sie ganz oder es sind nur geringe Individuenzahlen zu finden. Eine mögliche Erklärung für dieses Verhalten könnte ein vermehrtes Vorkommen des als Nahrung bevorzugten Phytoplanktons in tieferen Wasserschichten sein. Auch ein Schutz vor zu starker UV-Einstrahlung wäre als Erklärung denkbar, zumal das Wetter in den Jahren 1997 und 2000 sehr sonnig war.

Cyclopoida: Die Cyclopoiden waren 2002, aber auch in den vorangegangenen Messungen in nahezu allen Wasserschichten gefunden worden, hauptsächlich in den mittleren Wasserregionen. Da Cyclopoiden durchaus nicht nur Phytoplankton, sondern auch kleineres Zooplankton fressen, kann man annehmen, dass sie ihren Futtertieren in gewissem Umfang folgen. Ihr weit verteiltes Auftreten im Jahr 2000 könnte ein Indiz dafür sein, dass sie nicht nur auf eine bestimmte Nahrungsquelle angewiesen sind und deshalb auch in verschiedenen Wasserschichten vorkommen.

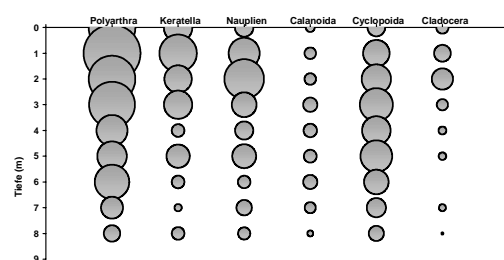
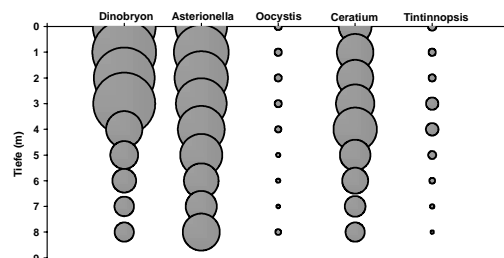
Nauplius-Larven: Auch Nauplius-Larven waren in allen drei Jahren in nahezu allen Wasserschichten vertreten, 1997 und 2002 vor allem in den oberen

Regionen. 2000 jedoch gab es zusätzlich noch ein relativ starkes Vorkommen unter der Sprungschicht in Tiefen von 7 m und 8 m. Dies ließe sich dadurch erklären, dass der Nauplius die Larve von sowohl Calanoiden als auch Cyclopoiden ist, die allerdings beide eine mehr oder weniger unterschiedliche Tiefenverteilung aufweisen (Cyclopoiden eher in den oberen bis mittleren, Calanoiden in den tieferen Wasserschichten). Dies könnte auch das recht verstreute Vorkommen der Larven in den Jahren 1997 und 2002 erklären.

Keratella cochlearis: Dieses Rädertierchen kam sowohl 2002 als auch bei den beiden vorangegangenen Messungen überwiegend in den oberen und mittleren Wasserregionen vor aber nur selten in einer Tiefe von 8 m. Ein Wanderungsverhalten kann aber kaum festgestellt werden, allenfalls 1997. In diesem Fall wäre es wohl am ehesten als Schutzreaktion vor zu starkem UV-Licht bei den sonnigen Bedingungen in diesem Jahr zu erklären.

Tintinnopsis lacustris: *Tintinnopsis* war in allen drei Jahren in nahezu jeder Wasserschicht zu finden, wobei sich das Vorkommen auf die mittleren Tiefenregionen konzentrierte. Eine mögliche Erklärung dieser verstreuten Abundanz könnte in der Ernährungsweise des Tiers zu finden sein. *Tintinnopsis* als Ciliat ist heterotroph und ernährt sich hauptsächlich von Detritus. Dadurch ist er nicht auf bestimmte Nahrungspartikel bzw. Organismen angewiesen, was die verstreute Verteilung in unterschiedlichen Wassertiefen erklären könnte.

Pompholyx und Kellicottia longispina: Beide Organismen waren in der diesjährigen Auszählung in nur so geringen Mengen vorhanden, dass sowohl eine graphische Darstellung als auch eine Diskussion der vertikalen Tiefenverteilung nicht sinnvoll erschien.



Abundanz des Planktons (Mittelwerte über alle genommenen Zeiten in Individuen/l)

Zusammenfassung

Auffällig in der diesjährigen Untersuchung ist im Bereich des Phytoplanktons das stark gehäufte Vorkommen von Kieselalgen (*Asterionella*) und Dinoflagellaten wie zum Beispiel *Ceratium*, sowie *Dinobryon*. Im Vergleich dazu war die Anzahl der Grünalgen und anderer

Phytoplanktonarten wie zum Beispiel *Oocystis* gering. Auch von *Pediastrum* fanden sich im Vergleich zu früheren Jahren viel weniger Exemplare. Die dominanten Spezies des Phytoplanktons sind große, schwer fressbare Arten.

Das Phytoplankton wurde dominiert von drei Arten, *Dinobryon*, *Asterionella* und *Ceratium*. Gemeinsames Merkmal aller drei Arten ist ihre Größe, die bei *Dinobryon* und *Asterionella* durch Koloniebildung erreicht wird. Dadurch sind sie für kleine Filtrierer als Nahrung unzugänglich. Neben der Größe dienen Kieselalgen und Dinoflagellaten eine harte äußere Schale sowie „sperrige“ Strukturen als Fraßschutz.

Für den sprunghaften Populationsanstieg von *Dinobryon* sind vermutlich oligo-mesotrophe Verhältnisse verantwortlich, verursacht durch einen konstanten Wasserzufluss aus der Kleinen Erlache in die Große. Wir vermuten, dass *Dinobryon* dadurch einen Konkurrenzvorteil hat, da es Arten gibt, die mit sehr wenigen Nährstoffen auskommen können.

Beim Zooplankton ist anders als beim Phytoplankton insgesamt eine deutliche Abnahme der Individuenzahlen zu erkennen. Lediglich bei dem Rädertierchen *Kellicottia longispina* und bei den Cyclopoiden kann eine leichte Zunahme beobachtet werden. Gattungen wie *Polyarthra* und *Pompholyx* hingegen haben im Vergleich zum Vorjahr stark abgenommen. Diese Tatsache könnte daher rühren, dass es mit dem Verschwinden kleiner Algen die Futtersuche für Filtrierer schwieriger ist.

Wir vermuten, dass durch das Entstehen von oligo-mesotrophen Verhältnissen, verursacht durch die neue Verbindung zwischen Kleiner und Großer Erlache, im Phytoplankton eine Verschiebung hin zu großen Arten (*Dinobryon*) eingeleitet wurde. Dadurch erklären wir uns den Rückgang filtrierender Zooplanktonarten, da diese nur kleinere Phytoplanktonarten sowie den noch kleinen Nachwuchs von *Dinobryon*, *Asterionella* und *Ceratium* fressen können. Omnivore Arten wie die Cyclopoiden und *Tintinnopsis* sind nicht so stark von dieser Veränderung im Phytoplankton betroffen und konnten deshalb leicht in der Individuenzahl zunehmen.

Phyto- und Zooplankton sind über die Nahrungskette direkt miteinander verbunden, die regulierenden Interaktionen sind dabei zum Einen die Beweidung des Phytoplanktons durch das Zooplankton. Dieser Prozess spielt in diesem Ökosystem wahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle. Zwar üben die filtrierenden Arten des Zooplanktons einen relativ starken Beweidungsdruck auf kleine Spezies aus, diese sind allerdings im Phytoplankton nicht vorherrschend. Zum Anderem gibt es eine, vorherrschende, Bottom-Up-Kontrolle von dem Phytoplankton auf das Zooplankton. Verursacht wird diese durch die starke Nährstofflimitation im See, denn große, schlecht freßbare Arten dominieren im Phytoplankton. Diese kommen mit geringen Nährstoffvorkommen aus und werden durch Prädation des Zooplanktons reguliert.

V Abschlussbetrachtung

Der betrachtete See, die Große Erlache, hat in den vergangenen Jahren weitreichende Veränderungen erfahren. Durch den Zusammenschluss mit der Kleinen Erlache haben sich einige Faktoren ergeben, die vielfältig auf den untersuchten Wasserkörper einwirken.

Auffallend ist bei den physikalischen Messungen die Veränderung der Temperaturschichtung und die damit verbundenen Änderungen. Zusätzlich wurden extrem niedrige Nährstoffgehalte festgestellt. Dies führt zur Durchsetzung von Organismen, die in der Lage sind, bei sehr niedrigen Nährstoffbedingungen zu existieren. Hier ist vor allem die Goldalge *Dinobryon* hervorzuheben, die dieses Jahr in großen Abundanzen zu finden war. Zusammen mit *Ceratium* und *Asterionella* macht *Dinobryon* über 80 % der Gesamtabundanz des Phytoplanktons aus. Dieses massive Wachstum lag zum einen daran, daß diese Arten über einen effektiven Fraßschutz verfügen, zum anderen sind sie wahrscheinlich besser in der Lage unter den vorliegenden niedrigen Nährstoffbedingungen zu existieren.

Das Zooplankton trat in diesem Jahr generell in niedrigeren Abundanzen auf, was mit den niedrigen Abundanzen beim fressbaren Phytoplankton korreliert. Unter den vorhandenen Arten des Zooplanktons zeigt sich eine deutliche Steigerung des Anteils räuberischer, bzw. generalistischer Arten. Der Einfluß planktivorer Fische ist wohl gering, da unsere Messungen im Bereich der Freiwasserzone durchgeführt wurden. Planktivore Fische sind in der Erlache selten und stehen unter einem hohen Fraßdruck der vom Angelverein geförderten piscivoren Fischarten wie Hecht und Zander und werden deshalb normalerweise in der Flachwasserzone Schutz suchen.

VI Anhang:

Individuen/L

Cladocera

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	10	0	0	0	3	12
1	14	1	1	0	7	23
2	12	0	4	0	21	37
3	0	0	7	4	0	10
4	0	1	3	0	2	5
5	0	0	2	1	2	5
6	0	0	0	0	0	0
7	3	0	0	0	1	4
8	0	0	0	0	0	0
Sum	39	2	16	4	36	97

Ceratium

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	7743	2744	916	6023	5845	23271
1	7315	7377	3157	2934	8286	29070
2	4478	6540	5467	8295	3430	28211
3	2958	6741	8981	6178	6980	31838
4	8892	6069	8304	10104	7334	40703
5	5372	5542	3493	3000	2851	20257
6	2956	2433	2899	2163	4161	14612
7	3582	1051	98	2807	1783	9320
8	3457	1177	1105	1230	1125	8094
Sum	46752	39674	34420	42733	41796	205376

Cyclopoida

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	8	2	2	6	8	25
1	9	9	18	7	14	57
2	7	8	37	6	10	70
3	6	1	36	28	19	89
4	2	4	24	2	34	66
5	17	1	13	15	36	82
6	12	1	1	17	18	49
7	8	1	0	10	11	30
8	10	0	0	4	4	19
Sum	80	26	132	96	154	488

Peridinium

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	9	0	0	0	0	9
1	9	0	0	0	0	9
2	4	0	0	0	0	4
3	0	0	0	4	0	4
4	0	0	0	9	0	9
5	9	0	0	4	0	13
6	4	4	0	0	0	9
7	0	0	0	0	4	4
8	0	0	0	0	4	4
Sum	35	4	0	18	9	66

Calanoida

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	3	0	0	0	3	7
1	3	0	1	2	5	11
2	2	1	3	1	4	11
3	0	0	7	4	6	17
4	0	0	2	1	12	15
5	5	0	1	1	7	13
6	4	0	0	4	8	16
7	6	0	0	2	2	10
8	1	0	0	2	0	3
Sum	23	1	12	19	47	102

Keratella

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	18	0	4	9	36	67
1	36	0	48	22	9	114
2	26	4	22	0	9	61
3	0	26	0	22	17	65
4	0	9	0	0	4	13
5	4	9	9	4	18	44
6	0	4	4	4	0	13
7	0	4	0	0	0	4
8	9	0	0	0	4	13
Sum	93	57	87	61	97	396

Nauplien

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	8	6	2	5	7	28
1	15	28	22	1	12	78
2	6	38	67	2	15	127
3	4	3	35	6	3	50
4	1	2	12	0	12	27
5	8	1	11	9	17	46
6	7	0	5	0	1	13
7	8	1	0	0	11	19
8	5	3	1	0	3	12
Sum	61	83	154	23	82	402

Polyarthra

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	9	0	26	71	71	178
1	9	27	48	92	89	264
2	9	26	35	53	53	177
3	27	13	53	17	61	172
4	0	9	9	0	61	79
5	4	0	0	13	53	71
6	13	4	13	13	53	97
7	0	4	9	9	17	40
8	9	4	0	0	9	22
Sum	80	88	193	269	469	1099

Kellicottia

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	0	1	0	1	0	2
1	1	1	1	3	1	7
2	0	0	2	2	1	6
3	0	0	2	0	2	5
4	1	1	2	0	4	7
5	1	3	2	2	6	13
6	1	1	1	1	1	6
7	1	0	0	0	1	2
8	0	0	0	2	2	4
Sum	4	7	11	13	17	52

Pompholyx

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	4	0	4
2	4	0	0	0	0	4
3	0	0	0	4	4	9
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
Sum	4	0	0	9	4	17

Tintinnopsis

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	624	169	92	134	481	1499
1	312	134	52	153	535	1185
2	240	166	257	169	294	1126
3	267	153	962	885	1116	3383
4	1132	140	980	410	807	3468
5	549	160	223	227	232	1391
6	214	87	140	131	169	740
7	214	13	0	89	100	416
8	125	26	36	27	57	270
Sum	3676	1048	2741	2224	3790	13479

Pediastrum

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	0	0	0	0	0	0
1	6	0	0	0	0	6
2	0	0	0	18	6	25
3	0	0	0	0	0	0
4	0	6	0	0	0	6
5	18	0	6	0	0	25
6	0	0	6	0	0	6
7	0	0	0	0	0	0
8	0	6	0	0	0	6
Sum	25	12	12	18	6	74

Oscillatoria

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	0	0	0	8	0	8
1	0	0	0	8	0	8
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	8	0	8
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	8	0	8
6	0	8	0	0	0	8
7	0	0	0	0	0	0
8	8	15	8	0	15	46
Sum	8	23	8	31	15	84

Oocystis

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	141	74	202	282	417	1116
1	239	80	92	227	515	1152
2	178	55	110	613	184	1140
3	386	92	18	349	270	1116
4	123	153	43	245	294	858
5	0	31	98	110	153	392
6	0	135	37	18	208	398
7	37	12	0	80	172	300
8	276	49	37	98	300	760
Sum	1379	680	638	2023	2513	7233

Anabaena

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	0	15	0	23	8	46
1	15	0	0	0	0	15
2	0	0	0	0	8	8
3	15	0	0	0	0	15
4	0	0	0	8	0	8
5	0	0	0	0	8	8
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
Sum	31	15	0	31	23	100

Asterionella

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	8151	14058	19861	8497	7150	57716
1	7012	8393	23073	10707	15681	64866
2	4421	9878	24489	13609	9222	61619
3	9602	14196	18375	5734	7806	55713
4	8221	16683	13229	553	8635	47320
5	5941	4283	14645	1623	12020	38512
6	5768	5077	6114	2141	7046	26147
7	4905	2625	1934	1831	9671	20966
8	5285	6804	7668	276	9533	29566
Sum	59305	81998	129387	44971	86764	402426

Dinobryon

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	14600	24576	24776	8955	12572	85478
1	8233	21327	23063	11858	23424	87905
2	13970	22042	25636	8402	9869	79918
3	21604	13778	13171	18532	15974	83059
4	9193	5783	7465	1928	4163	28531
5	6574	983	2673	1498	5061	16788
6	4877	1697	1091	1958	2619	12242
7	3648	269	1083	1313	2028	8340
8	2819	776	1398	1106	1974	8072
Sum	85517	91231	100355	55549	77683	410335

Fragilaria

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	1692	0	35	0	0	1727
1	0	0	69	0	69	138
2	0	35	0	0	0	35
3	1416	0	0	69	35	1520
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	69	0	0	69
6	0	0	0	0	35	35
7	829	0	0	0	104	933
8	449	0	69	0	35	553
Sum	4387	35	242	69	276	5008

Mallomonas

Tiefe	01:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Sum
0	77	84	54	0	92	307
1	31	0	15	54	215	315
2	69	46	38	92	92	338
3	115	23	92	292	100	622
4	284	54	23	61	207	630
5	8	15	8	8	230	269
6	100	8	0	31	123	261
7	46	8	0	15	0	69
8	69	15	8	31	15	138
Sum	799	253	238	584	1075	2949

I. PROCARYOTA

u.a. Cyanobacteria (früher ‚Blaualg‘en)

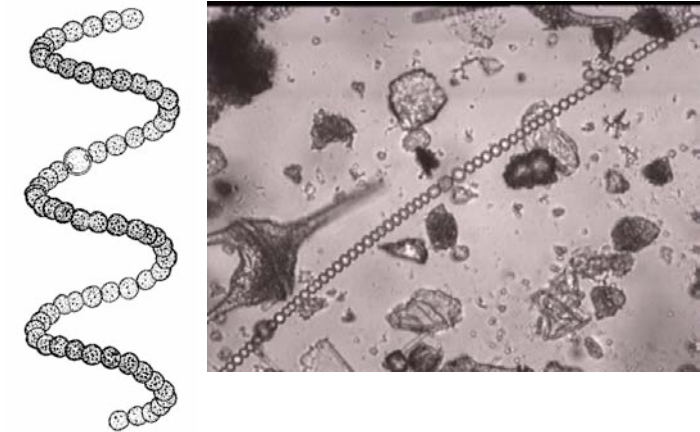
Oscillatoria

Oscillatoria spp. (*limosa?*), Schlamm-Schwingalge. Lager schwärzlich grün bis braun, freischwimmend oder festsitzend, Fäden gerade, Fäden aus gleichgestalteten Zellen, die wesentlich breiter als lang sind, keine Heterocysten. An den Querwänden nicht eingeschnürt, Querwände erscheinen fein gekörnt. Auf Schlamm, sehr häufig



Anabaena

Anabaena spp., Ringelalgen. Zellfäden aus runden Zellen, Heterocysten zur N₂-Fixierung, daher bedeutsam für die Versorgung von Ökosystemen mit Stickstoff-Verbindungen, können Dauerzellen ausbilden, Algenblüten, Toxinbildung als Fraßschutz



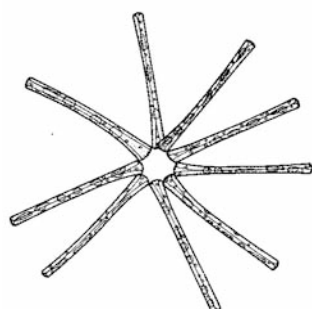
II. EUCARYOTA

A. „Protozoa“

(Sammelgruppe für tierische, pflanzliche und pilzliche Einzeller)

1. Chromista

heterokonte Flagellaten sind mit komplexen Mastigonemata versehen ursprünglich heterotrophe Räuber, die (vermutlich) durch die endosymbiotische Aufnahme von Rotalgen (Rhodophyceae) zur Photosynthese befähigt sind u.a. **Heterokonta** (Stramenopilata), incl. Braunalgen, Diatomeen, Oomyceta, einige Rhizopoda bilateral-symmetrischer Bau der motilen einzelligen Formen und Entwicklungsstadien



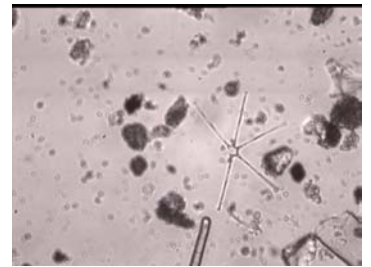
heterokonte Begeißelung
Diatomeen, Kieselalgen

Asterionella

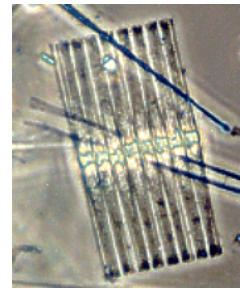
Asterionella formosa,
Schwebesternchen.

Gürtelbandseite an den Polen verbreitert, am Fußpol stärker als am Kopfpol. Je etwa 8 Zellen zu sternförmigen Kolonien verbunden, Schalen sehr schmal, beide Pole kopfig gerundet. 40 - 130 µm lang um 2 mm breit.

Kommt in eutrophen und oligotrophen Gewässer mit nicht zu geringem Kalkgehalt vor. pH-Werte zwischen 4,2 und 8,3. Kaltstenotherme Form. Vermehrungsoptimum bei 5 - 8°C, Vermehrungsminimum unter 4°C. Ist an bestimmte Trophiestufen gebunden, ihre Anzahl kann daher als Maß für die Belastung eines Gewässers herangezogen werden. Perennierend mit jährlich zwei Maxima (März/April und Herbst). In warmem Wasser meist 8zellige Formen, in kaltem Wasser überwiegend wenigzellige Formen.

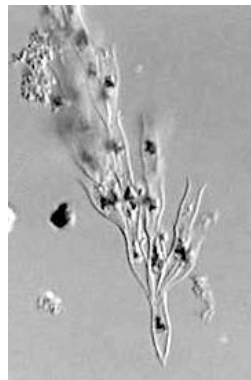


Fragilaria sp.

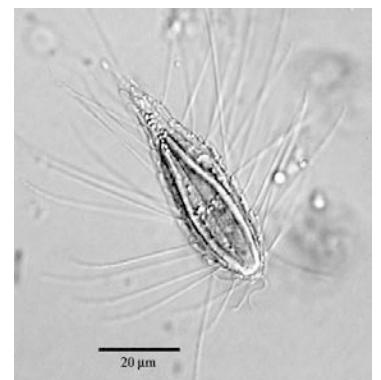


Chryomonadea , (Chrysophyceae, Goldalgen)

In dieser Gruppe finden sich größtenteils einzellige und begeißelte Formen. Es handelt sich meist um recht zarte und empfindliche Planktonalgen mit gelblichen (goldgelben, grüngelben bis braunen) Chloroplasten. Goldalgen besitzen keine Zellwand, dafür sind die Zellen einiger Arten aber mit Kieselgeschuppen besetzt (z.B. *Mallomonas*). Charakteristisch für die Gattung *Dinobryon*, sind die tütenförmigen Zellulosegehäuse, welche die Zellen schützen.



Dinobryon sp.

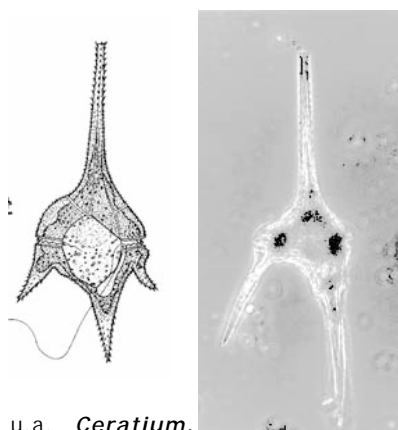


Mallomonas sp.

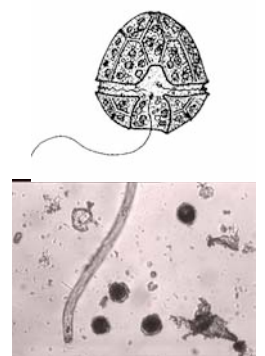
2. Alveo2. Alveolata

mit Dinoflagellata, Apicomplexa (=Sporozoa) und Ciliophora (=Ciliata) Stammart war vermutlich heterokont und teilweise beflimmert (nur bei Dinoflagellata erhalten)

2a) **Dinoflagellata**: mit 2 heteromorphen Geißeln; ca. 4000 sehr diverse Arten. Häufig bilden cellulosehaltige Wandplatten Halbschalen um den Organismus herum; meist photoautotroph

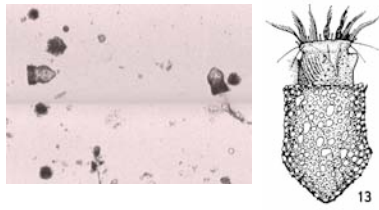


u.a. *Ceratium*,



Peridinium

2b) **Ciliophora (=Ciliata)**: heterotroph, ca. 8000 Arten
 Autapomorphien: zahlreiche kurze Cilien, Kerndualismus, Konjugation, Cortex (Rindenschicht)



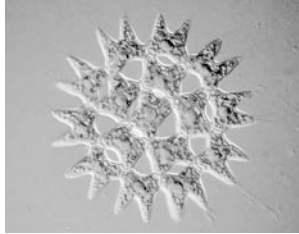
Tintinnopsis

3. Chlorophyta (Grünalgen):

sekundär isokonte und weitgehend flimmerlose Begeißelung



Oocystis spec.

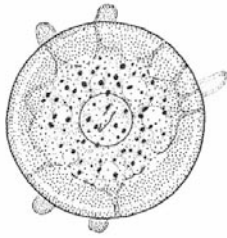


Pediastrum spec.

4. „**Amoebozoa**“ (u. a. mit Amoeben und Thekamöeben)
 polyphyletische Sammelgruppe heterotropher Einzeller mit Pseudopodien
 u. a. **Testacealobosea** (Thekamöeben)
 Zellkörper von Schale, Belag aus Schuppen oder anderem Hüllmaterial umgeben



unbeschaltete Amöben



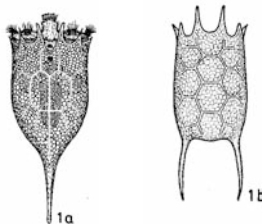
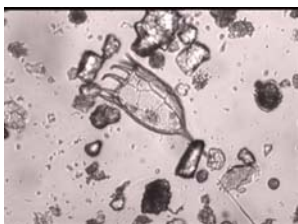
Thekamöben

B. Metazoa

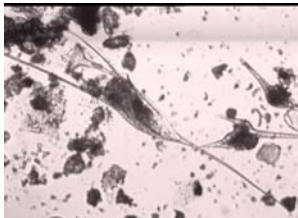
1. „**Nemathelminthes**“

„Rotatoria“ (mit Seisonida, Monogononta, Bdelloidea): Wimpern nur am Vorderende, kranzförmig angeordnet („Räderorgan“), selten fehlend; Vorderdarm mit Kauapparat („Mastax“) aus Platten und Stäben. Hinterende meist mit Fuß und Zehen.

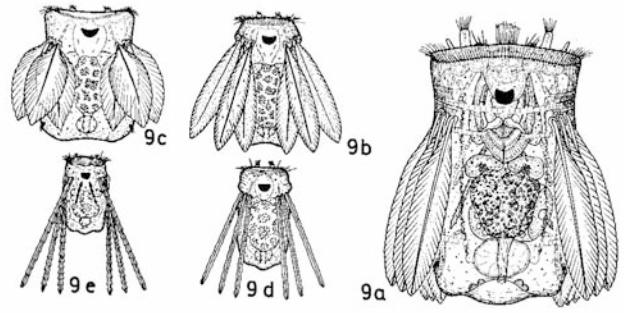
A) Ohne Fuß und Zehen; wenn mit Fuß, dieser ohne Zehen, aber mit Wimpernbüscheln -> B)
 - Mit Fuß, dieser mit 2, 1 oder ohne Zehen, ohne Wimperbüschel. Bei manchen Arten ist der Fuß beim Schwimmen eingezogen -> D)
 B) (Meist) mit Panzer; dieser gemustert oder mit Leisten. Vorderrand mit Stacheln **Keratellidae**
Keratella (Panzer dorsal gefeldert), artenreich, im Plankton häufig



Keratella spec.

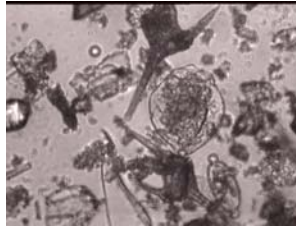


Kellicottia spec.
Kellicottia (Mit Panzer, dieser glatt mit Dornen am Vorderende, zu ungleich langen Spießen ausgezogen. Hinterende mit langem Dorn)



Polyarthra spec. (Ohne Panzer. Mit 4 Bündeln zu je 3 Stacheln, im Plankton häufig *P. vulgaris*)
 - Mit andersartigem Panzer, ohne oder mit andersartigen Stacheln -> C)

C) Körper unter 0,3 mm lang; mit 2 symmetrisch angeordneten Augen; ohne Fuß **Pompholyx**



Pompholyx spec.

D) Fuß mit 1 Zehe, diese nadelartig; Rumpf etwas zylindrisch; oft mit Rückenkamm

Trichocerca



2. Crustacea

Thoracopoda

Phyllopoda (versenkte Komplexaugen)

Cladocera (Augenkammer ohne Verbindung nach außen; freier Kopf; Carapax umschließt nur den Rumpf; 6 Thoracopoden; Eier in dorsaler Brutkammer ohne Verbindung mit Thoracopoden; Heterogonie; direkte Entwicklung ohne Nauplius; Ehippium (Sattel zum Schutz der Dauereier))

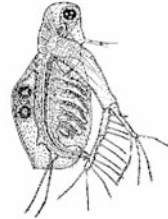
A) Thorax mit 6 Stabbeinpaaren, Schale hängt dem Körper dorsal an **Leptodora kindtii** (einzige Art der Haplopoda), glasartig durchsichtig, 10 mm, räuberisch



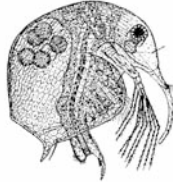
Leptodora kindtii

- Thorax mit Blattbeinen, die innerhalb der Schale liegen ->B)

B) Mit 6 einander sehr ähnlichen Blattbeinpaaren. Schale ohne Gallerthülle. 2. Antenne 2-ästig; mit mehr als 10 Borsten **Diaphanosoma brachyurum** (Ctenopoda); bei Männchen ist die erste Antenne zu einem Greiforgan umgebildet



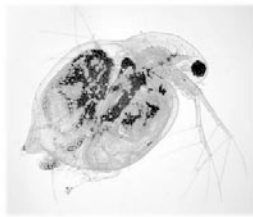
- mit 5-6 verschieden gestalteten Blattbeinpaaren. Schale ohne Gallerthülle; 2. Antenne am Außenast (längerer Ast) mit 3-5, am Innenast mit 4-5 Ruderborsten; -> C)



C) Sinnesborsten der 1. Antennen inserieren weit vor deren Ende. 1. Antenne rüsselförmig gebogen. Hinterrand der Schale meist mit Stacheln; typischer Habitus; bis ca. 1,2 mm **Bosmina sp.**

- Sinnesborsten der 1. Antennen inserieren an deren Ende. Tiere oft größer als 1,2 mm, 1. Antennen des Weibchens kurz und unbeweglich. Bauch und Hinterrand der Schale ohne lange Borsten. Vorderende des Darms jederseits mit einem Blindschlauch („Leberhörnchen“)

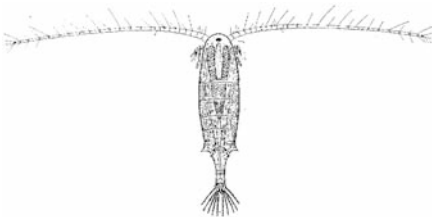
Daphniidae (nur Weibchen sind bestimmbar) Schale meist mit Stachel; Ehippium mit 2 Eiern **Daphnia spec.**



Maxillopoda

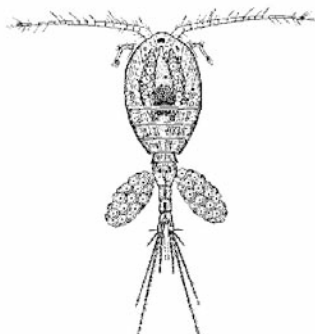
Copepoda (Ernährungsweise: filtrierend), alle drei dargestellten Gruppen sind nicht monophyletisch)

A) Antennen mindestens halb so lang wie der Körper, mit mehr als 17 Gliedern. Eier in unpaarem Eisack unter dem Abdomen; schweben im Wasser **„Calanoida“** (ca. 25 Arten)



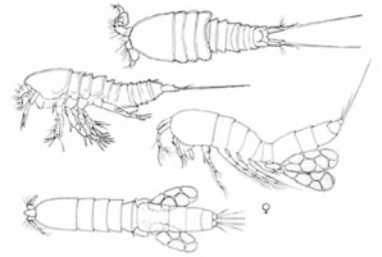
- 1. Antennen kürzer als halber Körper, mit höchstens 17 Gliedern, bei den Männchen zu Greiforganen umgebildet -> B)

B) 1. Antennen mit 8-17 Gliedern. Körper birnenförmig. Kopf und Thorax breiter als Abdomen, deutlich gegen diese abgesetzt. Meist über 1 mm. Eier in paarigen Eisäckchen an den Seiten des Abdomens **„Cyclopoida“**



- 1. Antennen mit höchsten 9 Gliedern. Kopf und Thorax kaum breiter als Abdomen, ohne scharfe Grenze ineinander übergehend. Eier in unpaarem oder paarigen Eisäckchen unter Abdomen. Meist

unter 1mm. auf Boden und Pflanzen (selten schwimmend) **„Harpacticoida“**



außerdem : **Nauplius-Larve** (Larve vieler Crustacea),

