

Limnologie Praktikum vom 11.07. – 15.07.05

Einführung:	2
Physikalische Parameter.....	2
Ergebnisse im Überblick:	3
Ergebnisse und Diskussion.....	4
Temperatur:	4
Lichtintensität:	6
O ₂ -Konzentration:	7
O ₂ -Sättigung:.....	8
pH-Wert:	9
Leitfähigkeit:	10
Organismen	11
Material und Methoden:	11
Ergebnisse:.....	11
Systematischer Überblick der gefundenen Organismengruppen	11
Verteilung des Plankton	12
<i>Ceratium</i>	12
<i>Asterionella formosa</i>	13
<i>Thekamöben</i>	14
<i>Keratella</i>	15
<i>Polyarthra</i>	16
<i>Kellicottia</i>	17
<i>Oocystis</i>	18
<i>Copepoda</i>	19
<i>Nauplien</i>	20
<i>Tintinnopsis</i>	21
<i>Mallomonas</i>	22
<i>Fragilaria spec.</i>	23
<i>Peridinium</i>	24
Ordinationen	25
Verteilung Phytoplankton-Zooplankton.....	28
Diskussion	31
Teilnehmer.....	34
Betreuer	34

Einführung:

Ziel des „Ökologischen Praktikums I: Limnologie“ war, die komplexen Wechselbeziehungen zwischen Lebensraum und Lebensgemeinschaft eines stehenden Gewässers zu untersuchen. Insbesondere die ökosystemaren Abläufe zwischen abiotischen Faktoren, planktischen Primärproduzenten (Phytoplankton) und planktischen Sekundärproduzenten (Zooplankton) waren dabei von Interesse.

Für diese Zwecke war das gewählte Gewässer „Großer Erlachsee“ besonders geeignet. Es handelt sich dabei um ein Ende der 60er Jahre durch Kiesentnahme im südlichen Altneckarried auf der Gemarkung Bensheim entstandenes Gewässer. Die Meereshöhe beträgt etwa 64 m ü. NN, der Grundwasserstand in diesem Gebiet ist etwa 1,5 m unter Geländeniveau. Der See ist durch die umliegenden Verkehrswege weitgehend vom Austausch mit dem Umland isoliert und durch Schadstoffeintrag nicht belastet.

Der etwa 13 Hektar große und bis knapp über 30m tiefe See wird von Niederschlägen gespeist und weist einen Grundwasserdurchstrom von Südosten nach Nordwesten auf, was die vertikale Gliederung der abiotischen Faktoren mit beeinflusst. Bedingt durch die Nährstoffarmut, das kräftig alkalische Wasser, das steile Profil, die große Tiefe sowie das geringe Alter des Sees ist das Benthos nur schwach entwickelt. Somit ist seine Biozönose sehr stark durch planktische Organismen geprägt.

Die ökologische Entwicklung des Sees wurde durch regelmäßig stattfindende Praktika der TU Darmstadt über eine Reihe von Jahren gut dokumentiert.

Physikalische Parameter

Für die Messungen wurden von der Schute aus mittels einer Saugpumpe mehrere Liter Wasser vorsichtig, um die Anreicherung mit Sauerstoff möglichst gering zu halten, in einen Eimer geleitet. Die erste Probe nahmen wir direkt unterhalb der Oberfläche und gingen dann in Meterschritten, bis zu einer Tiefe von 8 m, tiefer, wobei ein Messdurchgang um 15:00 Uhr, sowie ein zweiter um 3:00 Uhr nachts stattfand. Vor Ort wurden dann die physikalischen Faktoren wie pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigung, Lichtintensität und Temperatur der jeweiligen Proben gemessen.

Zusätzlich wurde in der Mitte des Sees, um 15:00 Uhr von einem Boot aus, das Tiefenprofil gemessen. Hierbei wurden meterweise bis auf eine Tiefe von 33 m der Sauerstoffgehalt, die Sauerstoffsättigung und die Temperaturen gemessen.

Außerdem wurde ein Photosensor an einem Seil in das Wasser gelassen und ebenfalls wieder bis zu einer Tiefe von 8 m gleichzeitig die Lichtintensität in der Tiefe und an der Oberfläche gemessen. Die Lichtintensität wird gemessen in $\text{mE}/\text{m}^2\text{s}$. Zum besseren Vergleich dividiert man die Tiefenlichtintensität mit dem Oberflächenvergleichswert und erhält einen einheitslosen Faktor.

Ergebnisse im Überblick:

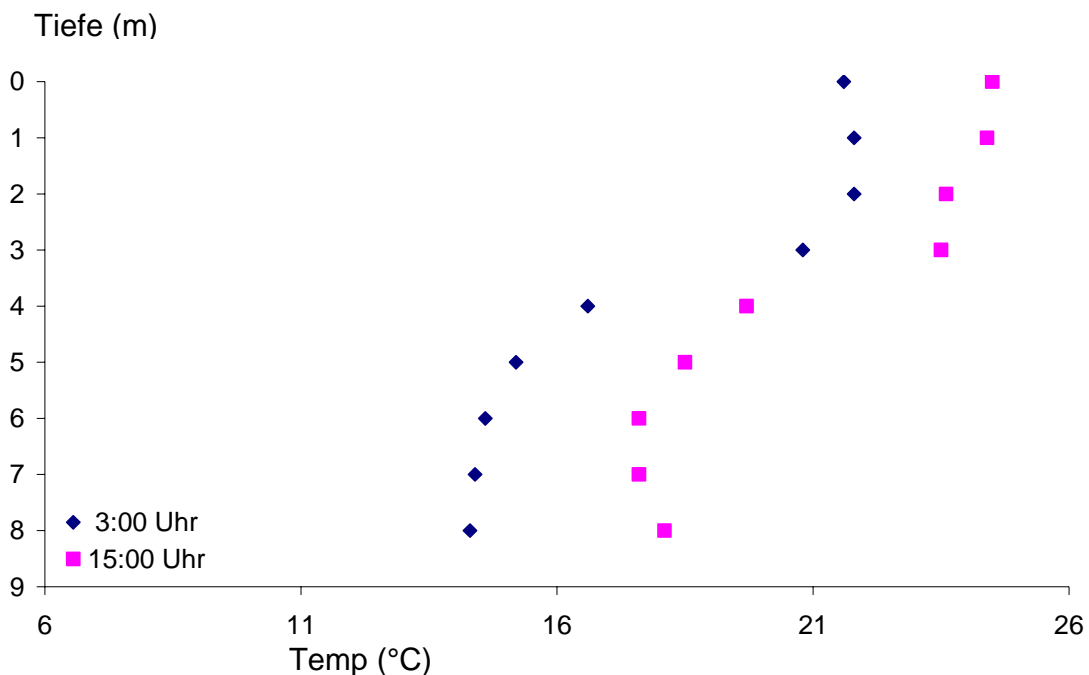
Physikalische Untersuchungen

Zeit	Tiefe (m)	Temp (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	pH	Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	Lichtint. 0m	Lichtint. Tiefe	Faktor (Lichtintensität)
15:00	0	24,5	94,50	8,10	8,34	453	2100	1230	0,586
15:00	1	24,4	85,00	7,25	8,25	455	2114	750	0,355
15:00	2	23,6	81,00	6,78	8,30	456	2120	490	0,231
15:00	3	23,5	93,60	7,90	8,35	454	2120	290	0,137
15:00	4	19,7	99,60	9,16	8,12	473	2170	235	0,108
15:00	5	18,5	90,00	8,36	8,04	474	2180	130	0,060
15:00	6	17,6	85,00	8,11	7,99	477	2200	96	0,044
15:00	7	17,6	82,00	7,83	7,98	477	2250	65	0,029
15:00	8	18,1	83,30	7,90	7,95	477	2270	42	0,019
03:00	0	21,6	95,50	8,40	8,38	456			
03:00	1	21,8	93,50	8,20	8,33	506			
03:00	2	21,8	95,00	8,30	8,40	456			
03:00	3	20,8	94,00	8,55	8,38	458			
03:00	4	16,6	94,50	9,20	8,21	477			
03:00	5	15,2	86,40	8,70	8,16	479			
03:00	6	14,6	82,30	8,38	8,12	480			
03:00	7	14,4	80,50	8,25	8,07	480			
03:00	8	14,3	79,50	8,17	8,08	480			

Ergebnisse und Diskussion

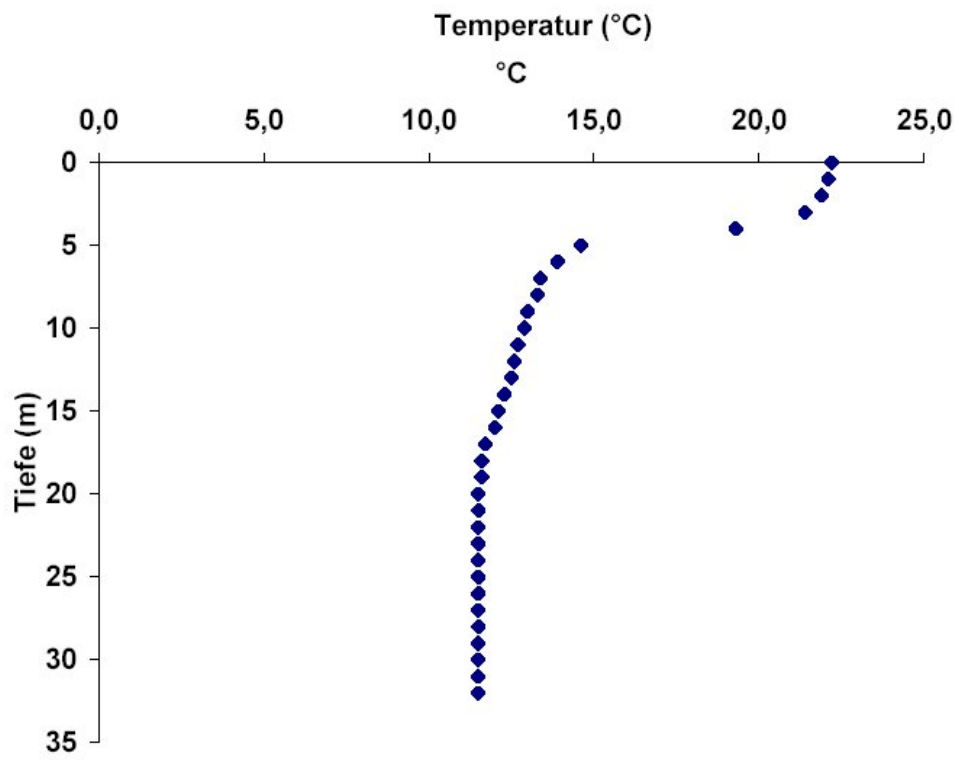
1. Temperatur

Zu verzeichnen ist eine Abnahme der Temperatur mit der Tiefe. An der Oberfläche betrug die Wassertemperatur 24,5°C am Tag und 21,6°C in der Nacht, auch in der Tiefe war die Nachttemperatur stets um etwa 3°C niedriger. Wie im Jahr 2002 nahm in einer Tiefe von 3-4 m die Temperatur sprunghaft um ca. 4°C ab.



In der Tiefenprofilmessung bis 35 m zeigt sich zwischen 5 und 18m Tiefe eine stetige Abnahme der Temperatur, in noch größeren Tiefen bleibt die Temperatur konstant bei ~11°C.

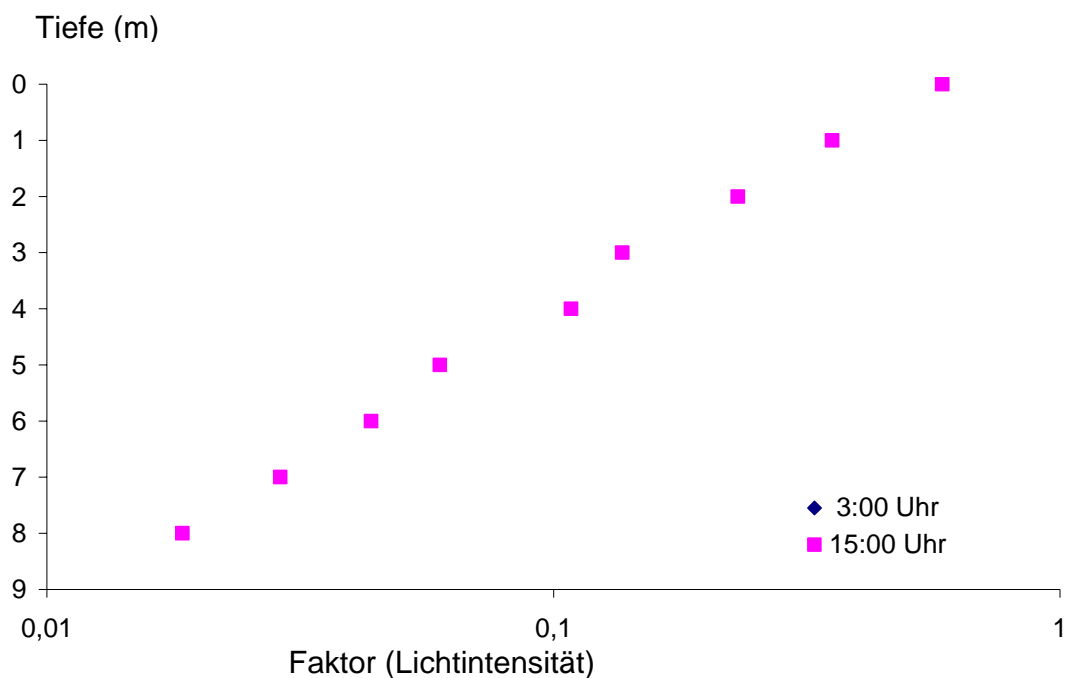
Die Temperaturschichtung eines Sees begründet sich in der Dichteanomalie des Wassers und der Arbeit des Windes. Die oberste, wärmste Schicht im Gewässer wird als Epilimnion bezeichnet. Sie entsteht durch die Reibung des Windes an der Oberfläche des Sees und der daraus resultierenden Durchmischung der Wassermasse. Das darunter liegende kältere Tiefenwasser bezeichnet man als Hypolimnion. Getrennt werden diese beiden Schichten von der Temperatursprungschicht, dem so genannten Metalimnion, das sich im Erlachsee zwischen 3 und 5 m befand. Die im Tiefenprofil festgestellte Temperaturerhöhung oberhalb von 15 m Tiefe, kann durch den Einstrom von Grundwasser begründet werden. In vergangenen Jahren konnte in dieser Tiefe eine deutlich ausgebildete zweite Sprungschicht festgestellt werden. Der in der Messung auftretende Unterschied zwischen Tages- und Nachttemperaturen ist eigentlich nicht zu erwarten. Der Wasserkörper hält die Temperatur auch die Nacht hindurch konstant bei. Durch die starke Sonneneinstrahlung am Tag wurden Pumpschlauch und Eimer bei der Messung rasch erwärmt und das Ergebnis eventuell beeinträchtigt.



2. Lichtintensität

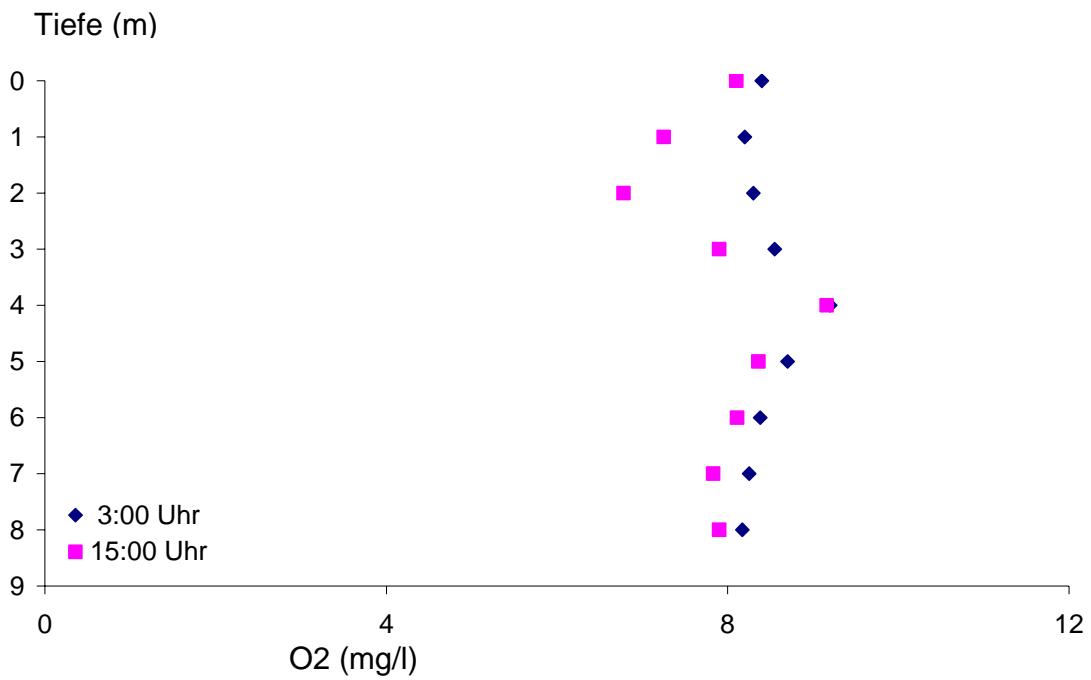
Zu verzeichnen war eine exponentielle Abnahme der Lichtintensität mit der Tiefe. Um 15 Uhr betrug die mittlere Oberflächenstrahlung 2200 mE/m²s. Schon unmittelbar unter der Wasseroberfläche wird die Lichtintensität auf 58% reduziert. Unterhalb von 8 m verbleibt nur noch weniger als 1% der ursprünglichen Einstrahlung.

Ein großer Teil der auf ein Gewässer auftreffenden Strahlung wird an der Oberfläche reflektiert. Dies zeigt sich in unseren Messungen an der Abnahme um fast die Hälfte der Oberflächenstrahlung direkt unter der Wasseroberfläche. Erhebliche Anteile werden in den oberen Zentimetern absorbiert und in Wärme umgewandelt. Durch die Trübung des Gewässers nimmt die vorhandene Strahlung exponentiell nach unten ab. Die so genannte euphotische Zone, in welcher photosynthetische Aktivität noch möglich ist, endet in ca. 8 m Tiefe, wo nur noch weniger als 1% der Oberflächeneinstrahlung verbleibt.

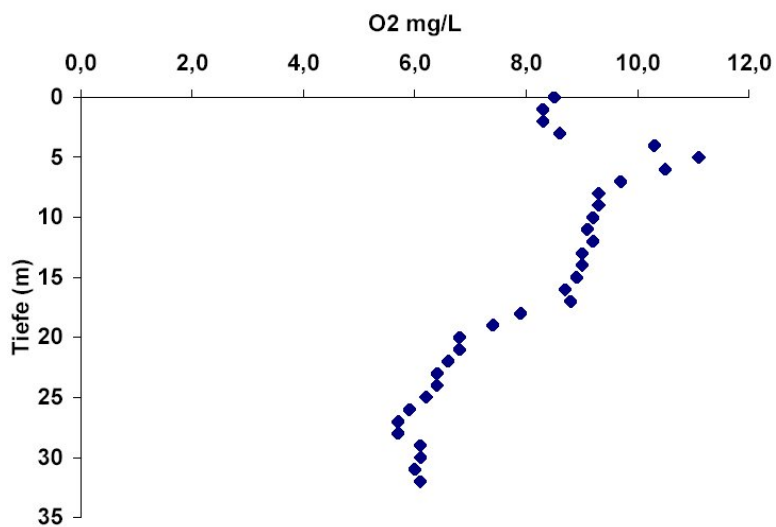


3. O₂-Konzentration

Im Tiefenprofil fanden sich die höchsten Werte in einer Tiefe von 4-7 m (11mg/L). Bis 4 m Tiefe lagen die Werte um 8,5 mg/L. Bei den Messungen auf der Schute lag der höchste Wert bei 9,2 mg/L in 4 m Tiefe.

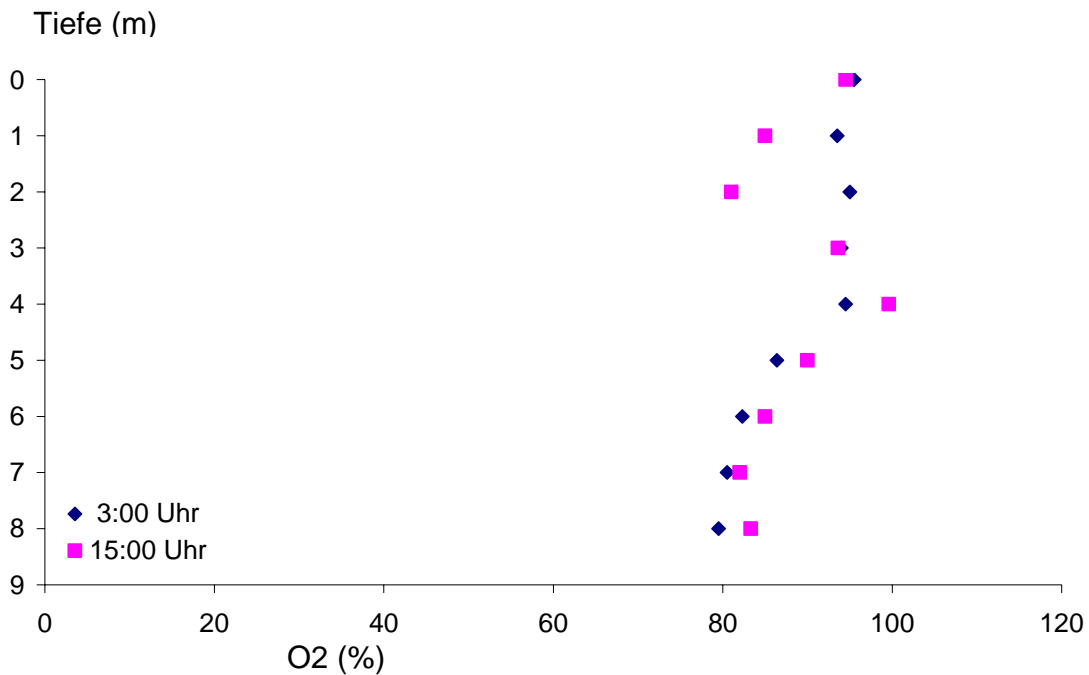


Unterhalb von 8 m Tiefe lagen die Werte um 9 mg/L; ab 18 m deutlich niedriger (unter 7mg/L).

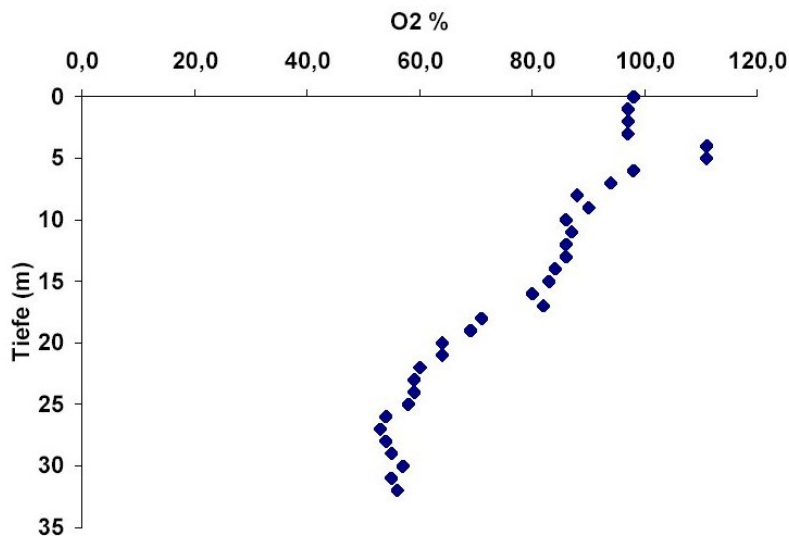


4. O₂-Sättigung

Unter der Oberfläche lag die O₂-Sättigung bei nahezu 100%, bis in eine Tiefe von ca. 4 m änderte sich hieran in der Tiefenprofilmessung und der nächtlichen Messung auf der Schute nichts. Am Tage maßen wir jedoch unter der Oberfläche bis 2 m Tiefe einen leichten Rückgang auf ca. 80% und ab da wieder einen Anstieg auf volle 100% bis zum Anfang der Sprungschicht bei 4 m.



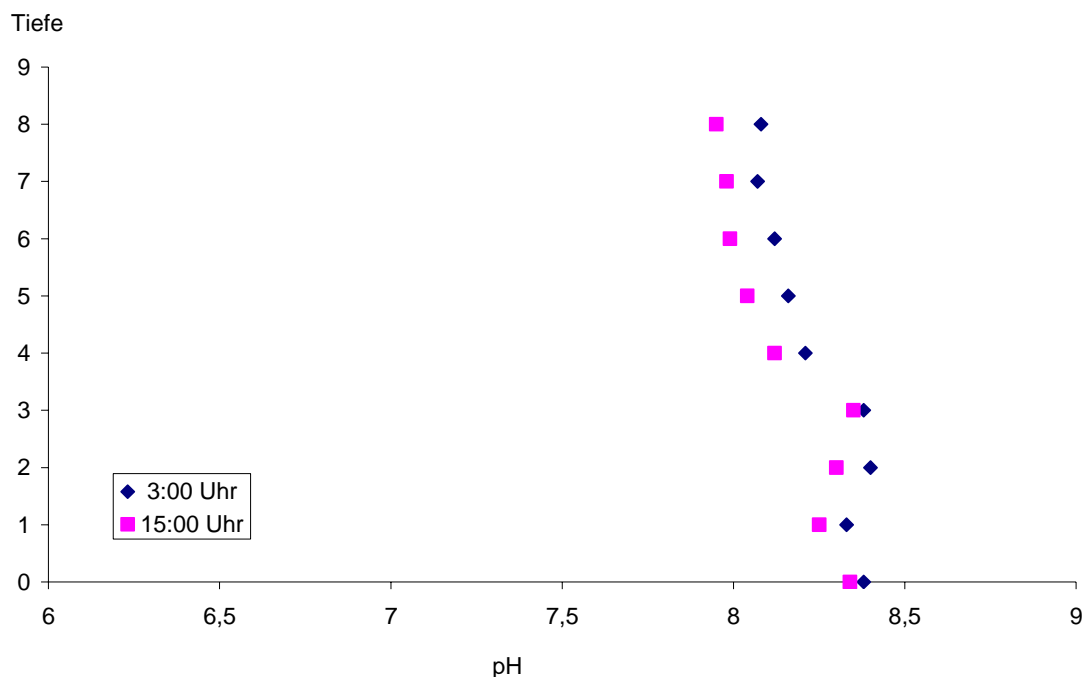
Im Tiefenprofil konnte im Bereich von 4 bis 6 m Tiefe eine Übersättigung mit ca. 110% gemessen werden. In den Messungen auf der Schute ab 5 m Tiefe und im Tiefenprofil ab 7 m sinkt die O₂-Sättigung dann relativ schnell auf etwa 85% in 11 m Tiefe. Diese Sättigung sinkt dann nur wenig, auf 80% in 17 m Tiefe, von wo sie dann relativ linear bis zu einer Tiefe von 26 m und ca. 55% O₂ absinkt. Dieser Wert hält sich dann bis zum Grund in 33 m Tiefe.



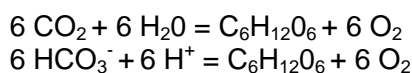
Die Konzentration und Sättigung von Sauerstoff resultiert aus Einstrahlung, Temperaturschichtung und Organismenverteilung im Gewässer. Kaltes Wasser löst mehr Sauerstoff als warmes Wasser, was höhere Konzentrationswerte unterhalb der Sprungschicht zur Folge hat. In 5-7 m Tiefe sind die Bedingungen für Sauerstoff produzierende Organismen offensichtlich am besten. Phytoplankton kommt hier mit großer Häufigkeit vor. In diesem Bereich beträgt die O₂-Konzentration ca. 9 mg/L was bei den dort herrschenden Temperaturen einer O₂-Sättigung von beinahe 100% entspricht. An der Sprungschicht erwärmt sich das voll gesättigte Wasser und Sauerstoff perlt aus. Die Sättigungswerte überschreiten hier 100%. Im warmen Epilimnion bleibt die Sättigung bei annähernd 100%. Durch den bereits beschriebenen Grundwassereinstrom bei 15 m wird sauerstoffreichereres Wasser in den See eingespeist, die Sättigung liegt bei ca. 80%. Unterhalb dieser Grenze werden Werte von 50-60% erreicht.

5. pH-Wert

In den oberen 3 m lag der pH-Wert um 8,3. In tieferen Lagen wurden Werte zwischen 7,9 und 8,1 gemessen. Die Werte in der Nacht lagen um ca. 0,1 höher.



Anhand der vertikalen Unterschiede der biotischen Aktivität eines Sees, kann es auch zur Ausbildung unterschiedlicher zeitlicher und vertikaler Gradienten des pH-Wertes kommen. Die Photosynthese und die Atmung beeinflussen den pH-Wert und sind zugleich wegen des Kalk-Kohlensäuregleichgewichts von ihm abhängig.



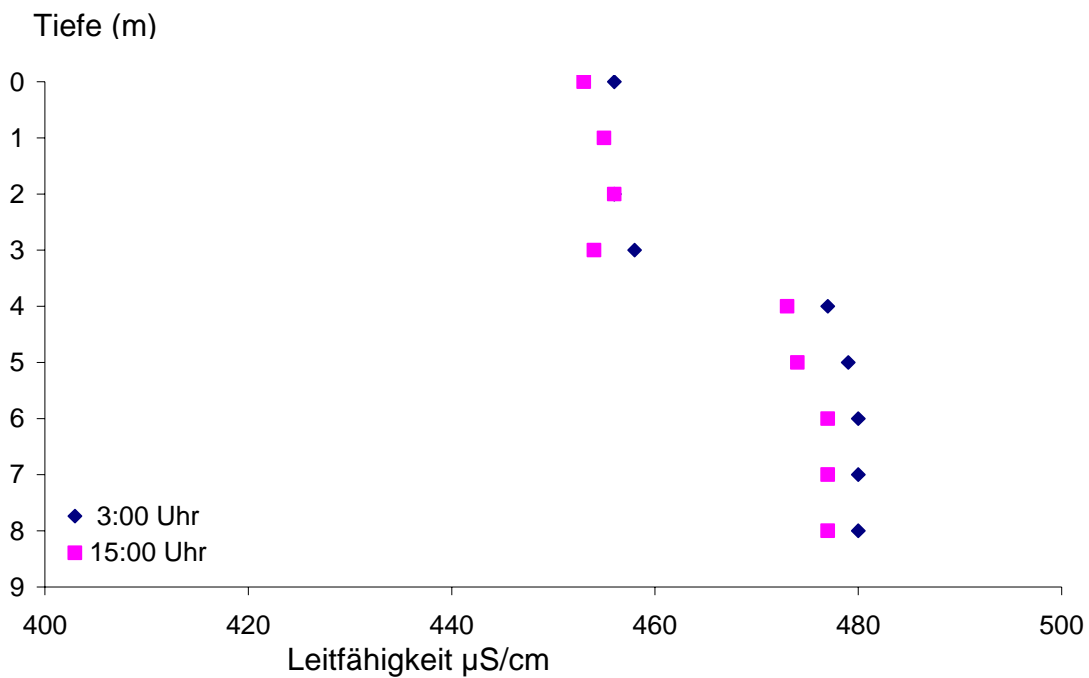
Bei pH-Werten unter 6,3 liegt der anorganische Kohlenstoff nur in Form von CO₂ vor. Photosynthese und Respirationen haben unter solchen Bedingungen keinen Einfluss auf den

pH-Wert. Bei höheren pH-Werten nimmt der Protonenverbrauch durch die Photosynthese und die Protonenfreisetzung durch die Atmung zu.

Der pH-Wert in unseren Messungen ist in den oberen Schichten höher, was evtl. darauf zurückzuführen ist, dass hier zumindest tagsüber eine höhere Photosyntheseleistung durch das Phytoplankton erfolgt und somit Protonen verbraucht werden.

6. Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit liegt bis zur Sprungschicht im Bereich von 456 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Unterhalb von 3 m betrug sie etwa 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Die Leitfähigkeit ist ein Maß für die Menge der im Wasser gelösten Ionen. Aus unseren Messungen geht hervor, dass sich unterhalb der Sprungschicht mehr gelöste Ionen befinden als oberhalb. Die Schwankung Tag- Nacht ist hierbei minimal. Die geringere Ionenkonzentration in den oberen 4 m lässt sich anhand der hohen Planktondichte erklären, die für ihren Stoffwechsel besonders Mg^{2+} und Ca^{2+} Ionen benötigen.

Quellen:

Lampert, W., Sommet U.: Limnoökologie, 2. überarbeitete Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1999

Organismen

Material und Methoden

Von der dreiseitig am Ufer vertäuten Schute wurden am 11.7.05 um 15:00 Uhr und am 12.07.05 um 3:00 Uhr in Tiefenabständen von jeweils 1 m acht Wasserproben entnommen. Die Tiefe des Sees betrug hier etwa 8,5 m. Die Proben wurden in einer vertikalen Folge von kurz (~ 10 cm) unter der Wasseroberfläche bis ~0,5 m über Grund entnommen. Dafür wurde pro Probenentnahme folgende Prozedur durchgeführt:

Auf jeder Tiefenstufe wurden 30 l Seewasser zum Spülen durch die Apparatur, aber nicht durch das Planktonsieb gepumpt. 50 l Seewasser wurden durch einen Schlauch mit Vorsatzfilter an einem Lotseil mit Markierungen in Meterabständen angesaugt und durch ein feines Netz (Maschenweite 20 µm) gepumpt. Das Wasser floss über einen Schlauch an der anderen Seite der Arbeitsplattform zurück in den See, während das Plankton in dem Netz hängen blieb. Das Plankton wurde mit etwas Wasser in eine 100 ml Flasche gewaschen, wo es mit einer Pipette (~2 ml) Lugol'scher Lösung und einer Pipette Formol fixiert wurde.

Es wurde darauf geachtet, dass an der Seite der Schute, an der die Proben entnommen wurden, wenig Wasserbewegungen durch Schwimmer oder Boote verursacht wurden, um die Wasserschichten nicht durcheinander zu bringen.

Am Dienstag wurden die Proben im Labor auf jeweils 110 ml aufgefüllt und nochmals mit einer Pipette Lugol vermengt. Aus den Flaschen wurden jeweils 10 ml der geschüttelten Proben in eine Verbundkammer pipettiert, 10 min zum Sedimentieren stehengelassen und dann verschlossen. Untersucht wurden die Organismen mit inversen Mikroskopen.

Ergebnisse:

Systematischer Überblick der gefundenen Organismengruppen

Phytoplankton:

Dinophyta (Dinoflagellaten): *Ceratium*, *Peridinium*

Chrysophyta, Chrysophyceae (Goldalgen): *Mallomonas*

Chrysophyta, Diatomea (Kieselalgen): *Asterionella*, *Fragilaria*

Chlorophyta (Grünalgen): *Oocystis*

Zooplankton:

Rhizopoda: *Thekamöben*

Ciliata (Wimpertierchen), Spirotricha: *Tintinnopsis*

Rotatoria: *Keratella*, *Kellicottia*, *Polyarthra*

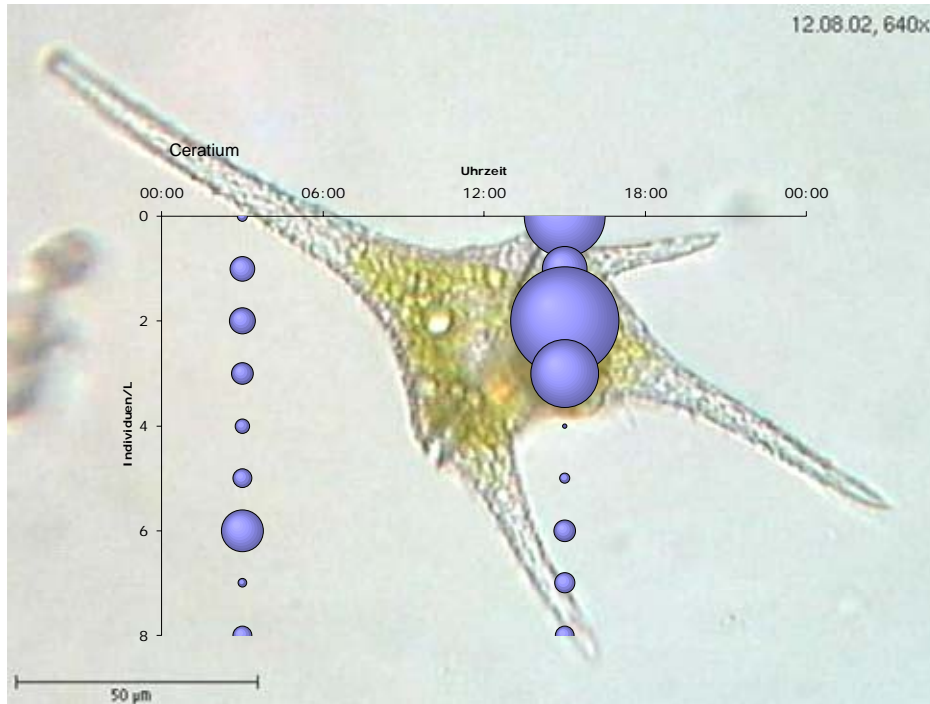
Crustacea: *Nauplien*, *Copepoda*

Nach Streble, H. & Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen – Stuttgart, 1988

Verteilung des Plankton

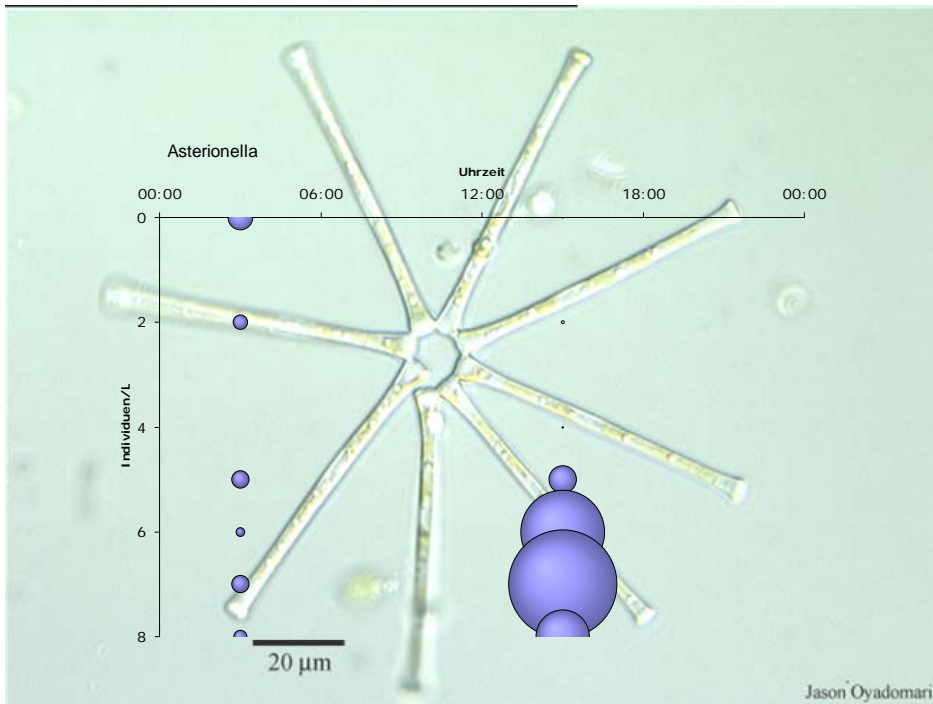
Ceratium

Häufiger Organismus, der sich am Tage vor allem über der Sprungschicht aufhält. Eine Ansammlung lag direkt an der Oberfläche, eine zweite, größere bei zwei bis drei Metern. Nachts verteilt sich *Ceratium* relativ gleichmäßig, hat aber einen Schwerpunkt bei sechs Metern.



Asterionella formosa

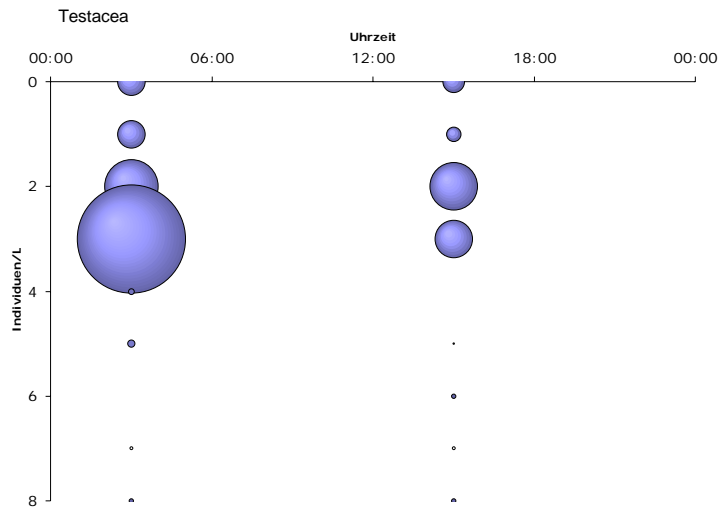
Am Tage sammelt sich *Asterionella formosa* unterhalb der Sprungschicht an. Nur noch Einzelorganismen treten oberhalb dieser Schicht auf. In der Nacht kommt *A. formosa* in mehreren Populationen vor. Direkt an der Oberfläche, eine kleinere bei drei Metern und eine Ansammlung unterhalb der Sprungschicht bis zum Benthos.



Thekamöben

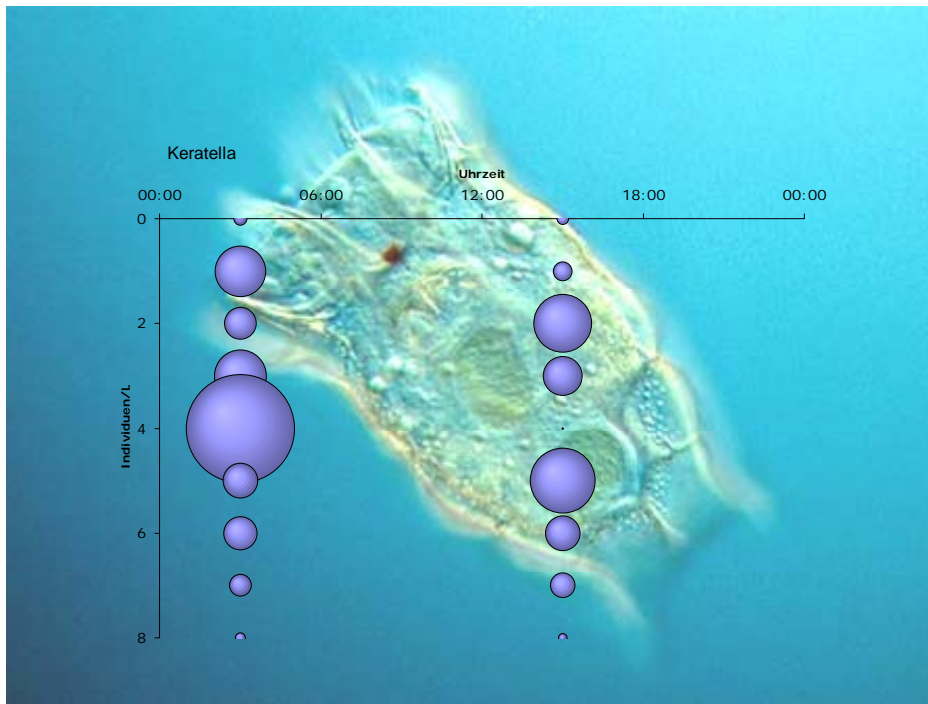
Diese treten verstärkt im oberen Bereich des Sees auf, zwischen 0 und 3 Metern. Am Tage sind sie in diesem Bereich relativ verteilt, in der Nacht sind sie immer noch hauptsächlich auf diesem Bereich verteilt, sammeln sich aber in einer Tiefe von drei Metern an.

Limnologisches Praktikum 2005



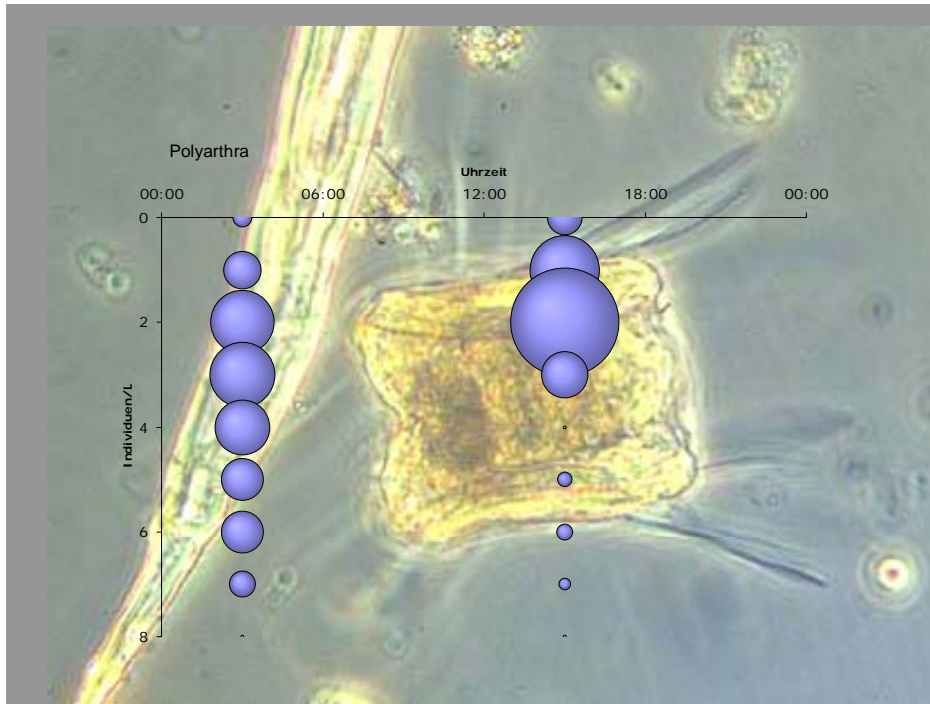
Keratella

Am Tage verteilt sich *Keratella* über die ganze Seetiefe, hat aber zwei größere Vorkommen in zwei bis drei Metern und fünf bis sechs Metern Tiefe. In der Nacht kommen sie immer noch über den ganzen Höhengradienten hinweg vor, aber konzentrieren sich im Bereich von vier Metern.



Polyarthra

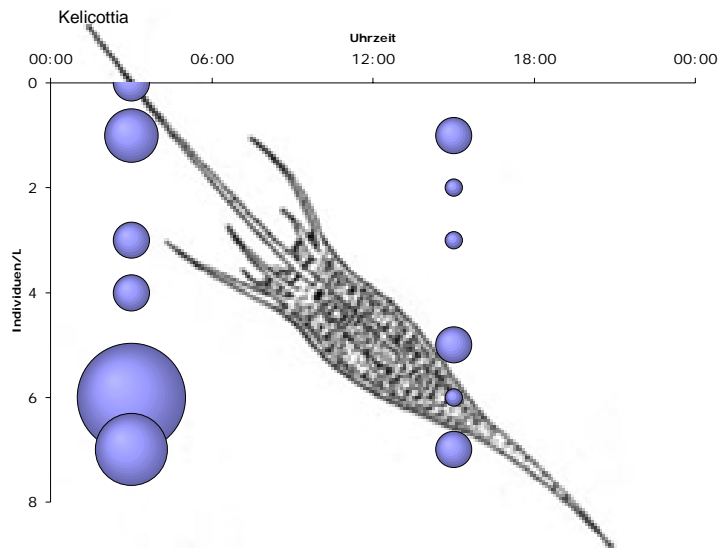
Diese Organismen sind sowohl am Tage als auch in der Nacht in allen Wasserschichten vertreten. Am Tage eher von der Oberfläche herab bis zu drei Metern Tiefe. In der Nacht sammeln sie sich besonders zwischen zwei und drei Metern, kommen aber überall in höheren Anzahlen vor, außer am Boden.



Kellicottia

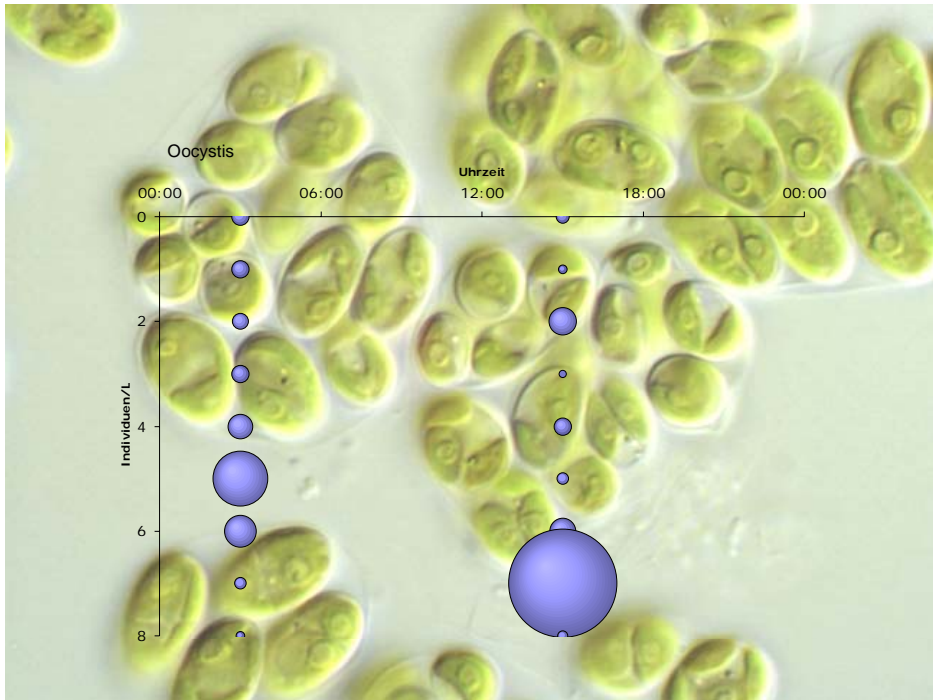
Vereinzelt in allen Tiefenstufen, außer in acht Metern Tiefe

Limnologisches Praktikum 2005



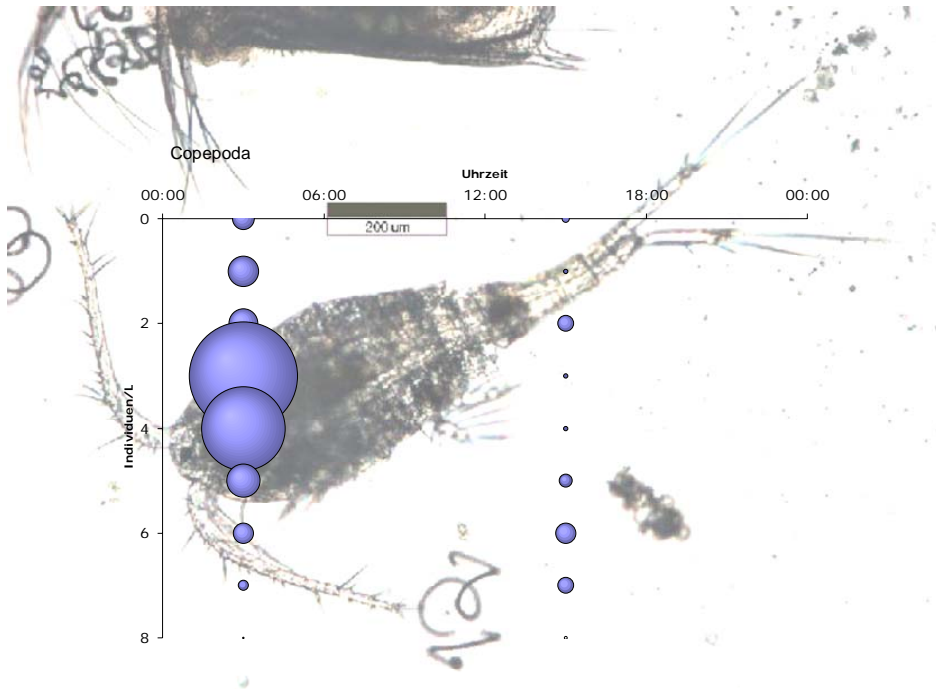
Oocystis

(Einzellige, Endosporen bildende Grünalgen zusammengefasst) Sehr häufig, aber auch sehr klein. Große Vorkommen unterhalb der Sprungschicht, bei Tage bei sieben Metern und in der Nacht bei fünf Metern



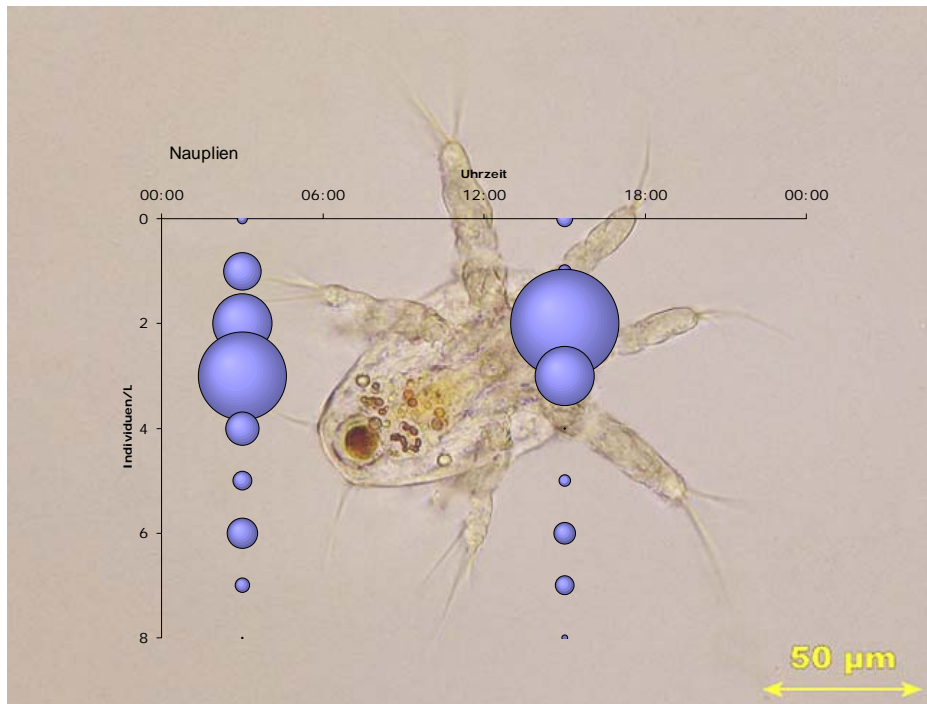
Copepoda

Tagsüber eine relativ gleichmäßige Verteilung auf allen Tiefenstufen. In der Nacht eine Ansammlung der Copepoda in der Nähe der Sprungschicht. Dort wurden auch viel mehr Organismen gefunden als am Tage in einer Schicht.



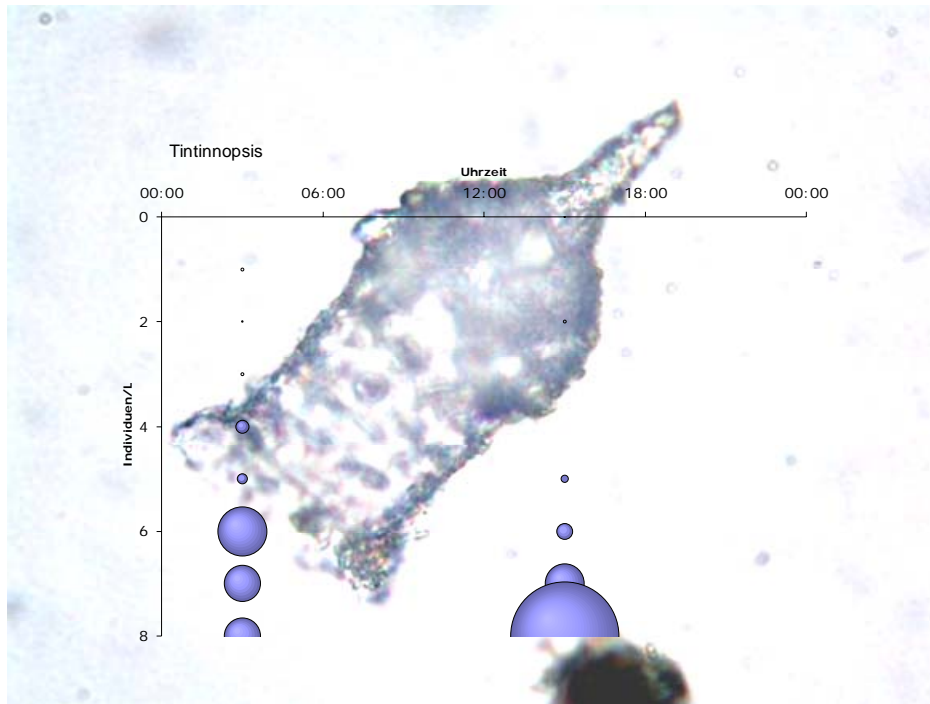
Nauplien

Am Tage eine Ansammlung bei zwei Metern, nachts relativ gleichmäßig verteilt. Einen quantitativen Schwerpunkt in drei Metern Tiefe und sowohl nach oben als auch nach unten ist die Individuenanzahl abnehmend.



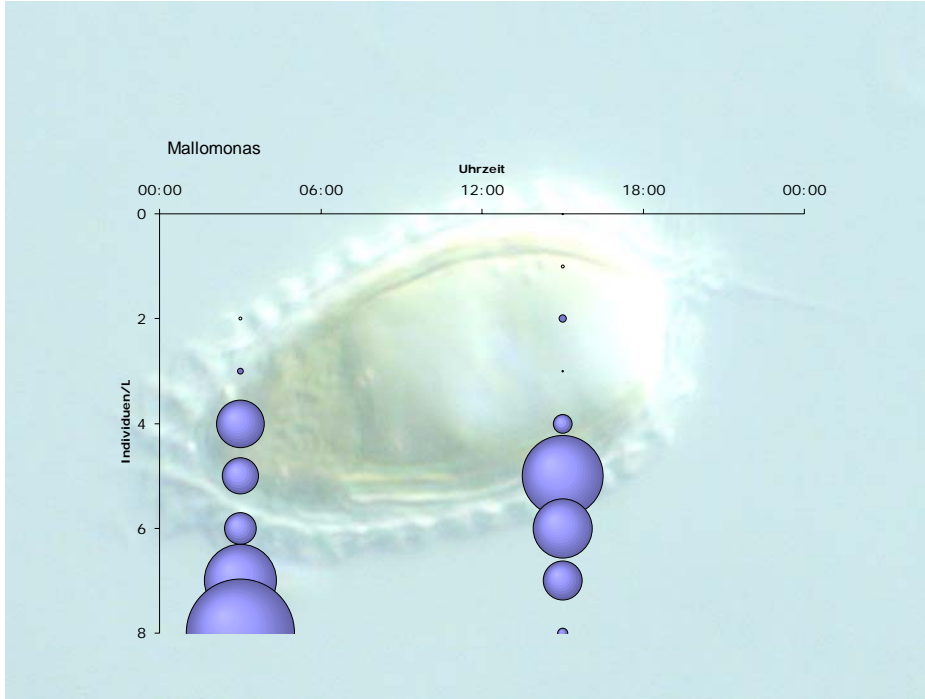
Tintinnopsis

Sowohl am Tage als auch in der Nacht in Benthosnähe. Nachts noch etwas mehr verteilt zwischen sechs und acht Metern.



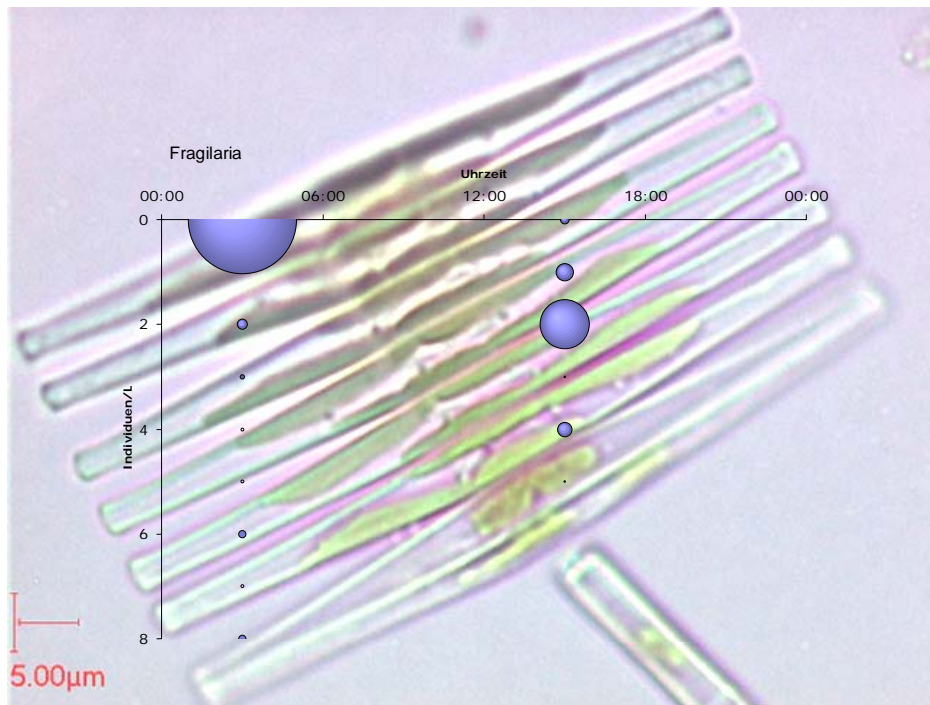
Mallomonas

Auftreten hauptsächlich unterhalb der Sprungschicht. Nachts mehr am Boden, tagsüber bei fünf Metern.



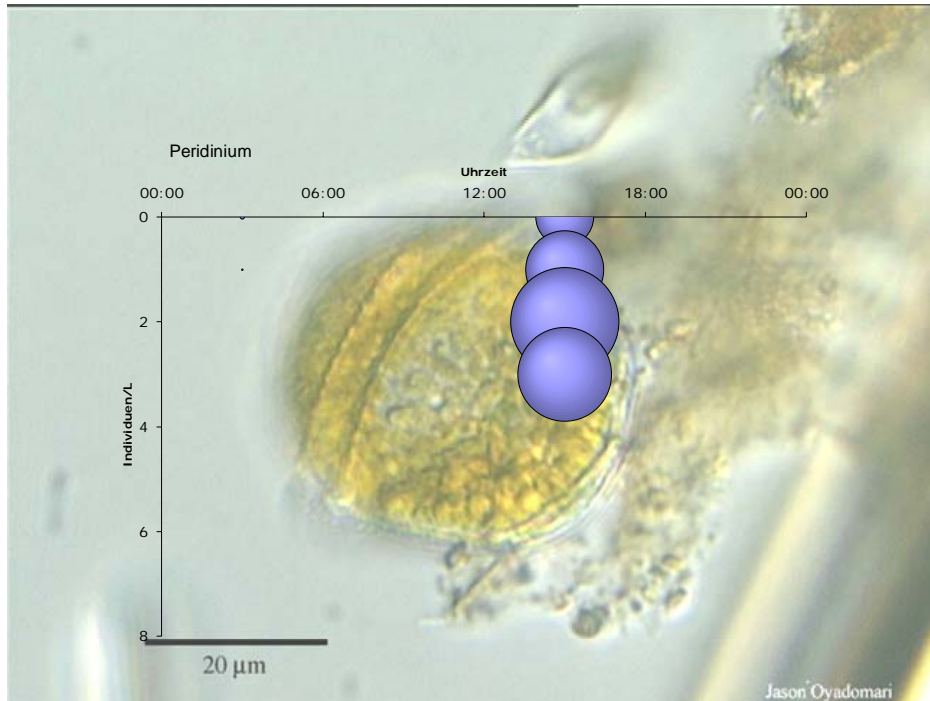
Fragilaria spec.

Fragilaria trat in der Nacht vor allem an der Wasseroberfläche auf. Keine Einzige dieser Kieselalgen wurde auf zwei Metern gefunden, aber in kleineren Mengen traten sie über die restliche Seetiefe verstreut auf. Um 15:00 wurden mehr *Fragilaria* in den höheren Seetiefen gefunden, insbesondere bei zwei Metern.



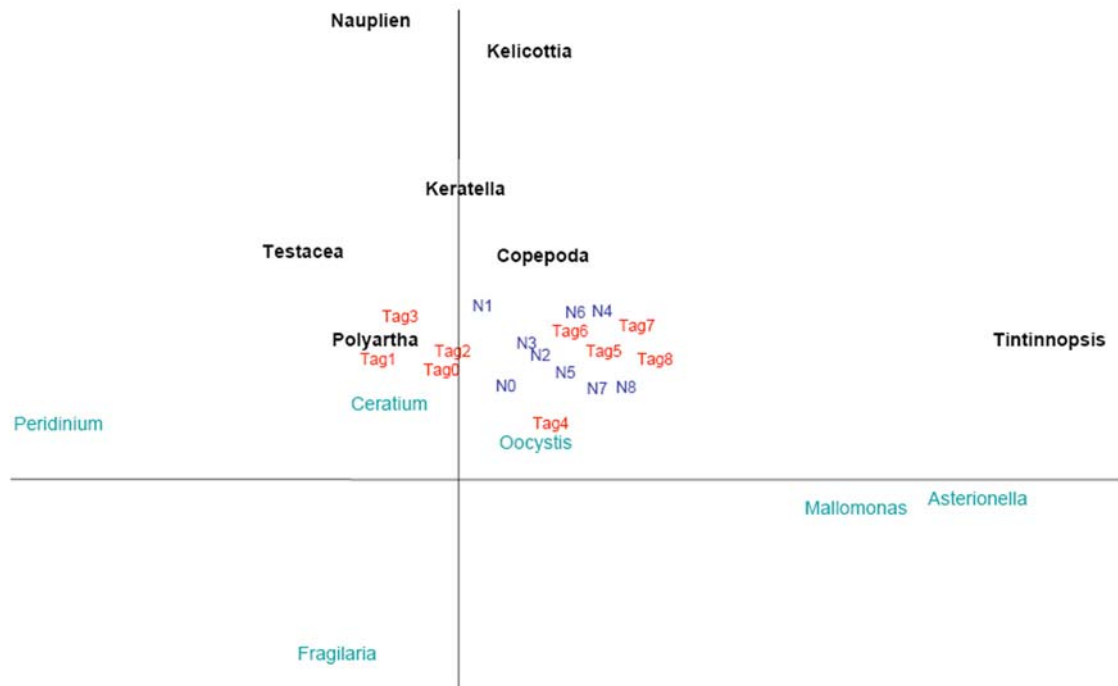
Peridinium

Ergiebige Funde nur am Tage in den ersten 4 Metern, danach nur noch vereinzelt.



Ordinationen

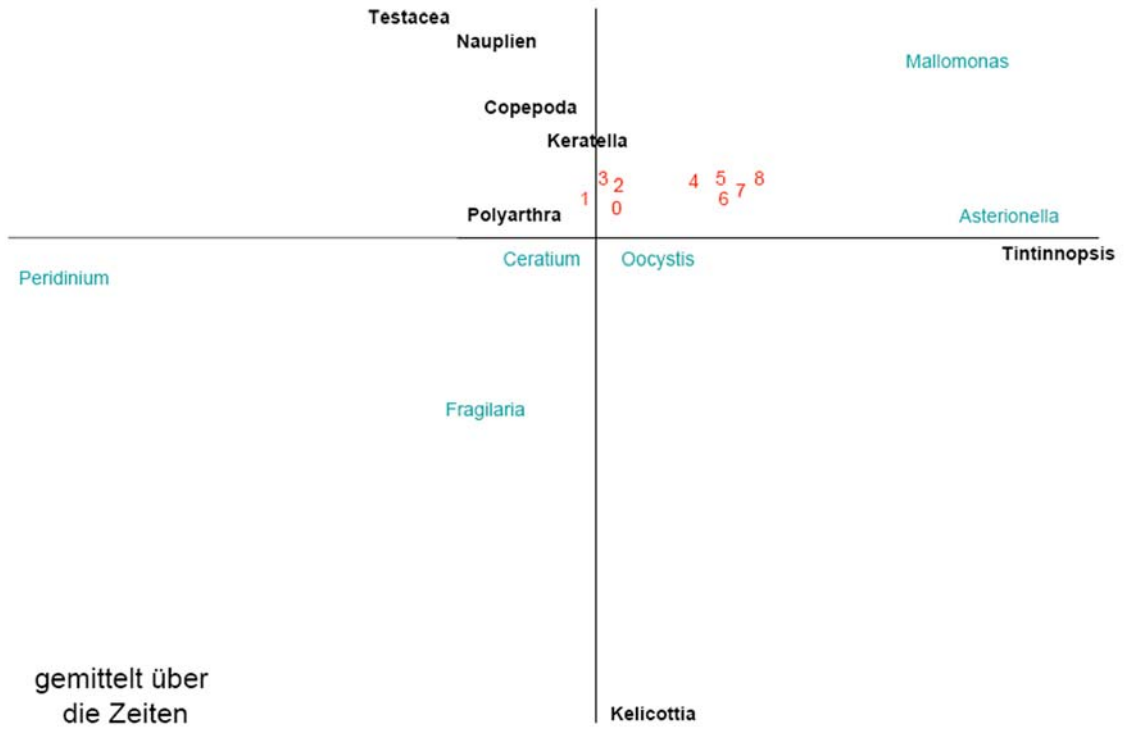
Limnopraktikum 2005



Ordination 1

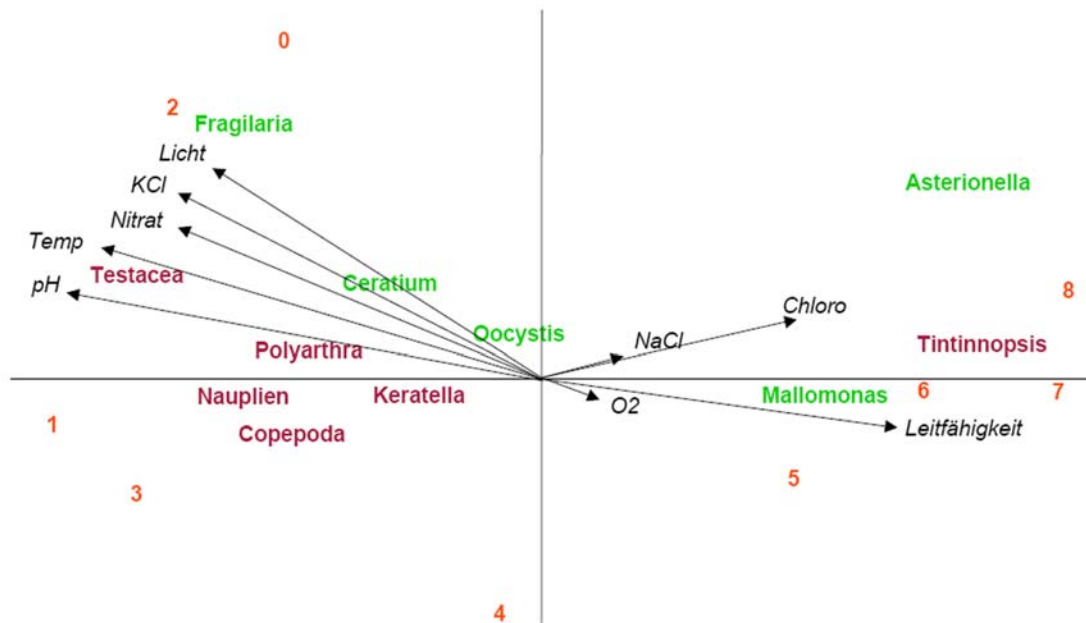
Auf dieser Ordination sind die Höhenstufen auf der x-Achse verteilt. Links die Schichten zwischen Null und drei Metern, insbesondere die vom Tage, dicht gefolgt die Tiefenschichten zwischen null und drei Metern in der Nacht. Aufgrund der sehr unregelmäßigen Daten kommt *Peridinium* hier als Ausreißer sehr weit links zu liegen. Man erkennt oben die Phytophagen und unten das Phytoplankton.

Die Spreizung zwischen Bereichen über und unter der Sprungschicht fällt am Tage erkennbar deutlicher aus.



Ordination 2

Auf dieser Ordination wurde zwischen der Probeaufnahme einer Tiefenstufe am Tag und in der Nacht das Mittel errechnet und aufgetragen. Es unterscheidet sich kaum vom Tage. Aber man erkennt sehr schön die Sprungschicht, die bei vier Metern liegt.

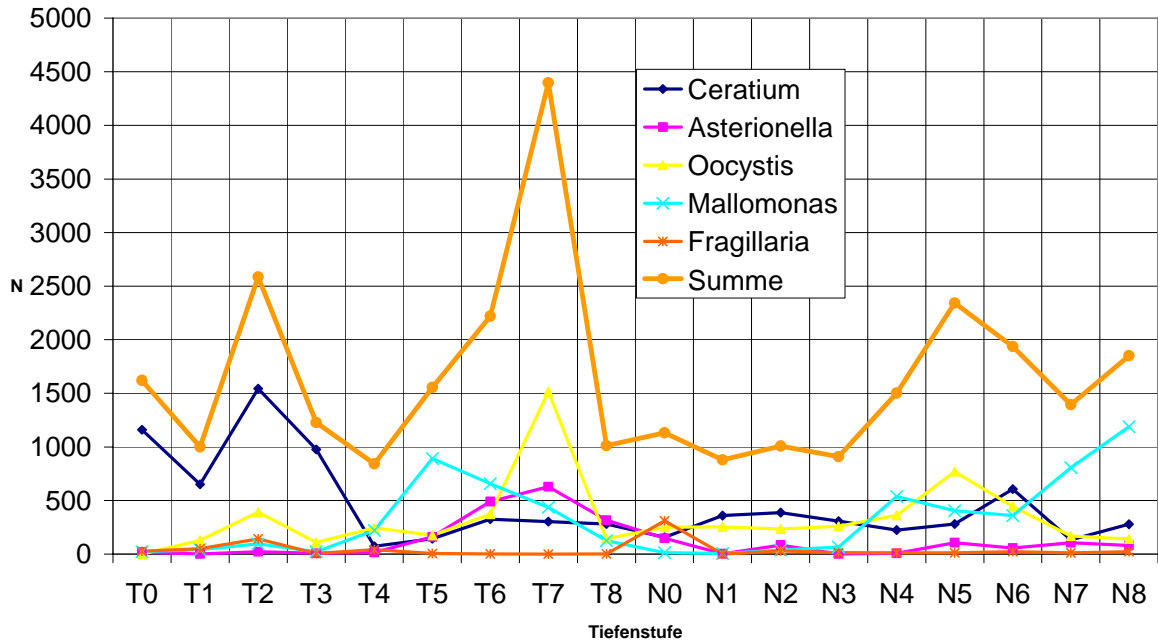


Ordination 3

In dieser Ordination wurden *Peridinium* und *Kellicottia* herausgenommen, da bei beiden Gruppen keine aussagekräftigen Daten vorliegen. Hinzugefügt wurden die physikalischen Daten. In der Tiefe liegen die Phytophagen *Asterionella* und *Mallomonas*. Auch ist hier die O_2 -Produktion und der Chlorophyllgehalt sowie die Leitfähigkeit und der NaCl-Gehalt hoch. An der Oberfläche spielen die Faktoren Licht, KCl, Nitrat, Temperatur und pH-Wert eine größere Rolle.

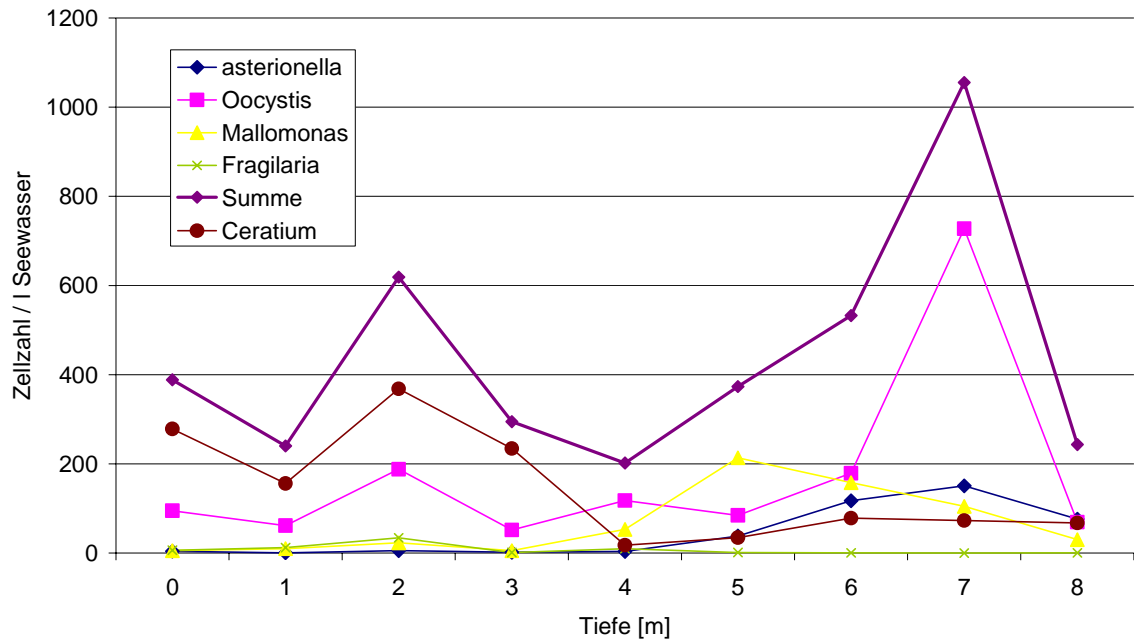
Verteilung Phytoplankton-Zooplankton

Phytoplankton Übersicht

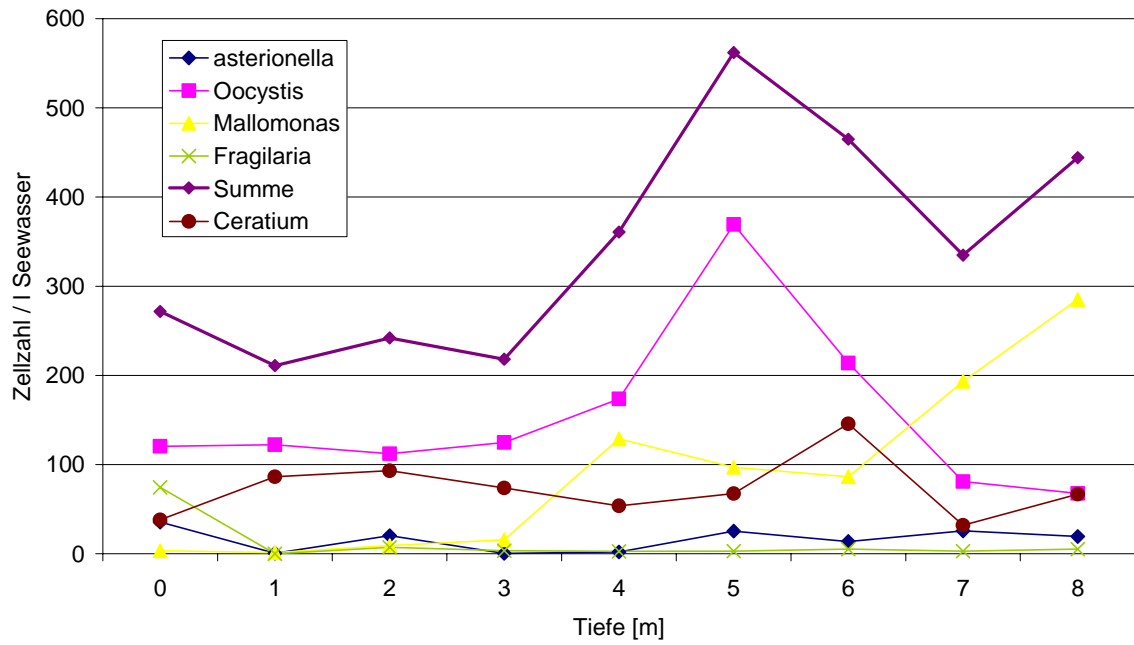


Die Summe zeigt an, dass die meisten der untersuchten Phytoplanktonarten in den Tiefen von 2 bzw. 7 Metern am Tage vorkommen, wobei der Peak bei 2 Metern durch *Ceratium* und der bei 7 Metern durch *Oocystis*, aber auch *Mallomonas*, *Fragillaria* und *Ceratium* ausgelöst ist. Außerdem gibt es nachts einen Phytoplankton Peak bei 5 Metern Tiefe.

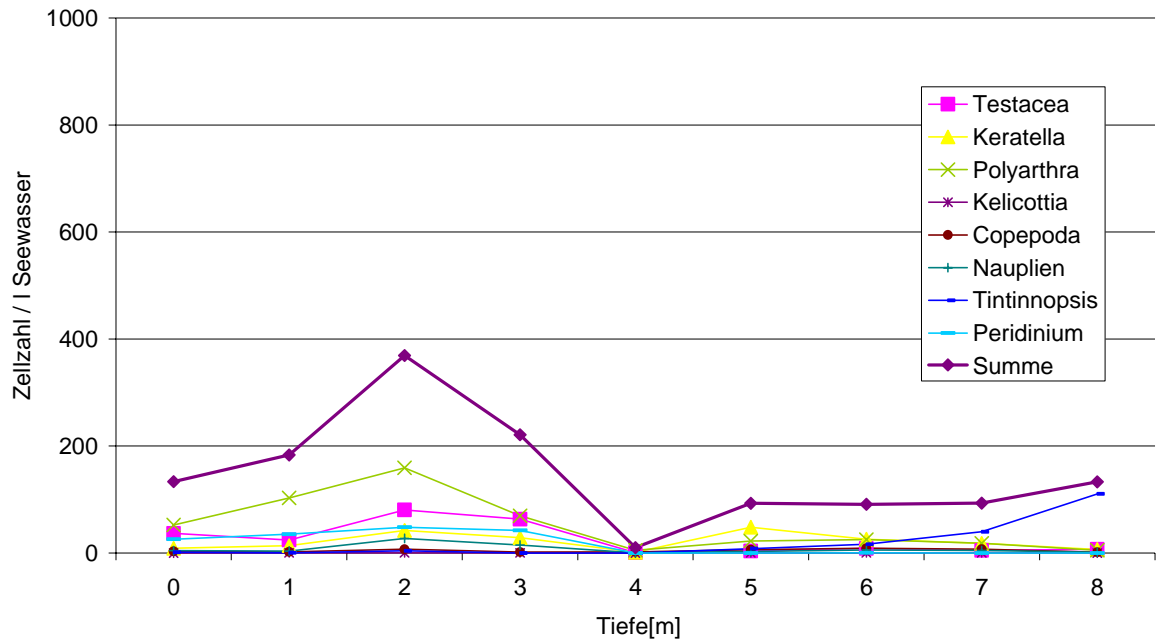
Phytoplankton Tag



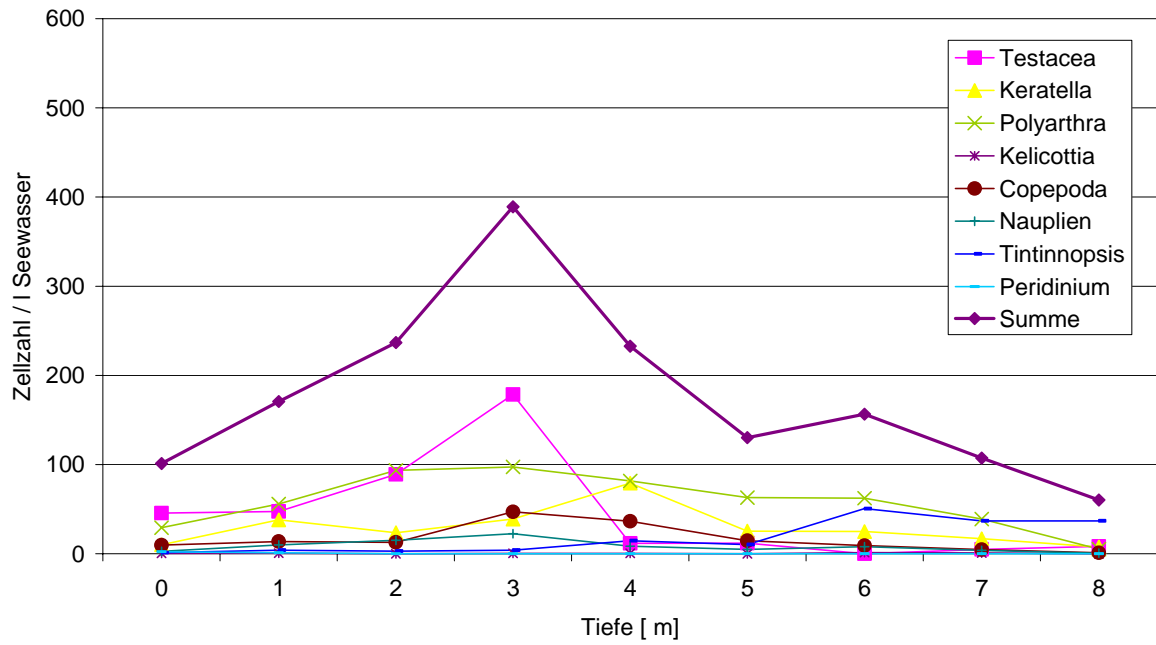
Phytoplankton Nacht



Zooplankton Tag



Zooplankton Nacht



Diskussion

Autotrophe

Ceratium: Dieser Dinoflagellat trat insgesamt in hohen Zahlen auf, vor allem stellte er den Hauptteil phototropher Biomasse oberhalb der Sprungschicht am Tage. Dies könnte damit im Zusammenhang stehen, dass *Ceratium* durch seine dicke Schale, seine Größe (200 – 300 µm) und die langen bedornen Fortsätze kaum unter Beweidungsdruck durch Zooplankton steht. So können sich Ceratien bei Tage gefahrlos im warmen, gut durchlichteten Wasser ansammeln. Nachts ist die Verteilung über die Tiefe gleichmäßiger, u.U. da bei fehlender Photosynthese in kälterem Wasser durch geringere Stoffwechselaktivität Energie gespart werden kann. Dies könnte die leichte Häufung bei 6 m Tiefe um 3 Uhr erklären.

Peridinium: Dieser Organismus, ebenfalls ein Dinoflagellat, wurde nur am Tage in geringen Mengen oberhalb der Sprungschicht festgestellt, darunter nicht mehr und nachts überhaupt nur sehr vereinzelt in den oberen Schichten, so dass kaum Aussagen möglich sind. Das festgestellte Vorkommen passt zu einem Organismus, der wie *Ceratium* hart beschalt und fakultativ phototroph ist¹. Das völlige Fehlen in den anderen Proben erklärt sich möglicherweise aus der Tendenz von *Peridinium*, einzelne Schwärme zu bilden, die dann geschlossen ihre Vertikalwanderung durchführen. Möglicherweise wurde also während der Nachtbeobachtung keine solche Ansammlung erfasst.

Asterionella: Diese Kieselalge trat 2005 nur in sehr geringen Zellzahlen auf, v.a. im Vergleich zu früheren Jahren, in denen der Organismus zeitweise sehr häufig war und der See aufgrund alkalischer Bedingungen und nur mäßiger Belastung, insbesondere mit Phosphor, eigentlich ein geeignetes Habitat darstellt.

Die Häufung der durch Öltröpfchen vertikal beweglichen² Asterionellen im tieferen Wasser hängt wohl mit der Bevorzugung geringerer Lichtintensitäten (sehr starke Belichtung am Tag der Probenahme) und geringerer Wassertemperaturen durch diese Alge zusammen.

Fragilaria: Auch diese Diatomee konnte nur in geringen Stückzahlen festgestellt werden, anders als *Asterionella* allerdings fast ausschließlich oberhalb der Sprungschicht. Ob sich daraus zwischen diesen Arten eine Einnischung bezüglich abiotischer Faktoren wie Belichtung und Temperatur ableiten lässt, müsste in manipulativen Experimenten überprüft werden. Die Absenkung auf zwei Meter Tiefe am Tag könnte jedenfalls auch Folge der außerordentlich hohen Strahlungsintensität an der Oberfläche sein

Mallomonas. Die Konzentrierung dieser Goldalgen in tieferen Schichten könnte mit den dort herrschenden weniger beanspruchenden Bedingungen oder mit erhöhtem Prädationsdruck (siehe Zooplankton) in höheren Schichten zusammenhängen. Bei kleinen, rundlichen Zellen, die überdies Siliziumschuppen und –stacheln tragen, könnte die geringe Viskosität warmen Wassers eine limitierende Rolle spielen, wobei das Überleben in der Erlache durch die hohe Transparenz des Wassers auch in größeren Tiefen ermöglicht wird.

Kugelige endosporenbildende Grünalgen (*Oocystis* u.a.):

Diese sehr kleinen Organismen, die sich einzeln oder in kleinen Gruppen mit Gallerthüllen umgeben, kamen in solch großen Stückzahlen vor, dass wohl der Großteil der

¹ Lampert und Sommer 1993

² Lampert und Sommer 1993

Gesamtphotosyntheseleistung bzw. der phototrophen Biomasse des Sees auf diese Gruppe entfallen dürfte. Dafür sprechen auch die Befunde aus den hydrochemischen Untersuchungen, die die höchsten Sauerstoff- und Chlorophyllkonzentrationen in den Schichten mit der höchsten Zellzahl von Grünalgen ergaben (5-7 m). Diese zeichnen sich durch rein passive Beweglichkeit, geringe bis fehlende Auftriebsregulierung und kaum nennenswerten Fraßschutz, allerdings auch durch eine sehr hohe Reproduktionsrate aus (der Großteil der gefundenen Zellen lag in Aggregaten von 4-10 Zellen in gemeinsamer Hülle vor). Aus diesen Eigenschaften ergeben sich mehrere mögliche Erklärungen für das zunächst für einen obligat phototrophen Organismus paradox erscheinende Verteilungsmuster. Zum Einen könnte die niedrige Populationsdichte in den warmen, gut durchlichteten und damit eigentlich produktivsten, oberflächennahen Wasserschichten durch den hohen Prädationsdruck von Seiten des dort konzentrierten Zooplanktons verursacht werden. Ständiges Abweiden einer sich schnell regenerierenden Ressource in Gestalt coccaler Grünalgen könnte zu der Situation führen, dass die Schichten oberhalb der Sprungschicht tatsächlich die höchste Biomasseproduktion aufweisen, diese Produktivität aber weder anhand der vorhandenen Biomasse der ersten trophischen Stufe bzw. des Gesamtchlorophyllgehalts des Wassers noch anhand der Photosyntheseprodukte (v.a. freier O₂) festzumachen ist, sondern nur indirekt über die festgestellte Biomasse höherer trophischer Stufen. Als parallele Erklärung bietet sich die schon erwähnte wesentlich geringere Viskosität und Dichte des warmen, oberflächennahen Wassers an, der die Algen nicht entgegenwirken können, infolgedessen sie passiv in tiefere Schichten absinken. Dazu passt die Häufung in der Tiefenstufe 5-7 m, da hier die Beleuchtungsstärke das untere Limit für Photosynthese durch Grünalgen erreicht (2%). In diesem Modell müsste allerdings ein allochthoner Eintrag von Energie in oberflächennahe Wasserschichten zur Erzeugung der Zooplankton-Biomasse gefordert werden.

Heterotrophe

Thekamöben: Ihre Konzentrierung oberhalb der Sprungschicht lässt sich evtl. aus ihrer aktiv räuberischen Lebensweise ableiten: Die oberen Schichten sind sehr produktiv, was es erlaubt, die mit der hohen Wassertemperatur verbundene hohe Stoffwechselrate zu unterhalten, welche ihrerseits ein hohes Aktivitätsniveau ermöglicht, wodurch die reichlich vorhandenen Ressourcen erst effektiv genutzt werden können.

Tintinopsis: Das Vorkommen dieses heterotrichen Ciliaten fast ausschließlich in größeren Tiefen bzw. bodennahen Schichten könnte einerseits mit der insgesamt wohl recht hohen Dichte des Organismus zusammenhängen, der eine mit Sandpartikeln (SiO₂!!) armierte Schale trägt. Allerdings könnte hier auch eine reichliche Nahrungsressource in Gestalt detritusabbauender Bakterien vorliegen

Keratella: Die Häufung im Bereich der Sprungschicht könnte einen Kompromiss aus dem Aufsuchen einer Nahrungsressource in produktiven Schichten einerseits und dem Ausweichen vor Predationsdruck ebendort andererseits illustrieren.

Kellicottia: Durch die gleichmäßige Verteilung insgesamt sehr kleiner Individuenzahlen konnten 2005, anders als in anderen Jahren, kaum Aussagen über die limitierenden Faktoren für die Lebensweise dieses Rädertieres gewonnen werden. Die gleichmäßige Verteilung legt jedenfalls nahe, dass die langen Stacheln wohl wirkungsvoll vor Nachstellungen durch andere Organismen schützen.

Polyarthra: Diese Rotatorie kam überall häufig vor, vor allem in den belichteten oberen Zonen, wo eine gute Nahrungsversorgung anzunehmen ist. Höhere Individuenzahlen bei Nacht in tieferen Schichten können, wie bei allen aktiv beweglichen Tieren, auf ein Aufsuchen kühlerer und damit weniger stoffwechselintensiver Schichten hindeuten. Im Vergleich mit früheren Jahren war die Konzentrierung in den hellen, insgesamt zooplanktonreichen Schichten auffällig. Ob dies mit einem geringeren Bestand an planktivoren Fischen korreliert kann nur vermutet werden (s.u.)

Copepoda: Die nächtliche Konzentrierung auf den Bereich der Sprungschicht dieser tagsüber gleichmäßig verteilt vorkommenden Crustaceen fällt auf. Da die Copepoden recht große Augen haben, kann vermutet werden, dass sie nachts kühlere, energiesparende Schichten aufsuchen, aber in minimaler Entfernung zu den ressourcenreichen oberen Schichten, deren Beweidung mit Tagesanbruch beginnt.

Die Verteilung am Nachmittag wäre dann höchstens über die Individualbewegungen dieser sehr agilen Tiere zu erklären oder durch unterschiedliche Strategien, dem Dilemma „Nahrungsreichtum – Nachstellung durch Fische“ zu begegnen.

Nauplien: Die Häufung der Crustaceenlarven im Bereich knapp oberhalb der Sprungschicht, lässt auch hier eine Optimierungsaufgabe vermuten. So könnte das warme Wasser eine schnellere Entwicklung begünstigen³, der Ort liegt aber nahe der phytoplanktonreichen Schichten unterhalb der Sprungschicht, von wo ein quasi allochtoner Nährstoffeintrag stattfinden könnte durch mit erwärmtem Wasser aufsteigende Zellen. Der Aufenthalt knapp an der Grenze könnte dabei sowohl die zurückzulegenden Strecken als auch den Predationsdruck durch im starken Licht jagende Fische sowie die Konkurrenz durch oberflächennähere Phytoplanktonbeweider minimieren.

Insgesamt entspricht der Befund gut der Erwartung für einen tiefen, klaren weil nährstoffarmen See mit fast völlig fehlendem Bewuchs an subaquatischen Gefäßpflanzen bzw. deren Aufwuchs. Sehr prägnant erscheint die Sprungschicht als die Biozönose gliederndes Element. Sowohl von den abiotischen Faktoren her, als auch von der Artenzusammensetzung und den zu folgernden Prozessen scheint sie während der Sommermonate den Wasserkörper fast in zwei, wenn auch eng verzahnte, Systeme zu zergliedern.

Der zunächst widersprüchliche Befund bezüglich der Verteilung von Phyto- und Zooplankton lässt sich anhand der oben genannten Argumentation interpretieren. In diesem Fall muss allerdings, da die Phänomene sehr drastisch hervortreten scheinen, ein sehr geringer Prädationsdruck auf das Zooplankton angenommen werden. Über die Populationsdichten aller höheren trophischen Stufen als den oben aufgeführten, etwa Makroinvertebraten oder planktivore Fische, konnte aber aus methodischen Gründen keine Aussage gemacht werden. Grundsätzlich muss gesagt werden, dass die Charakterisierung des Gewässers von der faunistischen Seite her ausschließlich anhand von Organismen mit einer Körpergröße erfolgte, die zwischen den Maschenweiten von Vorsatzfilter und Planktonnetz lag. Weder die erwähnten Makroinvertebraten noch das u.U. für das Gewässersystem sehr wichtige Mikro- und Nanoplankton aus Einzellern unter 20 µm und v.a. Bakterien konnten also erfasst werden. Nach oben ist noch eine stärkere Begrenzung anzunehmen, da die in früheren Jahren bei Einsatz der gleichen Filter reichlich vorhandenen Cladoceren bis auf Fragmente völlig fehlten. Hier ist anzunehmen, dass diese durch den Einsatz einer neuen, wesentlich stärkeren Pumpe fragmentiert wurden, bevor sie das Planktonnetz erreichten. Das heißt auch, dass alle Folgerungen über Interaktionen über den erwähnten Größenbereich hinaus spekulativ bleiben. Durch die Verkürzung des Praktikums auf eine Woche, d.h. effektiv 3 ½ Tage zur Auswertung, wurde auch eine Reduzierung der Probenzahl notwendig. Auch diese konnten nur mit einem

³ Einsle 1993

Subsample pro Probe (10 ml von 110 ml Konzentrat aus 50 l Seewasser) ausgezählt werden, individuenreiche Gruppen nur mit einer Streifenzählung pro Subsample, so dass eventuell im Vergleich zu den Vorjahren wesentlich höhere Messfehler einzuräumen sind. Auch schlug sich die Reduzierung der Zahl von Probenahmen sicher in einer reduzierten Aussagekraft über zeitabhängige Prozesse (Wanderungsbewegungen) nieder.

Teilnehmer

Bernhard Klärner
Kristina Pfister
Florian Stoll
Tanja Strecker
Gregor Kalinkat
Christoph Digel
Juliane Drobnik
Christina Grün
Marina Möller
Claudia Hampe
Florian Schneider
Martin Ehle
Alice Kress
Alexandra Micic
Heike Hameister
Manuela Gebhard
Iris Retta

Betreuer

S. Scheu
G. Thiel
M. Maraun
M. Heethoff
C. Beckers