

## Entwicklung des Phyto- und Crustaceenzooplanktons

### *Le développement du phytoplancton et du plancton de crustacés*

- Brienersee
- Thunersee
- Murtensee – Lac de Morat
- Lac de Neuchâtel
- Bielersee



AWA Amt für Wasser und Abfall, Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL, Bern



Service de l'environnement, Fribourg



Service de la protection de l'environnement, Neuchâtel

## Impressum

### Herausgeber / *Editeurs:*

AWA Amt für Wasser und Abfall  
Gewässer- und Bodenschutzlabor (Projektleitung)  
Schermenweg 11  
3014 Bern  
[www.be.ch/awa](http://www.be.ch/awa)

Service de l'environnement  
Route de la Fonderie 2  
Case postale  
1701 Fribourg  
[www.fr.ch/sen](http://www.fr.ch/sen)

Service de la protection de l'environnement  
Rue du Tombet 24  
2034 Peseux  
[www.ne.ch/environnement](http://www.ne.ch/environnement)

### Autoren / *Auteurs*

K. Guthruf, V. Maurer, B. Pokorni, M. Zeh

### Auswertung Phytoplankton / *Evaluation du phytoplancton:*

K. Guthruf-Seiler, GBL, Bern  
B. Pokorni, Auvernier

### Auswertung Crustaceenzooplankton / *Evaluation du plancton de crustacés:*

HYDRA, V. Maurer, Oppligen

### Analysen Phytoplankton / *Dénombrement du phytoplancton*

Brienzer, Thuner- und Bielersee: D. Zbären (bis April 2004), K. Guthruf (ab Mai 2004)  
Murtensee: D. Zbären (bis April 2004), K. Guthruf (ab Mai 2004)  
Neuenburgersee: F. Straub, PhycoEco, La-Chaux-de-Fonds

### Analysen Crustaceenzooplankton / *Dénombrement du plancton de crustacés:*

Brienzer, Thuner- und Bielersee: HYDRA, V. Maurer  
Lac de Morat, lac de Neuchâtel : H. Berner, Lenzburg

### Übersetzung / *Traduction*

B. Pokorni, Auvernier

### Download / *Téléchargement*

Der Bericht kann auf den Internetseiten der kantonalen Fachstellen heruntergeladen werden.  
Le rapport peut être téléchargé sur les sites internet des services cantonaux.

- ◀ Scenedesmus sp. (K. Guthruf, GBL)
- ◀ Daphnia sp. (Eawag)

# Inhaltsverzeichnis / *Table des matières*

<b>1 Einleitung / <i>Introduction</i></b> .....	3
<b>2 Zusammenfassungen / <i>Résumés</i></b> .....	7
<b>3 Kennzahlen der Seen / <i>Données caractéristiques des lacs</i></b> .....	11
<b>4 Chemischer Zustand / <i>Qualité chimiques des eaux</i></b> .....	12
<b>5 Phytoplankton / <i>Phytoplancton</i></b> .....	21
5.1. Datengrundlage Phytoplankton .....	21
5.2. Resultate .....	22
5.2.1. Entwicklung der Gesamtbiomasse .....	22
5.2.2 Algengruppen (prozentualer Anteil) .....	25
5.2.3 Algengruppen einzeln .....	29
5.2.3.1 Blaualgen (Cyanophyceen) .....	29
5.2.3.2 Goldalgen ( <i>Chrysophyceen</i> ) .....	32
5.2.3.3 Kieselalgen ( <i>Bacillariophyceen</i> ) .....	35
5.2.3.4 Kalk- oder Lassoalgen ( <i>Haptophyceen</i> ) .....	38
5.2.3.5 Panzerflagellaten ( <i>Dinophyceae</i> ) .....	41
5.2.3.6 Schlundalgen ( <i>Cryptophyceen</i> ) .....	44
5.2.3.7 Grünalgen ( <i>Chlorophyceen</i> ) .....	47
5.2.3.8 Diverse .....	50
5.2.3.9 Abnahme/Zunahme der Algengruppen in den einzelnen Seen .....	53
5.2.4 Biomasse der einzelnen Größenklassen .....	57
5.2.5 Wichtigste Taxa nach Biomasse und Häufigkeit .....	62
5.2.6 Phyto-See-Index (PSI) .....	68
5.2.7 Biomasse, Chlorophyll a, Sichttiefe / <i>Biomasse, chlorophylle a, transparence</i> .....	71
5.2.8 Diskussion .....	75
5.2.9 Discussion .....	77
5.3 Anhang .....	79
5.3.1 Taxa mit signifikanter Abnahme oder Zunahme .....	79
5.3.2 Liste aller Indikatorarten der fünf Seen .....	102
5.3.3 Taxaliste aller Seen .....	104
5.3.4 Einzelmetrics zur Berechnung des PSI.....	115
<b>6 Literaturliste / <i>Bibliographie</i></b> .....	120
<b>Crustaceen- Zooplankton</b> .....	1
1. Zusammenfassung .....	2
2. Résumé .....	3
3. Einleitung .....	4
4. Crustaceen-Arten .....	8
5. Die Seen .....	42
5.1 Brienersee .....	42
5.2 Thunersee .....	53
5.3 Bielersee .....	65
5.4 Neuenburgersee .....	77
5.5 Murtensee .....	90
6. Vergleich zwischen den Seen .....	102
7. Anhang .....	106

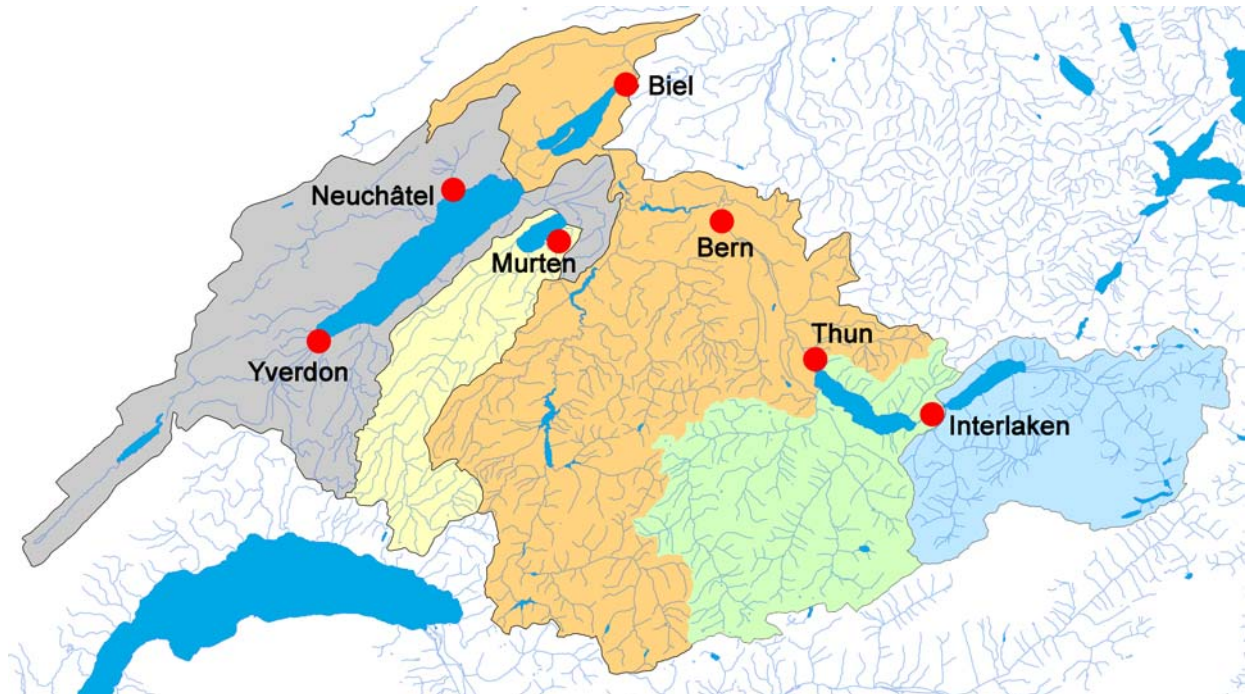
# 1. Einleitung

## Die Kantone arbeiten zusammen

Die Gewässerschutzfachstellen der drei Kantone Bern, Fribourg und Neuchâtel verfügen über Wasserqualitätsdaten ihrer Seen über eine Zeitperiode von mehreren Jahrzehnten. Planktondaten sind aus früheren Jahren zwar vorhanden, aber aus verschiedenen Gründen oft nur schlecht miteinander vergleichbar. Die Ankündigung, dass die Expo.02 im 3-Seen-Land stattfinden würde, hatte Ende der 1990er- Jahre die drei Kantone dazu bewogen, ihre Untersuchungsprogramme für den Murten- Neuenburger- und Bielersee zu koordinieren. Seit 1999 werden die drei Seen im Programm BENEFRI gemeinsam untersucht, wobei die gleichen Messinstrumente und vergleichbare Methoden zum Einsatz kommen. Seit 2002 sind aktuelle Daten auch auf der gemeinsamen Internetplattform [www.die3seen.ch](http://www.die3seen.ch) bzw. [www.les3lacs.ch](http://www.les3lacs.ch) publiziert. Durch die Methodenangleichung der Planktonprobenahme, Bestimmung und Auszählung lassen sich nun auch die entsprechenden Daten des Brienzer- und Thunersees mit denjenigen der Jurarandseen vergleichen.

## Ein zusammenhängendes System

In Port beim Seeausfluss des Bielersees erreicht das entwässerte Einzugsgebiet mehr als 8'200 km<sup>2</sup>, was rund einem Fünftel der Schweizer Landesfläche entspricht. In diesem Einzugsgebiet liegen die durch die Aare verbundenen drei grossen Bernerseen sowie die beiden Jurarandseen Murten- und Neuenburgersee (der Murtensee entwässert via Broyekanal in den Neuenburgersee, welcher wiederum durch den Zihlkanal mit dem Bielersee verbunden ist). Auf Grund dieser hydrologischen Zusammenhänge macht es Sinn, die fünf Seen gemeinsam zu betrachten, auch wenn die Unterschiede zwischen dem ultra-oligotrophen Brienzersee und dem eutrophen Murtensee beträchtlich sind.



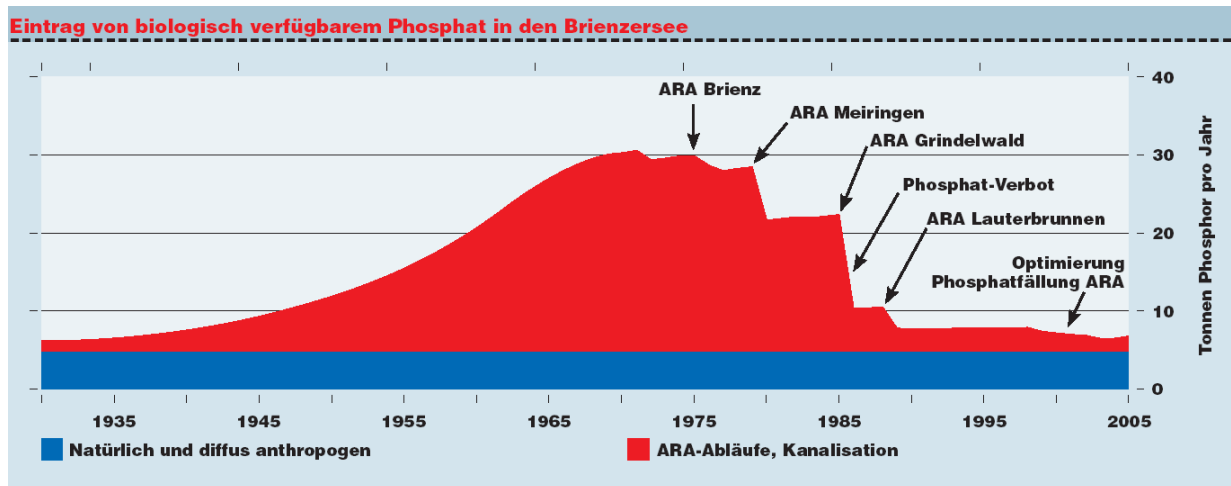
Das Einzugsgebiet des Bielersees setzt sich zusammen aus demjenigen des Brienzersees (blau), des Thunersees (grün), des Murtensees (gelb) sowie des Neuenburgersees (grau).

## Gesetzliche Grundlagen

In der Gewässerschutzverordnung des Bundes (GSchV) wird für Seen eine höchstens „mittlere Produktion von Biomasse“ gefordert. Zur Artenzusammensetzung und zu Häufigkeiten des pflanzlichen und tierischen Planktons sind keine expliziten Anforderungen formuliert. Bei den ökologischen Zielen hingegen ist festgehalten, dass das Gewässer „eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen soll, die typisch ist für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps“. Bezüglich Sauerstoff verlangt die GSchV zu jeder Jahreszeit und in jeder Wassertiefe mindestens 4 mg O<sub>2</sub>/l, natürliche Verhältnisse vorbehalten. Es ist die im Gewässerschutzgesetz festgelegte Aufgabe der kantonalen Gewässerschutzfachstellen, den Zustand der Seen zu untersuchen, zu dokumentieren und die Öffentlichkeit darüber zu informieren. Dazu gehört auch das Aufzeigen von Veränderungen im Sinne einer Erfolgskontrolle für die Investitionen in den technischen Gewässerschutz. Der vorliegende Bericht befasst sich mit den Schlüsselfaktoren des Seeökosystems - dem Plankton.

## Die Rolle des Planktons

Das Phytoplankton ist die Basis des komplexen Nahrungsnetzes im See und wird anthropogen primär durch die Zufuhr von Nährstoffen (hauptsächlich Phosphor), sei es direkt über die Zuflüsse oder über diffusen Eintrag, beeinflusst. In grösseren Seen, wie den hier untersuchten, haben sich in den letzten Jahrzehnten Veränderungen des Seezustandes abgespielt, welche vorab die Entwicklung der Siedlungsentwässerung widerspiegeln. Der ab Mitte des letzten Jahrhunderts bis in die 1980er-Jahre verzeichnete zunehmende Phosphor-eintrag hatte zu einer teilweise sehr starken Zunahme der Algenproduktion geführt. Da durch den bakteriellen Abbau der Biomasse Sauerstoff verbraucht wird, führen hohe Algendichten im Tiefenwasser der Seen zu Sauerstoffschwund. Im Bieler- und Murtensee werden diesbezüglich auch heute noch die entsprechenden Anforderungen der GSchV zu gewissen Jahreszeiten nicht eingehalten. Die Inbetriebnahme von Kläranlagen ab den 1970er-Jahren, weitere Fortschritte im technischen Gewässerschutz sowie das 1986 in Kraft gesetzte Phosphatverbot in Waschmitteln haben den Nährstoffeintrag wieder verringert.



Am Beispiel des Brienzersees lässt sich der Zusammenhang zwischen dem Phosphatgehalt im See und dem Ausbau der Kläranlagen gut dokumentieren. Quelle: Brienzersee: Ein Ökosystem unter der Lupe (2006)

Das Plankton, sowohl das Phyto- wie das Zooplankton, haben auf diese Änderungen reagiert, wenn auch unterschiedlich und nicht in allen Seen gleich stark. Gründe für die unterschiedliche Entwicklung liegen u.a. in der Grösse und Nutzung des Einzugsgebietes, der Morphometrie der einzelnen Seen sowie der Wassererneuerungszeit. Der Bericht zeigt diese Vielfalt sowie die seespezifischen Variationen und Veränderungen der Planktonbiozönosen auf.

# 1. Introduction

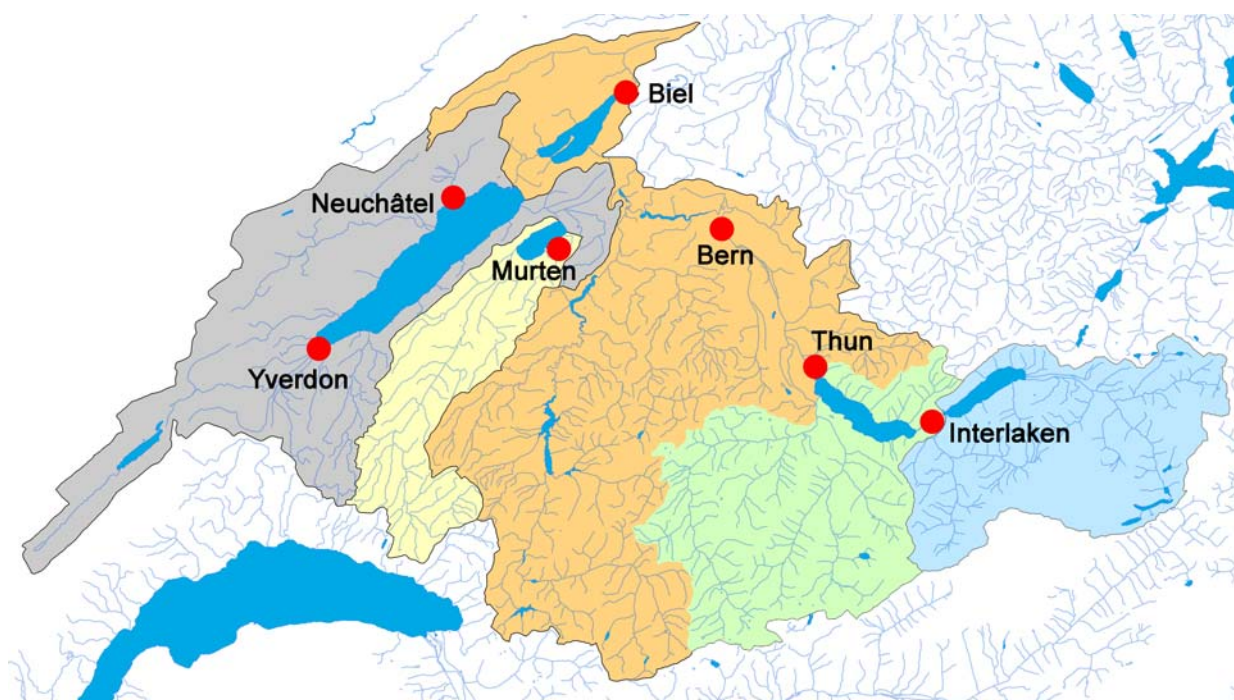
## Les cantons collaborent

Les services de protection des eaux et de l'environnement des cantons de Berne, Fribourg et Neuchâtel disposent de données concernant la qualité de l'eau des lacs s'échelonnant sur plusieurs décennies. Des données sur le plancton des années antérieures sont bien disponibles, mais pour différentes raisons elles sont difficilement comparables entre elles. La présence d'Expo.02 dans le Pays des Trois Lacs a incité, à la fin des années 1990, les trois cantons à coordonner leurs programmes d'investigation et de surveillance des lacs de Morat, Neuchâtel et Bienne. Depuis 1999, les trois lacs sont surveillés selon le programme BENEFR1, en utilisant des instruments de mesure en commun et des méthodes d'analyses comparables. Les données récentes sont publiées depuis 2002 sur Internet [www.die3seen.ch](http://www.die3seen.ch) resp. [www.les3lacs.ch](http://www.les3lacs.ch).

## Un système hydrologique interconnecté

Le bassin versant drainé par l'effluent du lac de Bienne atteint à Port une surface de plus de 8'200 km<sup>2</sup> correspondant à peu près au cinquième de la surface de la Suisse. Dans ce bassin versant se situent les trois grands lacs bernois reliés par l'Aar ainsi que les lacs subjurassiens de Morat et de Neuchâtel (le lac de Morat se déverse via le canal de la Broye dans le lac de Neuchâtel qui s'écoule via le canal de la Thielle dans le lac de Bienne).

Tenant compte de ce réseau hydrologique, il apparaît judicieux d'étudier les cinq lacs dans leur ensemble, même si les différences entre le lac de Brienz ultra-oligotrophe et le lac de Morat eutrophe sont considérables.



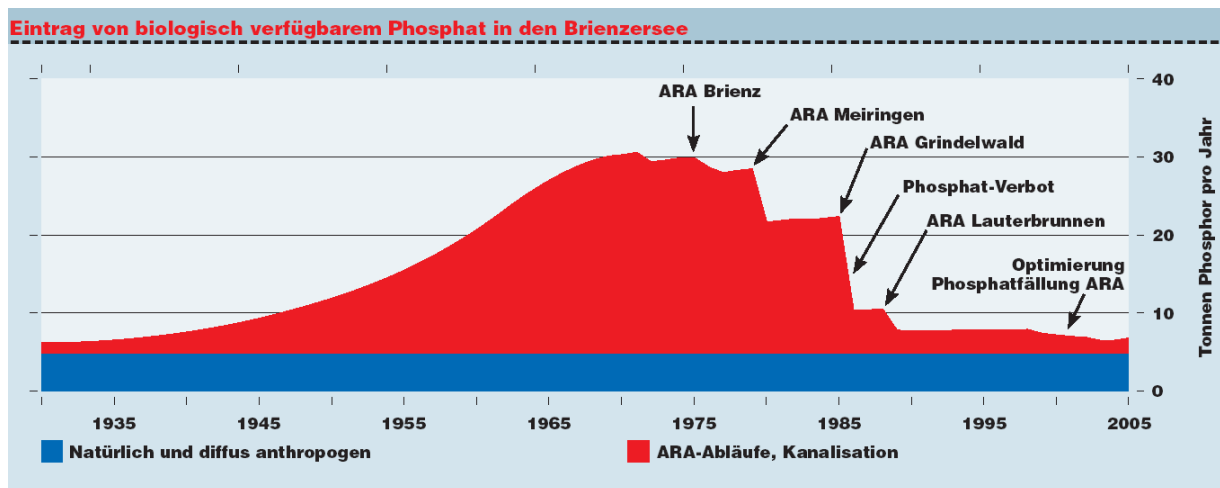
*Le bassin versant du lac de Bienne comprend ceux des lacs de Brienz (bleu), Thoune (vert), Morat (jaune) ainsi que celui du lac de Neuchâtel (gris).*

## Bases légales

L'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux) exige pour des étendues d'eau que la teneur en nutriments doit permettre une production de biomasse qui ne dépasse pas la moyenne. N'y figure pas d'exigence relative à la composition en espèces et à l'abondance du plancton végétal et animal. En revanche, les objectifs écologiques requièrent une diversité et une abondance des espèces typiques d'une eau peu ou non polluée. En application de la loi sur la protection des eaux, il incombe aux services cantonaux de protection des eaux de surveiller et de documenter l'état sanitaire des eaux et d'en informer la population. Cela englobe également la valorisation des éventuelles améliorations observées dans le cadre du contrôle d'efficacité des mesures techniques de protection des eaux qui ont nécessité de lourds investissements. Pour cette raison, ce rapport s'occupe des facteurs clé du système écologique lacustre : le plancton.

## Le rôle du plancton

Le plancton représente un maillon dans la chaîne alimentaire d'un lac. Il est influencé par l'homme, en premier lieu, par son apport en nutriments (principalement du phosphore), soit directement par les affluents, soit par des apports diffus. Dans les grands lacs, tels ceux examinés dans ce rapport, des changements de leur état qualitatif ont eu lieu ces dernières décennies reflétant avant tout le développement de l'évacuation des eaux urbaines. L'augmentation des apports en phosphore enregistrée à partir du milieu du siècle passé jusque dans les années 1980 a conduit en partie à une forte augmentation de la production d'algues. Puisque la décomposition bactérienne de la biomasse nécessite de l'oxygène, une forte densité d'algues a comme corollaire une diminution de cet élément dans les eaux profondes. Dans les lacs de Morat et de Bienne, les exigences de l'OEaux ne sont encore aujourd'hui pas respectées à certaines époques de l'année. La mise en service des stations d'épuration à partir de 1970, les mesures complémentaires dans le traitement et l'épuration des eaux ainsi que l'entrée en vigueur en 1986 de l'ordonnance sur les substances interdisant l'utilisation de phosphore dans les produits de lessive ont contribué à une diminution des apports en éléments nutritifs.



L'exemple du lac de Brienz illustre les relations entre les teneurs en phosphore du lac et la mise en service et l'agrandissement des stations d'épuration. Source: *Brienzersee: Ein Ökosystem unter der Lupe* (2006).

Le plancton a réagi à ces changements, mais pas dans tous les lacs avec la même vigueur. Les causes de ces évolutions divergentes sont à rechercher, entre autre, dans la grandeur et l'utilisation du bassin versant, dans la morphométrie des lacs ainsi que dans le temps de renouvellement de l'eau. Ce rapport illustre cette diversité ainsi que les variations et changements de la biocénose planctonique spécifiques à chaque lac.

## 2. Zusammenfassungen

### 2.1. Zusammenfassung Phytoplankton

Das Phytoplankton von allen Seen wird seit mindestens neun Jahren monatlich aus Mischproben, entnommen im Epilimnion an der tiefsten Stelle mit einem summierenden Wasserschöpfer (Züllig), untersucht. Der Chlorophyll a-Gehalt wird mittels HPLC (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie) aus der gleichen Probe bestimmt. Zusätzlich zur Beprobung des Phyto- und Crustaceenplanktons werden monatliche CTD-Profile (Leitfähigkeit, Temperatur, pH, Sauerstoff und Transmission) gefahren und mindestens während der Winterzirkulation und am Ende der Sommerstagnation auch Phosphor- und Stickstoffverbindungen analysiert.

Die tragende Rolle des Phytoplanktons im Nahrungsnetz des Seeökosystems rechtfertigt langfristig ausgelegte Monitoringprogramme. Veränderungen in der Gesamtbiomasse und der Algenzusammensetzung haben Auswirkungen auf alle anderen trophischen Ebenen und bestimmen schlussendlich auch die Fischbiozönosen bzw. die Fischerträge.

Die höchsten **Biomassen** werden in allen fünf Seen im Sommer erreicht. Brienzer- und Thunersee weisen während der ganzen Untersuchungsperiode von 14 Jahren die geringsten Maximalwerte aller fünf Seen auf ( $< 25 \text{ g/m}^2$  in den obersten 20 m). Während die meisten Monatswerte des Brienzersees unter  $10 \text{ g/m}^2$  liegen, sind sie beim Thunersee meist darüber. Die geringeren Biomassen, trotz ähnlicher Nährstoffbedingungen, dürften sowohl auf tiefere Temperaturen sowie auf die stärkere Trübung des Brienzersees durch mineralische Schwebstoffe zurückzuführen sein. Der Murtensee weist entsprechend den höchsten Nährstoffkonzentrationen auch die höchsten Biomassen auf. Seit Beginn der Untersuchungsperiode ist hier keine Zunahme oder Abnahme der Gesamtbiomasse feststellbar. Dies gilt ebenso für die beiden anderen Jurarandseen. Allerdings sind im Bieler- und Neuenburgersee Maximalbiomassen und Monatswerte mit wenigen Ausnahmen meist etwas geringer als im Murtensee.

Die **Algengruppen**, die am meisten zur Biomasse beitragen, sind im Brienzer- und Thunersee die Chrysophyceen, gefolgt von den Diatomeen. Im Brienzersee hat die Biomasse der Chrysophyceen, und damit auch die Gesamtbiomasse des Phytoplanktons, signifikant abgenommen. Im Murten- und Bielersee stehen die Diatomeen an erster Stelle, gefolgt von den Cryptophyceen. Im Neuenburgersee waren bis 2004 die Cyanophyceen, insbesondere die Burgunderblutalge *Planktothrix rubescens*, entscheidend für die Planktonbiomasse. Die Biomasse der Cyanophyceen hat seither signifikant abgenommen. Seit 2004 werden Diatomeen und Chrysophyceen relevant. Die Biomasse anderer Algengruppen hat ebenfalls signifikant zu- oder abgenommen, was jedoch keine merklichen Auswirkungen auf die Gesamtbiomasse des betreffenden Sees hat.

Insgesamt wurden über **700 Algentaxa** gefunden, nur wenige davon tragen viel zur Biomasse bei. Generell in allen fünf Seen nehmen von den 25 häufigsten Taxa signifikant mehr Arten an Biomasse ab als zu. Im Brienzer- und Thunersee haben insbesondere so bekannte und grosse Arten wie *Asterionella formosa* und *Fragilaria crotonensis* abgenommen. Bei den 25 wichtigsten Taxa des Murtensees weisen nur drei signifikante Änderungen (1+, 2-) auf. Etwas mehr sind es im Neuenburger (2+, 6-) und Bielersee (2+,7-). Diese Veränderungen bei den wichtigsten Taxa haben jedoch erst im Brienzersee Auswirkungen auf die Gesamtbiomasse und somit auf die gesamte Nahrungsgrundlage des Sees.

Zur **Bewertung** der Seen mittels des **Phyto-Seen-Index (PSI)** wurde die deutsche Methode von Mischke et al. (2008) beigezogen. Diese erlaubt die Klassifizierung des Gewässers in eine von fünf Zustandsklassen nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Der nach dem PSI hergeleitete ökologische Zustand nach WRRL wird für den Brienzer-, Thuner-, Neuenburger- und Bielersee als gut, für den Murtensee als mässig bezeichnet. Der aus dem Plankton abgeleitete Gewässergütezustand entspricht damit ausser beim Murtensee, welcher gemäss PSI besser beurteilt wird, im Grundsatz der bisherigen Expertenbeurteilung.



## 2.2 Résumé phytoplancton

Le phytoplancton de tous les lacs est analysé au moins depuis 9 ans à partir d'échantillons prélevés avec une bouteille pour prélèvement d'eau intégré (Züllig) dans l'épilimnion du site le plus profond. Sur le même échantillon, les teneurs en chlorophylle a sont déterminées à l'aide d'un HPLC (chromatographie liquide à haute pression). En plus des prélèvements de phytoplancton et de zooplancton, des profils CTD (conductivité, température, pH, oxygène et transmission) mensuels sont réalisés ainsi que des analyses de phosphore et des composés azotés au minimum pendant la période de circulation hivernale et à la fin de la période de stagnation estivale.

Le rôle considérable joué par le phytoplancton dans la chaîne alimentaire de l'écosystème lacustre justifie le programme de surveillance (monitoring) à long terme. Des modifications de la biomasse totale et de la composition des groupes d'algues ont des répercussions sur tous les degrés trophiques et ont un impact, en fin de compte, sur la composition de la biocénose piscicole, respectivement sur leur rendement.

Les **biomasses** les plus élevées sont atteintes dans tous les lacs pendant l'été. Les lacs de Brienz et de Thoue accusent pendant toute la période de surveillance de 14 ans les valeurs maximales les plus basses de tous les 5 lacs ( $< 25\text{g/m}^2$  dans les premiers 20 m). Tandis que les valeurs mensuelles du lac de Brienz se situent en dessous de  $10\text{g/m}^2$ , celles du lac de Thoue se rangent en général en dessus. Les biomasses inférieures du lac de Brienz, malgré des teneurs en éléments nutritifs comparables, pourraient être attribuées aussi bien aux températures plus basses qu'à la forte turbidité provenant des particules minérales en suspension. Conformément aux teneurs en éléments nutritifs les plus élevées, le lac de Morat accuse également les biomasses les plus élevées. Aucune diminution de la biomasse totale n'est à observer depuis les débuts de la période de surveillance. Les mêmes conclusions s'appliquent également aux deux autres lacs subjurassiens. Cependant, les biomasses maximales et les valeurs mensuelles des lacs de Neuchâtel et de Bienne sont à quelques exceptions près légèrement inférieures à celles du lac de Morat.

Les chrysophycées, suivies des diatomées sont les **groupes d'algues** qui contribuent le plus à la biomasse dans le lac de Brienz et de Thoue. Dans le lac de Brienz, la biomasse des chrysophycées, et par conséquent la biomasse totale du phytoplancton, a diminué de façon significative. Dans les lacs de Morat et de Bienne, les diatomées occupent la première place, suivies des cryptophycées. Dans le lac de Neuchâtel, les cyanophycées et plus particulièrement le sang des Bourguignons *Planktothrix rubescens* ont marqué jusqu'en 2004 la biomasse du phytoplancton. Depuis, la biomasse de cyanophycées a baissé de façon drastique au profit des diatomées et des chrysophycées qui ont gagné en importance. La biomasse d'autres groupes d'algues a également diminué ou augmenté sans toutefois avoir des répercussions sur la biomasse totale du lac en question.

Dans l'ensemble, 700 **taxons d'algues** ont été identifiés, mais seuls certains contribuent de façon notable à la biomasse. Dans les cinq lacs, il y a davantage d'espèces parmi les 25 taxons les plus fréquents qui diminuent leur biomasse de façon significative qu'il y a d'espèces qui l'augmentent. Spécialement dans les lacs de Thoue et de Brienz, des espèces bien connues comme *Asterionella formosa* et *Fragilaria crotonensis* sont en baisse. Dans le lac de Morat, seul trois taxons des 25 les plus fréquents montrent des changements significatifs (1+, 2-), alors que les changements sont plus prononcés dans les lacs de Neuchâtel (2+, 6-) et de Bienne (2+, 7-). Des répercussions sur la biomasse totale et par conséquent sur la base de la chaîne alimentaire n'ont été constatées que dans le lac de Brienz.

La méthode allemande de Mischke et al. (2008) du **Phyto-Seen-Index (PSI)** a été utilisée pour **l'évaluation des lacs**. Celle-ci permet une classification des eaux dans cinq classes décrivant leur état en application de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE). Le PSI livre des résultats comparables aux résultats des analyses de la biomasse. Le classement en degré trophique correspond en principe aux conclusions des experts si bien que la marche de manœuvre avec le PSI est moins grande: les lacs de Brienz et de Thoue se situent dans la zone limite entre oligotrophe et mésotrophe. Les trois autres lacs sont considérés comme mésotrophes. Le PSI selon la DCE qualifie l'état écologique des lacs de Brienz, de Thoue, de Neuchâtel et de Bienne de bon et celui du lac de Morat de moyen.

## 2.3 Zusammenfassung Zooplankton

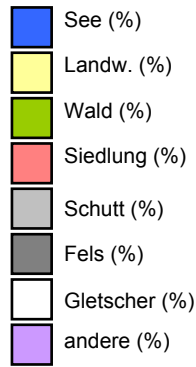
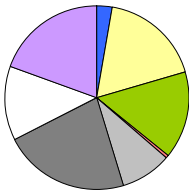
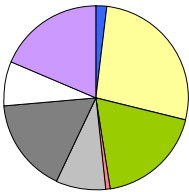
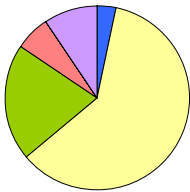
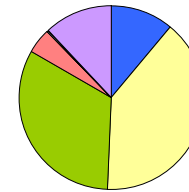
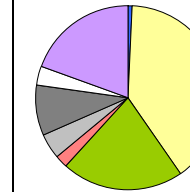
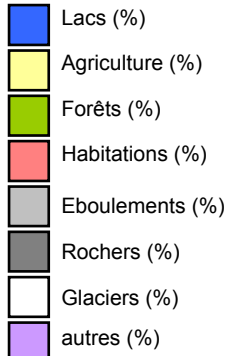
- Das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern (GBL) untersucht das Crustaceenplankton von Bieler-, Thuner- und Brienersee seit 1994. Murten- und Neuenburgersee werden von den Gewässerschutzfachstellen der Kantone FR und NE seit 1999 mit den gleichen Methoden untersucht. Die Daten werden in der Planktondatenbank des GBL zusammengefasst und ausgewertet.
- Der vorliegende Bericht beschreibt die Entwicklung des Crustaceenplanktons innerhalb der Untersuchungsperiode von 1994 bzw. 1999 bis 2007. Zum Vergleich werden auch Auswertungen früherer Untersuchungen beigezogen.
- In den 5 Seen bestimmen insgesamt 13 Arten bzw. Taxa die Artenzusammensetzung des Crustaceenplanktons:
  - Calanoida*: *Eudiaptomus gracilis*, *Mixodiaptomus laciniatus*;
  - Cyclopida*: *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater*, *Mesocyclops leuckarti*, *Acanthocyclops robustus*;
  - Cladocera*: *Daphnia* sp. (mit *D. hyalina*, *D. galeata*, *D. cucullata*), *Eubosmina* sp. (mit *E. longispina*, *E. coregoni*), *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Leptodora kindtii*, *Bytotrephes longimanus*.
- Weitere 28 Taxa kamen vereinzelt oder regelmässig in geringen Zahlen in den Proben vor (Tab. 4.1.1),
- Die *Calanoida* mit *Eudiaptomus gracilis* und *Mixodiaptomus laciniatus* zeigten eine sehr stabile Entwicklung. Einzig auffallend ist das Fehlen von *M. l.* im Murtensee. *Cyclops vicinus*, eine typische Art eutropher Gewässer, fehlte in Briener- und Thunersee und ging in den andern Seen sehr stark zurück. *C. abyssorum* blieb in allen Seen weitgehend stabil, während die kleinen Arten *Mesocyclops leuckarti* und *Acanthocyclops robustus* nur in den Jurarandseen vorkamen und dort im Neuenburgersee zu- und im Murtensee stark abnahmen.
- Die *Cladocera* zeigten generell eine abnehmende Entwicklung. *Daphnia* sp ging im Briener- und Murtensee stark und im Neuenburgersee leicht zurück. Die *Bosminiden* verschwanden im Thuner- und Murtensee weitgehend und zeigten im Bielersee einen starken Rückgang. Einzig *Diaphanosoma brachyurum* konnte im Brienersee einen „spektakulären“ Neustart beginnen und löste *Daphnia* sp. im Herbstplankton weitgehend ab. Bei den grossen Raubcladoceren blieben die Bestände von *Leptodora kindtii* mehr oder weniger stabil, während *Bytotrephes longimanus* im Brienersee verschwand, im Bielersee nur noch sporadisch auftrat und auch im Thunersee einen leichten Rückgang verzeichnete. Einzig im Neuenburgersee blieb der Bestand stabil.
- Die Gesamtabundanz des Crustaceenplanktons zeigte zwischen den 5 Seen deutliche Unterschiede:
  - Im Brienersee sanken die Jahresmittelwerte ab 1997 unter 200'000 Ind./m<sup>2</sup>, der Rückgang war insbesondere auf den Rückgang von *Daphnia* sp. ab 1999, aber auch auf die Schwankungen bei den *Calanoida* zurückzuführen.
  - Im Thunersee lagen die Jahresmittelwerte meistens über 200'000 Ind./m<sup>2</sup> und zeigten nur eine sehr leicht sinkende Tendenz.
  - Im Bielersee lagen die Jahresmittelwerte meistens zwischen 400'000 und 600'000 Ind./m<sup>2</sup> und wiesen sehr starke Schwankungen auf: Rückgänge 1999 und 2002. Auffallend waren die vielfältige Verteilung der Arten und die regelmässige Abfolge der Arten im Jahresverlauf. Der Neuenburgersee wies eine stabile hohe Abundanz auf (600'000 bis 800'000 Ind./m<sup>2</sup>) mit einem hohen Copepodenanteil auf.
  - Im Murtensee brach die extrem hohe Abundanz (bis über 1.4 Mio. Ind./m<sup>2</sup>) ab 2002 sehr deutlich ein. Die *Bosminidae* verschwanden weitgehend, *Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti* und *Daphnia* sp. gingen sehr stark zurück.

## 2.4 Résumé plancton de crustacés

- Le Laboratoire de protection des eaux et du sol du canton de Berne (GBL) analyse le plancton de crustacés des lacs de Bienne, de Thoune et de Brienz depuis 1994. Le plancton des lacs de Morat et de Neuchâtel est étudié avec une méthodologie commune au trois cantons depuis 1999 par les services de protection de l'environnement des cantons de Fribourg et de Neuchâtel. Les données sont introduites dans la base de données « Plancton » du GBL qui permet également leur exploitation.
- Le rapport présenté décrit le développement du plancton de crustacés pendant la période d'investigation de 1994, respectivement 1999 à 2007. Les résultats sont comparés à des observations antérieures.
- Dans les cinq lacs, treize espèces, resp. taxons forment la composition du plancton de crustacés soit :
  - Calanoida*: *Eudiaptomus gracilis*, *Mixodiaptomus laciniatus*;
  - Cyclopida*: *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater*, *Mesocyclops leuckarti*, *Acanthocyclops robustus*;
  - Cladocera*: *Daphnia* sp. (avec *D. hyalina*, *D. galeata*, *D. cucullata*), *Eubosmina* sp (avec *E. longispina*, *E. coregoni*), *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Leptodora kindtii*, *Bytotrephes longimanus*.
- Vingt-huit taxons supplémentaires ont été observés sporadiquement ou régulièrement dans un nombre restreint d'échantillons (voir Tab. 4.1.1).
- Les *Calanoida* avec *Eudiaptomus gracilis* et *Mixodiaptomus laciniatus* ont montré une évolution stable. Le seul fait marquant est le manque de *M. l.* dans le lac de Morat. *Cyclops vicinus*, espèce typiques des eaux eutrophes, est absent des lacs de Brienz et de Thoune et a fortement régressé dans les autres lacs. *C. abyssorum* est largement resté stable dans tous les lacs, alors que les petites espèces *Mesocyclops leuckarti* et *Acanthocyclops robustus* n'ont été présentes que dans les lacs subjurassiens où elles ont augmenté dans le lac de Neuchâtel et diminué fortement dans le lac de Morat.
- De manière générale, l'évolution des *Cladocères* (*Cladocera*) va en diminuant. Les *Daphnia* sp ont fortement reculé dans les lacs de Brienz et de Morat et légèrement dans le lac de Neuchâtel. Les *Bosminidés* ont quasiment disparu des lacs de Thoune et de Morat et ont fortement régressé dans le lac de Bienne. Seul *Diaphanosoma brachyurum* a réapparu de façon spectaculaire dans le lac de Brienz en prenant largement la place de *Daphnia* sp dans le plancton automnal.
 

En ce qui concerne les grands cladocères carnivores, les peuplements de *Leptodora kindtii* sont restés plus ou moins stables, tandis que *Bytotrephes longimanus* a disparu du lac de Brienz et n'est apparu que sporadiquement dans le lac de Bienne. Il accuse également un léger recul dans le lac de Thoune. Seul le lac de Neuchâtel heberge un peuplement resté stable.
- L'abondance globale du plancton de crustacés a montré des différences nettes entre les cinq lacs :
  - Dans le lac de Brienz, les moyennes annuelles ont chuté dès 1997 en dessous de 200'000 ind./m<sup>2</sup>, régression attribuée au recul des *Daphnia* sp. dès 1999, mais également aux fluctuations des *Calanoida*.
  - Dans le lac de Thoune, les moyennes annuelles se situent pour la plupart du temps en dessus de 200'000 ind./m<sup>2</sup> et n'ont montré qu'une faible tendance à la baisse.
  - Dans le lac de Bienne, les moyennes annuelles se situent en général entre 400'000 et 600'000 ind./m<sup>2</sup>, avec de fortes fluctuations : reculs en 1999 et 2002. La distribution variée des espèces et leur évolution saisonnière ont été frappantes.
  - Le lac de Neuchâtel accuse une abondance stable à un niveau élevé (600'000 à 800'000 ind./m<sup>2</sup>), avec une part importante de copépodes.
  - En 2002, l'abondance très élevée (jusqu'à 1.4 moi d'ind./m<sup>2</sup>) a été en chute libre dans le lac de Morat. Les *Bosminidés* ont pratiquement disparu, *Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti* et *Daphnia* sp, ont fortement diminué.

### 3. Kenndaten der Seen / *Données caractéristiques des lacs*

	<b>Brienzersee BRZ</b>	<b>Thunersee THU</b>	<b>Lac de Morat MUR</b>	<b>Lac de Neuchâtel NEU</b>	<b>Bielersee BIE</b>	
Höhe des Seespiegels [m.ü.M.]	564	558	429	429	429	Niveau du lac [m s. m.]
Seefläche [km <sup>2</sup> ]	29.8	47.7	22.7	214.97	37.8	Surface de l'eau [km <sup>2</sup> ]
Maximale Seetiefe [m]	259	217	45	153	74	Profondeur maximale [m]
Mittlere Seetiefe [m]	172	136	23	64	29	Profondeur moyenne [m]
Volumen [10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> ]	5.15	6.42	0.531	13.9	1.12	Volume [10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> ]
Therotische mittlere Wassererneuerungszeit [Jahre]	2.7	1.9	1.54	8.2	54 Tage/jours	Temps théorique moyen de renouvellement de l'eau [années]
Einzugsgebietsfläche (EZG) [km <sup>2</sup> ]	1'134	2451	697	1941	1987	Surface du bassin versant (BV) [km <sup>2</sup> ]
Aufsummierte Einzugsgebietsfläche [km <sup>2</sup> ]	1'134	3'585	697	2'638	8'210	Somme des sous-bassins [km <sup>2</sup> ]
Anzahl ARAs im EzG	11	9	40	97	62	Nombre de STEP dans le BV
Anzahl direkt einleitende ARAs	5	3	2	13	5	Nombre de STEP déversant directement
Anzahl angeschlossene Einwohner	19'900	45'700	73'500	211'330	582'000	Nombre d'habitants raccordés
<b>Nutzung des EzG</b> 						<b>Utilisation BV</b> 

Quellen / sources: Liechti (1994), GBL (2003), [www.die3seen.ch/www.les3lacs.ch](http://www.die3seen.ch/www.les3lacs.ch)

## 4. Chemische Untersuchungen

Zusätzlich zu den Untersuchungen des Planktons wurden monatliche CTD-Profile gefahren und mindestens während der Winterzirkulation und am Ende der Sommerstagnation verschiedene chemische Parameter analysiert. Hier spielen vor allem Sauerstoff, Phosphor, Stickstoffverbindungen sowie Chlorid als Indikatoren für eine anthropogene Belastung eine wichtige Rolle.

### Temperatur, Sauerstoff

In den fünf Seen werden seit 1999 monatlich hochauflösende CTD-Profile (Leitfähigkeit, Temperatur, pH, Sauerstoff und Transmission) aufgezeichnet (Seabird SBE-19). Die Daten erlauben Aussagen über die Produktions- und Abbauverhältnisse von Biomasse sowie die Zirkulationsvorgänge der Seen. Brienzer- und Thunersee zirkulieren auf Grund ihrer grossen Tiefe nicht jedes Jahr vollständig und sind meromiktisch während der ebenfalls tiefe Neuenburgersee jährlich einmal vollständig durchmischt und als holomiktisch bzw. warm-monomiktisch bezeichnet wird. Im Murten- und Bielersee fallen die Sauerstoffkonzentrationen im Hypolimnion (im Bielersee nur im tiefen Hypolimnion) in der zweiten Jahreshälfte regelmässig unter die gesetzlich vorgeschriebenen 4 mg pro Liter. Beide Seen zirkulieren jedes Jahr vollständig und sind dimiktisch. Detaillierte Tiefenprofile werden monatlich im Internet publiziert ([www.die3seen.ch](http://www.die3seen.ch), [www.les3lacs.ch](http://www.les3lacs.ch), [www.be.ch/awa/](http://www.be.ch/awa/) > Gewässerqualität).

### Phosphor und Stickstoff

Mit dem Verbot von Phosphat in Waschmitteln im Jahre 1986 hat der P-Eintrag in die Gewässer stark abgenommen. Durch den Bau von Kläranlagen und anderen Fortschritten in der Siedlungsentwässerung sowie Optimierungsprozesse in der landwirtschaftlichen Düngepraxis sind die P-Konzentrationen weiter zurückgegangen. Da Phosphor als Minimumfaktor das Algenwachstum beschränkt, hat dieser Rückgang auch Auswirkungen auf die Primärproduktion.

Stickstoffverbindungen kommen in verschiedenen Oxidationsstufen vor (Ammonium, Nitrit, Nitrat), sind in Wasser leicht löslich und unterliegen einem natürlichen Kreislauf (Nitrifikation, Denitrifikation). Cyanobakterien können elementaren Stickstoff fixieren, anderen Phytoplanktongruppen fehlt diese Möglichkeit. Diese beziehen die Stickstoffverbindungen aus terrestrischen Quellen oder seeinternen Kreisläufen.

### Chlorid

Chlorid nimmt weder an natürlichen Prozessen noch an chemischen Reaktionen im See teil und hat damit keinen direkten Zusammenhang mit dem Planktonwachstum. Als anthropogen häufig eingesetzte Substanz ist die langfristige Entwicklung der Chloridkonzentration in den Seen jedoch ein guter Indikator für die anthropogene Belastung des Ökosystems.

### Andere Substanzen

Verschiedene andere Stoffe wie DOC, TOC, Calcium, Kalium, Magnesium, Natrium, Silizium Eisen, Schwermetalle, Pestizide und andere Mikroverunreinigungen werden in regelmässigen oder unregelmässigen Intervallen ebenfalls analysiert, in dieser Arbeit aber nicht weiter berücksichtigt.

## 4. Analyses chimiques

En complément des examens du plancton, des profils CTD mensuels ont été réalisés et différents paramètres chimiques analysés au moins pendant la période de circulation hivernale et à la fin de la période de stagnation estivale. C'est avant tout l'oxygène, le phosphore et les composés azotés, ainsi que les chlorures comme indicateur de la charge anthropogène qui jouent un rôle important.

### Température, oxygène

A partir de 1999, des profils CTD mensuels de conductivité électrique, de température, de pH, d'oxygène et de transmission ont été enregistrés avec une résolution élevée dans les 5 lacs (Seabird SBE-19). Les données permettent d'interpréter des processus de circulation de l'eau des lacs ainsi que de production et de décomposition de la biomasse. A cause de leur grande profondeur, les lacs de Brienz et de Thoue ne circulent pas complètement toutes les années, ils sont méromictiques alors que le lac de Neuchâtel, également profond, circule chaque année complètement et doit être considéré comme holomictique, plus précisément monomictique chaud. Dans les lacs de Morat et de Biemme, les concentrations en oxygène descendent dans l'hypolimnion (dans le lac de Biemme dans l'hypolimnion profond) pendant la deuxième moitié de l'année en dessous de la limite légale de 4 mg O<sub>2</sub>/l. Les deux lacs circulent complètement toutes les années et sont dimictiques. Les profils détaillés sont publiés chaque mois sur Internet ([www.les3lacs.ch](http://www.les3lacs.ch), [www.die3seen.ch](http://www.die3seen.ch), [www.be.ch/awa](http://www.be.ch/awa) > Qualité des eaux).

### Phosphore et Azote

Avec l'interdiction du phosphore dans les produits de lessives en 1986, l'apport en phosphore dans les eaux a fortement diminué. La construction des stations d'épuration et d'autres progrès dans l'évacuation des eaux urbaines ainsi que l'optimisation des pratiques de fertilisation dans l'agriculture ont également contribué à la baisse de la concentration en phosphore. Puisque le phosphore est l'élément limitant la croissance des algues, cette baisse a des répercussions sur la production primaire.

Les composés azotés, présents sous différents stades d'oxydation (ammonium, nitrite, nitrate), sont très solubles dans l'eau et sont soumis au cycle naturel de transformation (nitrification, dénitrification). Les cyanobactéries sont capables de fixer l'azote élémentaire de l'air, faculté qui manque aux autres groupes d'algues. Ceux-ci recouvrent leur besoin en azote grâce aux sources terrestres ou aux cycles internes du lac.

### Chlorures

Les chlorures ne participent ni à des processus naturels, ni à des réactions chimiques dans le lac et de ce fait n'ont pas de lien direct avec le développement d'algues. Néanmoins, en tant que substance chimique largement utilisée, l'évolution de leur concentration dans le lac représente un bon indicateur de la charge anthropogène pesant sur l'écosystème.

### Autres substances

Beaucoup d'autres substances tel le DOC, TOC, le calcium, le potassium, le magnésium, le sodium, la silice, le fer, des métaux lourds, des pesticides et d'autres micro-polluants sont également analysés régulièrement ou selon besoin, mais ne sont pas pris en considération dans ce rapport.

## BRIENZERSEE

### 4.1 Entwicklung des Nährstoff-, Chlorid- und Sauerstoffgehaltes für die Periode 1982-2007

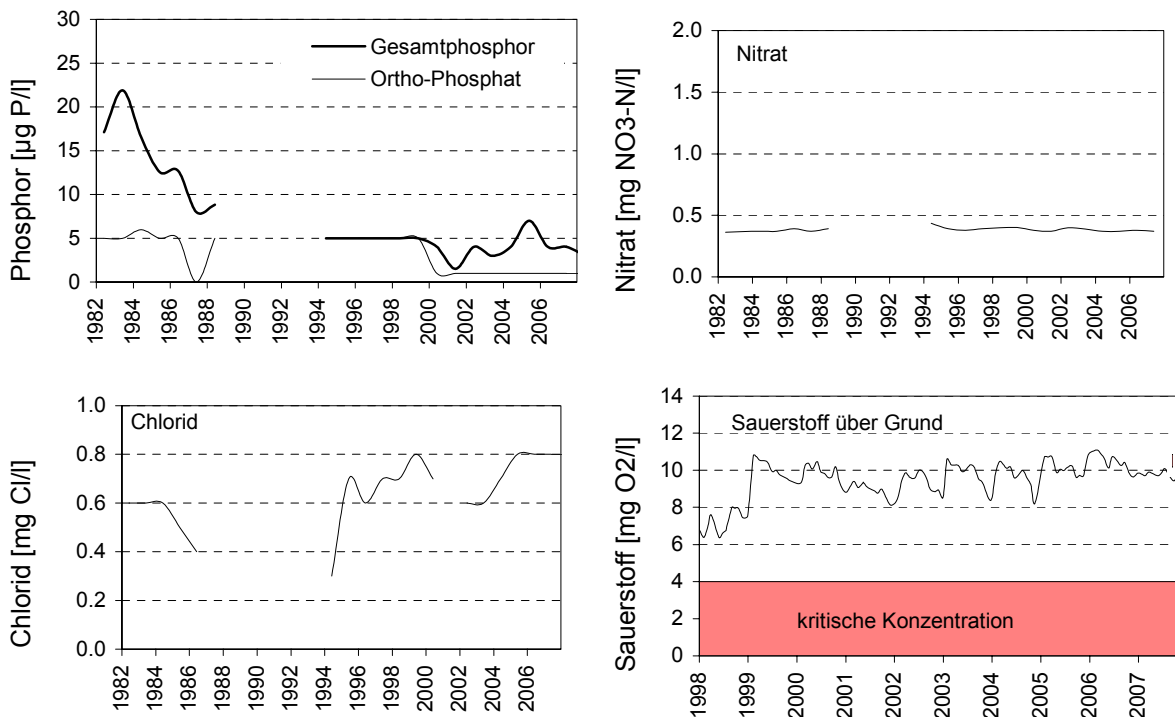


Abb. 4.1: Monatsmittelwerte am Ende der Zirkulationsphase für Nährstoff- und Chloridgehalte und monatliche in situ (254 m) gemessene Sauerstoffwerte.

#### Phosphor

Die Konzentrationen von Ortho-Phosphat und Gesamtphosphor waren schon zu Beginn der Beobachtungsperiode sehr gering und sind seither noch gefallen. Seit 2007 liegt der Ortho-Phosphatwert bei der Nachweisgrenze (1 µg P/l) und der Gesamtphosphor pendelt um 5 µg P/l, was etwa dem natürlichen und diffusen Phosphoreintrag entspricht.

#### Stickstoff

Die Nitratwerte entwickeln sich während der Beobachtungsperiode nicht und befinden sich auf einem sehr tiefen Niveau, ein Spiegel des weitgehend natürlichen Einzugsgebietes. Das Qualitätsziel von 5.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l, das vor allem im Hinblick auf die Verwendung des Seewassers zu Trinkwasserzwecken festgelegt wurde, ist eingehalten.

#### Chlorid

Die Chloridgehalte zeigen über die Beobachtungsphase einen leichten Anstieg von ca. 0.2 mg Cl/l.

#### Sauerstoff

Der jahreszeitliche Verlauf der Sauerstoffwerte über Grund ist nicht so ausgeprägt wie in den Jurarandseen. Die Sauerstoffversorgung ist zu jeder Zeit garantiert.

## THUNERSEE

### 4.2 Entwicklung des Nährstoff-, Chlorid- und Sauerstoffgehaltes für die Periode 1982-2007

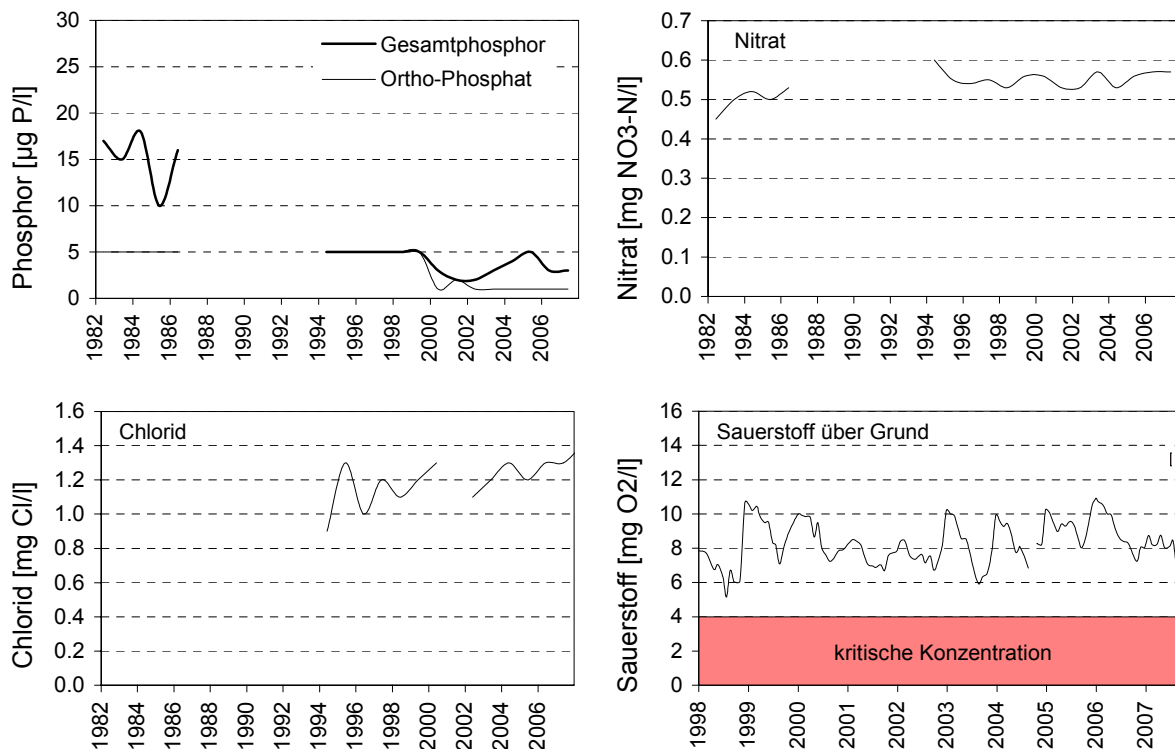


Abb. 4.2: Monatsmittelwerte am Ende der Zirkulationsphase für Nährstoff- und Chloridgehalte und monatliche in situ (212 m) gemessene Sauerstoffwerte.

#### Phosphor

Der Thunersee weist sehr geringe Phosphorkonzentrationen auf. Weder Ortho-Phosphat noch Gesamtphosphor stellen ein Problem dar. Gegen Ende der Beobachtungsphase erreichen die Ortho-Phosphatwerte die Nachweisgrenze.

#### Stickstoff

Die Nitratwerte sind im Thunersee nur gering höher als im Brienersee. Das Qualitätsziel von 5.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l, das vor allem im Hinblick auf die Verwendung des Seewassers zu Trinkwasserzwecken festgelegt wurde, ist problemlos eingehalten.

#### Chlorid

Im Thunersee sind die Chloridwerte leicht höher als im Brienersee. Eintragsquellen sind primär Kläranlagen und Streusalzeinsatz im Winter. Die anthropogene Belastung ist aber gering.

#### Sauerstoff

Die gemessenen Monatswerte über Grund zeigen ein saisonales Verhalten. Die in der GSchV formulierte Anforderung von 4 mg O<sub>2</sub>/l wird nie unterschritten.



## MURTENSEE

### 4.3 Entwicklung des Nährstoff-, Chlorid- und Sauerstoffgehaltes für die Periode 1982-2007

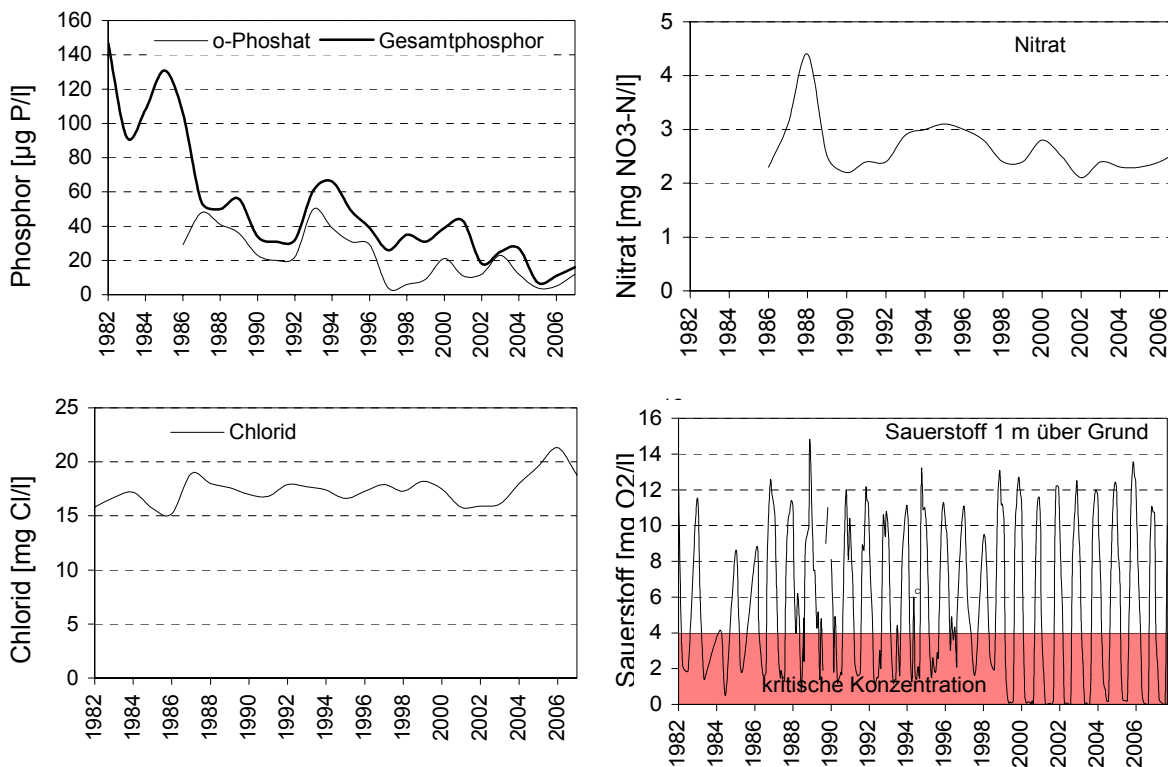


Abb. 4.3: Monatsmittelwerte am Ende der Zirkulationsphase für Nährstoff- und Chloridgehalte und monatliche in situ (43 m) gemessene Sauerstoffwerte.

#### Phosphor

Der Murtensee weist die höchsten Phosphorkonzentrationen aller fünf untersuchten Seen auf. Die Gehalte an Ortho-Phosphat und Gesamtphosphor sinken ab 1982 kontinuierlich bis 1992, gefolgt von einem vorübergehenden Anstieg zwischen 1992 und 1994. Seit 2005 liegen die Konzentrationen unterhalb von 20 µg P/l.

#### Stickstoff

Die Nitratwerte fluktuieren zwischen 2 und 3 mg NO<sub>3</sub>-N/l, ausgenommen im Jahr 1988, wo 4.4 mg NO<sub>3</sub>-N/l gemessen wurden. Alle gemessenen Werte liegen unter dem Qualitätsziel von 5.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l, das vor allem im Hinblick auf die Verwendung des Seewassers zu Trinkwasserzwecken festgelegt wurde.

#### Chlorid

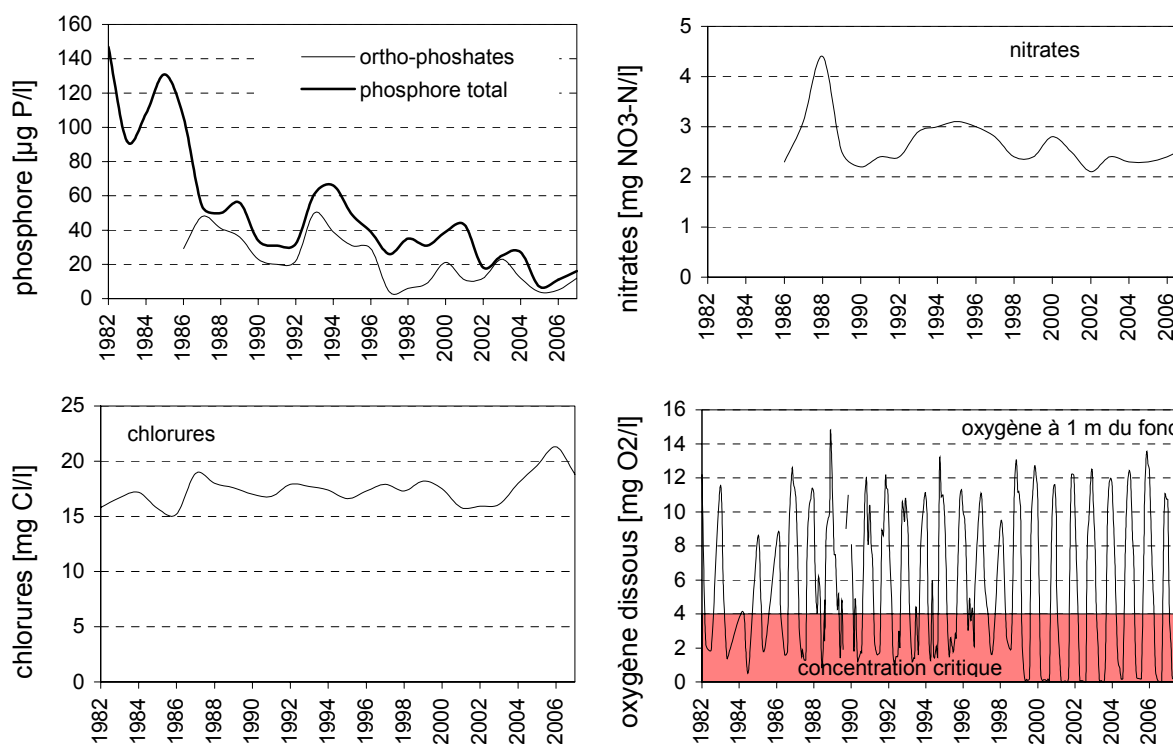
Die Chloridwerte haben während der Untersuchungsperiode von 15 auf 21.3 mg Cl/l im Jahr 2006 zugenommen, ein deutliches Anzeichen für die anthropogene Belastung

#### Sauerstoff

Die gemessenen Monatswerte haben eine sehr grosse Spannweite, von Sauerstoffübersättigung im Frühling bis zu anaeroben Verhältnissen im Herbst. Ab Mai oder Juni wird die Anforderung von 4 mg/l regelmässig bis zur Vollzirkulation im Winter nicht erfüllt.

## LAC DE MORAT

### 4.4 Evolution des concentrations en éléments nutritifs, en chlorures et en oxygène dissous pour la période 1982-2007.



Graphique 4.4: moyennes mensuelles pondérées à la fin de la période de circulation pour le phosphore, les nitrates et les chlorures, concentrations mensuelles en oxygène dissous mesurées à 43 m.

#### Phosphore

Le lac de Morat accuse les concentrations les plus élevées en phosphore des cinq lacs observés. Les teneurs en ortho-phosphate et en phosphore total diminuent de façon spectaculaire après 1982 jusqu'en 1992, suivies d'une augmentation passagère entre 1992 et 1994. Depuis 2005, les concentrations sont inférieures à 20 µg P/l.

#### Azote

Les teneurs en nitrates fluctuent entre 2 et 3 mg N/l, sauf pour l'année 1988 où 4.4 mg NO<sub>3</sub>-N/l ont été mesurés. Toutes les valeurs se situent en dessous de l'objectif de qualité de 5.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l fixé avant tout pour l'utilisation de l'eau comme eau potable.

#### Chlorures

Les concentrations en chlorures ont augmenté pendant la période d'observation de 15 mg à 21.3 mg Cl/l en 2006, un indice clair pour la pression anthropogène.

#### Oxygène

Les valeurs mensuelles mesurées ont une très grande amplitude et vont de la sursaturation au printemps jusqu'à l'anaérobiose en automne, avec des conséquences néfastes pour la vie aquatique. L'exigence de 4 mg/l est régulièrement outrepassée à partir du mois de mai ou juin jusqu'à la circulation hivernale.

## NEUENBURGERSEE

### 4.5 Entwicklung des Nährstoff-, Chlorid- und Sauerstoffgehaltes für die Periode 1982-2007

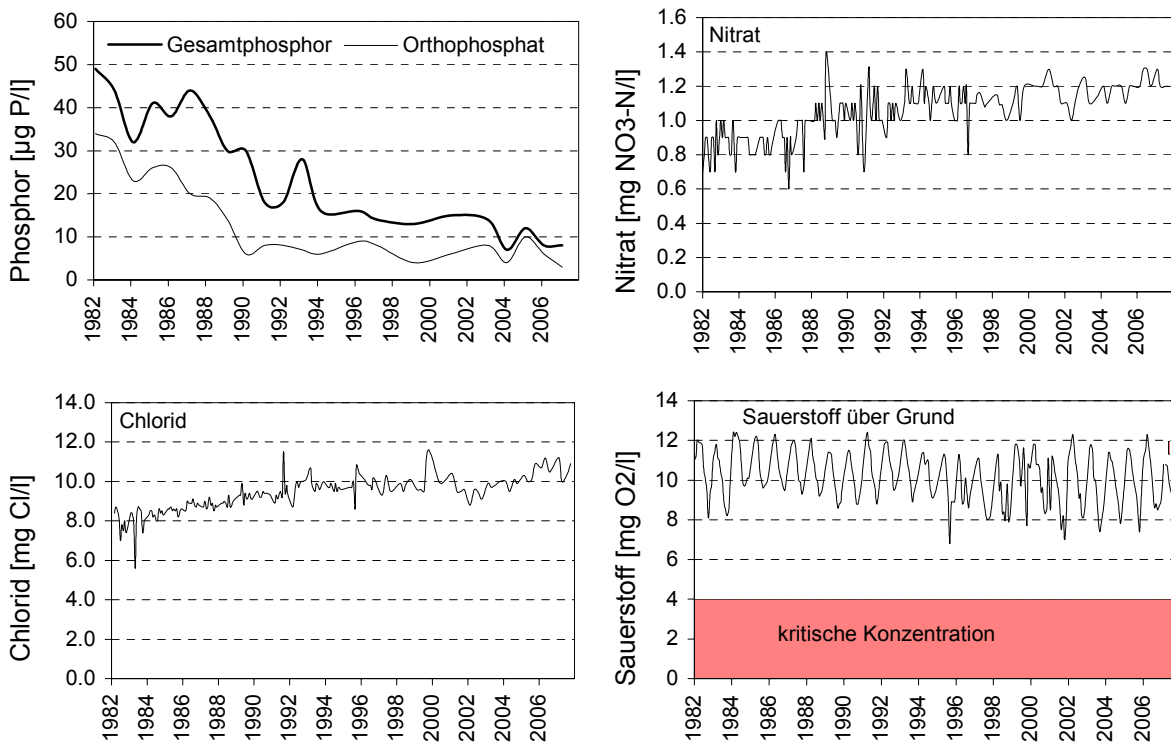


Abb. 4.5: Monatsmittelwerte am Ende der Zirkulationsphase für Nährstoff- und Chloridgehalte und monatliche in situ (150 m) gemessene Sauerstoffwerte.

#### Phosphor

Der Gehalt an Gesamtphosphor und Ortho-Phosphat nimmt seit 1982 stetig ab. Die Abnahme ist besonders ausgeprägt nach 1986, was auf das Inkrafttreten des Phosphatverbotes zurückzuführen ist. Nach 1996 nehmen die Werte weniger stark ab, die Kurve verflacht sich. Seit 1994 liegen die Konzentrationen unterhalb von 20 µg P/l.

#### Stickstoff

Der Nitratstickstoff verzeichnet über die 15 Untersuchungsjahre eine kontinuierliche Zunahme, ein deutliches Zeichen für den anthropogenen Druck, der auf dem Ökosystem lastet. Die gemessenen Werte liegen weit unter dem Qualitätsziel, das vor allem im Hinblick auf die Verwendung des Seewassers zu Trinkwasserzwecken festgelegt wurde.

#### Chlorid

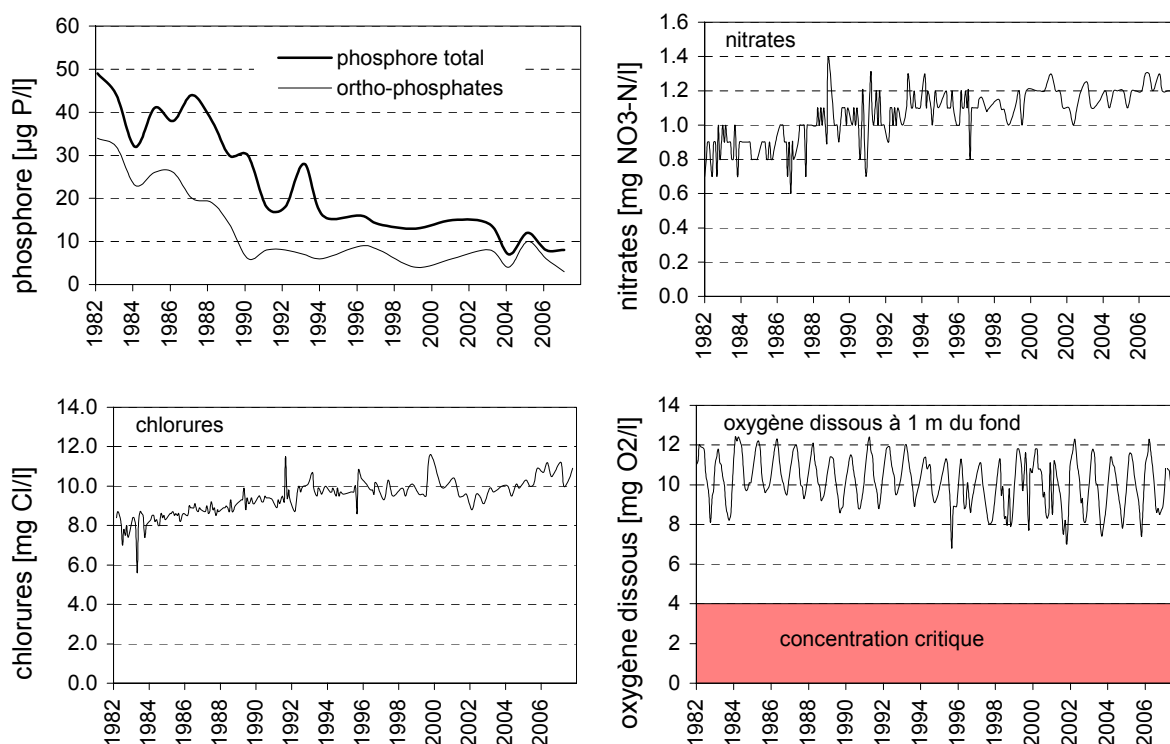
Die Konzentrationen sind während der Untersuchungsdauer von 8 mg/l auf 11 mg angestiegen. Verglichen mit den in den 50er-Jahren gemessenen Werten (Sollberger 1974), stellt man fast eine Verdreifachung der Konzentration fest.

#### Sauerstoff

Die gemessenen Werte widerspiegeln die saisonale Entwicklung: Sättigung Ende Winter und kontinuierliche Abnahme bis zur nächsten Winterzirkulation. Die Sauerstoffversorgung über Grund ist aber ausgezeichnet. Die Anforderung von 4 mg/l wurde nie unterschritten.

## LAC DE NEUCHÂTEL

### 4.6 Evolution des concentrations en éléments nutritifs, en chlorures et en oxygène dissous pour la période 1982-2007.



Graphique 4.6: moyennes mensuelles pondérées à la fin de la période de circulation pour le phosphore, les nitrates et les chlorures, concentrations mensuelles en oxygène dissous mesurées à 150 m.

#### Phosphore

Dès 1982, les concentrations en phosphore total et en ortho-phosphates diminuent continuellement. La baisse est plus prononcée après 1986, date de la mise en vigueur de l'interdiction des phosphates dans les lessives, pour s'aplatir à partir de 1996. Depuis 1994, les concentrations sont inférieures à 20 µg P/l.

#### Azote

Pendant les 15 années d'observation, les nitrates n'ont pas cessés d'augmenter, un signe clair de la pression anthropogène qui pèse sur l'écosystème. Les valeurs mesurées se situent nettement en dessous de l'objectif de qualité de 5.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l fixé en vue d'une utilisation de l'eau du lac à des fins d'eau potable.

#### Chlorures

Pendant la période de mesure, la concentration en chlorures a augmenté de 8 mg Cl/l à 11 mg Cl/l. Comparé aux valeurs mesurées dans les années 1950 (Sollberger 1974), cela correspond presque à un triplement de la concentration en chlorures.

#### Oxygène dissous

Les valeurs mesurées reflètent l'évolution saisonnière: saturation de l'eau en oxygène à la fin de l'hiver et diminution du taux d'oxygène jusqu'à la fin de la période de stagnation en automne. L'approvisionnement en oxygène des couches profondes est excellent. Le seuil de 4 mg O<sub>2</sub>/l étant l'objectif de qualité n'a jamais été franchi.

## BIELERSEE

### 4.7 Entwicklung des Nährstoff-, Chlorid- und Sauerstoffgehaltes für die Periode 1982-2007

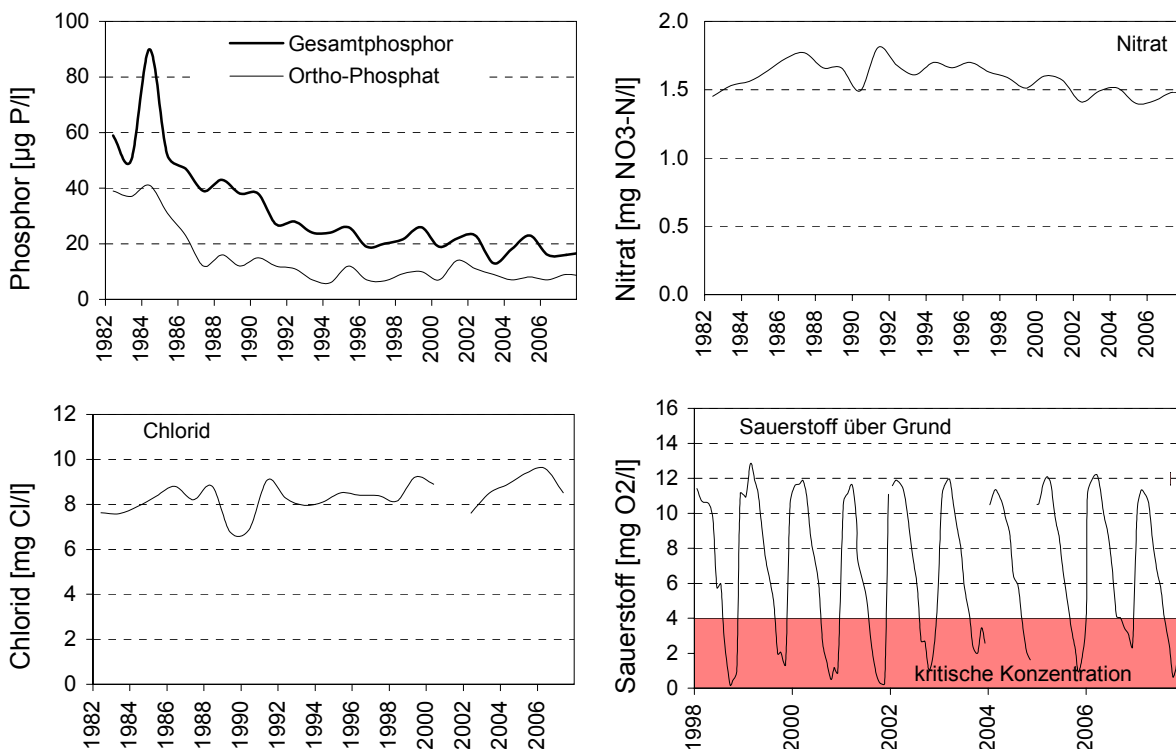


Abb. 4.7: Monatsmittelwerte am Ende der Zirkulationsphase für Nährstoff- und Chloridgehalte und monatliche in situ (71 m) gemessene Sauerstoffwerte.

#### Phosphor

Der Gehalt an Gesamtphosphor erreicht im Frühjahr 1984 noch ein Maximum und fällt ab diesem Zeitpunkt stetig ab. Dieselbe Aussage trifft auch für Ortho-Phosphat zu. Seit 2002 schwanken die Gesamtphosphor-Konzentrationen zwischen 13 und 23 µg P/l.

#### Stickstoff

Nach einem Anstieg der Nitratkonzentration bis 1991 auf 1.8 mg NO<sub>3</sub>-N/l sanken diese wieder stetig bis auf 1.5 mg NO<sub>3</sub>-N/l. Die gemessenen Werte liegen weit unter dem Qualitätsziel, das vor allem im Hinblick auf die Verwendung des Seewassers zu Trinkwasserzwecken festgelegt wurde.

#### Chlorid

Der Anstieg der Chloridkonzentration fällt weniger hoch aus als im Neuenburgersee. Das Maximum wird mit 9.6 mg Cl/l im Jahr 2006 erreicht.

#### Sauerstoff

Beim Sauerstoff nimmt der Bielersee eine intermediäre Position zwischen Murten- und Neuenburgersee ein. Die gemessenen Werte widerspiegeln ebenfalls die saisonale Entwicklung: Sättigung Ende Winter und kontinuierliche Abnahme bis zum Ende der Stagnationsphase. Die Anforderung von 4 mg/l wird jeden Herbst unterschritten.

## 5. Phytoplankton

### 5.1 Datengrundlagen Phytoplankton

Für den vorliegenden Bericht wurden die folgenden Daten ausgewertet:

See	Zeitperiode	Proben	Bearbeitung
Brienzersee	1994-2007	monatliche Mischproben 0-20 m	GBL Bern, Zbären/Guthruf
Thunersee	1994 und 1995	Februar und Oktober: je 1 Mischprobe 0-20 m	GBL Bern, Zbären
	1996-2007	monatliche Mischproben 0-20 m	GBL Bern, Zbären/Guthruf
Bielersee	1973-1988	monatliche Mischproben 0-10 m nur Gruppen, keine Einzeltaxa	Uni Bern, Zbären
	1994-1998	monatliche Mischproben 0-10 m	GBL Bern, Zbären
	1999-2007	monatliche Mischproben 0-15 m	GBL Bern, Zbären/Guthruf
Murtensee	1999-2007	monatliche Mischproben 0-15 m	GBL Bern, Zbären/Guthruf
Neuenburgersee	1999-2007	monatliche Mischproben 0-20 m	PhycoEco, Straub

Die Proben wurden jeweils an der tiefsten Stelle des Sees als summierende Mischprobe mit einer Schröderflasche entnommen. Die Proben der Uni Bern und des GBL wurden in Lugol-Lösung nach Utermöhl (1958) und Lugol-Lösung nach Vollenweider (1974) konserviert. Die Proben des Neuenburgersees wurden für die Zählung in Lugol nach Utermöhl und für spezielle Bestimmungen in Formalin konserviert. Zusätzlich wurden manchmal Kieselalgen-Dauerpräparate hergestellt.

Die Bestimmung und Auszählung erfolgte mit Umkehrmikroskopen. Bis 1988 (Bielersee) wurde mit der Streifenmethode ausgezählt, ab 1994 mit je nach Vergrößerung unterschiedlicher Anzahl von Gesichtsfeldern. Für den Neuenburgersee erfolgte ab 1999 die Auszählung ebenfalls mit je nach Vergrößerung unterschiedlicher Anzahl von Gesichtsfeldern.

Alle obigen Daten werden am GBL Bern in der Plankton-Datenbank bewirtschaftet, welche auch den Kantonen NE und FR zur Verfügung steht.

Von allen 5 Seen existieren einzelnen Datensätze aus früheren Jahren. Diese wurden für den vorliegenden Bericht jedoch nicht beigezogen. Dies aus unterschiedlichen Gründen:

- Probenahmestelle unbekannt oder nicht identisch mit heute (z.T. Seeauslaufproben)
- Netzproben statt Wasser-Mischproben
- Bestimmung und Auszählung durch Personen, welche nicht identisch mit heutigen Fachpersonen sind
- Auszählmethode nicht im Detail bekannt
- Taxaliste nicht oder ungenügend vergleichbar mit aktueller Liste
- Daten nicht in digitaler Form vorhanden

## 5.2 Resultate Phytoplankton

### 5.2.1 Entwicklung der Gesamtbiomasse

Die Jahresverläufe folgen in allen fünf Seen demselben Schema. Nach einer sehr geringen Biomasse im Winter folgt eine Zunahme im Fröhsommer bis Sommer mit einer Abnahme im Herbst. In manchen Jahren und Seen finden sich mehrere Zunahmen und Abnahmen, in anderen nicht. Auffallend sind die grossen Differenzen der maximal gefundenen Biomassen im Sommer zu den Winterbiomassen im Murten-, Neuenburger- und Bielersee. Briener- und Thunersee weisen ähnliche Biomassen im Winter auf wie die anderen drei Seen, erreichen im Sommer aber maximal das 25-fache, während der Murtensee mehr als das 90-fache erreicht (Abb. 5.2.1a bis 5.2.1f)

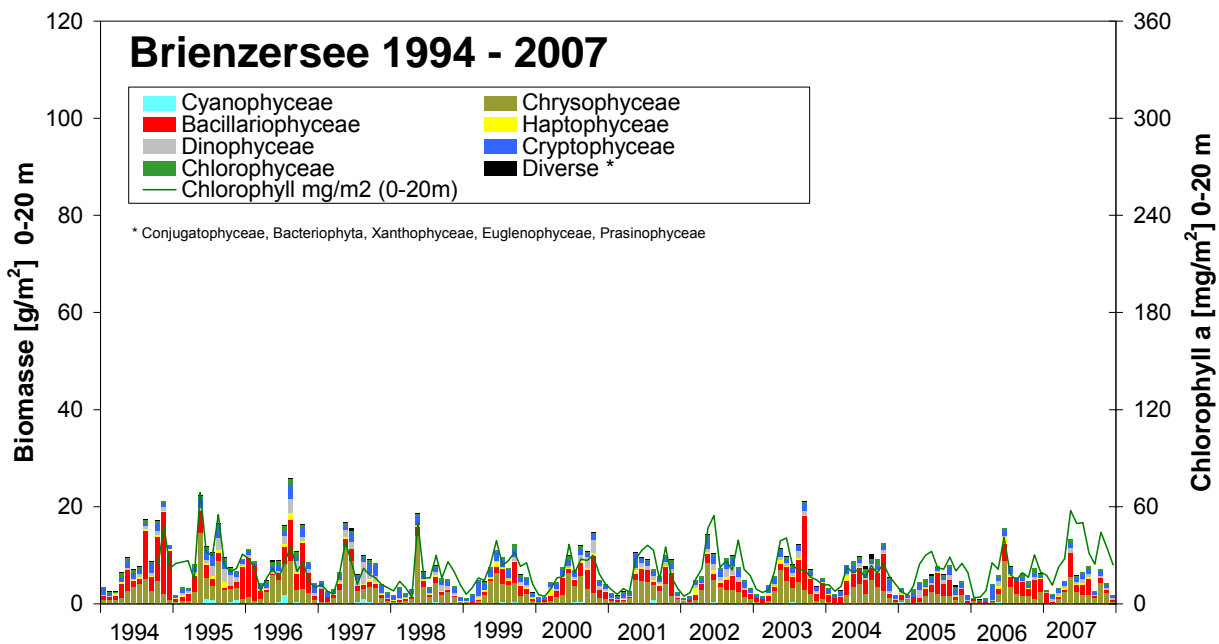


Abb. 5.2.1a: Gesamtbiomasse des Brienersees 1994 bis 2007.

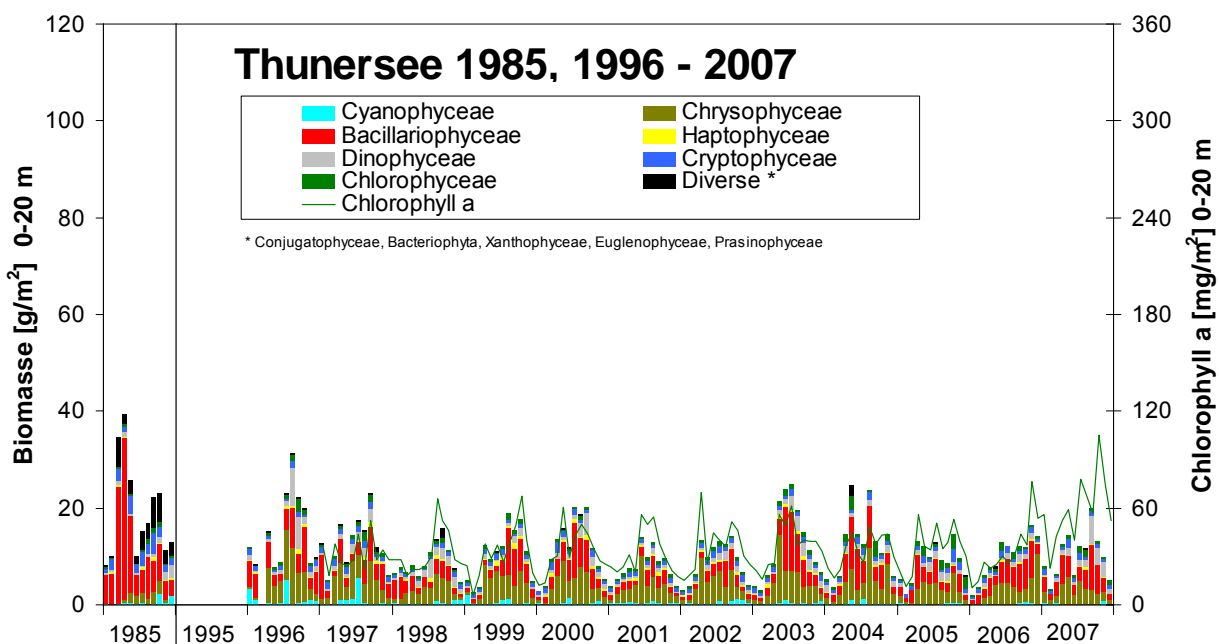


Abb. 5.2.1b: Gesamtbiomasse des Thunersees 1985, 1996 bis 2007.

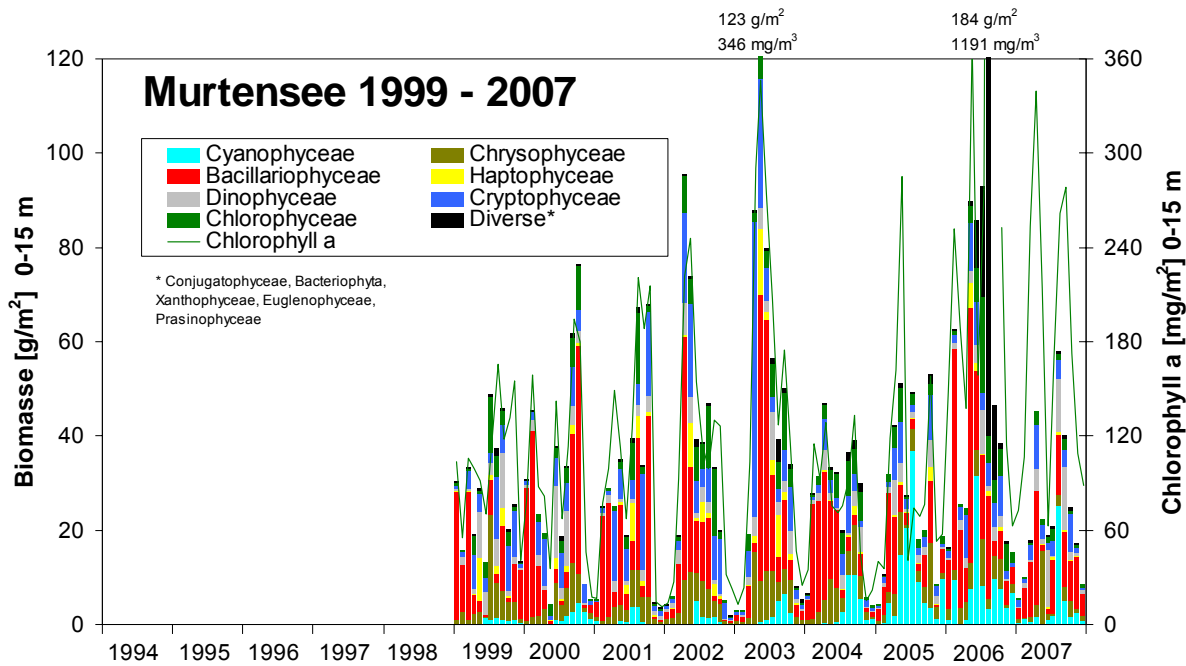


Abb. 5.2.1a: Gesamtbiomasse des Murtensees 1999 bis 2007.

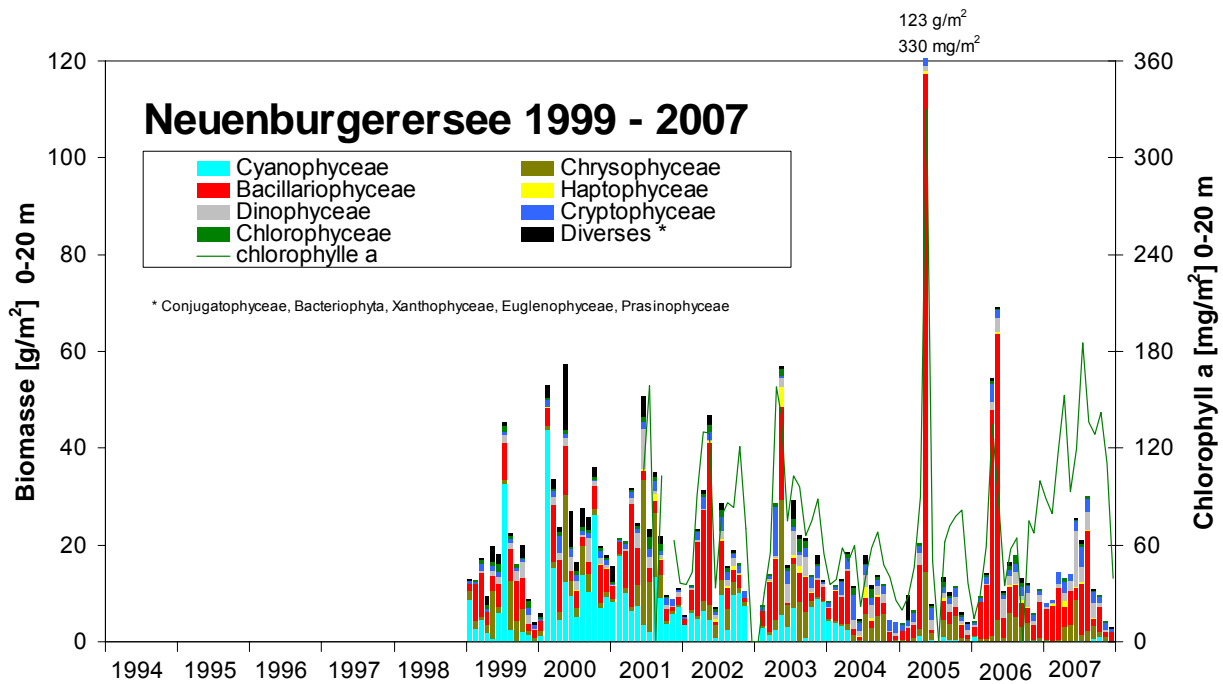


Abb. 5.2.1a: Gesamtbiomasse des Neuenburgersees 1999 bis 2007.



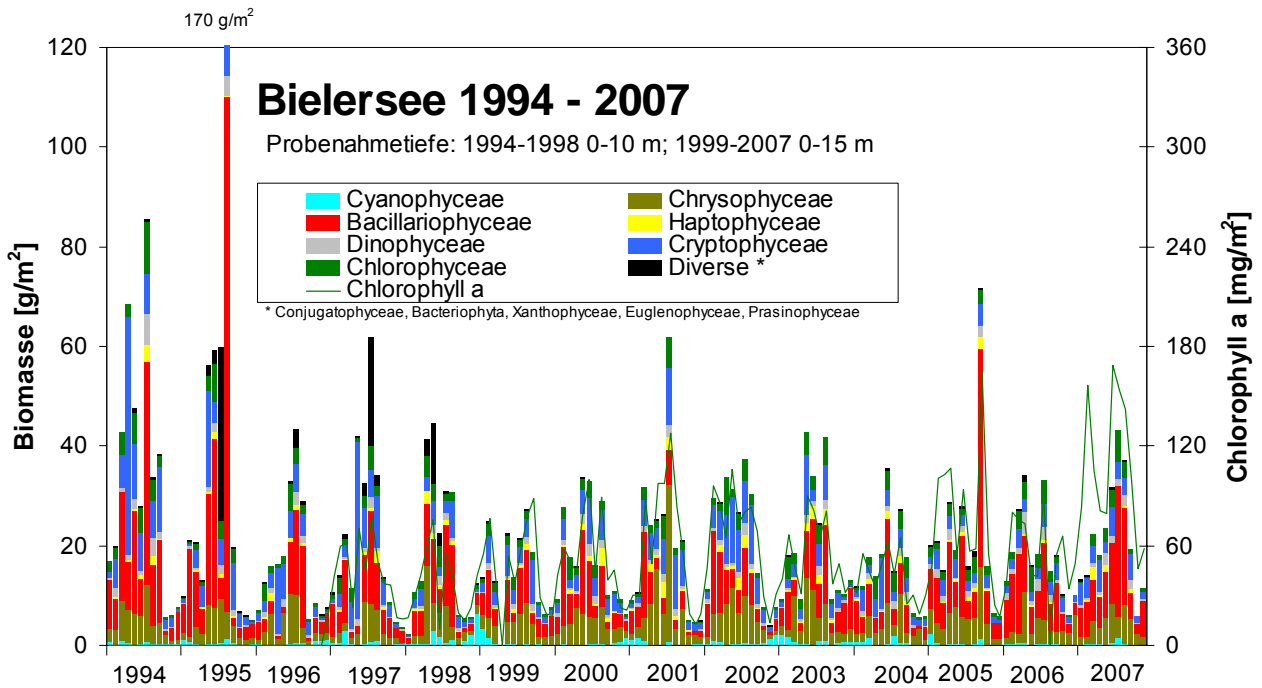


Abb. 5.2.1a: Gesamtbiomasse des Bielersees 1994 bis 2007.

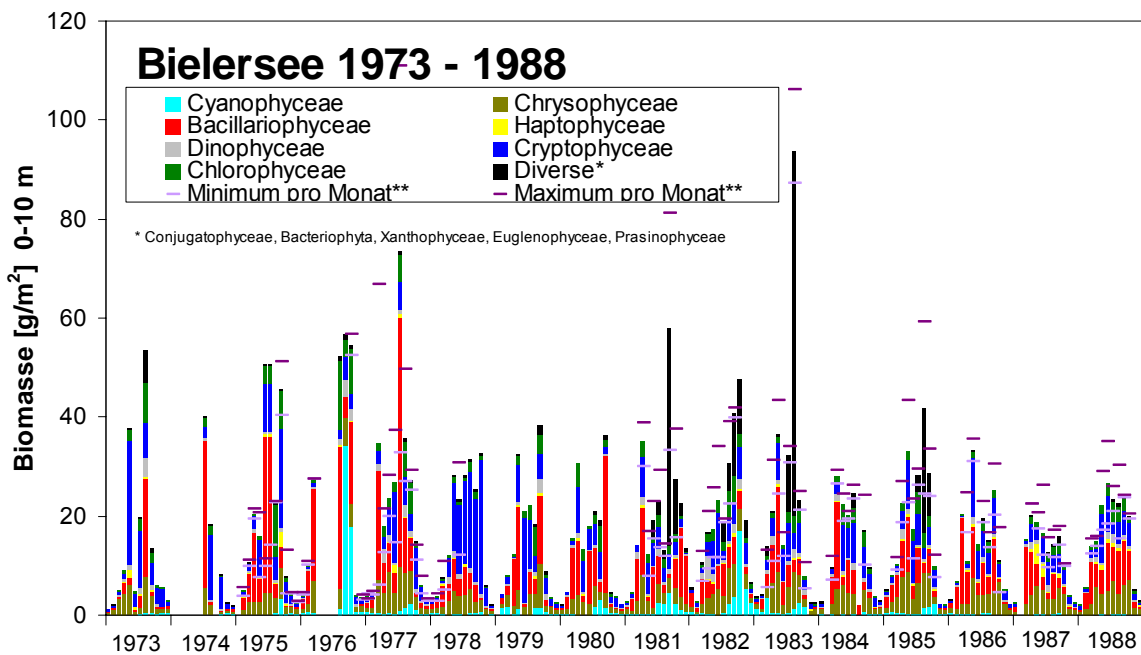


Abb. 5.2.1a: Gesamtbiomasse des Bielersees 1973 bis 1988.

## 5.2.2 Algengruppen (prozentualer Anteil)

### 5.2.2.1 Dominanzverhältnisse

Die folgenden Algengruppen zusammen erreichen in den fünf Seen über 95% der Algenbiomasse: Blaualgen (*Cyanophyceae*), Goldalgen (*Chrysophyceae*), Kieselalgen (*Bacillariophyceae*), Kalkalgen (*Haptophyceae*), Panzerflagellaten (*Dinophyceae*), Schlundalgen (*Cryptophyceae*) und Grünalgen (*Chlorophyceae*). Weniger häufig finden sich Vertreter folgender Gruppen: Jochalgen (*Conjugatophyceae*), Bakterien (*Bacteriophyta*), Gelbgrünalgen (*Xantophyceae*), Augenflagellaten (*Euglenophyceae*) und Lauchgrünalgen (*Prasinophyceae*).

Über den ganzen Untersuchungszeitraum tragen die *Bacillariophyceen* in den Seelandseen am meisten zur Biomasse bei. Im Briener- und Thunersee sind es hingegen die *Chrysophyceen* gefolgt von den *Bacillariophyceen*. Im Murtensee (99-07) und Bielersee (73-88) ist die zweitwichtigste Gruppe diejenige der *Cryptophyceen*. Im Neuenburgersee bilden die *Cyanophyceen* die zweitwichtigste Gruppe. Bis in den Winter 03/04 dominierte die Blaualge *Planktothrix rubescens* diese Gruppe jeweils völlig in den Wintermonaten und verschwand anschliessend fast vollständig (Tab. 5.2.2.1).

**Tabelle 5.2.2.1 Die wichtigsten Algengruppen und ihr prozentualer Anteil an der Gesamtbio­masse (aufsummiert über die Untersuchungsperioden).**

<b>Biomasse[g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>BRZ</b>	<b>THU</b>	<b>MUR</b>	<b>NEU</b>	<b>BIE</b>	<b>BIE</b>
<b>Periode</b>	<b>1994-2007</b>	<b>1996-2007</b>	<b>1999-2007</b>	<b>1999-2007</b>	<b>1973 -1988</b>	<b>1994 - 2007</b>
Cyanophyceae	28.05	71.86	335.93	454.39	174.43	90.63
Chrysophyceae	406.23	531.96	435.83	330.13	551.17	725.44
Bacillariophyceae	355.08	495.73	1264.81	759.77	923.63	1328.93
Haptophyceae	41.92	40.71	112.11	21.91	37.63	90.09
Dinophyceae	96.20	163.94	283.63	149.98	119.17	154.59
Cryptophyceae	177.17	132.19	581.25	157.55	730.84	724.03
Chlorophyceae	63.89	96.83	330.36	59.65	274.48	329.05
Diverses *	6.67	11.15	238.92	92.97	270.71	148.66
Summe	1175.21	1544.38	3582.84	2026.34	3080.99	3591.42
Jahresmittel	83.94	128.70	398.09	225.15	342.33	256.53
<b>% zu Summe Gesamtbio­masse</b>						
Cyanophyceae	2.39	4.65	9.38	22.42	5.66	2.52
Chrysophyceae	34.57	34.45	12.16	16.29	17.89	20.20
Bacillariophyceae	30.21	32.10	35.30	37.49	29.98	37.00
Haptophyceae	3.57	2.64	3.13	1.08	1.22	2.51
Dinophyceae	8.19	10.62	7.92	7.40	3.87	4.30
Cryptophyceae	15.08	8.56	16.22	7.78	23.70	20.16
Chlorophyceae	5.44	6.27	9.22	2.94	8.90	9.16
Diverses *	0.57	0.72	6.67	4.59	8.78	4.14
Summe	100	100	100	100	100	100

### 5.2.2.2 Saisonale Dominanzverhältnisse

Je nach See und Jahreszeit sind andere Gruppen für die Gesamtbio­masse relevant. Die meisten Algengruppen weisen einen sich wiederholenden Jahresverlauf auf (Abb. 5.2.2.2a -f). Die *Cyanophyceen* und *Bacillariophyceen* sowie auch die *Cryptophyceen* tragen in den Wintermonaten am meisten zur Bio­masse bei. Ausnahmen sind Briener- und Murtensee. Die *Chrysophyceen* sind im Frühling am wichtigsten (Ausnahme Murtensee). Die *Haptophyceen* werden erst in den Sommermonaten wichtiger für die Planktonbiomasse (Ausnahme Brienersee und Bielersee).

Dies gilt ebenso für die *Chlorophyceen* (Ausnahme Bielersee). Die *Dinophyceen* sind für das Herbstplankton wichtig, allerdings weisen einige Seen auch hohe Anteile im Frühsommer auf (Bielersee alt und neu sowie Murtensee).

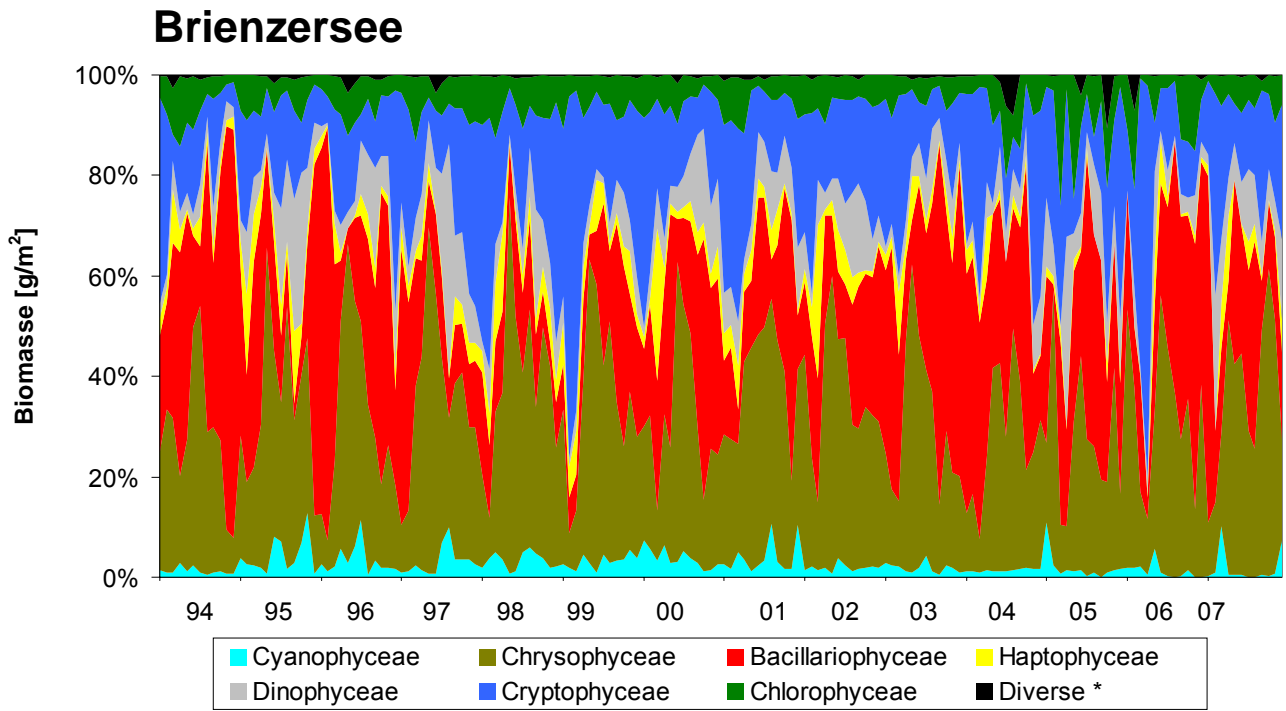


Abb. 5.2.2.a: Prozentuale Verteilung der Algengruppen im Jahresverlauf des Brienzersees von 1994 bis 2007 (Basis: Gesamtbio­masse in  $\text{g}/\text{m}^2$ ).

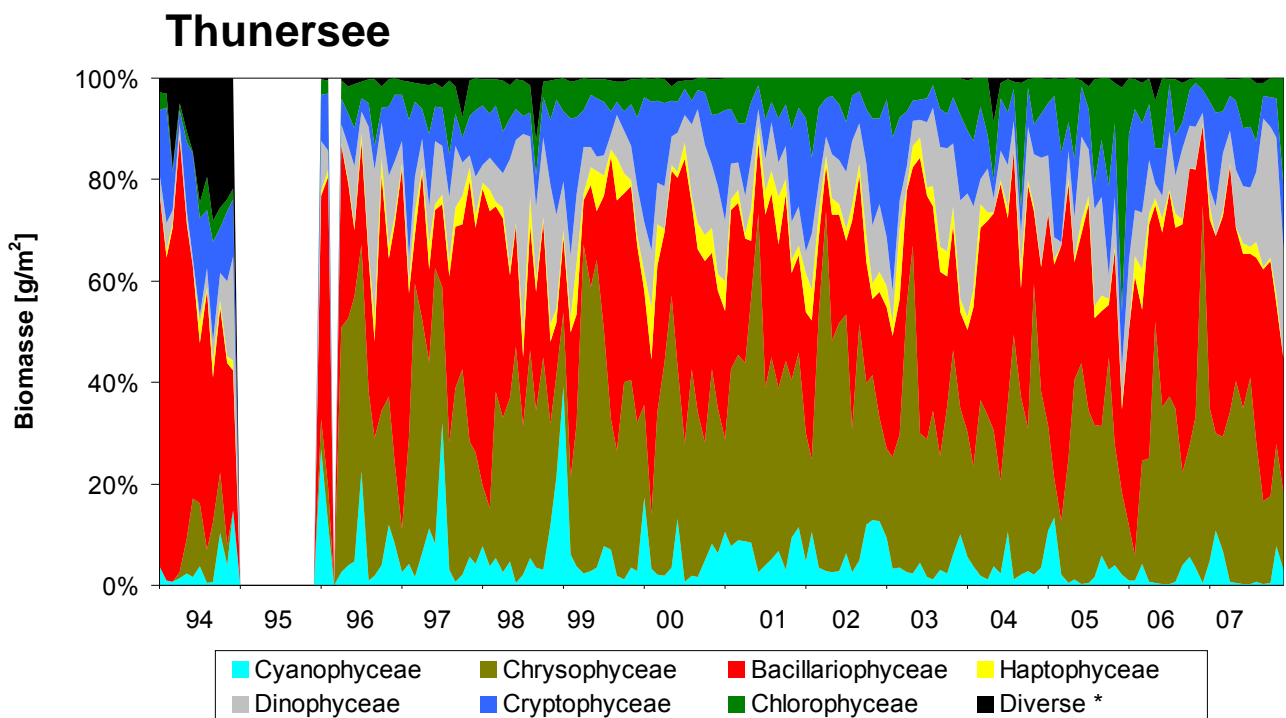


Abb. 5.2.2.b: Prozentuale Verteilung der Algengruppen im Jahresverlauf des Thunersees von 1996 – 2007 (Basis: Gesamtbio­masse in  $\text{g}/\text{m}^2$ ).

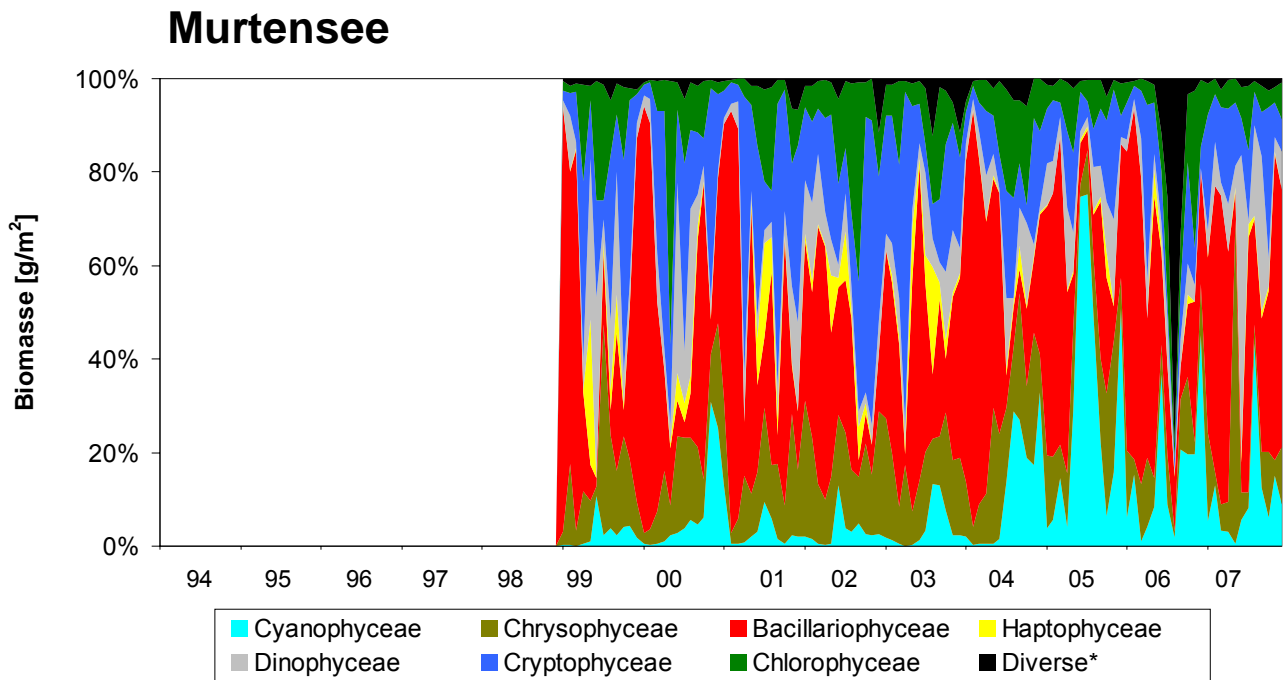


Abb. 5.2.2.c: Prozentuale Verteilung der Algengruppen im Jahresverlauf des Murtensees von 1999 – 2007 (Basis: Gesamtbiomasse in g/m<sup>2</sup>).

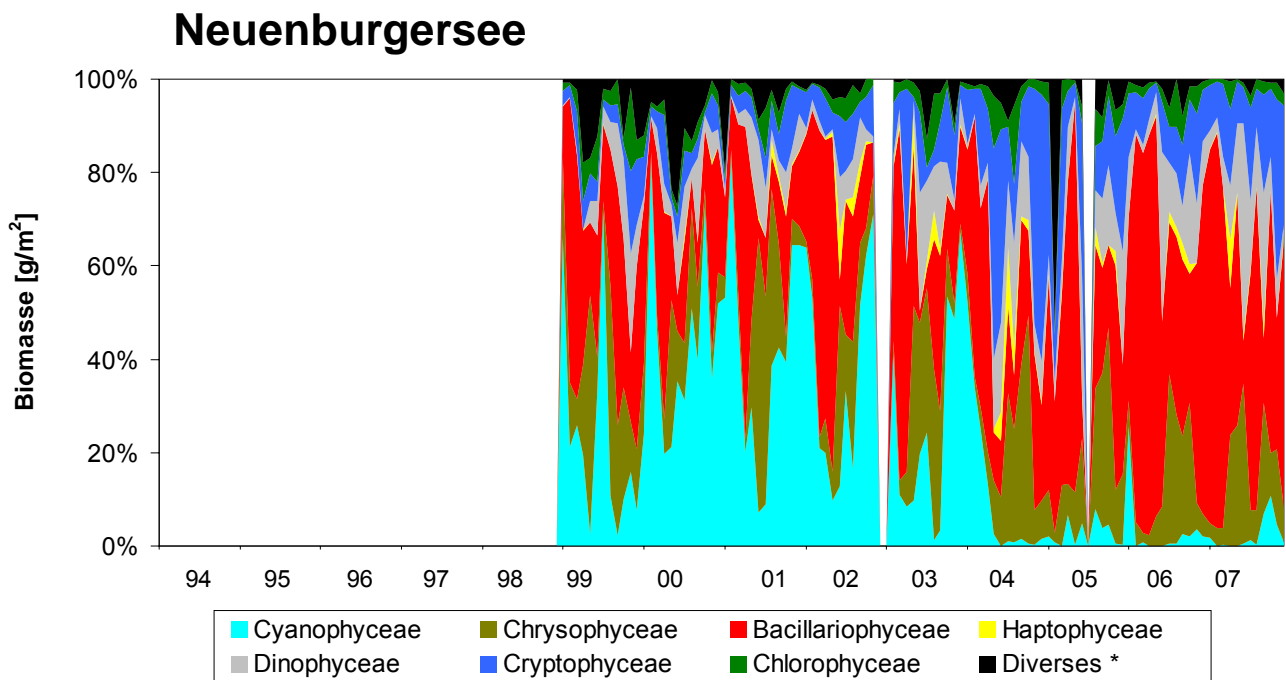


Abb. 5.2.2.d: Prozentuale Verteilung der Algengruppen im Jahresverlauf des Neuenburgersees von 1999 – 2007 (Basis: Gesamtbiomasse in g/m<sup>2</sup>).

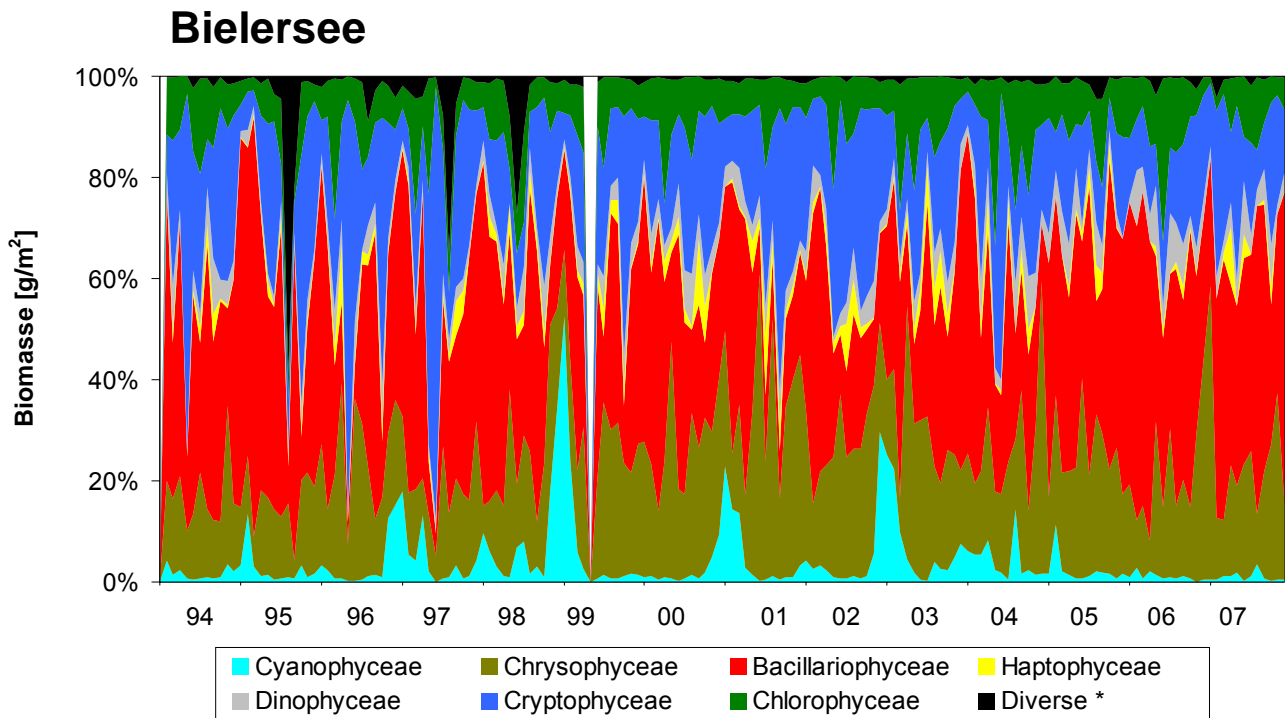


Abb. 5.2.2.2e: Prozentuale Verteilung der Algengruppen im Jahresverlauf des Bielersees von 1994- 2007 (Basis: Gesamtbio­masse in g/m<sup>2</sup>).

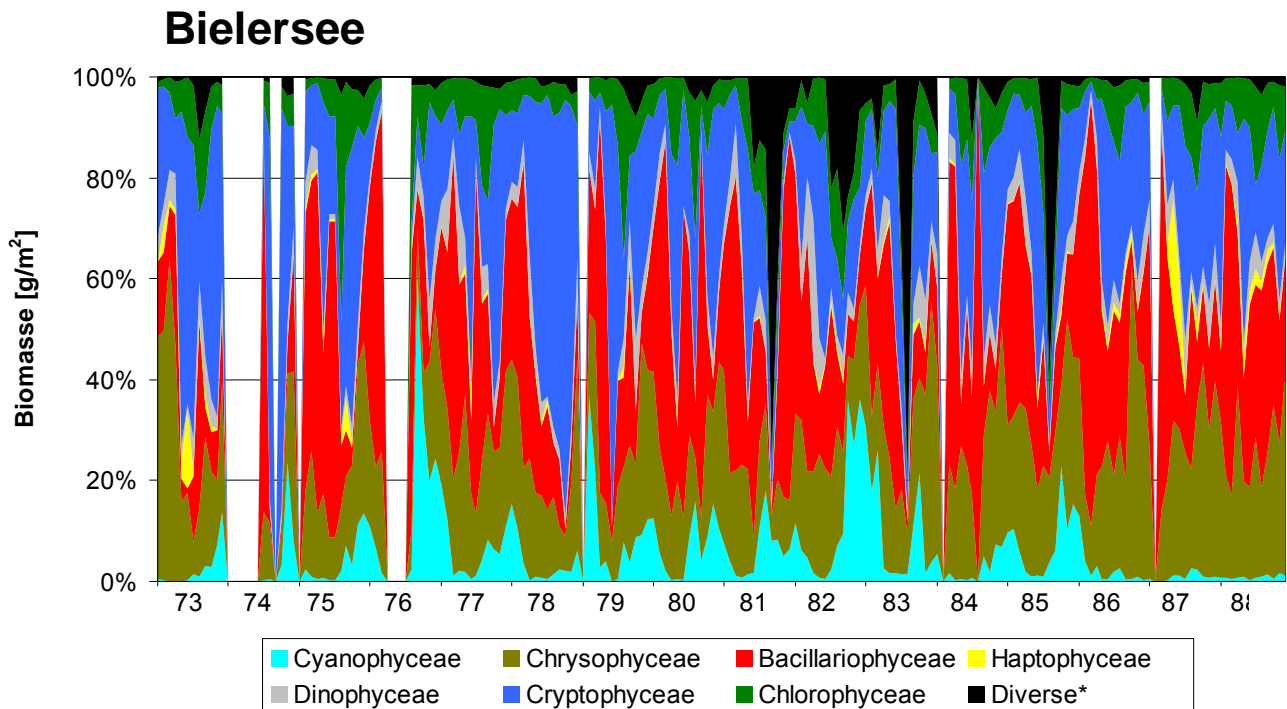


Abb. 5.2.2.2f: Prozentuale Verteilung der Algengruppen im Jahresverlauf des Bielersees von 1973 -1988 (Basis: Gesamtbio­masse in g/m<sup>2</sup>).

## 5.2.3 Algengruppen einzeln

### 5.2.3.1 Blaualgen (Cyanophyceen)

Die Blaualgen sind mit rund 70 Taxa in den fünf Seen vertreten. Zwischen 18 und 43 sind in den einzelnen Seen gefunden worden. Im Briener-, Thuner- und Bielersee hat die bereits in der Mitte der 90-er Jahre geringe Blaualgenbiomasse noch einmal abgenommen. Noch viel drastischer geschah dies im Neuenburgersee. Die zwischen 1999 und 2004 dominierende Burgunderblutalge (*Plankthothrix rubescens*) tritt heute kaum mehr auf. Die grösseren Peaks im Bielersee in den 90-er Jahren waren ebenfalls durch die Burgunderblutalge verursacht. Auch in diesem See ist sie heute fast verschwunden.

Im Murtensee bilden vor allem die Blaualgenkolonien grosse Biomassen aus, wie z.B. *Microcystis aeruginosa* 2005 und 2006. Der grosse Peak 2007 besteht überwiegend aus der kleinen Blaualge *Synechococcus*.

Die grösseren Biomassen der Blaualgen bestehen im Briener- und Thunersee fast vollständig aus *Anabaena flos-aque*.

Fast das ganze Jahr hindurch finden sich in allen Seen kleinste Blaualgen in Kolonien, wie *Aphanothece clathrata* und *Aphanocapsa* sowie solitäre Formen wie *Cyanobium plancticum*, die jedoch trotz hoher Individuenzahlen kaum zur Biomasse beitragen.



Foto 5.2.3.1a: *Anabaena* sp. (Bielersee)  
(Bielersee)

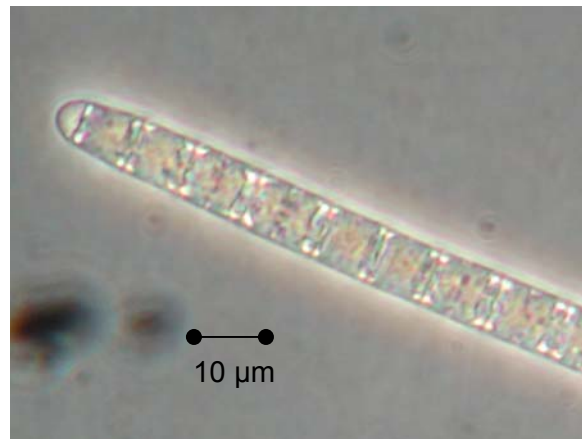


Foto 5.2.3.1b: *Plankthothrix rubescens*

Diese Blaualge ist auch im Thunersee häufig anzutreffen. Sie weist mikroskopisch erkennbar drei Typen von Zellen auf: normale Zellen, dickwandige, hellere Zellen sowie Heterozysten, die sie befähigt Luftstickstoff ( $N_2$ ) zu binden. Die Bildung der Heterozysten wird durch das Fehlen von Stickstoff im Wasser, vor allem von  $NH_4^+$ , gefördert, allerdings muss noch genügend Phosphat vorhanden sein. Ist Stickstoff in reichlichen Mengen vorhanden unterbleibt die Heterozystenbildung. Weiter werden unter bestimmten Bedingungen sehr grosse Reservezellen gebildet, die Akineten, die es der Alge ermöglichen unter ungünstigen Bedingungen sehr lange zu überleben. Akineten von einzelnen *Anabaena*-Arten können z.B. in anoxischen Sedimenten bis zu 64 Jahre überleben und erneut sprossen (Van den Hoek et al., 1993).

Die Burgunderblutalge verfärbt bei einer Massenvermehrung das Wasser rötlich. Besonders häufig trat dieses Phänomen früher im Murtensee auf. Man schrieb dies dem Blut der 1476 durch die Eidgenossen erschlagenen und ertrunkenen Burgunder zu. Erstaunlich ist, dass diese Alge im Murten-, Bieler- und Thunersee heute nur vereinzelt zu finden ist. Am häufigsten (wenn auch nur noch in geringen Biomassen) ist sie noch im Neuenburgersee zu finden. Die grossen Blüten Ende der 90-er Jahre treten jedoch auch in diesem See nicht mehr auf. Die Alge ist vermutlich nicht völlig verschwunden. Als Schwachlichtart ist es ihr auch möglich, unterhalb der beprobten Wasserschicht (0 -20 m) zu überleben und wird so nur selten in einer Probe gefunden.

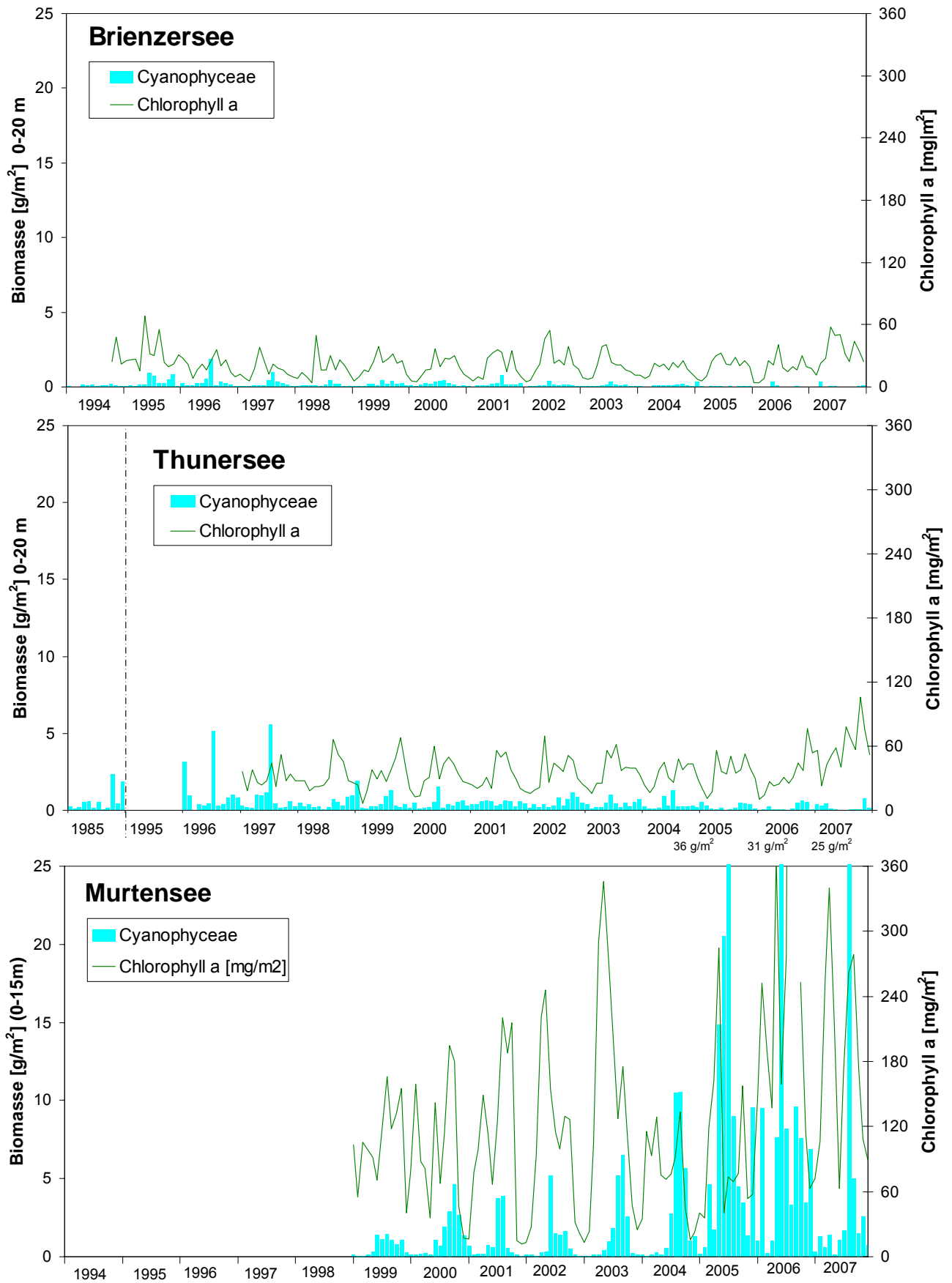


Abb. 5.2.3.1a: Blaualgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre.

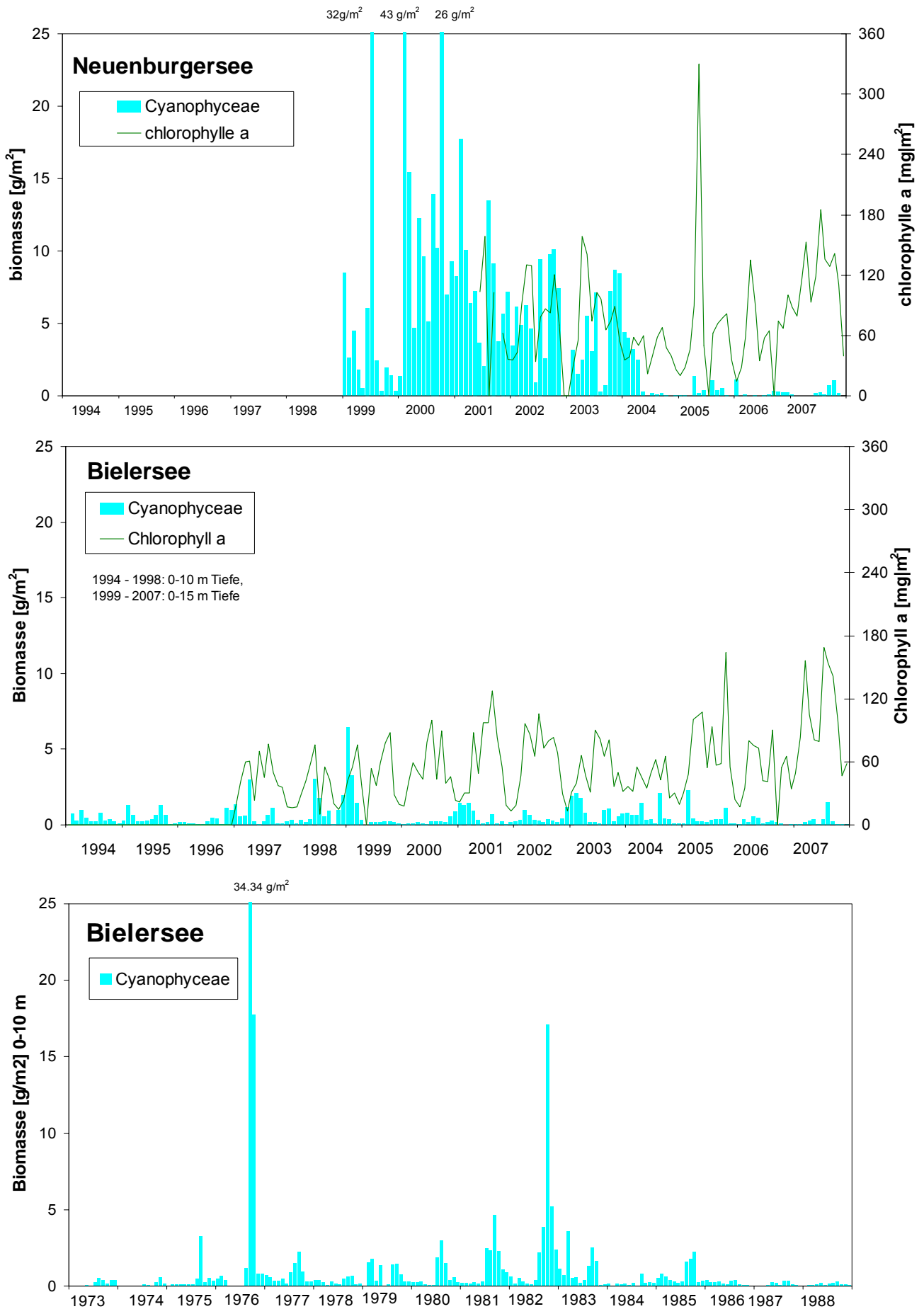


Abb. 5.2.3.1b: Blaualgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre und in den 70-er und 80-er Jahren.



### 5.2.3.2 Goldalgen (*Chrysophyceen*)

In allen Seen und in fast jedem Jahr bilden die Goldalgen ein Frühjahrs- /Sommermaximum aus (Abb. 5.2.3.2a und b). Die ausgeprägtesten Maxima zeigen die drei Seelandseen, während Brienzer- und Thunersee, wegen ihrer geringeren Gesamtbiomasse, auch nicht so grosse Spitzenwerte aufweisen. Im Bielersee der 70-er und 80-er Jahre fallen die Peaks deutlich weniger markant aus als in den letzten 13 Jahren.

Diese Goldalgen-Maxima werden in allen Seen vor allem von drei Taxa gebildet:

Kleine, einzeln lebende bewegliche Flagellaten (<11 µm) und Kolonien von *Uroglena* und *Dinobryon*, insbesondere *Dinobryon divergens*.

Manchmal ist es eine Blüte einer dieser Taxa, oft treten sie aber auch gemeinsam in hohen Biomassen auf. Andere Goldalgen finden sich zwar auch, aber nicht in grossen Biomassen.



Foto 5.2.3.2a: *Dinobryon bavaricum*. (Murtensee)



Foto 5.2.3.2b: *Mallomonas* sp. (Bielersee)

Diese Goldalge findet sich in allen untersuchten Seen. Sie bildet jedoch nicht so grosse Biomassen aus wie *Dinobryon divergens*. Alle *Dinobryon*-Arten bilden wunderschöne kelchartige Gehäuse aus. Einige leben einzeln, andere bilden mehr oder weniger grosse Kolonien, die Blumensträussen recht ähnlich sehen.

Grosse, einzeln lebende Goldalgen sind z.B. die *Mallomonas*-Arten. Sie tragen kein Gehäuse, sondern eine Hülle aus aufeinander liegenden Silikatschuppen oft noch begleitet von langen Borsten, die der oben abgebildeten Art fehlen.

Die Zellen der Goldalgen erscheinen, welche Form sie auch immer aufweisen, goldgelb, da das Fucoxanthin das Chlorophyll überlagert.

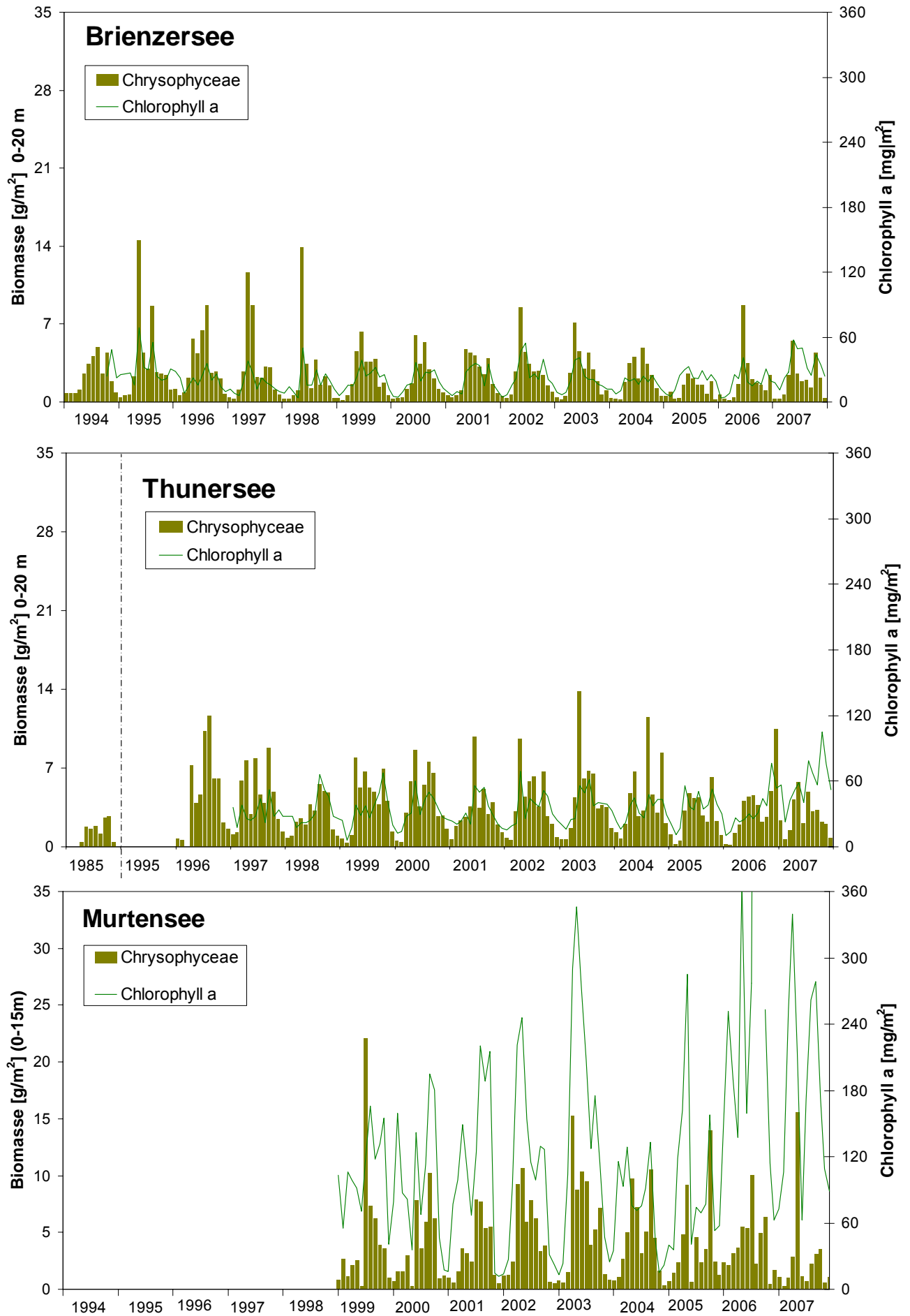


Abb. 5.2.3.2a: Goldalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre.

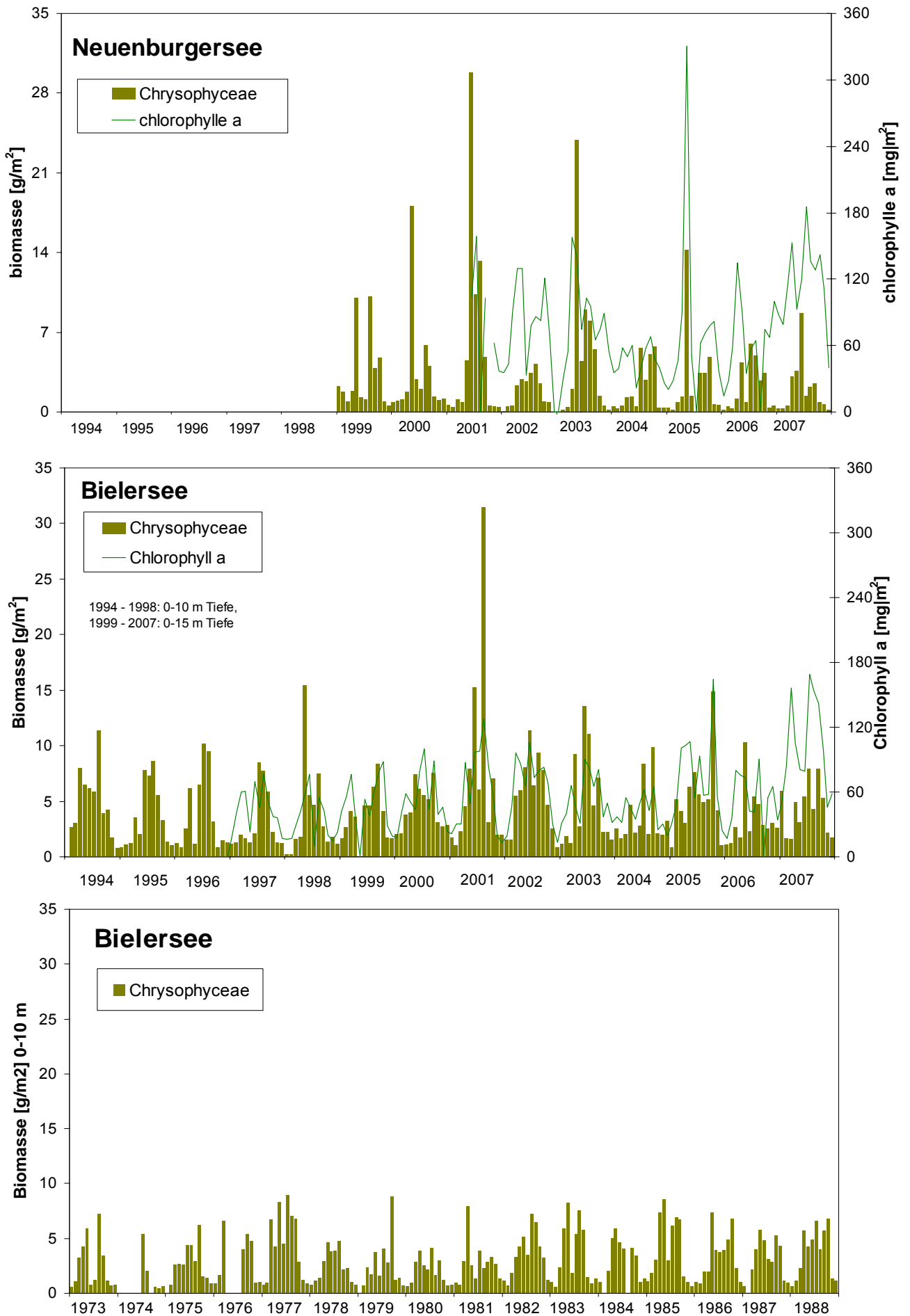


Abb. 5.2.3.2b: Goldalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre und in den 70-er und 80-er Jahren.

### 5.2.3.3 Kieselalgen (*Bacillariophyceen*)

Die mit Abstand „gewichtige“ Algengruppe in allen Seen sind die Kieselalgen. Auch bei ihnen sieht man einen Jahresverlauf, der je nach See etwas verschieden aussehen kann. In den Seen wurden 32 bis 46 Taxa der Kieselalgen gefunden, bei 10 Taxa wurden ein oder mehrere grosse Biomassevorkommen beobachtet.

In allen fünf Seen werden die grossen Biomassen von denselben wenigen Taxa gebildet; das wichtigste davon sind die kleinen *Cyclotella* (<17 µm), die in jedem See regelmässig alleine oder mit anderen Taxa zusammen grosse Biomassen bilden. Grosse *Centrales* (*Stephanodiscus* > 30 µm) tragen nur im Murtensee und Bielersee und nur im Frühsommer wesentlich zur Biomasse bei. Kolonien von *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa* und *Diatoma tenuis* – dieses Taxon allerdings nur im Neuenburgersee und Bielersee – sind seit Beginn der Untersuchungen immer wieder in grossen Biomassen anzutreffen. Im Thuner-, Neuenburger- und Murtensee konnten in den letzten Jahren grössere Biomassen von einzel lebenden *Pennales* (*Fragilaria ulna* var. *acus*, *Fragilaria* var. *angustissima* und *Fragilaria tenera*) beobachtet werden.

Im Brienersee ist abgesehen von den beiden ersten Untersuchungsjahren (1994 und 1995) nur ein Taxon (*Cyclotella* <9 µm) für grössere Biomassen verantwortlich.

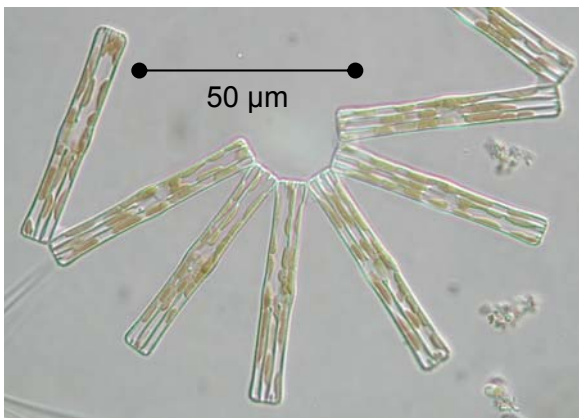


Foto 5.2.3.3a: *Tabellaria* sp. (Bielersee)

*Tabellaria*-Zellen bilden oft lange Bänder oder wie hier Halbkreise. Die einzelnen Zellen sind mit Gallerttupfen miteinander verbunden. Diese Art bildete früher riesige Blüten im Bielersee, heute ist dies nicht mehr der Fall.



Foto 5.2.3.3b: *Atteya zachariasii* (Bielersee)

Diese wunderschöne, zarte Kieselalge ist in den letzten Jahren neu im Bielersee aufgetreten. Hier befindet sich die Zelle gerade in Teilung.



Foto 5.2.3.3c: Auch unförmige Formen wie hier der Stern mehrerer *Asterionella*-Zellen schützen nicht vor Frass durch heterotrophe Algen wie z. B. *Polytoma*, die sich amöbenartig über den ganzen Stern stülpt (Thunersee).

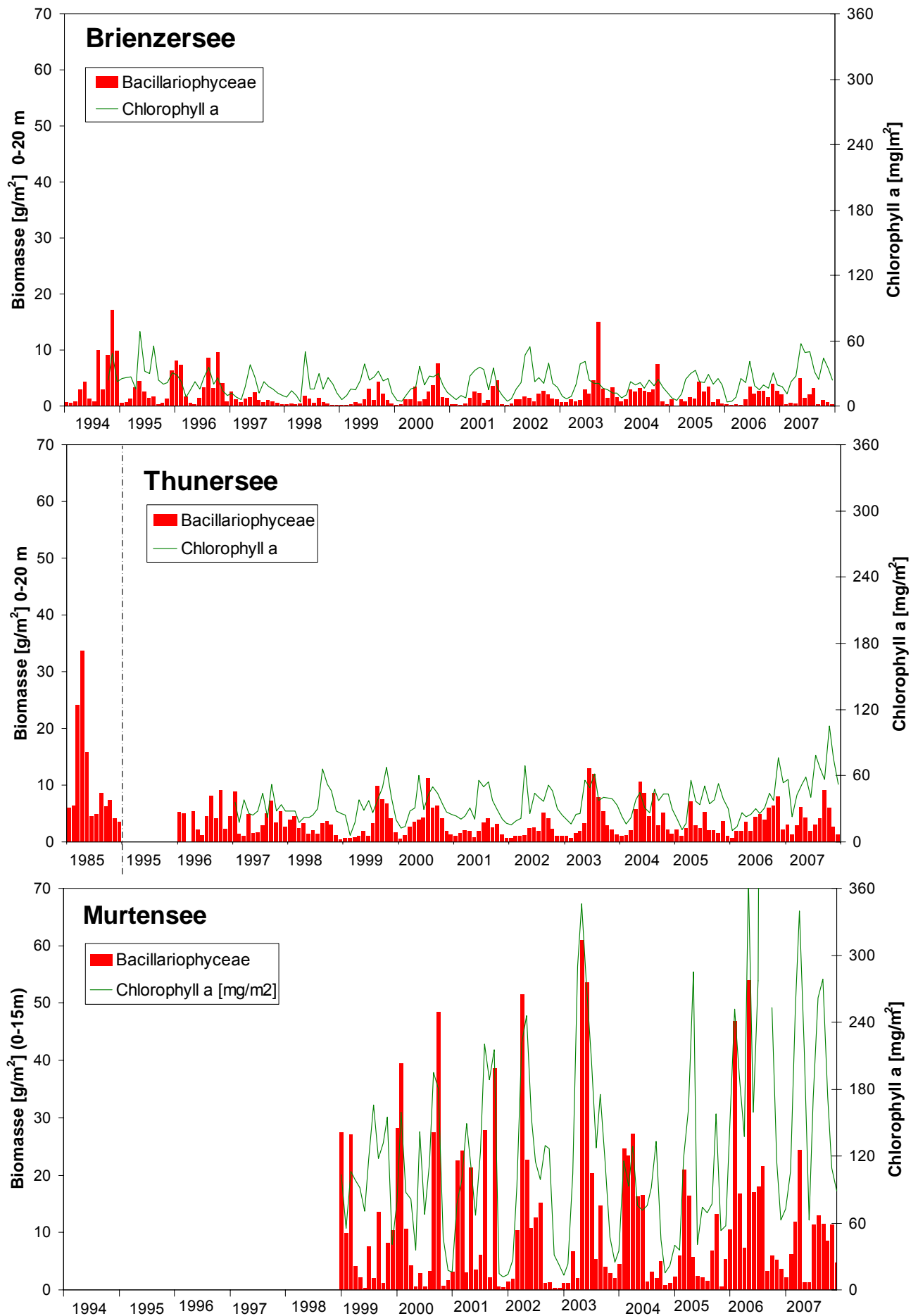


Abb. 5.2.3.3a: Kieselalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre.

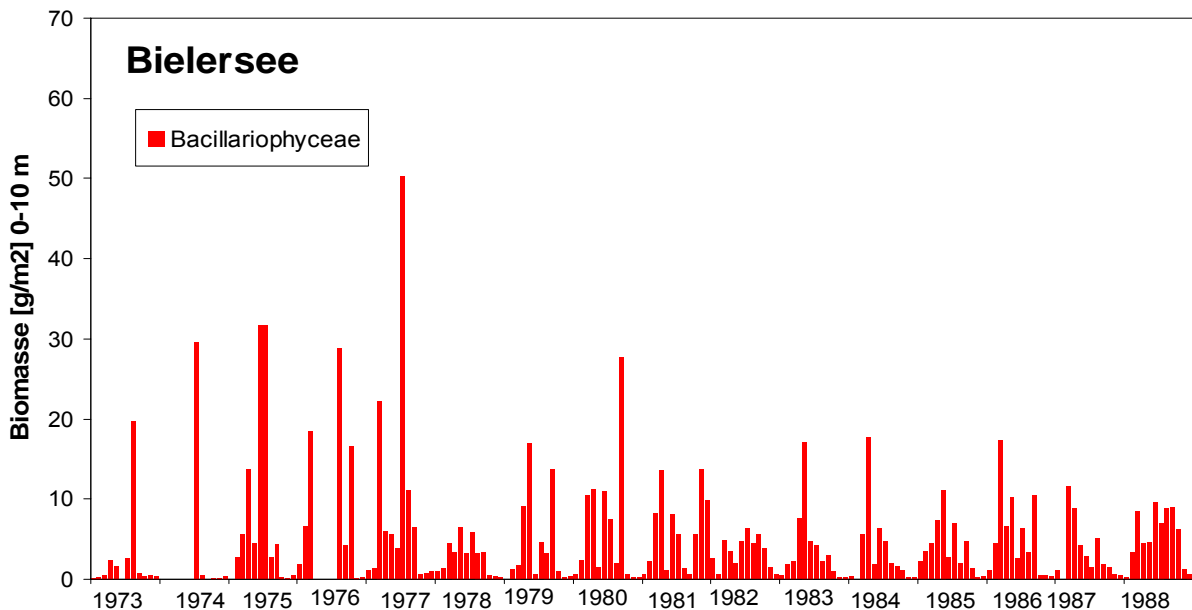
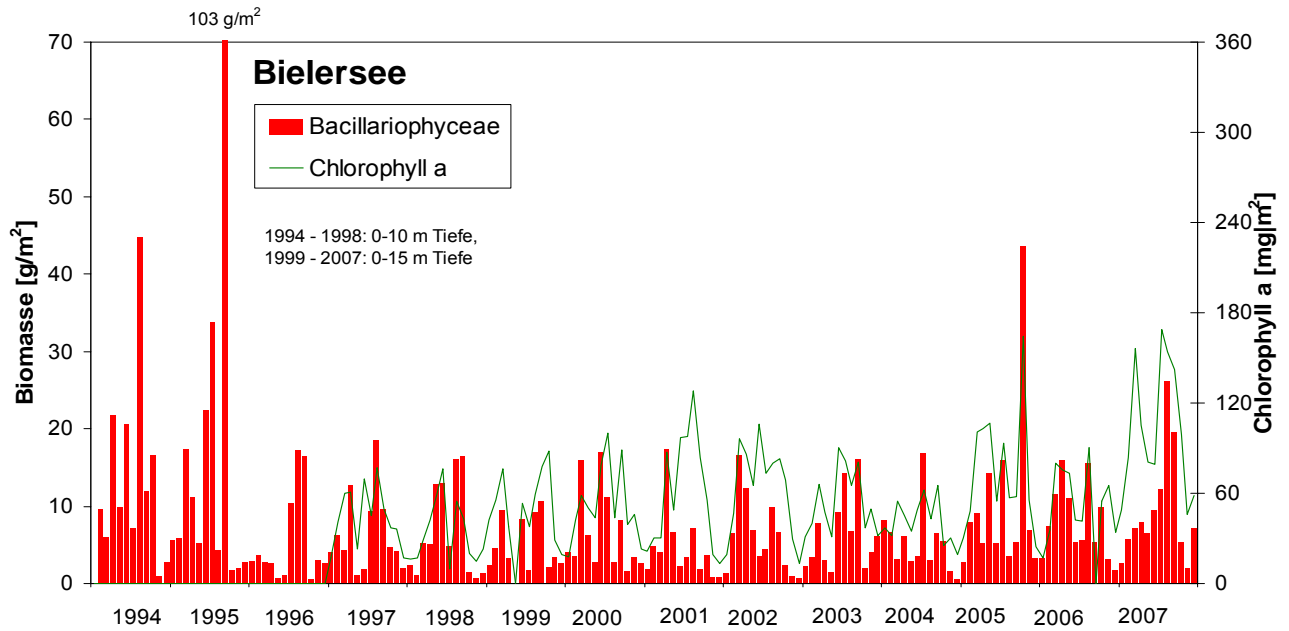
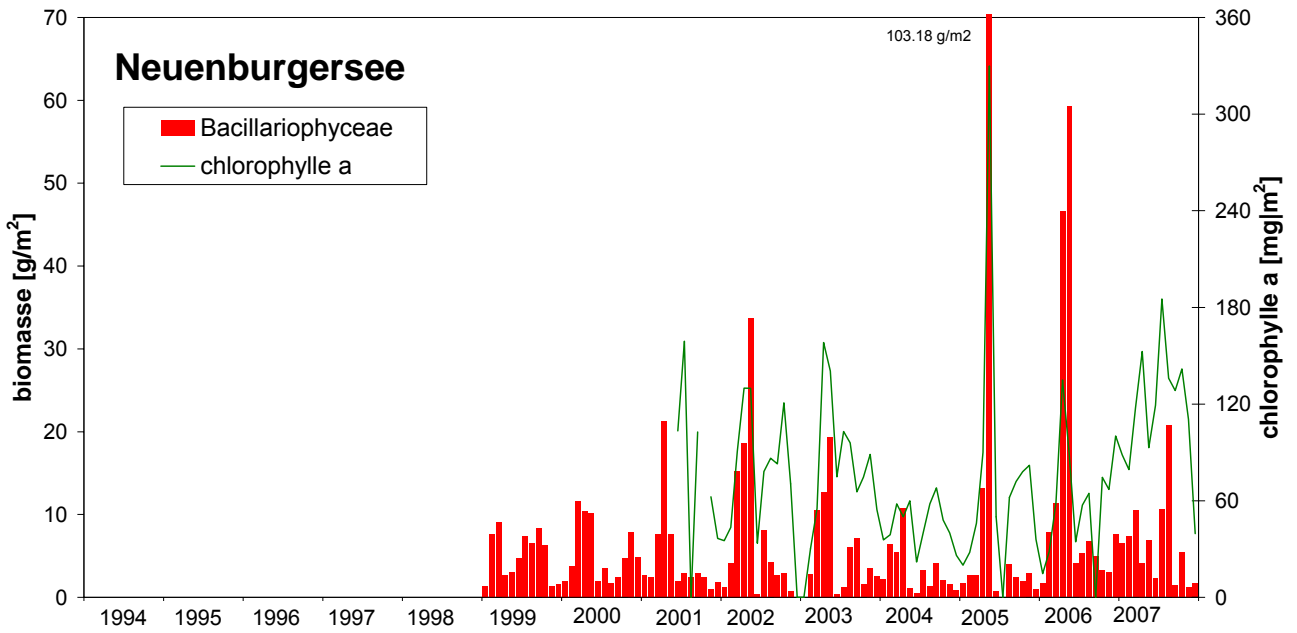


Abb. 5.2.3.3b: Kieselalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre und in den 70-er und 80-er Jahren.

#### 5.2.3.4 Kalk- oder Lassoalgen (*Haptophyceen*)

Zu dieser Algengruppe gehören fast 300 Arten, nur etwa ein Dutzend davon treten im Süßwasser auf. Und nur eine ist bis jetzt bei uns identifiziert worden. Sie ist jedoch in allen fünf Seen vertreten: *Chrysochromulina parva*. Diese Alge ist fast während des ganzen Jahres in allen Seen anzutreffen. Leicht höhere Biomassen sind vom Frühling bis in den Herbst zu beobachten.



Foto 5.2.3.4a: *Chrysochromulina parva* (Murtensee)

Die kleine Alge ist mit zwei Geisseln, die sie zur Fortbewegung und Steuerung benützt und einer Fanggeißel, dem Haptonema, ausgestattet. Hier im Bild ist diese Geißel stark spiralisiert. Ausgestreckt ist das Haptonema etwa 20x mal so lang wie der Zellkörper.

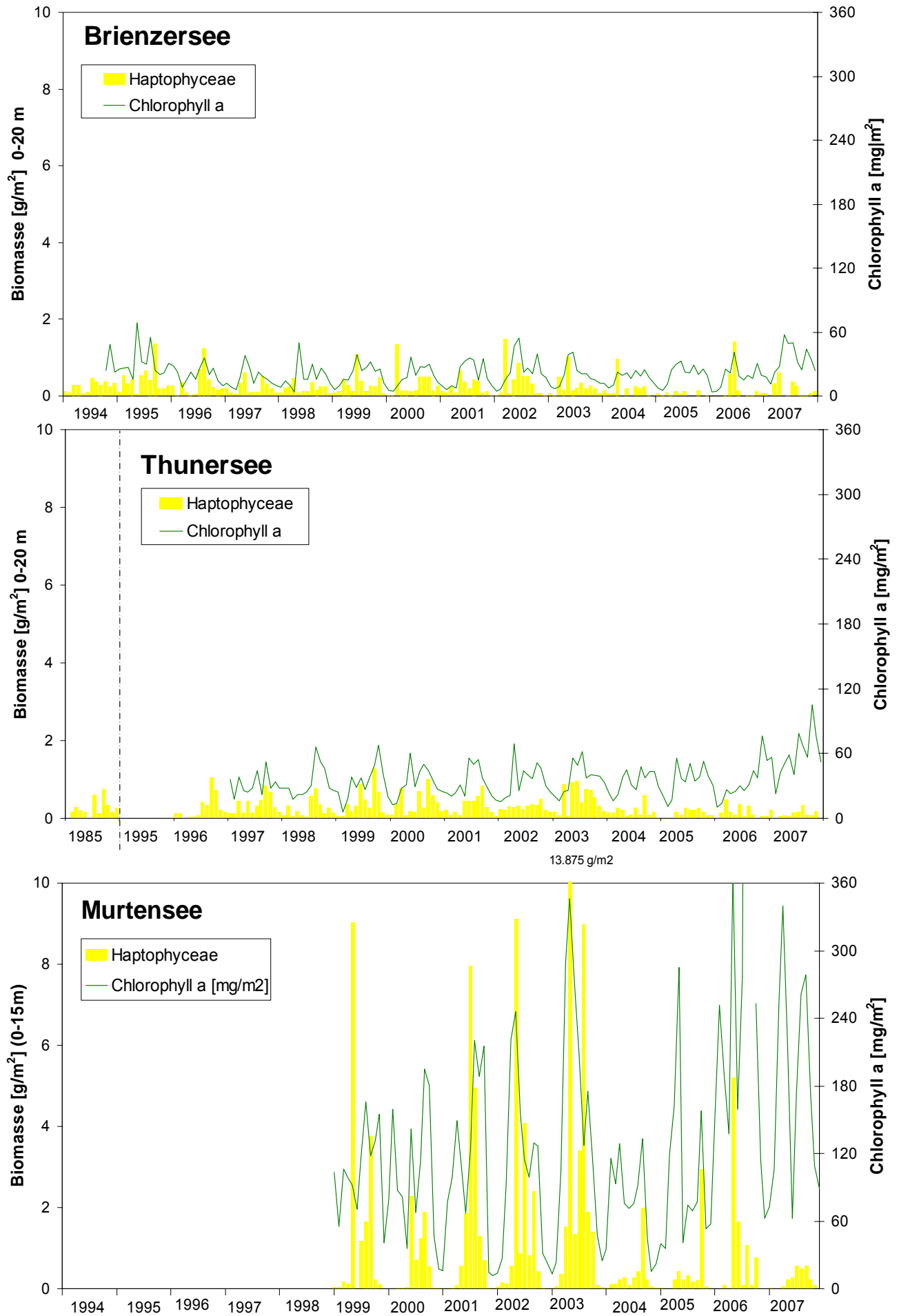


Abb. 5.2.3.4a: Kalkalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre.



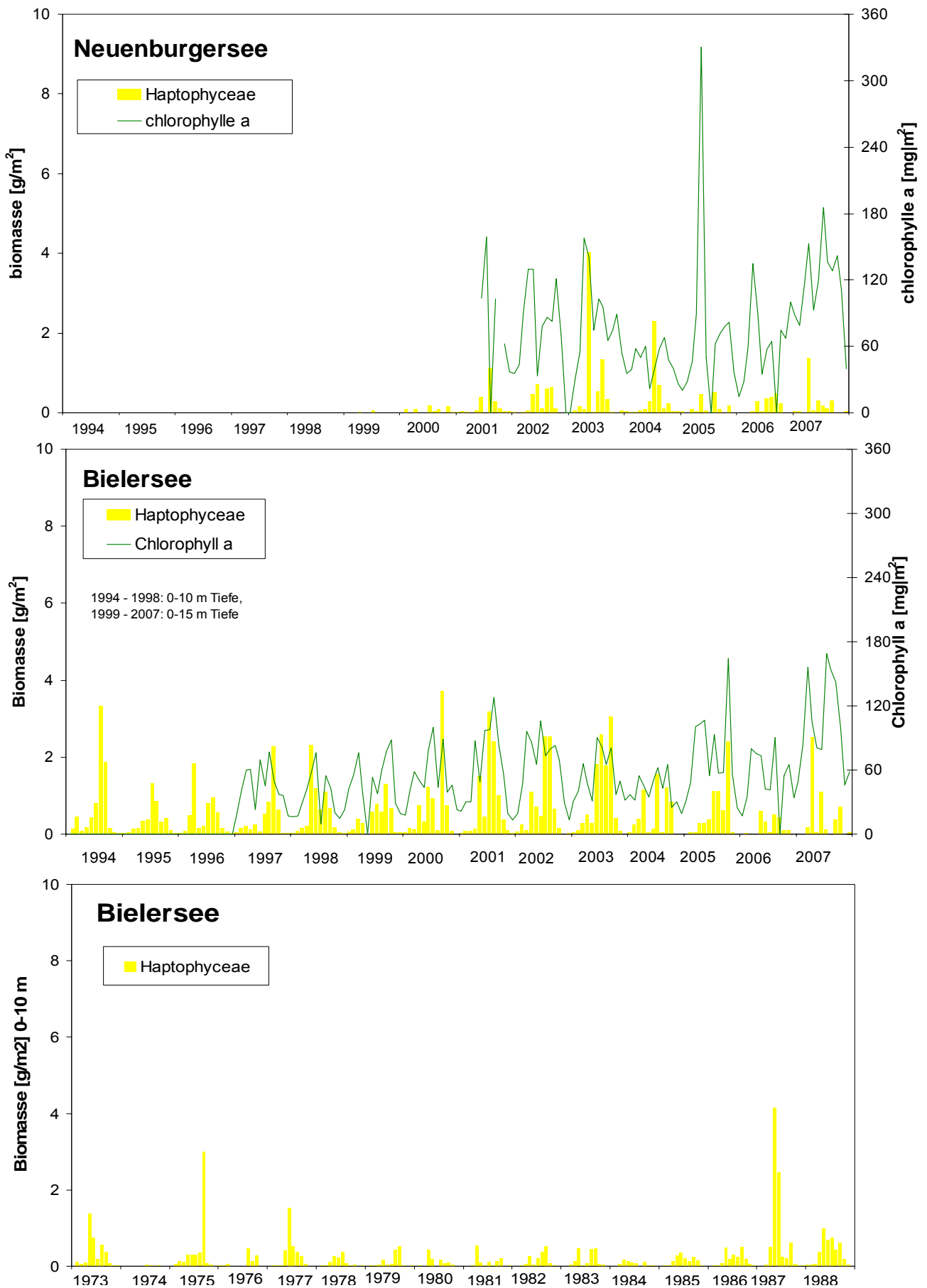


Abb. 5.2.3.4b: Kalkalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre und in den 70-er und 80-er Jahren.

### 5.2.3.5 Panzerflagellaten (*Dinophyceae*)

Die Panzerflagellaten sind in allen Seen hauptsächlich während der Spätsommermonate anzutreffen. In den fünf Seen wurden 21 verschiedene Taxa gefunden. Davon trägt *Ceratium hirudinella* am meisten zur Biomasse bei. Zysten und *Peridinium willei/cinctum* (ausser im Murtensee) sind ebenfalls wichtig für grössere Biomassen der *Dinophyceen*. In den letzten Jahren war auch *Gymnodinium helveticum* (ein Panzerflagellat ohne Chloroplasten) in allen fünf Seen vereinzelt in grossen Biomassen anzutreffen. Nur in wenigen Proben trugen *Peridinopsis cunningtonii* und *Gymnodinium lantschii* zur Biomasse bei.

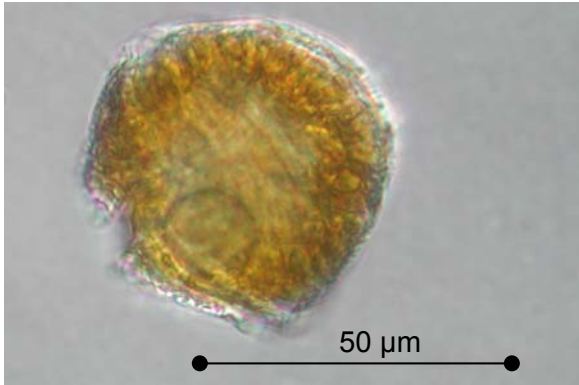


Foto 5.2.3.5a: *Peridinium* sp. (Bielersee)

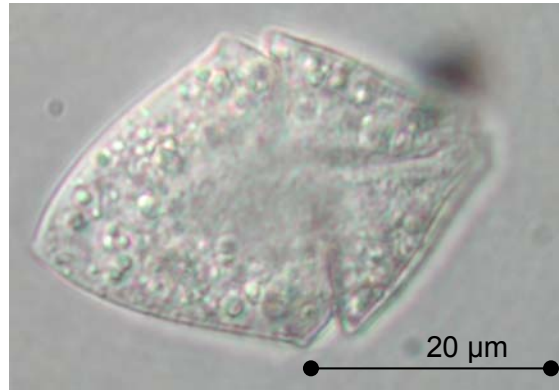


Foto 5.2.3.5a: *Gymnodinium helveticum* (Brienzersee)

Panzerflagellaten sind einzeln lebende, oft sehr grosse Algen, die wie der Name sagt, oft sehr stark mit zellulosehaltigen Platten gepanzert sind, wie z.B. *Peridinium*.

Panzerflagellaten haben sehr komplizierte Entwicklungszyklen, die nicht nur Zysten als Dauerstadien kennen, sondern auch amöboide Phasen sowie haploide und diploide Stadien, die teils ähnlich und teils ganz unterschiedlich aussehen. So erstaunt es nicht, dass einzelne Arten neu als Stadium einer anderen Art erkannt werden.

Diese chloroplastenfreie Alge weist wie alle Panzerflagellaten zwei Geisseln auf. Eine verläuft in der Querrille die man als Tailleneinschnitt erkennt. Die andere setzt in der Längsrille an. Beide Geisseln dienen der Fortbewegung und bewirken eine taumelnde Drehbewegung. Nicht nur chloroplastenfreie Panzerflagellaten ernähren sich heterotroph, auch solche mit Chloroplasten verdauen zeitweise andere Algen.

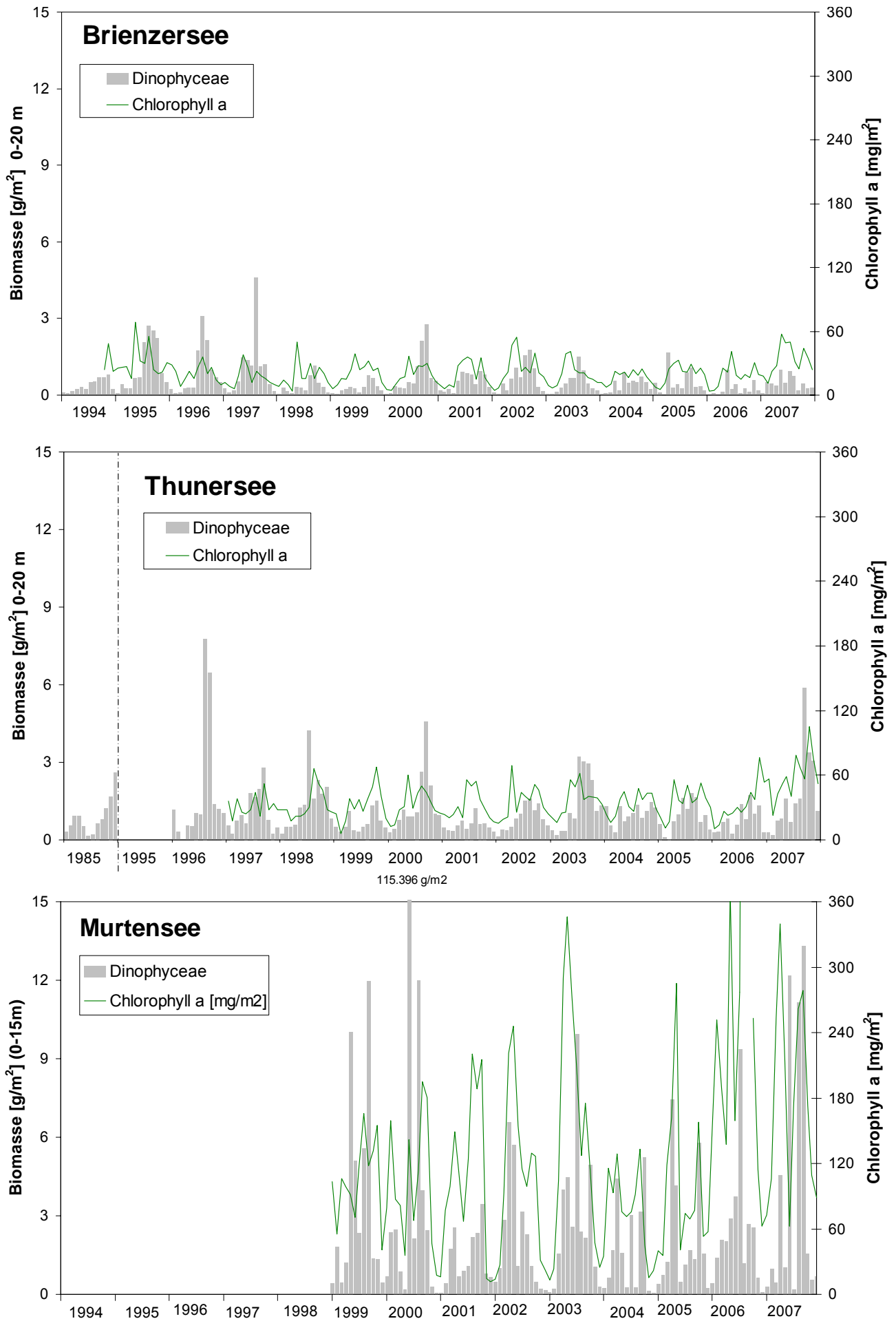


Abb. 5.2.3.5a: Panzerflagellaten, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre.

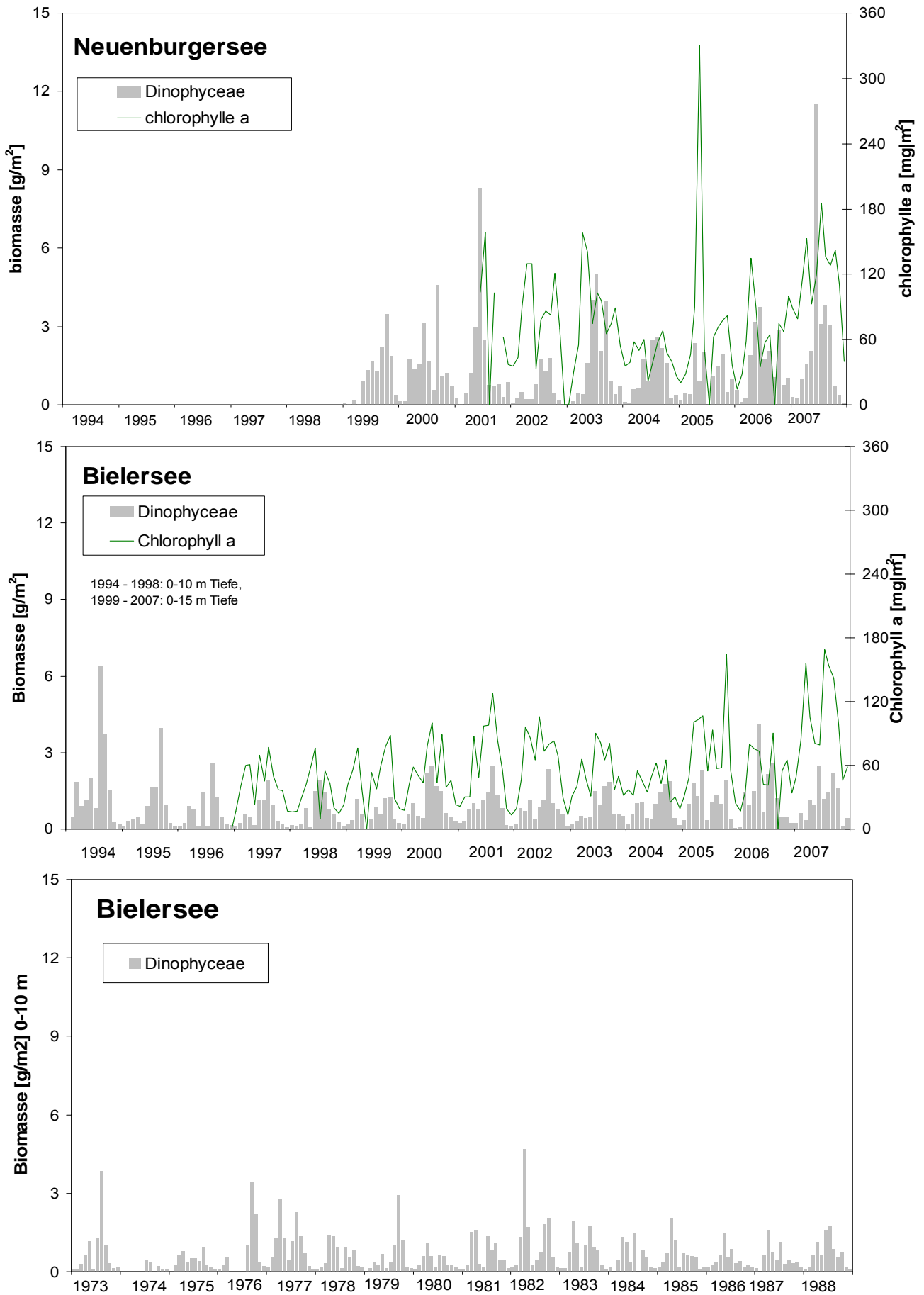


Abb. 5.2.3.5b: Panzerflagellaten, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre und in den 70-er und 80-er Jahren.

### 5.2.3.6 Schlundalgen (*Cryptophyceen*)

Die Schlundalgen sind in den fünf Seen mit 16 Taxa vertreten, wovon zwischen 9 und 11 in jedem See gefunden wurden. Ausgeprägte Jahresverläufe mit hohen Biomassen im Frühsommer bis Herbst finden sich im Murtensee und Bielersee. Die Sommerbiomassen betragen ein Mehrfaches der Winterbiomassen. Im Briener- und Neuenburgersee sind die Differenzen wesentlich geringer und im Thunersee fehlt ein deutlicher Jahresverlauf. Die Schlundalgen sind dort über das ganze Jahr mehr oder weniger in geringer Biomasse präsent.

Die für die Biomasse wichtigsten Taxa sind im Briener-, Thuner- und Neuenburgersee die kleinen Schlundalgen *Rhodomonas minuta* und *Rhodomonas minuta nannoplanctica*, sowie *Rhodomonas lens*. Im Murten- und Bielersee bilden die grossen Schlundalgen des Mischtaxons *Cryptomonas erosa/ovata* die grossen Biomassen in den Sommermonaten aus. Auch die kleinen Schlundalgen sind immer präsent, tragen jedoch nicht soviel zur Biomasse bei.



Foto 5.2.3.6a: *Cryptomonas* sp. (Brienersee)

Schlundalgen sind mit zwei unterschiedlich langen Geisseln ausgestattet, die im Schlund ansetzen. Dort liegen ebenfalls, dicht gepackt, kleine explosive Organellen (Ejektosomen). Unter bestimmten Umständen werden die in diesen Organellen aufgerollten Bänder explosionsartig herausgeschleudert und die Zelle schießt mit starker Beschleunigung in Zick-Zack-Bewegungen davon.

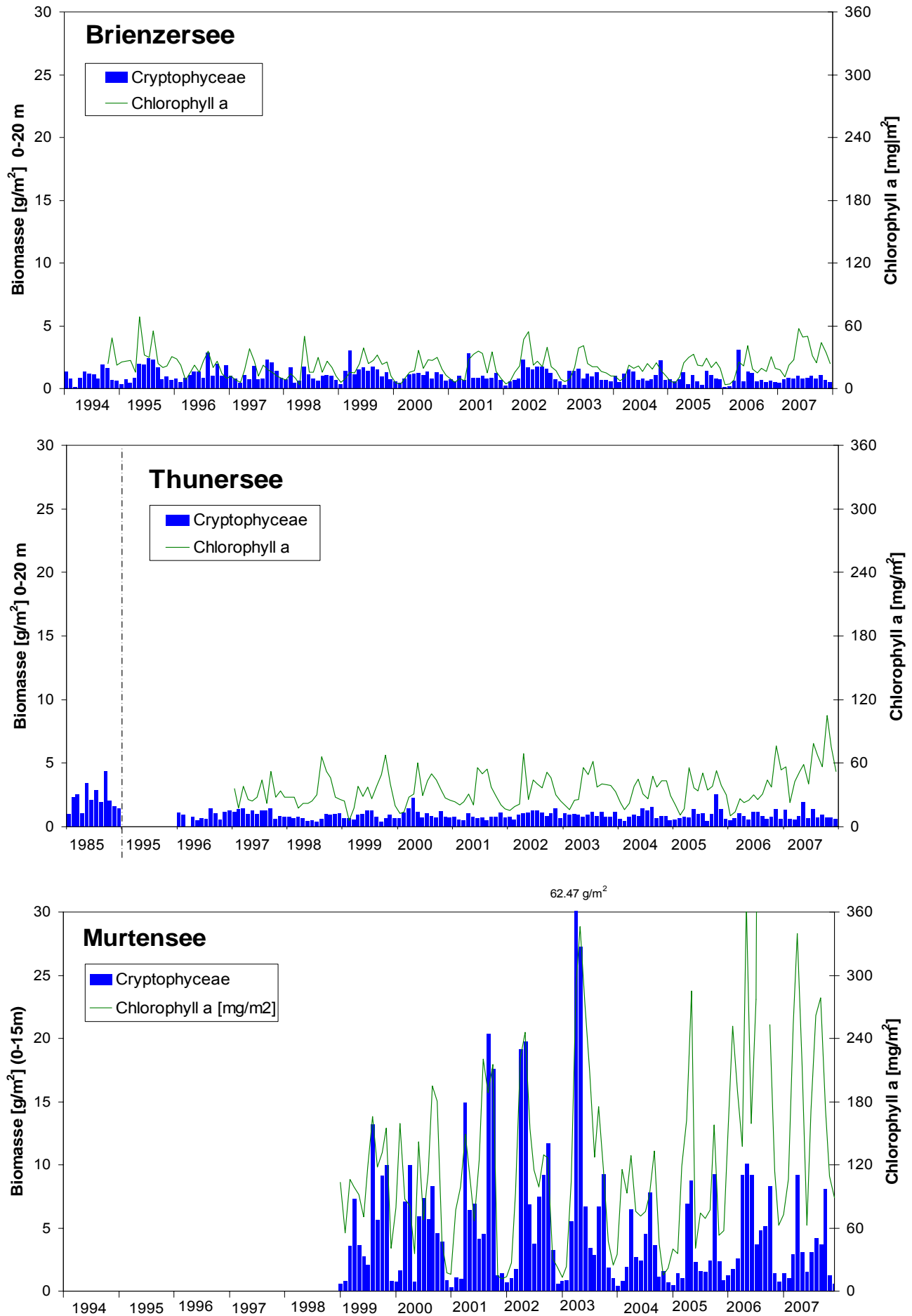


Abb. 5.2.3.6a: Schlundalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre.

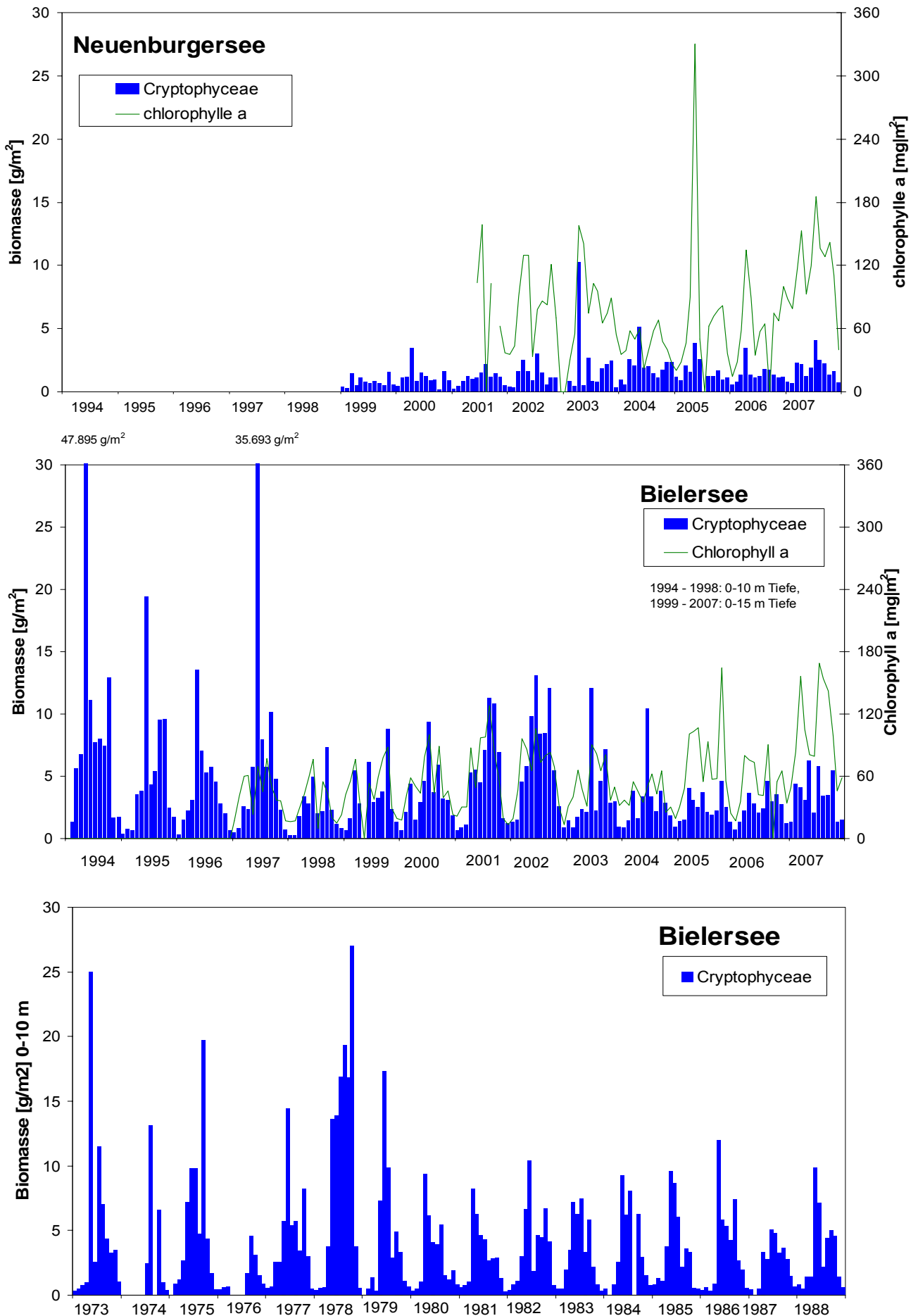


Abb. 5.2.3.6b: Schlundalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre und in den 70-er und 80-er Jahren.

### 5.2.3.7 Grünalgen (*Chlorophyceen*)

Grünalgen bilden in allen fünf Seen einen typischen Jahresverlauf aus, mit den höchsten Biomassen in den Sommermonaten. Sie weisen mit über 190 Taxa die höchste Taxazahl aller Algengruppen auf. Im Murten- und Bielersee wurden um die 100 in den übrigen drei Seen etwas unter 50 Taxa gefunden. Während einer Grünalgenblüte dominieren meist ein bis drei Taxa, die normalerweise zwischen 45 und 70%, selten über 90% der gesamten Grünalgenbiomasse bilden. Immer finden sich aber auch diverse weitere Grünalgentaxa in geringer Biomasse.

Mit Ausnahme des Brienersees sind pro See immer wieder dieselben Taxa an der Bildung grösserer Grünalgenbiomassen beteiligt. Jeder See hat aber seine eigenen Haupt-Taxa:

Murtensee *Oocystis* <10 µm, Bielersee *Chlamydomonas* <11 µm, Neuenburgersee *Chlorella* und Thunersee *Polytoma* (Grünalge ohne Chloroplasten).

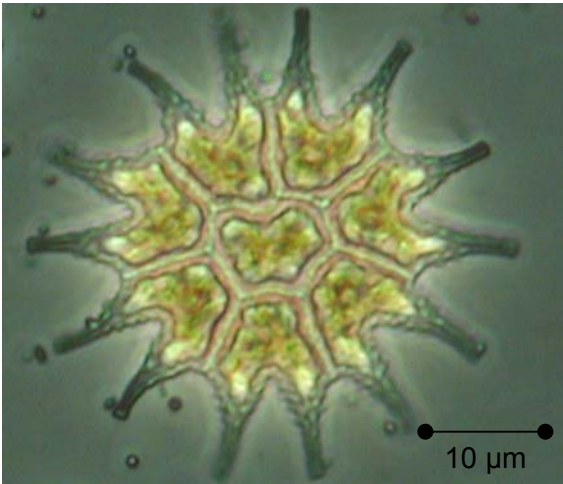


Foto 5.2.3.7a: *Pediatrum boryanum*  
(Murtensee)

Wunderschöne Grünalgenkolonien bildet die Gattung *Pediatrum*. Diese Art bevorzugt eher meso- bis eutrophe Gewässer.



Foto 5.2.3.7b: *Crucigeniella irregularis*  
(Murtensee)

Die Grünalge *C. irregularis* bildet ebenfalls Kolonien, aber ganz anderer Art.



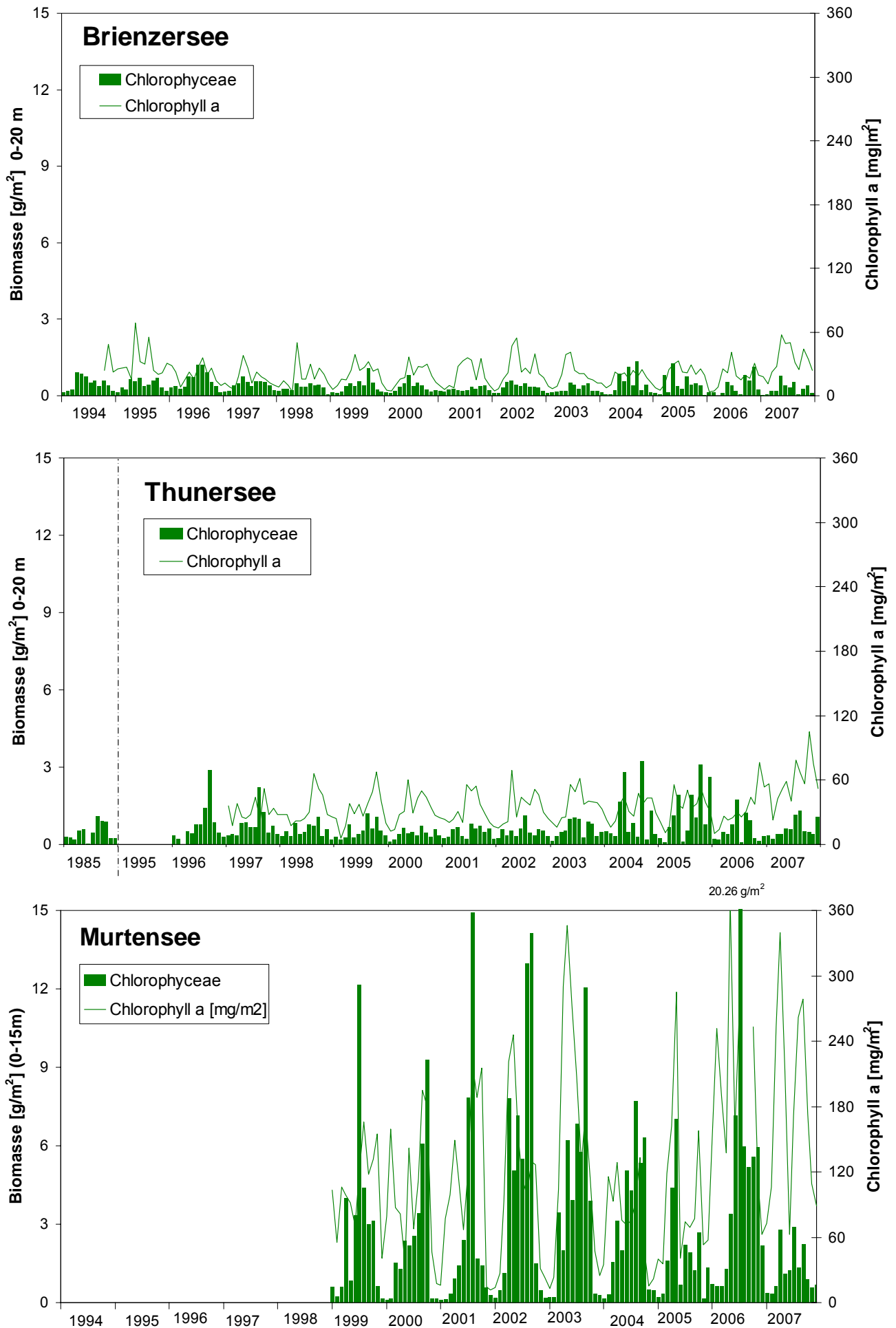


Abb. 5.2.3.7a: Grünalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre.

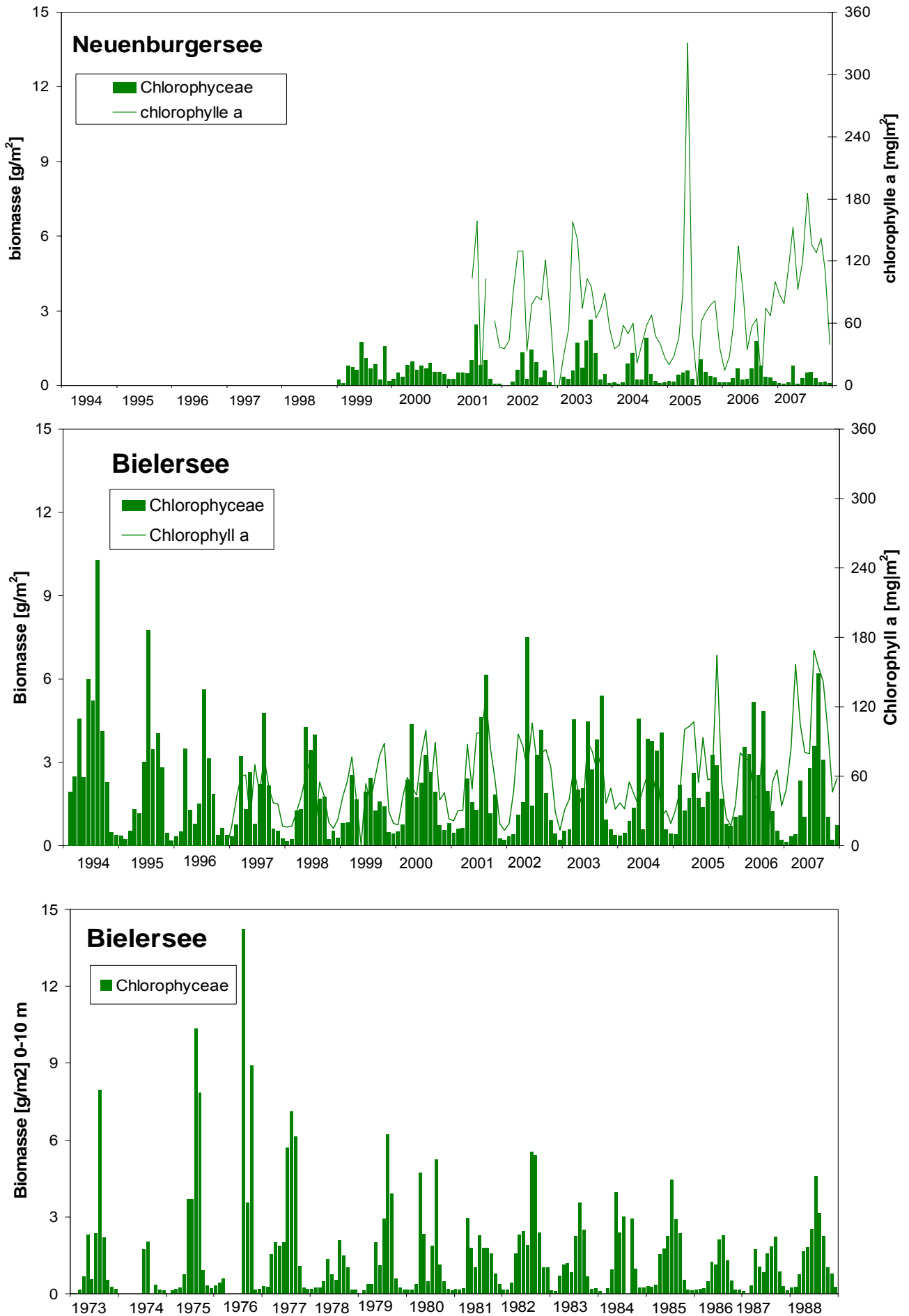


Abb. 5.2.3.7b: Grünalgen, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre und in den 70-er und 80-er Jahren.

### 5.2.3.8 Diverse

Diverse Algengruppen mit normalerweise geringen Biomasseanteilen werden in dieser Gruppe zusammengefasst.

Im Briener- und Thunersee finden wir vereinzelte Vertreter der Lauchgrünalgen (*Prasinophyceen*), die merkliche Biomassen hervorbringen.

Im Murtersee sind es hingegen hauptsächlich Vertreter der Jochalgen (*Conjugatophyceen*), die grosse bzw. sogar extrem hohe Biomassen gebildet haben. 2003 trat das kleine *Cosmarium sphagnicolum* erstmals mit einer kleineren Blüte in Erscheinung. 2006 dominierte diese Alge mehrere Wochen das gesamte Phytoplankton.

Im Bieler- und Neuenburgersee wurden die grossen Biomassen zu Beginn der 90-er Jahre durch die Fadenalge *Mougeotia* gebildet. In beiden Seen ist diese Alge fast verschwunden. Im Bielersee treten wie im Thuner- und Brienersee nur noch vereinzelt *Prasinophyceen* in merkbarem Mass auf. Im Neuenburgersee sind es hauptsächlich Jochalgen.



Foto 5.2.3.8a: *Cosmarium depressum*  
(Bielersee)



Foto 5.2.3.8b: *Tetraselmis* sp. (Bielersee)

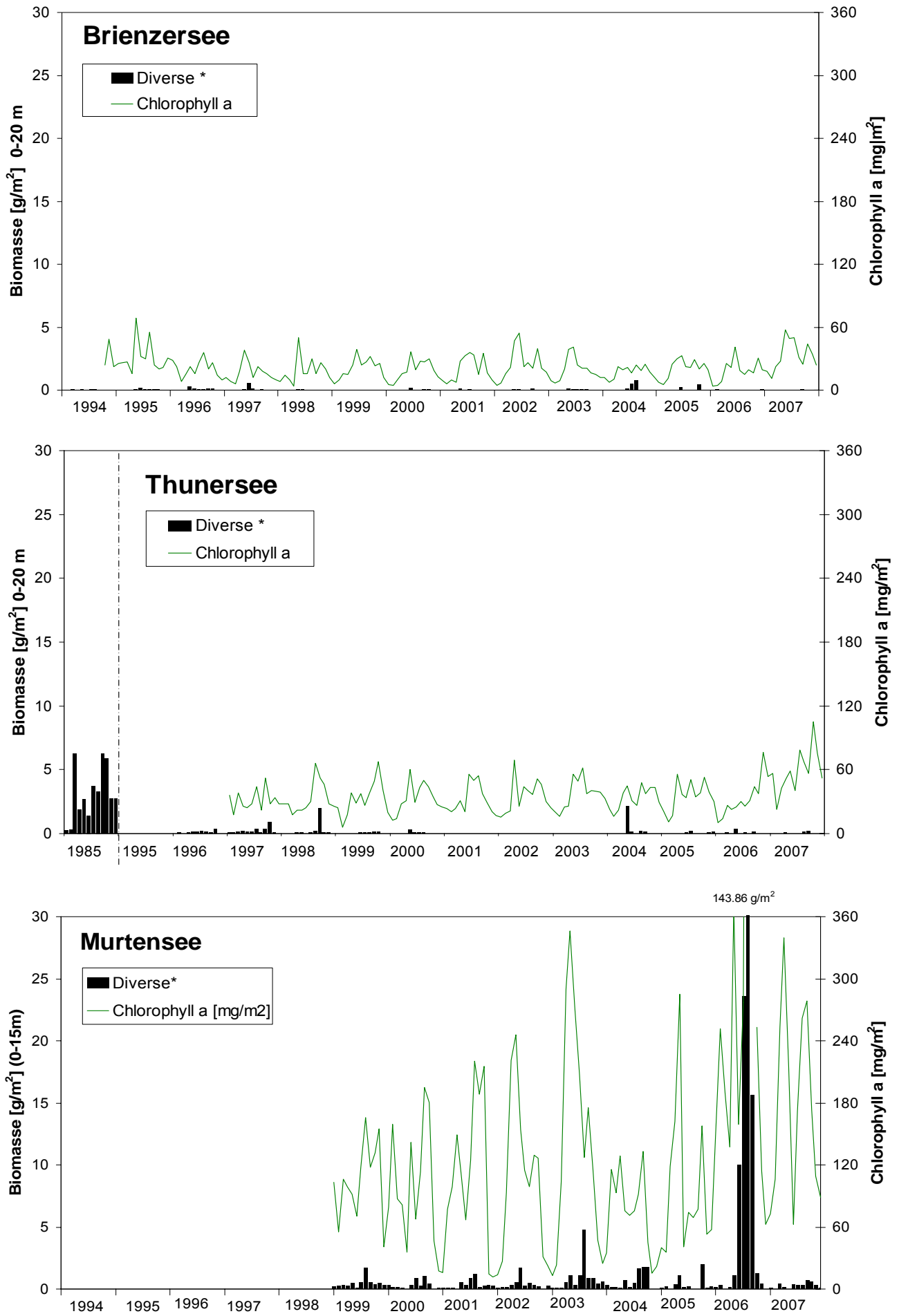


Abb. 5.2.3.8a: Diverse, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre.

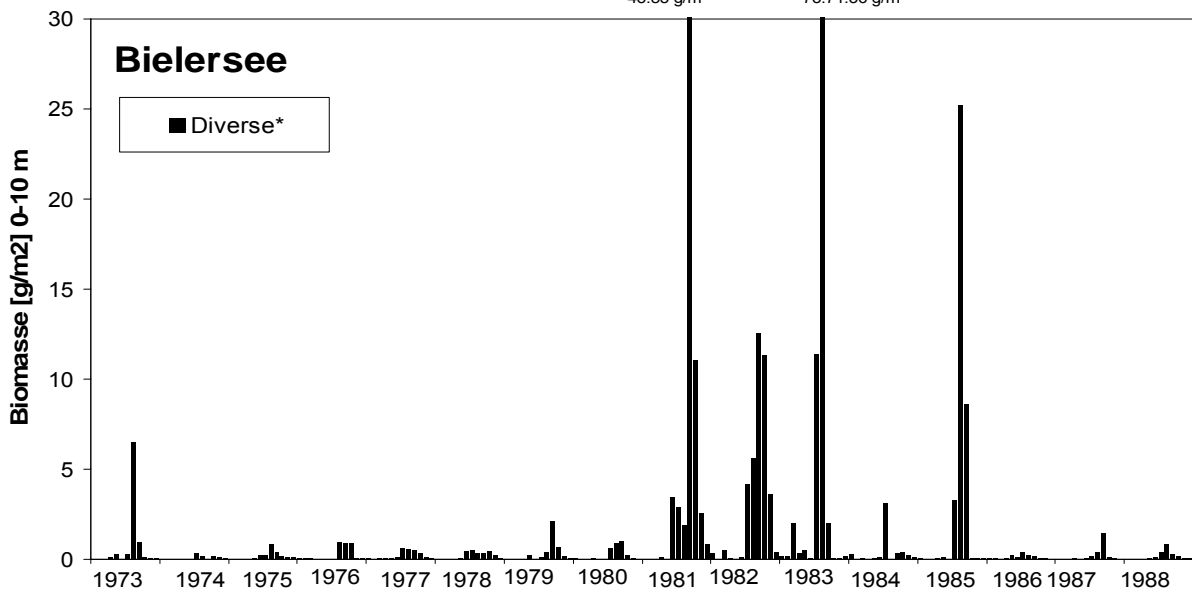
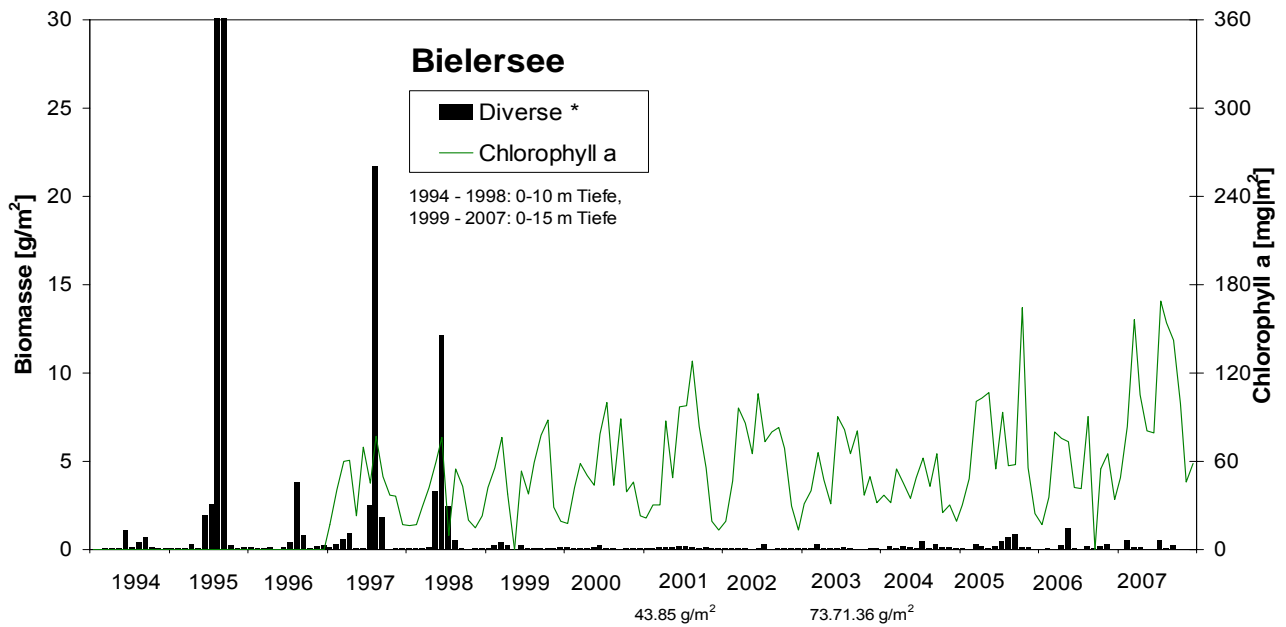
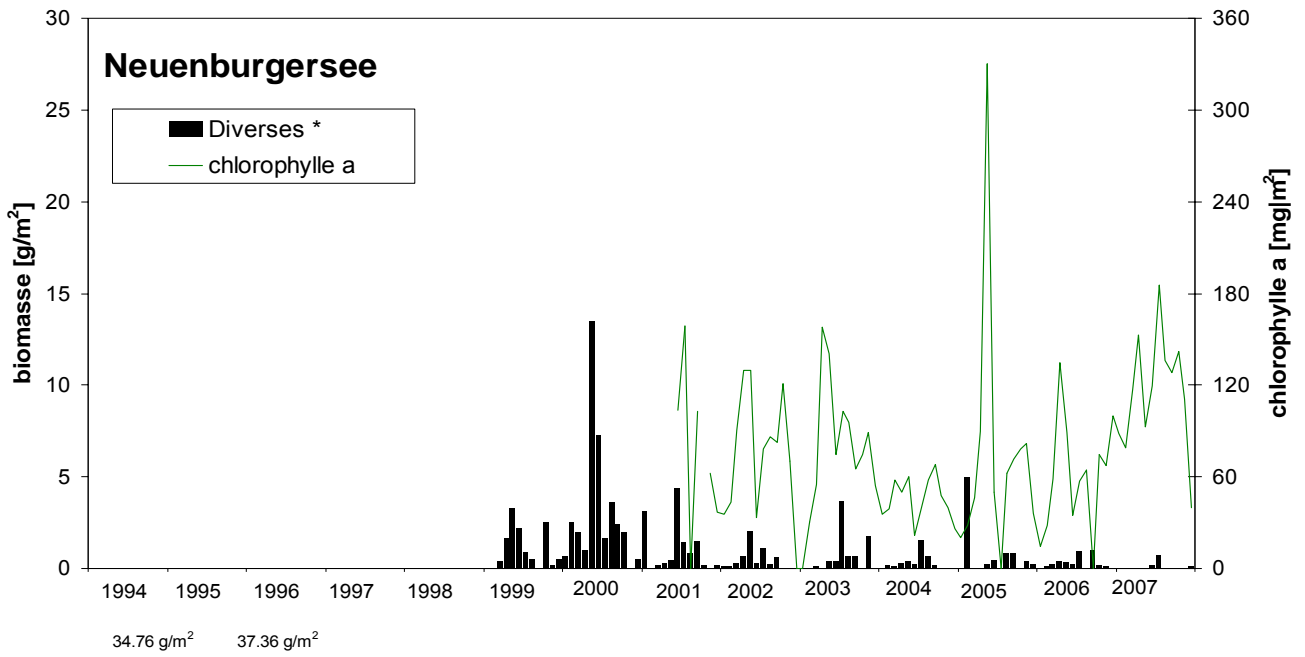


Abb. 5.2.3.8b: Diverse, Biomasseentwicklung der letzten 14 bzw. 9 Jahre und in den 70-er und 80-er Jahren.

### 5.2.3.9 Abnahme/Zunahme der Algengruppen in den einzelnen Seen

In einigen Seen haben sich deutliche Veränderungen während der Untersuchungsperiode ergeben. Im Brienersee haben drei Algengruppen in ihrer mittleren Biomasse pro Jahr (12 Stichproben pro Jahr) klar abgenommen (Rangkorrelation nach Spearman,  $N = 14$  Jahre,  $p < 0.05$ ): Goldalgen, Blaualgen und Schlundalgen. Da die Goldalgen am meisten zur Biomasse beitragen, hat dies auch Auswirkungen auf die Gesamtbiomasse, welche ebenfalls signifikant abgenommen hat. Die Basis der Nahrungspyramide im Brienersee ist deutlich kleiner geworden.

Im Thunersee hat nur die Gruppe der Blaualgen signifikant abgenommen (Rangkorrelation nach Spearman,  $N = 12$  Jahre,  $p < 0.05$ ).

Im Murtensee haben vier Algengruppen (Blaualgen, Jochalgen, Bakterien und Lauchgrünalgen) signifikant zugenommen (Rangkorrelation nach Spearman,  $N = 9$  Jahre,  $p < 0.05$ ). Drei davon tragen allerdings nur ganz vereinzelt viel zur Biomasse bei. Die Blaualgen weisen eine grosse Zunahme in den Jahren 2005 und 2006 auf. Im 2007 ist die mittlere Biomasse wieder geringer.

Der Neuenburgersee ist ebenfalls ein See, der mehrere signifikant abnehmende Algengruppen aufweist. Die weitaus wichtigste sind die Blaualgen (Rangkorrelation nach Spearman,  $N = 9$  Jahre,  $p < 0.05$ ).

Als einziger See weist der Bielersee sowohl signifikant abnehmende wie zunehmende Algengruppen auf. Die wichtigsten sind die Goldalgen und die Panzerflagellaten, welche beide signifikant zugenommen haben (Rangkorrelation nach Spearman,  $N = 14$  Jahre,  $p < 0.05$ ). Es ist allerdings zu beachten, dass die Testperiode wesentlich länger ist (1973 - 1988 und 1994 - 2007), als in allen anderen Seen.

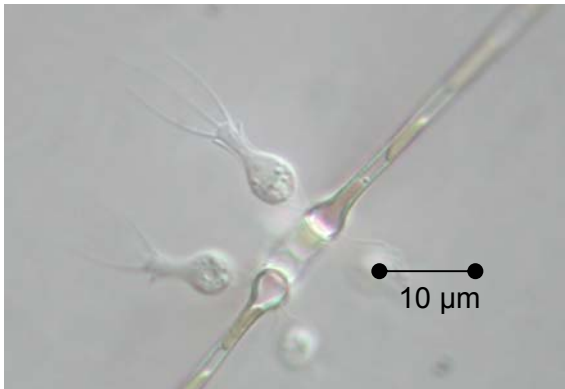
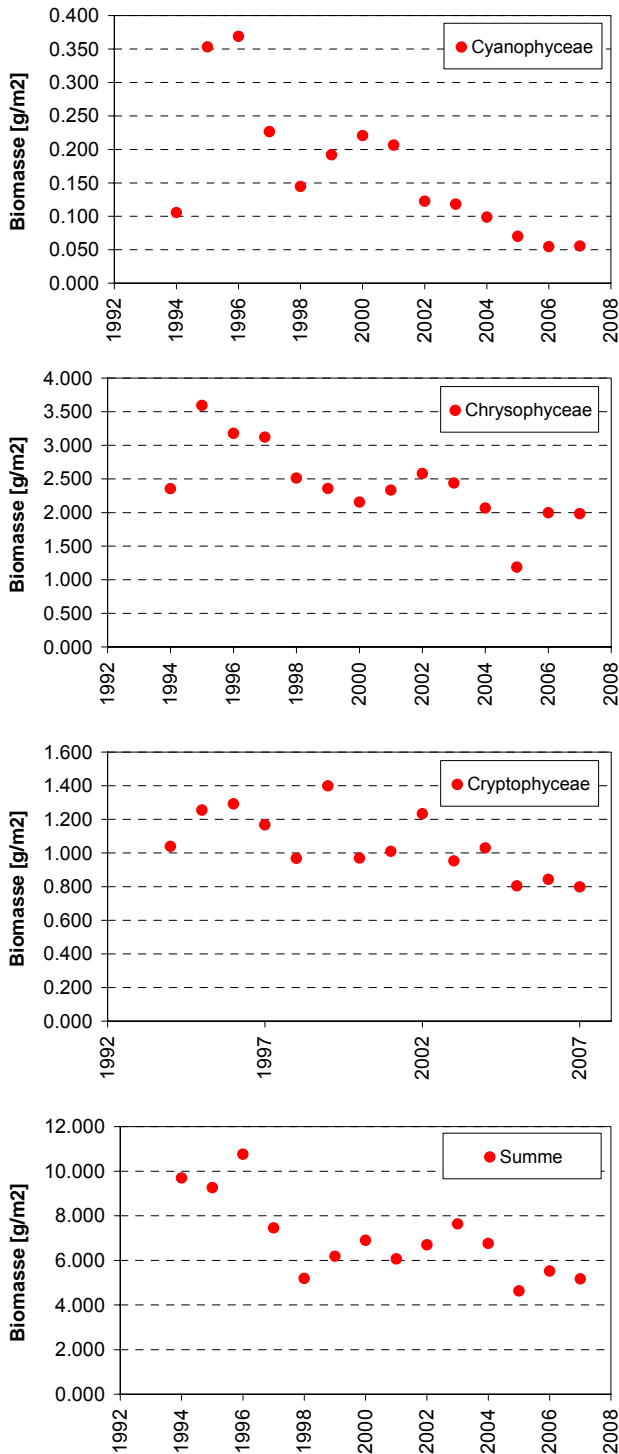


Foto 5.2.3.9a: *Salpingoeca* sp. auf *Asterionella* (Bielersee)

Diese kleine Goldalge findet man oft massenhaft an Kieselalgen angeheftet.

## Brienzersee



## Thunersee

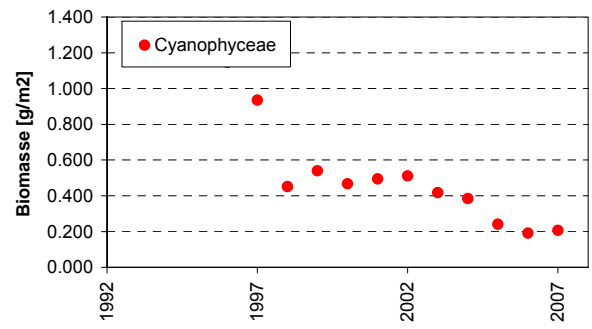
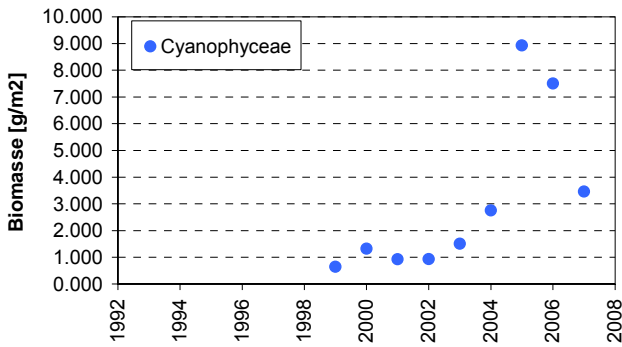


Abb. 5.2.3.9a: Mittlere Jahresbiomasse (N=12/Jahr) der Algengruppen, die eine signifikante Abnahme (rote Punkte) bzw. Zunahme (blaue Punkte) während der Untersuchungsperiode zeigen.

Murtensee



Neuenburgersee

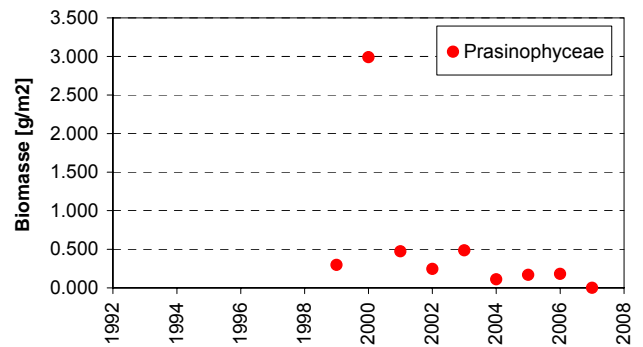
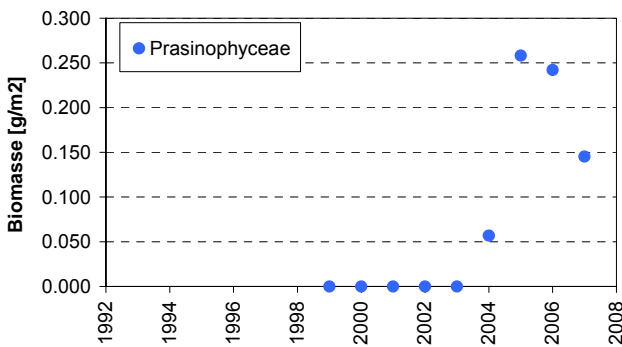
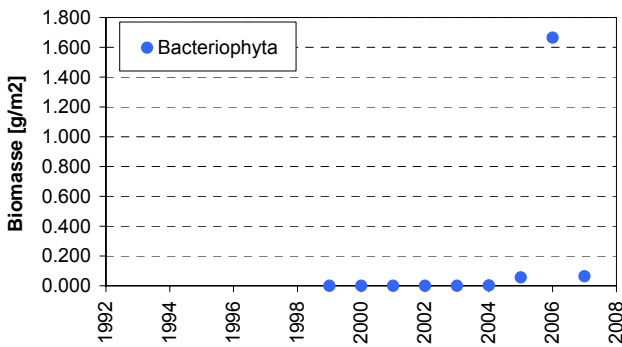
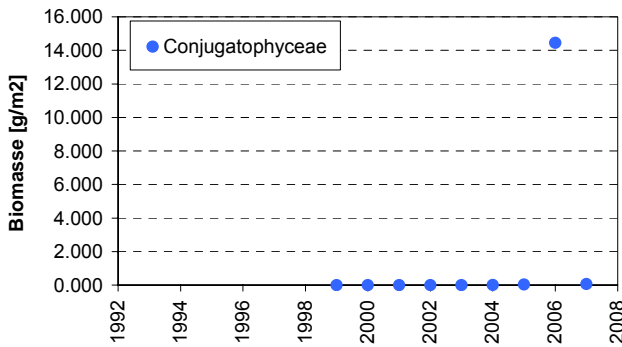
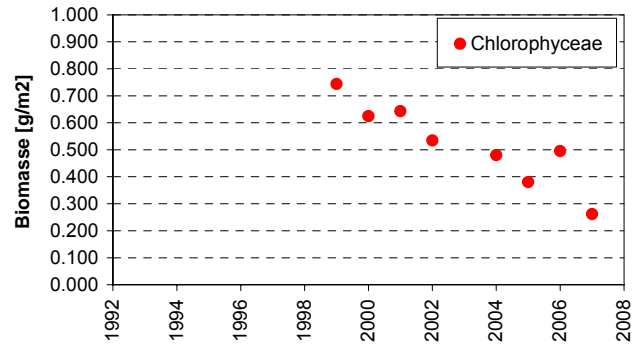
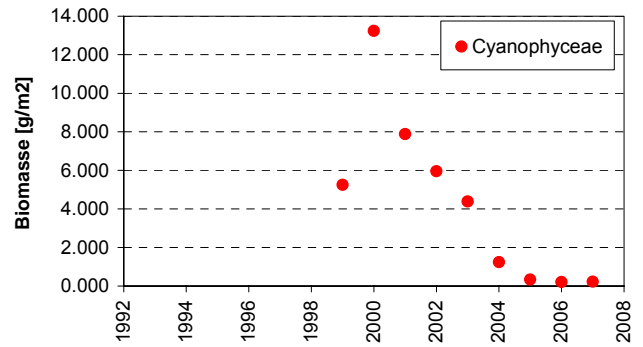


Abb. 5.2.3.9b: Mittlere Jahresbiomasse (N=12/Jahr) der Algengruppen, die eine signifikante Abnahme (rote Punkte) bzw. Zunahme (blaue Punkte) während der Untersuchungsperiode zeigen.



## Bielersee

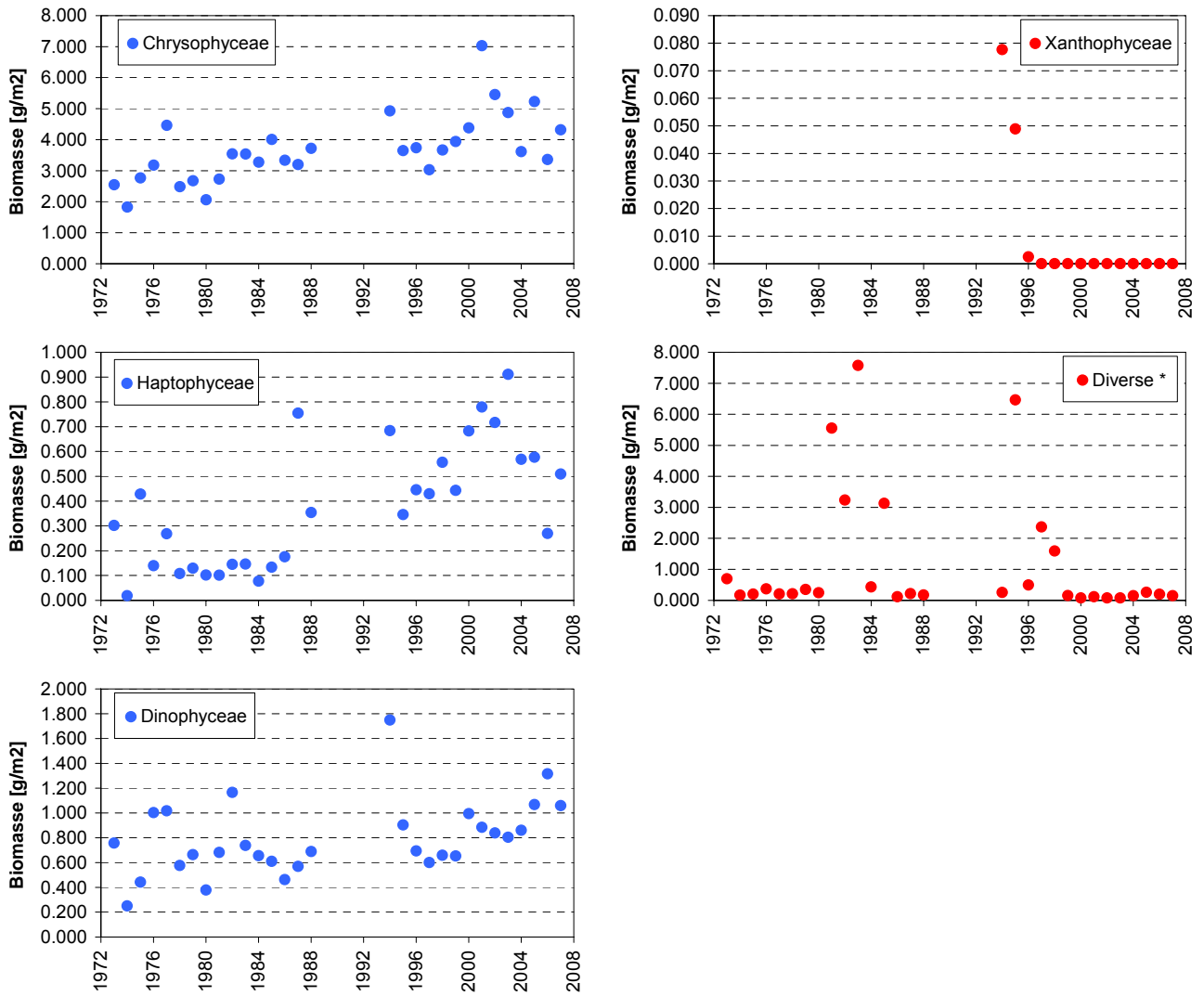


Abb. 5.2.3.9c: Mittlere Jahresbiomasse (N=12/Jahr) der Algengruppen, die eine signifikante Abnahme (rote Punkte) bzw. Zunahme (blaue Punkte) während der Untersuchungsperiode zeigen.

## 5.2.4 Biomasse der einzelnen Grössenklassen

Mit etwas mehr als  $7 \cdot 10^{12}$  Individuen pro Quadratmeter Wassersäule (0 - 15 m) weist der Murtensee mit Abstand die grösste Individuenzahl aus. Die übrigen Seen haben Individuenzahlen unter  $2 \cdot 10^{12}$  (Abb. 5.2.4a, b und c).

Besonders hohe Differenzen sind bei den grössten Phytoplanktern, dem Mikroplankton, zu erkennen. Zum Mikroplankton der untersuchten Seen gehören fast 400 Taxa, da nicht nur grosse Einzelalgen wie der Panzerflagellat *Ceratium hirudinella*, sondern auch faden- und koloniebildende Algen in diese Grössenklasse eingeordnet werden. Deshalb weist der Neuenburgersee zu Beginn der Messperiode mit der fädigen Blaualge *Planktothrix rubescens* sehr viel Mikroplankton auf. Im Murtensee sind es ebenfalls fädige Blaualgen (*Pseudanabaena limnetica*), aber auch Blaualgenkolonien wie *Microcystis* und grosse *Cryptophyceen*.

Zum Nanoplankton werden über 300 verschiedene Taxa gezählt, wovon über 2/3 Einzeller sind. Auch hier bewegen sich die Individuenzahlen um  $10^{12}/m^2$  Wasseroberfläche. Die Ausnahme bildet der Murtensee mit bis zu  $6 \cdot 10^{12}$  Individuen/ $m^2$  Wasseroberfläche.

Das Picoplankton besteht nur noch aus einem Mischtaxon, den  $\mu$ -Algen. In dieser Grössenklasse weisen alle Seen ähnliche Individuenzahlen aus.

Tab. 5.2.4 Taxazahlen und ihre Verteilung auf die Grössenklassen.

Grössenklassen	Anzahl Taxa	%
Mikroplankton	395	55.32
Nanoplankton	318	44.54
Picoplankton	1	0.14
Total	714	100.00
Habitus	Anzahl Taxa	%
Zelle	408	57.14
Kolonie	180	25.21
Faden	76	10.64
Zelle Kolonie	27	3.78
Faden Kolonie	11	1.54
Kolonie bandförmig	8	1.12
Zelle Faden	4	0.56
Total	714	100
Einschichtung	Anzahl Taxa	%
aktiv	210	29.41
passiv	504	70.59
Total	714	100
Physiologie	Anzahl Taxa	%
photo-litho-autotroph	542	75.91
chemo-organo-heterotroph	66	9.24
mixotroph chemo-organo-heterotroph photo-litho-autotroph	45	6.30
ohne	19	2.66
aerob oder anaerob chemo-organo-heterotroph	9	1.26
Mangan/Eisenbakterien	9	1.26
Purpur-Schwefelbakterien anaerob photo-litho-heterotroph		
photo-organo-heterotroph photo-organo-autotroph	6	0.84
mixotroph photo-litho-autotroph	4	0.56
Schwefelbakterien anaerob photo-litho-autotroph photo-litho-heterotroph	4	0.56
Schwefelbakterien mikroaerophil chemo-litho-heterotroph	4	0.56
photo-litho-heterotroph	2	0.28
Eisenbakterien chemo-organo-heterotroph	2	0.28
anaerob fakultativ-anaerob chemo-organo-heterotroph	1	0.14
mikroaerophil chemo-organo-heterotroph	1	0.14
Total	714	100%

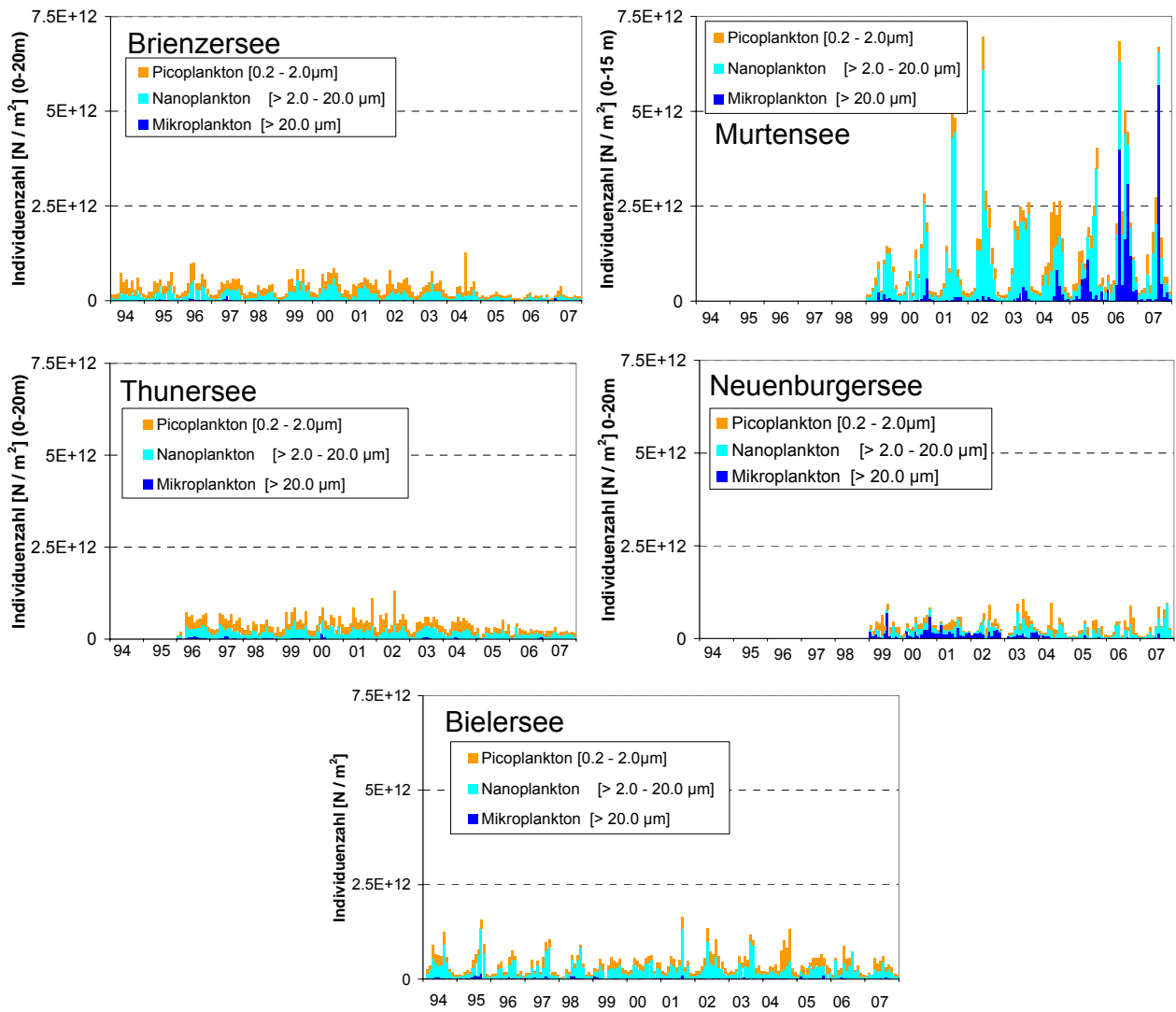


Abb. 5.2.4a: Individuenzahlen verteilt auf die drei Grössenklassen.

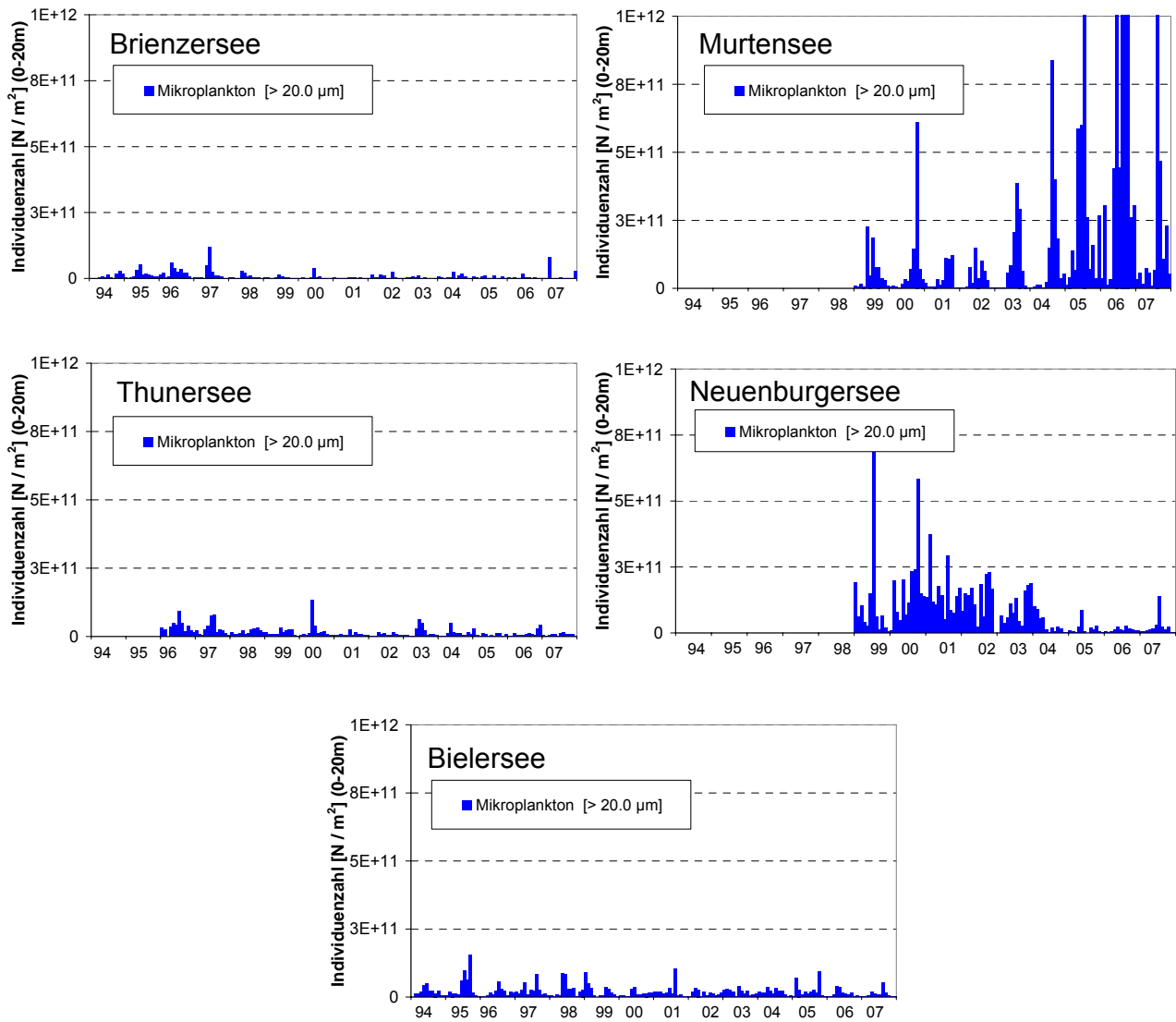


Abb. 5.2.4b: Individuenzahlen des Mikroplanktons.

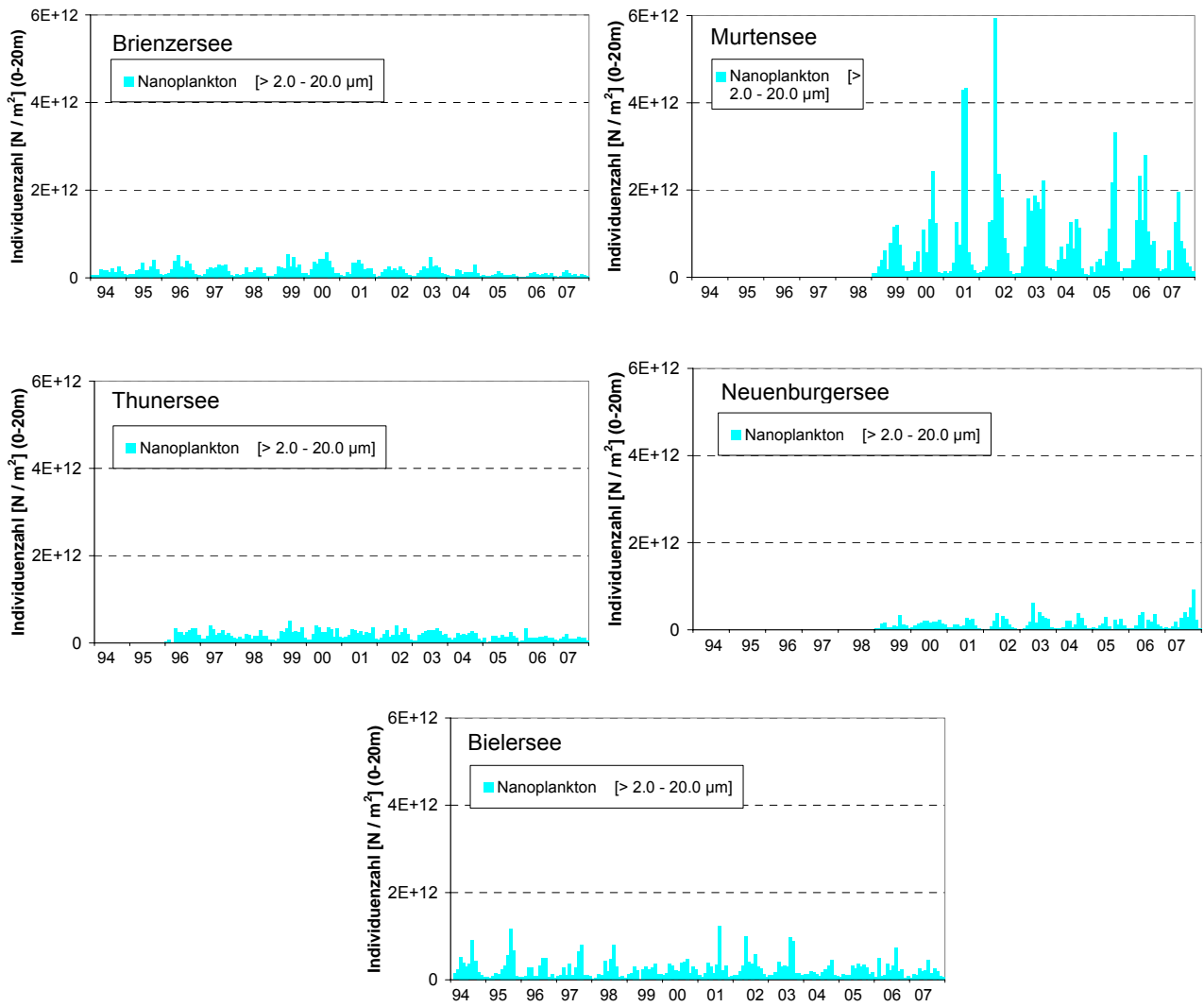


Abb. 5.2.4c: Individuenzahlen des Nanoplanktons.

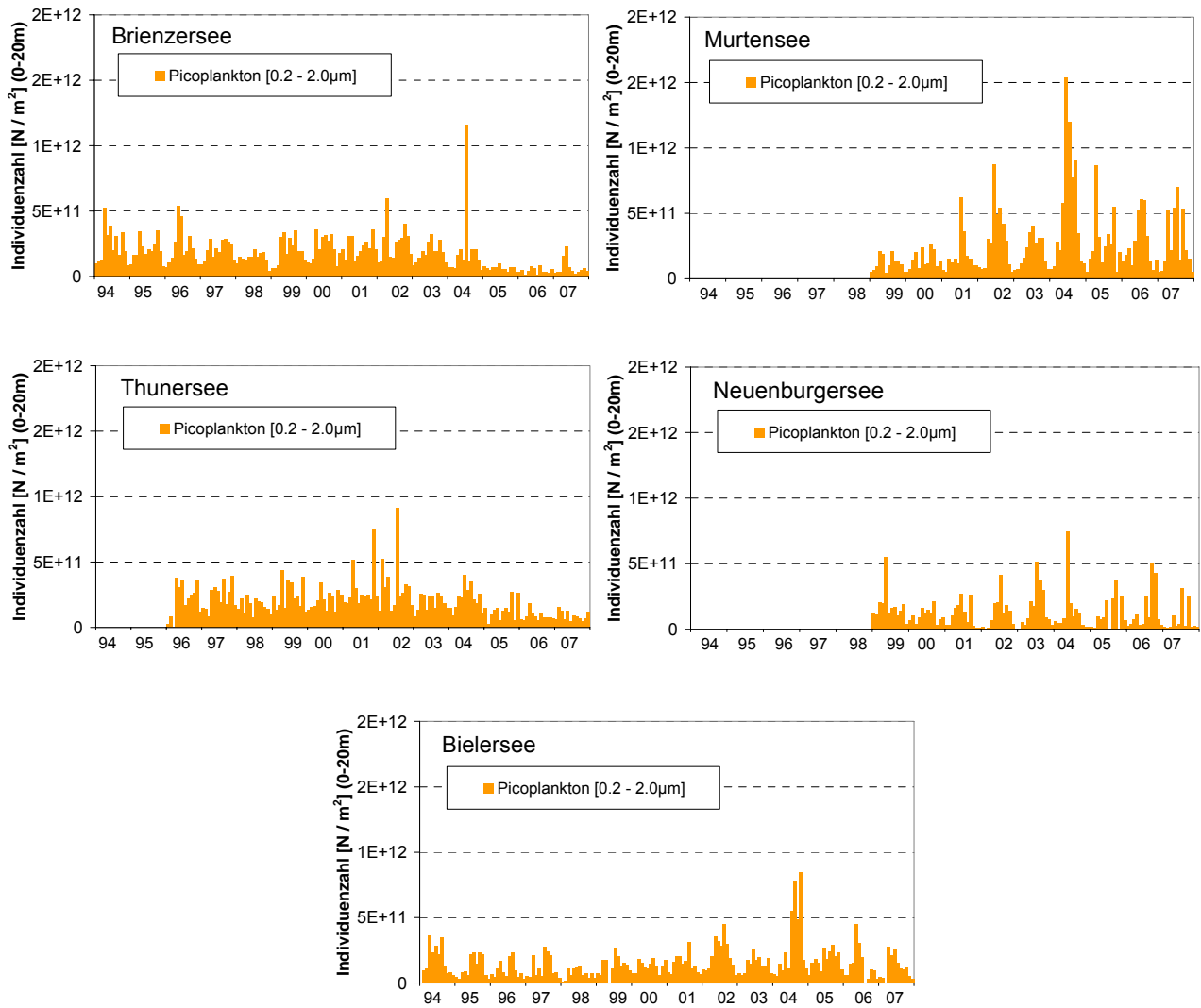


Abb. 5.2.4d: Individuenzahlen des Picoplanktons.

### 5.2.5 Wichtigste Taxa nach Biomasse [g/m<sup>2</sup>] und nach Häufigkeit (Abundanz)

In jedem See wurden diejenigen 25 Taxa ausgewählt, die in der Untersuchungsperiode am meisten zur Gesamtbiomasse beitragen. Ebenfalls wurden diejenigen 25 Taxa jedes Sees ausgewählt, die in den meisten Proben vertreten sind (Tab. 5.2.5a-e). Dabei gibt es in jedem See Überschneidungen. Einige Taxa tragen sowohl viel zur Biomasse bei und treten auch regelmässig auf. Andere Taxa tragen zwar soviel zur Biomasse bei, dass sie zu den 25 ersten eines Sees gehören, sie treten aber nicht regelmässig genug auf. Diese Taxa kann man als Blütenbildner einstufen.

Weitere Taxa treten zwar regelmässig auf, tragen aber nur in geringem Mass zur Biomassebildung bei. Diese Taxa sind entweder wegen ihrer Zellgrösse auch bei grossem Aufkommen für die Biomasse irrelevant oder sie treten nie in grosser Zahl auf.

In den Tabellen 5.2.5a-e sind einige Taxa rot bzw. blau hinterlegt. Taxa in Rot weisen eine signifikante Abnahme der Biomasse, Taxa in Blau eine signifikante Zunahme auf (Rangkorrelation nach Spearman,  $p < 0.05$ ):

#### 5.2.5.1 Brienersee und Thunersee

Die 25 wichtigsten „Biomassen“- Taxa gehören überwiegend zu den Gold- und Kieselalgen. Auch die 25 am häufigsten aufgetretenen Taxa gehören primär zu diesen beiden Algengruppen. In beiden Seen sind Taxa, die keine signifikanten Änderungen durchlaufen haben, in der Mehrheit. Von den wichtigsten Taxa weisen jedoch deutlich mehr eine signifikante Abnahme als eine Zunahme auf. Abgenommen haben so auffällige Taxa wie *Asterionella formosa* und *Fragilaria crotonensis*. Zugenommen haben in beiden Seen nur 2 Taxa, deren Zellgrösse sehr klein ist (Tab 5.2.5a und b).

#### 5.2.5.2 Murtensee, Neuenburgersee, Bielersee

Signifikante Abnahmen oder Zunahmen bei den wichtigsten Taxa werden in den drei Jurarandseen weniger gefunden als im Briener- und Thunersee (Tab 5.2.5c, d und e). Im Murtensee weisen nur 3 Taxa signifikante Änderungen auf (1 zunehmend, 2 abnehmend). Sie gehören hauptsächlich zu den Kieselalgen, den Goldalgen und Blaualgen.

Auch im Neuenburgersee sind die 25 wichtigsten Taxa mehrheitlich diesen Gruppen angehörig. Im Neuenburgersee haben 4 davon ab- und 2 zugenommen. Darunter ein Dinoflagellat ohne Chloroplasten (*Gymnodinium helveticum*).

Im Bielersee haben rund 7 der wichtigsten Biomassentaxa signifikant abgenommen. Signifikant zugenommen haben 2 der häufigsten Taxa, beide ohne Chloroplasten (*Gymnodinium helveticum* und *Polytoma*).

Wie viele Taxa in allen Seen bezüglich ihrer Biomasse signifikant zu- bzw. abgenommen haben, ist in folgender Tabelle ersichtlich. Welche Taxa dies im Detail sind, ist im Anhang 5.3.1 ersichtlich.

	Brienersee		Thunersee		Murtensee		Neuenburgersee		Bielersee	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	179	100.00	220	100.00	315	100.00	182	100.00	362	100.00
abnehmend	29	16.20	31	14.09	21	6.67	17	9.34	34	9.39
zunehmend	15	8.38	12	5.45	23	7.30	10	5.49	17	4.70

Tab. 5.2.5a Brienersee (1994 – 2007): Die 25 wichtigsten Taxa bezüglich Biomasse (linke Tabellenhälfte) und Häufigkeit (rechte Tabellenhälfte).

## Brienersee 1994 - 2007

Art-nummer	Artname	Biomasse insgesamt (g/m <sup>2</sup> )	%-Anteil an Totalbiomasse von 94-07	TAW = trophic score	stenoecy-factor	Art-nummer	Artname	Anzahl Auftreten	% (175 Proben=100%)	TAW = trophic score	stenoecy-factor
						148	Aphanocapsa holsatica / sp.	161	92.00	2.17	1.00
183	Cyanobium plancticum / sp.	15.37170	1.22382			183	Cyanobium plancticum / sp.	175	100.00		
611	Pseudopedinella erkensis	17.69038	1.40842	1.25	1.00						
614	Uroglena sp.	38.25348	3.04555	1.82	1.00						
624	Dinobryon cylindricum	30.92339	2.46196								
625	Dinobryon divergens	14.28652	1.13742	1.18	1.00						
						640	Mallomonas acaroides	133	76.00		
691	Spumella sp. (<11 µm)	104.02763	8.28215			691	Spumella sp. (<11 µm)	170	97.14		
692	Spumella sp. (>11 µm)	10.23154	0.81458			692	Spumella sp. (>11 µm)	142	81.14		
698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	118.42791	9.42863			698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	175	100.00		
699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	40.82302	3.25012			699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	161	92.00		
700	unbestimmte Flagellaten (länglich)	13.55883	1.07949			700	unbestimmte Flagellaten (länglich)	135	77.14		
1013	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	126.91392	10.10424			1013	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	173	98.86		
1014	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 17 µm)	15.05401	1.19852			1014	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 17 µm)	132	75.43		
1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	92.76663	7.38561			1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	169	96.57		
1207	Asterionella formosa	69.25300	5.51357			1207	Asterionella formosa	167	95.43		
1230	Fragilaria crotonensis	28.38058	2.25952								
1284	Fragilaria berolinensis (Syn Nitzschia fruticosa)	13.61572	1.08401			1284	Fragilaria berolinensis (Syn Nitzschia fruticosa)	136	77.71		
1404	Chrysochromulina parva	43.78242	3.48573			1404	Chrysochromulina parva	167	95.43		
						1705	Gymnodinium lantzschii	165	94.29		
1706	Gymnodinium helveticum	18.70637	1.48931			1706	Gymnodinium helveticum	166	94.86		
1733	Ceratium hirundinella	30.43980	2.42346								
						1760	Gymnodinium sp. (< 12 µm)	159	90.86		
1761	Peridinium willei / cinctum / sp.	20.25357	1.61249	1.05	2.00						
						2015	Katablepharis ovalis	150	85.71		
2022	Rhodomonas lens	46.48424	3.70084			2022	Rhodomonas lens	164	93.71		
2024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. minuta)	100.39405	7.99287			2024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. minuta)	175	100.00		
2025	Rhodomonas minuta var. nannoplantica (Syn. gültig R. lacustris var. minuta)	26.17401	2.08384			2025	Rhodomonas minuta var. nannoplantica (Syn. gültig R. lacustris var. minuta)	174	99.43		
						2097	Cryptomonas erosa / ovata	127	72.57		
2660	Chlamydomonas sp. (< 11 µm)	11.15061	0.88776			2660	Chlamydomonas sp. (< 11 µm)	151	86.29		
						3104	Elakatothrix genevensis	156	89.14		
4999	µ-Algen	25.57623	2.03625			4999	µ-Algen	175	100.00		

rot: signifikante Abnahme, blau: signifikante Zunahme (Rangkorrelation nach Spearman, N = 14 Jahre, p &lt; 0.05)



Tab. 5.2.5b Thunersee (1996 – 2007): Die 25 wichtigsten Taxa bezüglich Biomasse (linke Tabellenhälfte) und Häufigkeit (rechte Tabellenhälfte).

## Thunersee 1996 - 2007

Art-nummer	Artname	Biomasse insgesamt (g/m <sup>2</sup> )	%-Anteil an Totalbiomasse von 96-07	TAW = trophic score	stenoecy-factor	Art-nummer	Artname	Anzahl Auftreten	% (143 Proben= 100%)	TAW = trophic score	stenoecy-factor
						148	Aphanocapsa holsatica / sp.	139	97.20	2.17	1.00
183	Cyanobium plancticum / sp.	19.64658	1.27158			183	Cyanobium plancticum / sp.	143	100.00		
303	Anabaena flos-aquae	33.77554	2.18604	1.35	1.00						
611	Pseudopedinella erkensis	31.01762	2.00754	1.25	1.00						
614	Uroglena sp.	33.94880	2.19725	1.82	1.00						
625	Dinobryon divergens	74.35658	4.81254	1.18	1.00	625	Dinobryon divergens	125	87.41	1.18	1.00
691	Spumella sp. (<11 µm)	84.27620	5.45457			691	Spumella sp. (<11 µm)	141	98.60		
692	Spumella sp. (>11 µm)	18.59513	1.20352			692	Spumella sp. (>11 µm)	126	88.11		
698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	98.12109	6.35064			698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	143	100.00		
699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	69.71877	4.51237			699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	131	91.61		
1013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	127.44566	8.24860			1013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	143	100.00		
1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	114.57060	7.41530			1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	142	99.30		
1207	Asterionella formosa	28.85100	1.86731			1207	Asterionella formosa	142	99.30		
1230	Fragilaria crotonensis	97.56763	6.31482			1230	Fragilaria crotonensis	139	97.20		
1276	Fragilaria ulna (acus-Sippe)	26.78679	1.73371								
1295	Fragilaria tenera	42.13999	2.72741								
1404	Chrysochromulina parva	40.70683	2.63465			1404	Chrysochromulina parva	139	97.20		
						1705	Gymnodinium lantzschii	134	93.71		
1706	Gymnodinium helveticum	21.20617	1.37252			1706	Gymnodinium helveticum	139	97.20		
1733	Ceratium hirundinella	63.09477	4.08365			1733	Ceratium hirundinella	132	92.31		
						1760	Gymnodinium sp. (< 12 µm)	140	97.90		
1761	Peridinium willei / cinctum / sp.	17.70247	1.14575	1.05	2.00						
						2015	Katablepharis ovalis	134	93.71		
2022	Rhodomonas lens	33.56069	2.17213			2022	Rhodomonas lens	137	95.80		
2024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var	57.44292	3.71785			2024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var	143	100.00		
2025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lac	17.90301	1.15873			2025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lac	142	99.30		
						2097	Cryptomonas erosa / ovata	136	95.10		
2645	Polytoma sp.	29.13036	1.88539			2645	Polytoma sp.	130	90.91		
2660	Chlamydomonas sp. (< 11 µm)	15.38445	0.99572			2660	Chlamydomonas sp. (< 11 µm)	132	92.31		
						3104	Elakatothrix genevensis	141	98.60		
4999	µ-Algen	17.610506	1.13980			4999	µ-Algen	143	100.00		

rot: signifikante Abnahme, blau: signifikante Zunahme (Rangkorrelation nach Spearman, N = 12 Jahre, p &lt; 0.05)

Tab. 5.2.5c Murtensee (1999 – 2007): Die 25 wichtigsten Taxa bezüglich Biomasse (linke Tabellenhälfte) und Häufigkeit (rechte Tabellenhälfte).

## Murtensee 1999- 2007

Art-nummer	Artname	Biomasse insgesamt (g/m2)	%-Anteil an Totalbiomasse von 99-07	TAW = trophic score	stenoecy-factor	Art-nummer	Artname	Anzahl Auftreten	% (113 Proben= 100%)	TAW = trophic score	stenoecy-factor
182	Rhabdogloea sp. (mittel, > 2 µm)	62.89692	3.10397			148	Aphanocapsa holsatica / sp.	112	99.12	2.17	1.00
						183	Cyanobium plancticum / sp.	112	99.12		
184	Rhabdogloea sp. (gross)	66.40671	3.27718								
341	Planktothrix rubescens (Syn. Limnothrix rub..., Oscillatoria rub...)	306.81940	15.14157	1.55	2.00						
622	Dinobryon sertularia	32.14053	1.58614	2.22	1.00						
625	Dinobryon divergens	91.27720	4.50454	1.18	1.00						
						691	Spumella sp. (<11 µm)	102	90.27		
						692	Spumella sp. (>11 µm)	93	82.30		
698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	90.05244	4.44410			698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	113	100.00		
699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	57.26581	2.82607			699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	99	87.61		
1013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	328.53259	16.21312			1013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	108	95.58		
1020	Aulacoseira islandica ssp helvetica (Syn. Melosira ...)	22.09447	1.09036	1.11	1.00						
1028	Stephanodiscus sp. (< 30 µm)	24.04444	1.18660								
1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	27.23032	1.34382			1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	105	92.92		
1052	Stephanodiscus sp. (> 30 µm)	52.43585	2.58771			1052	Stephanodiscus sp. (> 30 µm)	88	77.88		
1207	Asterionella formosa	21.70048	1.07092			1207	Asterionella formosa	101	89.38		
1222	Diatoma tenuis (Syn. Diatoma elongatum)	43.77703	2.16040	1.16	2.00						
1230	Fragilaria crotonensis	96.88991	4.78153								
1277	Fragilaria ulna (angustissima-Sippe)	59.98638	2.96033								
1286	Tabellaria fenestrata	20.91558	1.03219								
1404	Chrysochromulina parva	21.90592	1.08106			1404	Chrysochromulina parva	97	85.84		
						1705	Gymnodinium lantzeschii	96	84.96		
1706	Gymnodinium helveticum	28.61123	1.41197			1706	Gymnodinium helveticum	111	98.23		
1733	Ceratium hirundinella	92.01522	4.54096								
						2002	Cryptomonas erosa	103	91.15		
						2015	Katablepharis ovalis	108	95.58		
2022	Rhodomonas lens	60.61485	2.99135			2022	Rhodomonas lens	89	78.76		
2024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. lacustris)	31.53493	1.55625			2024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. lacustris)	112	99.12		
2025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	35.84426	1.76892			2025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	112	99.12		
						2097	Cryptomonas erosa / ovata	113	100.00		
2504	Nephroselmis olivacea / sp.	58.67207	2.89547								
						2645	Polytoma sp.	95	84.07		
						2660	Chlamydomonas sp. (< 11 µm)	95	84.07		
2916	Chlorella sp.	22.13539	1.09238			2916	Chlorella sp.	102	90.27		
						3104	Elakatothrix genevensis	107	94.69		
						3410	Closterium acutum var. variabile	109	96.46	2.95	2.00
						4999	µ-Algen	112	99.12		

rot: signifikante Abnahme, blau: signifikante Zunahme (Rangkorrelation nach Spearman, N = 9 Jahre, p &lt; 0.05)

Tab. 5.2.5d Neuenburgersee (1999 – 2007): Die 25 wichtigsten Taxa bezüglich Biomasse (linke Tabellenhälfte) und Häufigkeit (rechte Tabellenhälfte).

## Neuenburgersee 1999 - 2007

Art-nummer	Artname	Biomasse insgesamt (g/m <sup>2</sup> )	%-Anteil an Totalbiomasse von 99-07	TAW = trophic score	stenoecy-factor	Art-nummer	Artname	Anzahl Auftreten	% (105 Proben= 100%)	TAW = trophic score	stenoecy-factor
						60	Achroonema angustum	78	74.29		
						148	Aphanocapsa holsatica / sp.	91	86.67	2.17	1.00
182	Rhabdogloea sp. (mittel, > 2 µm)	62.89692	3.10397								
184	Rhabdogloea sp. (gross)	66.40671	3.27718								
341	Planktothrix rubescens (Syn. Limnothrix rub..., Oscillatoria rub..)	306.81940	15.14157	1.55	2.00	341	Planktothrix rubescens (Syn. Limnothrix rub..., Oscillatoria rub..)	80	76.19	1.55	2.00
622	Dinobryon sertularia	32.14053	1.58614								
625	Dinobryon divergens	91.27720	4.50454			625	Dinobryon divergens	76	72.38	1.18	1.00
698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	90.05244	4.44410			698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	102	97.14		
699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	57.26581	2.82607			699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	102	97.14		
1013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	328.53259	16.21312			1013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	101	96.19		
1020	Aulacoseira islandica ssp helvetica (Syn. Melosira ...)	22.09447	1.09036	1.11	1.00						
1028	Stephanodiscus sp. (< 30 µm)	24.04444	1.18660			1028	Stephanodiscus sp. (< 30 µm)	75	71.43		
1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	27.23032	1.34382			1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	80	76.19		
1052	Stephanodiscus sp. (> 30 µm)	52.43585	2.58771								
1207	Asterionella formosa	21.70048	1.07092			1207	Asterionella formosa	99	94.29		
1222	Diatoma tenuis (Syn. Diatoma elongatum)	43.77703	2.16040	1.16	2.00						
1230	Fragilaria crotonensis	96.88991	4.78153			1230	Fragilaria crotonensis	86	81.90		
1277	Fragilaria ulna (angustissima-Sippe)	59.98638	2.96033								
1286	Tabellaria fenestrata	20.91558	1.03219	1.65	2.00						
						1296	Fragilaria capucina (rumpens-Sippe)	86	81.90	1.39	2.00
						1298	unbestimmte Pennales klein <15µm	82	78.10		
						1299	unbestimmte Pennales mittel 15-25µm	72	68.57		
1404	Chrysochromulina parva	21.90592	1.08106			1404	Chrysochromulina parva	76	72.38		
						1705	Gymnodinium lantzschii	81	77.14		
1706	Gymnodinium helveticum	28.61123	1.41197			1706	Gymnodinium helveticum	86	81.90		
1733	Ceratium hirundinella	92.01522	4.54096								
						2002	Cryptomonas erosa	100	95.24		
						2007	Cryptomonas ovata (Syn. C. rostrum)	78	74.29		
2022	Rhodomonas lens	60.61485	2.99135			2022	Rhodomonas lens	103	98.10		
	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. lacustris)	31.53493	1.55625				Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. lacustris)	102	97.14		
2024	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	35.84426	1.76892			2024	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	104	99.05		
2025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	35.84426	1.76892			2025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	104	99.05		
2504	Nephroselmis olivacea / sp.	58.67207	2.89547								
						2607	Carteria sp.	85	80.95	2.75	2.00
2916	Chlorella sp.	22.13539	1.09238			2916	Chlorella sp.	103	98.10		
						4999	µ-Algen	104	99.05		

rot: signifikante Abnahme, blau: signifikante Zunahme (Rangkorrelation nach Spearman, N = 9 Jahre, p &lt; 0.05)

Tab. 5.2.5e Bielersee (1994 – 2007): Die 25 wichtigsten Taxa bezüglich Biomasse (linke Tabellenhälfte) und Häufigkeit (rechte Tabellenhälfte).

## Bielersee 1994 - 2007

Art-nummer	Artname	Biomasse insgesamt (g/m <sup>2</sup> )	%-Anteil an Totalbiomasse von 94-07	TAW = trophic score	stenoecy-factor	Art-nummer	Artname	Anzahl Auftreten	% (170 Proben=100%)	TAW = trophic score	stenoecy-factor
						148	Aphanocapsa holsatica / sp.	164	96.47	2.17	1.00
						183	Cyanobium plancticum / sp.	169	99.41		
341	Planktothrix rubescens (Syn. Limnothrix rub..., Oscillatoria rub...)	61.832037	1.68285	1.55	2.00						
625	Dinobryon divergens	66.949599	1.82213	1.18	1.00						
691	Spumella sp. (<11 µm)	142.24526	3.87142			691	Spumella sp. (<11 µm)	165	97.06		
698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	188.45466	5.12908			698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	168	98.82		
699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	70.008097	1.90538			699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	152	89.41		
1013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	338.7341	9.21916			1013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	169	99.41		
1014	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 17 µm)	49.777035	1.35476			1014	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 17 µm)	154	90.59		
1020	Aulacoseira islandica ssp helvetica (Syn. Melosira ...)	38.536871	1.04884	1.11	1.00						
1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	227.90208	6.20270			1050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	164	96.47		
1051	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 25 µm)	47.69769	1.29816								
1052	Stephanodiscus sp. (> 30 µm)	113.50532	3.08922								
1207	Asterionella formosa	93.310556	2.53959			1207	Asterionella formosa	167	98.24		
1230	Fragilaria crotonensis	222.31957	6.05076			1230	Fragilaria crotonensis	158	92.94		
1276	Fragilaria ulna (acus-Sippe)	113.35718	3.08519								
						1277	Fragilaria ulna (angustissima-Sippe)	148	87.06		
1404	Chrysochromulina parva	91.402907	2.48767			1404	Chrysochromulina parva	160	94.12		
						1705	Gymnodinium lantzschii	149	87.65		
						1706	Gymnodinium helveticum	156	91.76		
1733	Ceratium hirundinella	47.220816	1.28519								
2002	Cryptomonas spp.	39.724978	1.08118			2002	Cryptomonas spp.	151	88.82		
						2015	Katablepharis ovalis	159	93.53		
2022	Rhodomonas lens	123.5745	3.36327			2022	Rhodomonas lens	166	97.65		
2024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. lacustris)	133.42006	3.63123			2024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. lacustris)	167	98.24		
2025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	39.014893	1.06185			2025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	169	99.41		
2097	Cryptomonas erosa / ovata	356.99579	9.71618			2097	Cryptomonas erosa / ovata	169	99.41		
						2645	Polytoma sp.	149	87.65		
2660	Chlamydomonas sp. (< 11 µm)	85.132612	2.31701			2660	Chlamydomonas sp. (< 11 µm)	150	88.24		
2916	Chlorella sp.	51.888865	1.41223			2916	Chlorella sp.	161	94.71		
						3104	Elakatothrix genevensis	160	94.12		
3603	Mougeotia sp.	127.99042	3.48345	2.45	1.00						
4999	µ-Algen	50.652173	1.37858			4999	µ-Algen	168	98.82		

rot: signifikante Abnahme, blau: signifikante Zunahme (Rangkorrelation nach Spearman, N = 14 Jahre, p &lt; 0.05)

### 5.2.6 Phyto-See-Index (PSI)

In Deutschland wurde eine neue Methode zur Bewertung der Gewässergüte von Seen auf der Basis des Phytoplanktons entwickelt, nach Praxistests in verschiedenen deutschen Bundesländern überarbeitet und letztes Jahr publiziert (Mischke & Nixdorf 2008). Das Bewertungssystem unterscheidet ökologisch relevante Seetypen (Mathes et. al 2002) und führt zu einem multi-metrischen Indexwert, dem Phyto-Seen-Index (PSI). Dieser erlaubt die Klassifizierung des Gewässers in eine von fünf Zustandsklassen nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Der PSI berechnet sich zwingend aus den folgenden **3 Einzelmetrics**:

#### **Metric Biomasse**

Mittelweltergebnisse aus Einzelbewertungen folgender Parameter:

*Gesamtbiovolumen* des Phytoplanktons (Epilimnionprobe) aus der Periode April bis Oktober.

*Chlorophyll a-Konzentrationen* (arithmetisches Saisonmittel April bis Oktober).

*Maximum-Wert von Chlorophyll-a*, falls dieser um 25% grösser ist als das Saisonmittel.

#### **Metric Algenklasse**

Je nach Seetyp werden aus den aufsummierten Biomassen oder dem prozentualen Anteil an der Gesamtbiomasse der Cyanophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae und Dinophyceae arithmetische Saisonmittel gebildet. Damit errechnen Seetyp-spezifische Funktionen eine Bewertungsgrösse.

#### **Metric Phytoplankton-Taxa-Seen-Index (PTSI)**

Der PTSI dient zunächst der trophischen Einstufung von Seen anhand der Artenzusammensetzung. Die Werteskala des PTSI entspricht derjenigen des LAWA-Index (1999). In die Berechnung des PTSI fließen sowohl Biomassen einzelner Taxa von einzelnen Probenahmedaten ein, wie auch deren Abundanz. Berücksichtigt werden nur Taxa, die einem sogenannten Trophieankerwert zugeordnet sind (Indikatortaxa). Von den 714 Taxa die in unseren Seen gefunden wurden (Artenliste, Anhang 5.3.3, sind 112 als Indikatortaxa in der Liste für Seen der Alpen (Seetyp 4) und Voralpen (Seetyp 2 und 3) aufgeführt (Indikatorliste, Anhang 5.3.2).

Die Zusammenführung der Einzelergebnisse obiger drei Metrics zu einem Gesamtergebnis (dem PSI) erfolgt durch gewichtete Mittelwertbildung. Mit den errechneten PSI-Werten erfolgt dann die Zuordnung zu einer ökologischen Zustandsklasse nach WRRL (Anhang 5.3.4).

#### **Bemerkungen zur Methode:**

Die Methode und Bewertung nach dem Phyto-See-Index wurde erstmals für die hier besprochenen Seen angewandt. Die Methode ist aufwändig, könnte aber bei häufigerer Anwendung durch die methodenspezifische Software *Phytosee* z.T. automatisiert werden. Die Zuordnung der Seen zu einem der Seetypen erfolgte nach Mathes et. al (2002) bzw. nach Expertenmeinung. Demnach fallen Brienzer- und Thunersee unter den Typ 4 (Alpensee), die übrigen Seen unter die Typen 2 und 3 (geschichtete Voralpenseen).

**PTSI**

Von den fünf Seen zeigt der Murtensee den höchsten PTSI-Wert (meso- bis eutroph), gefolgt von Bieler- und Neuenburgersee. Die tiefsten Werte (oligo- bis mesotroph) weisen Briener- und Thunersee auf.

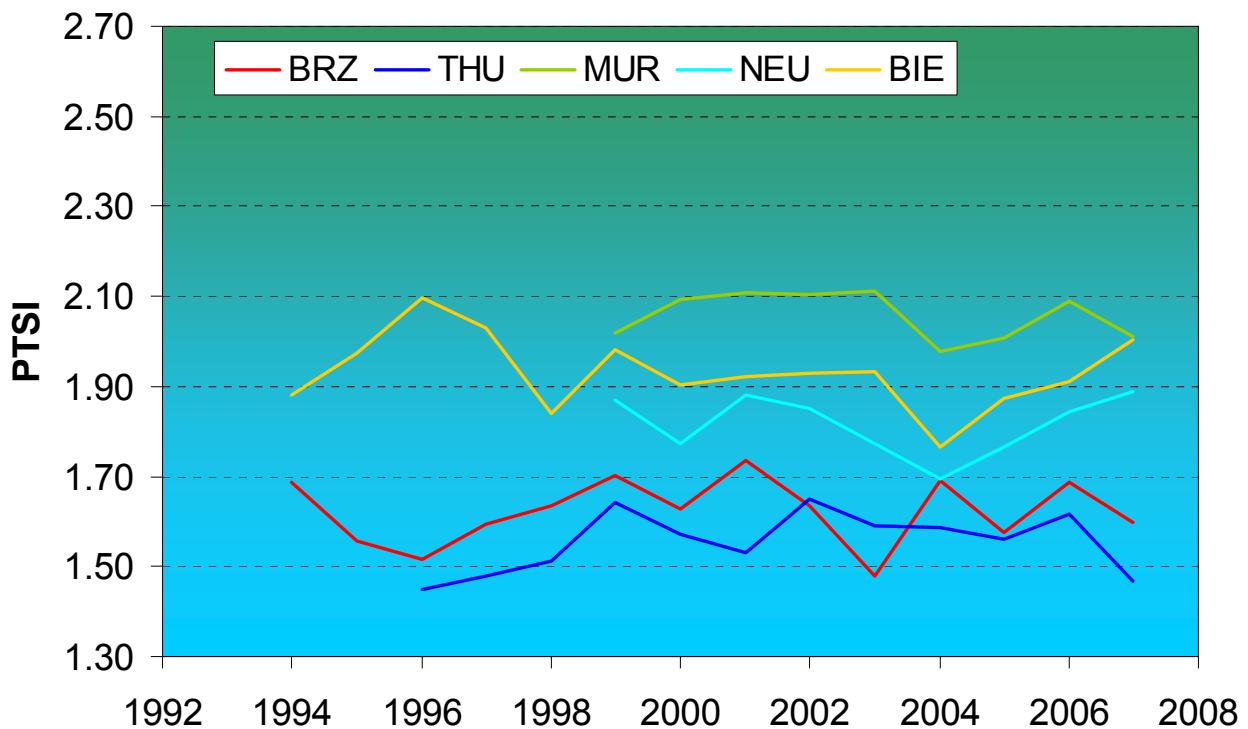


Abb. 5.2.6a: PTSI aller Seen (1994 – 2007).

Allerdings zeigt sich, dass in allen fünf Seen die Einstufung während der Untersuchungsperiode ungefähr gleich bleibt, was bedeutet, dass sich gemäss PTSI die *Trophie* der Seen nicht verändert hat. Dies trotz der Tatsache, dass sich z.B. im Brienersee die Gesamtbiomasse verringert hat und häufige, für die Biomasse wichtige, Arten verschwunden sind. Zudem wird der Brienersee etwas höher eingestuft als der Thunersee. Dies kann folgende Gründe haben:

Für die Biomasse wichtige Arten wie z.B. *Asterionella* sind als Indikatortaxa für den Trophiegrad untauglich, da sie ein viel zu breites Vorkommen (euryök) aufweisen. Damit fließen Biomasse-Änderungen von *Asterionella* nicht in den PTSI ein.

Da die Liste der Indikatortaxa immer noch in Entwicklung ist, werden zukünftig einzelne Taxa vielleicht anders eingestuft als heute. Zudem sind gerade im Brienersee nicht bei jeder Probe die Voraussetzungen erfüllt gewesen, die eine saubere Berechnung des PTSI erlaubten (zuwenige Indikatortaxa pro Probe).

Im Murten- und Bielersee, den beiden Seen mit der höchsten trophischen Einstufung, ist zum Beispiel eine Kieselalge regelmässig zu beobachten, welche in der Indikatorliste als klar oligotroph eingestuft ist. In den drei anderen Seen ist das Taxon bis jetzt noch nicht beobachtet worden.



Abb. 5.2.6b: Die Kieselalge *Cymatopleura solea* gilt als oligotrophe Indikatorart, wird bei uns jedoch vor allem im Murten- und Bielersee beobachtet.

## Phyto-Seen-Index (PSI)

Die Berechnung des Phyto-See-Index für eine längere Zeitperiode wird durch das Fehlen von Chlorophyll a-Werten vor 1996 zeitlich limitiert. Die für die 3 grossen Berner Seen mit der PSI-Methode für eine immerhin 12-jährige Untersuchungsperiode erarbeiteten Resultate zeigen, dass die bisher mehrheitlich auf Grund chemisch-physikalischer Analysen erfolgte Zustandsbewertung grundsätzlich gestützt wird. Diese Einschätzung trifft auch auf die beiden anderen Jurarandseen zu.

Der Zustand des Thuner- und Brienersees kann als sehr gut bis gut bezeichnet werden, wobei der Brienersee etwas schlechter abschneidet als der Thunersee. Die Gründe dafür dürften in der starken mineralischen Trübung des Brienersees (BVE/VOL 2006) und allenfalls in methodischen Unsicherheiten (siehe PTSI) liegen.

Die Resultate für den Bielersee führen erstaunlicherweise zu einer, wenn auch eher knapp guten bzw. besseren Beurteilung, als auf Grund der schlechten Sauerstoffverhältnisse im Hypolimnion zu erwarten gewesen wäre.

Die Bewertung des Neuenburgersees entspricht in etwa derjenigen des Thuner- und Brienersees, was bei Berücksichtigung der übrigen Daten Sinn macht. Erwartungsgemäss am deutlich schlechtesten von den 5 untersuchten Seen, aber noch als mässig, wird der Zustand des Murtensees beurteilt.

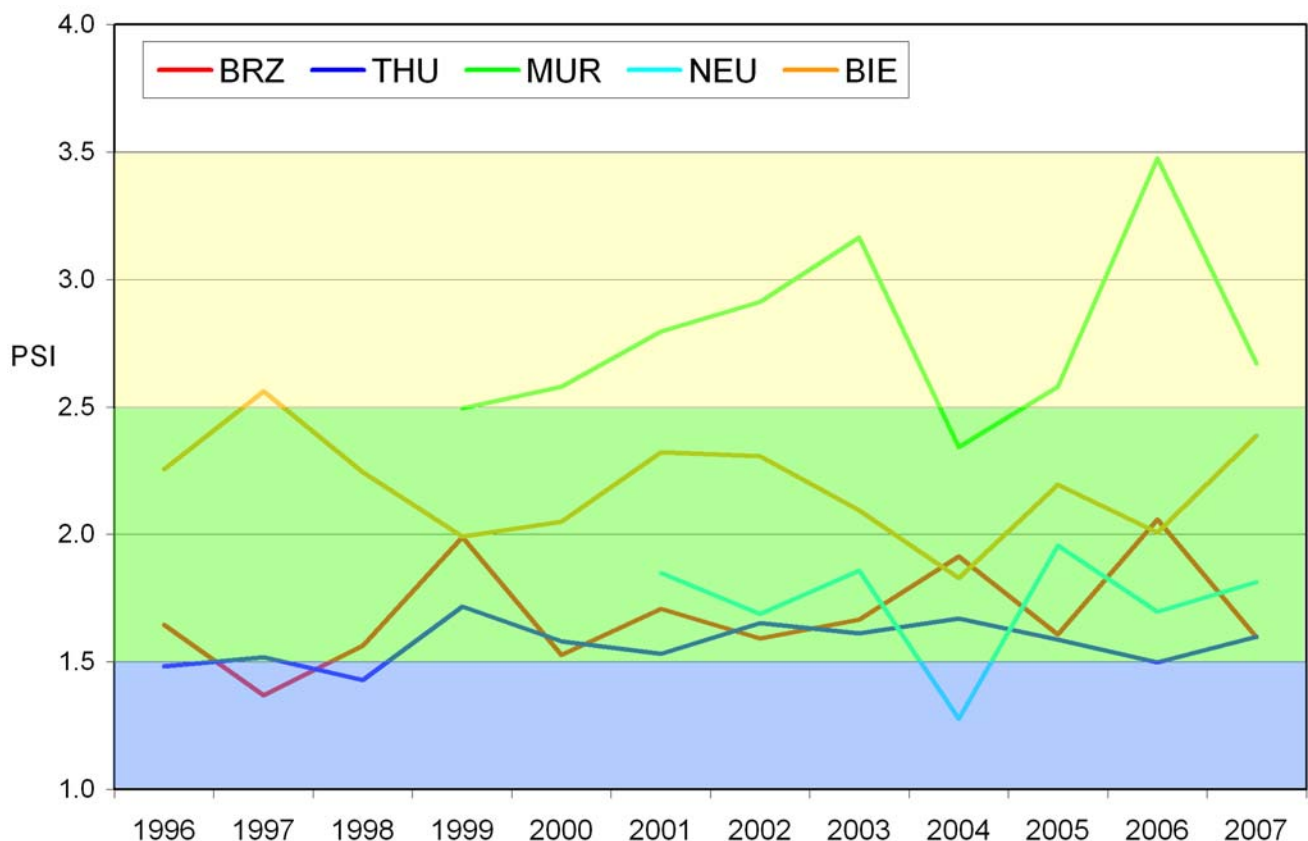


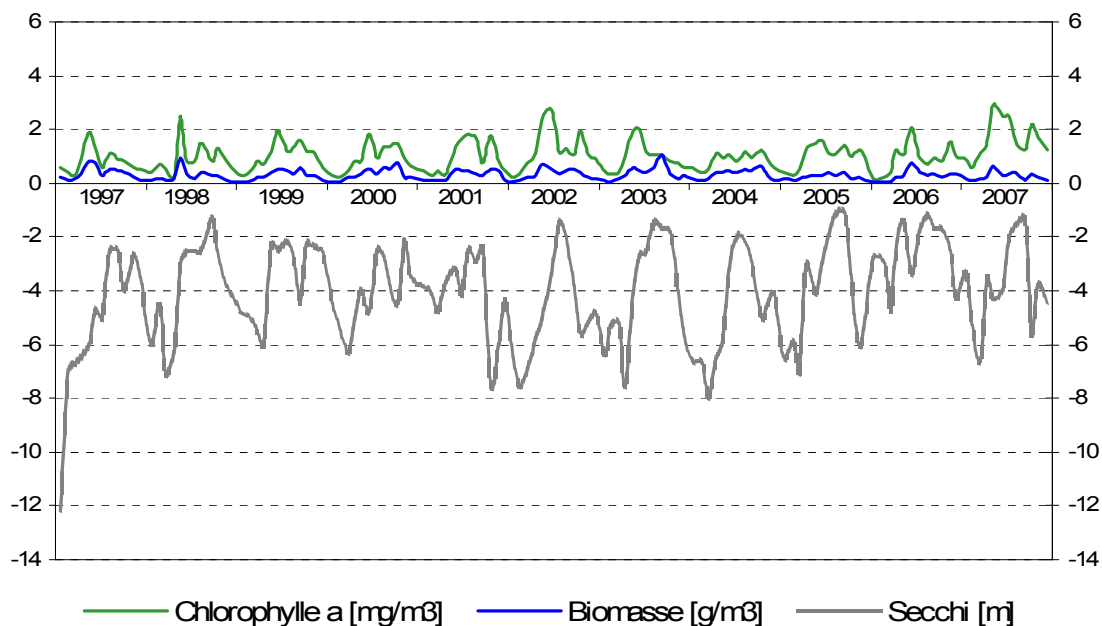
Abb. 5.2.6c: PSI aller Seen (nach Mischke & Nixdorf 2008) und Zustandsklassen nach WRRL (blau = sehr gut, grün = gut, gelb = mässig).

### 5.2.7 Biomasse, Chlorophyll a, Sichttiefe nach Secchi *Biomasse, chlorophylle a, transparence selon Secchi*

Die drei Parameter Biomasse, Chlorophyll a und Sichttiefe wurden monatlich erhoben und geben einen Hinweis über das Algenwachstum. Die Biomasse wird rechnerisch als Summe des Gewichts aller ausgezählten Algen bestimmt. Das grüne Pigment Chlorophyll a, bestimmt mittels HPCL, kommt in allen Algengattungen vor und ist somit ein guter Indikator für die Algendichte. Auch die mit der Secchi-Scheibe gemessene Sichttiefe ist von den im Wasser schwebenden Partikeln abhängig, seien das nun mineralische Schwebstoffe oder lebende und abgestorbene Planktonorganismen. Die Sichttiefe spiegelt die Lichtverhältnisse im Wasser wieder. Es gilt, dass sie ungefähr die Hälfte der Kompensationstiefe ausmacht.

*Les trois paramètres biomasse, chlorophylle a et transparence ont été relevés mensuellement et donne une bonne indication de la croissance des algues. La biomasse est déterminée en calculant la somme des masses de toutes les algues dénombrées. Le pigment vert, la chlorophylle a analysée à l'aide d'un HPLC, est présent dans toutes les genres d'algues et fournit par conséquent un bon indicateur pour la croissance des algues. La transparence mesurée à l'aide du disque de Secchi dépend des particules en suspension dans l'eau, que ce soit des particules minérales ou du plancton vivant ou mort. La transparence reflète les conditions de luminosité dans l'eau. Il est admis qu'elle représente la moitié de la profondeur de compensation.*

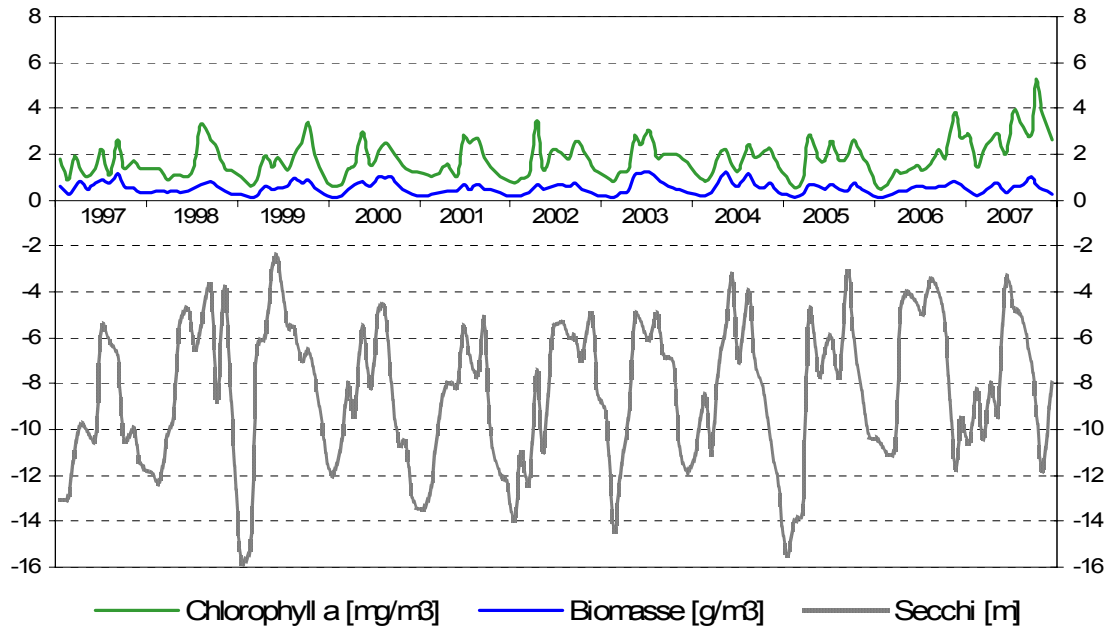
#### BRIENZERSEE



Die Chlorophyllgehalte und die Biomasse zeigen einen parallelen Verlauf auf einem tiefen Niveau. Die Sichttiefe wird primär durch hohe Mengen an mineralischen Schwebstoffen und nur in geringem Mass durch organische Partikel beeinflusst (BVE-VOL 2006). Zwischen 2001 bis 2004 war die maximale Sichttiefe bis zu 1 m tiefer als in den übrigen Jahren.

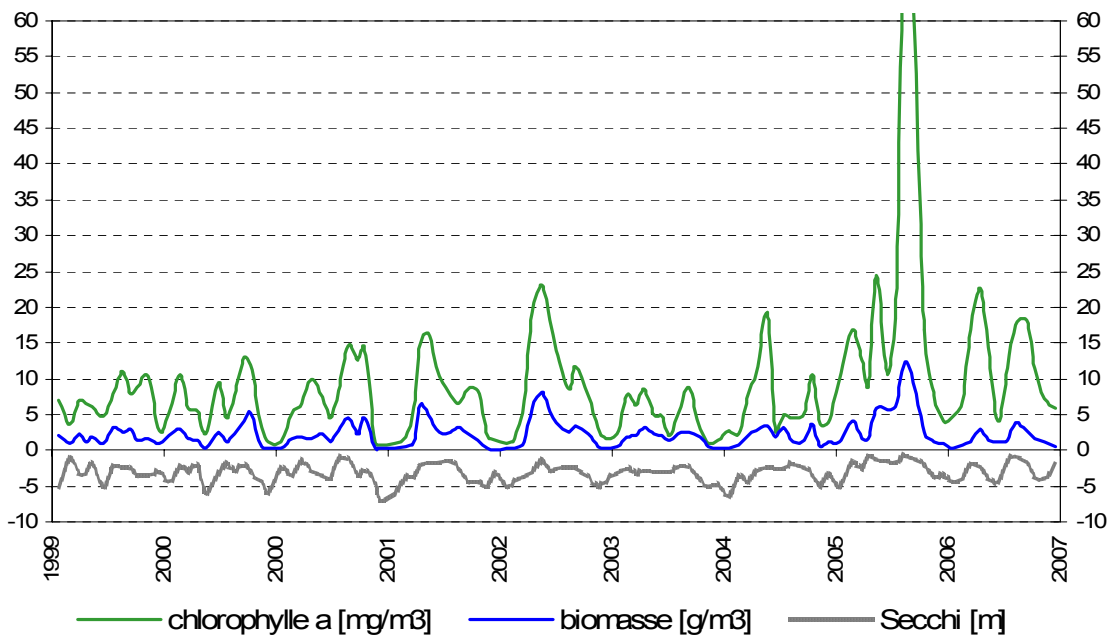


## THUNERSEE



Auch hier verlaufen die Entwicklungen von Biomasse und Chlorophyll a parallel. Dies auf einem nur wenig höheren Niveau als im Brienzensee. Ein frappanter Unterschied zu diesem letzteren sind die besonders grossen Sichttiefen. Die Parallelität des Verlaufs der Sichttiefe mit der Entwicklung von Chlorophyll a und der Biomasse ist hier ausgeprägter, da die Beeinflussung durch mineralische Schwebstoffe deutlich geringer ist als im Brienzensee. Auffallend ist die grosse Amplitude der Sichttiefe, die zwischen 2.5 m und 15.5 m variiert. Ab 2005 scheint sich eine Erhöhung des Chlorophyllgehaltes verbunden mit einer Verringerung der Sichttiefe abzuzeichnen.

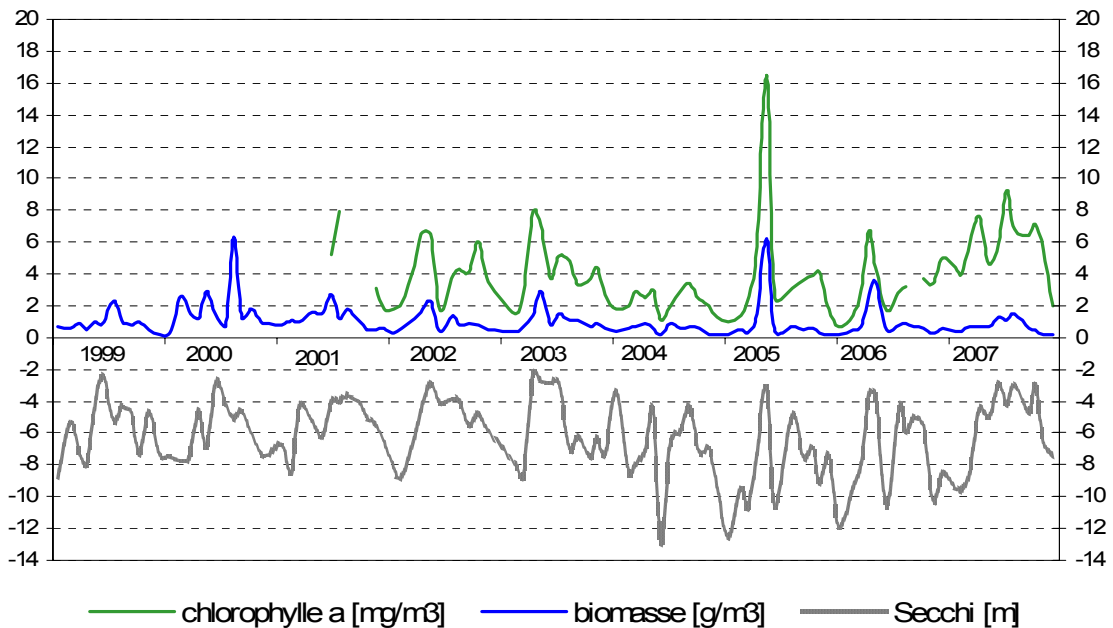
## MURTENSEE



Ce qui est frappant sur le graphique du lac de Morat, c'est la teneur très élevée en chlorophylle a en date du 16 août 2006. Elle est à attribuer à un développement massif de la conjugatophycée *Cosmarium sphagnicolum* qui contribuait à raison de 74.6 % à la biomasse. A la même époque, la biomasse a également atteint un maximum corrélé avec une transparence minimale de 90 cm.

Ins Auge springend an der Graphik des Murtensees ist der aussergewöhnlich hohe Chlorophyllgehalt von  $79.6 \text{ mg/m}^3$  am 16. August 2006. Er ist auf eine Massentwicklung der Jochalge *Cosmarium sphagnicum* zurückzuführen, die sich mit 74.6 % an der Biomasse beteiligte. Ein Maximalwert findet sich auch in der Biomasse verbunden mit einer Sichttiefe von nur 90 cm. Der Murtensee hat von allen fünf Seen die geringste Sichttiefe, die zwischen 80 cm und 7 m pendelt.

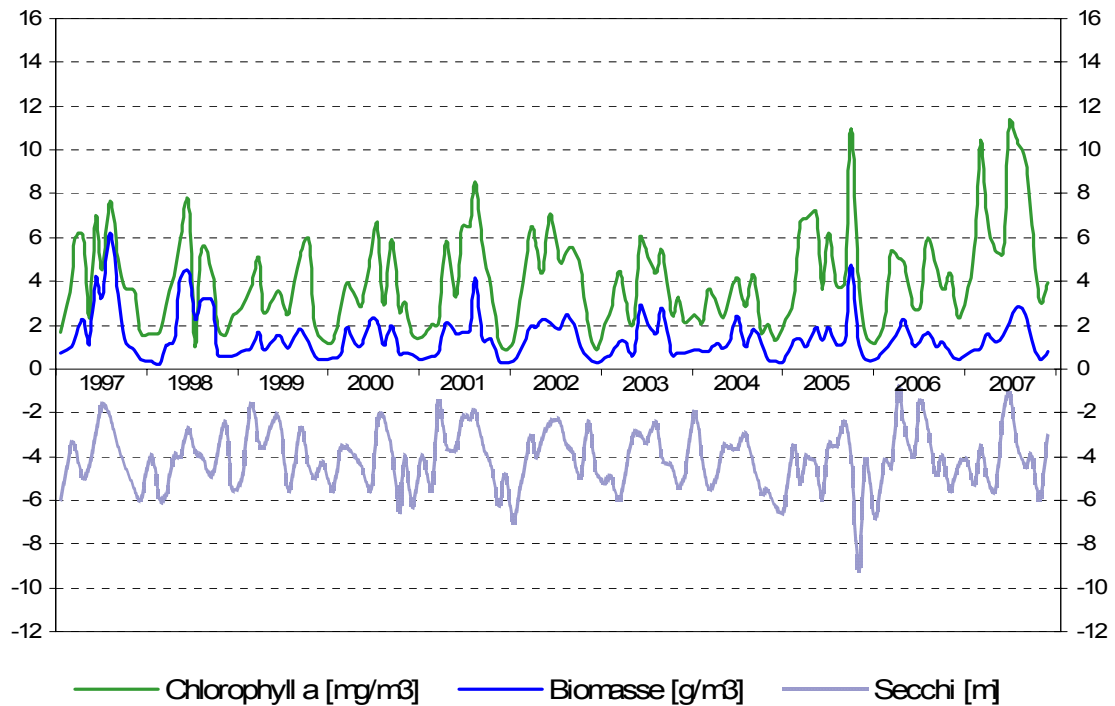
#### LAC DE NEUCHÂTEL / NEUENBURGERSEE



Dans le lac de Neuchâtel, la teneur élevée en chlorophylle a le 19 mai 2005 doit être attribuée au développement massif de diatomées (*Diatoma tenuis*, *Fragilaria ulnis* et *F. crotonensis* et plusieurs petites espèces de *Cyclotella* et de *Stephanodiscus*) qui participent avec 83.5 % à la biomasse. Les autres maxima printaniers sont marqués par une part de diatomées supérieure à 70 %. La transparence oscille entre 2.20 et 13 m. La transparence maximale diminue à partir de 2004 alors que la transparence minimale reste inchangé et varie entre 2 et 4 m.

Im Neuenburgersee ist der extrem hohe Chlorophyll a Gehalt vom 19. Mai 2005 auf ein Massenaufreten von Kieselalgen (*Diatoma tenuis*, *Fragilaria ulnis* und *F. crotonensis* und mehrere kleine *Cyclotella*- und *Stephanodiscus*arten) zurückzuführen, die sich mit 83.5 % an der Biomasse beteiligen. Auch die anderen Frühlingsmaxima werden durch einen Diatomeenanteil von über 70 % geprägt. Die Sichttiefe oszilliert zwischen 2.2 und 13.0 m. Während die maximale Sichttiefe ab 2004 ansteigt, variiert die minimale Secchitiefe unverändert zwischen 2 und 4 m.

## BIELERSEE



Der Chlorophyll a Gehalt ist grossen Schwankungen unterworfen und verzeichnet gegen Ende der Beobachtungszeit einen Anstieg, der nicht mit einer entsprechenden Zunahme der Biomasse erklärbar ist. Die Sichttiefe zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Produktionswerten. Der niedrigste gemessene Wert beträgt 90 cm, der höchste 9.2 m. Mit Ausnahme dieses Maximalwertes verändern sich die maximalen und minimalen Jahreswerte während der untersuchten Zeitspanne kaum.

## 5.2.8 Diskussion

Die Algenzusammensetzung eines Sees ist geprägt durch eine Reihe ökologisch relevanter Parameter. Geografische und geologische Steuerfaktoren des Einzugsgebietes sowie die Morphometrie des Seebeckens liefern die von der Natur vorgegebenen Rahmenbedingungen, welche den Temperaturverlauf und damit auch das Zirkulationsverhalten (Kapitel 3) beeinflussen. Diese Parameter sind natürlicherweise sehr langsam, in einem Menschenleben kaum merkbar Änderungen unterworfen. Sie geben jedem der fünf Seen einen gewissen Grundcharakter, der sie in seinen Reaktionen gegenüber ändernden Umweltbedingungen einmalig macht. Die Klimaerwärmung, welche bereits die durchschnittlichen Wassertemperaturen vieler Fließgewässer, insbesondere von Seeausflüssen unserer Region, erhöht hat (Hari et al. 2006, Jakob et al. 1996), dürfte sich aber zukünftig auf den Wärmehaushalt und damit auch auf das Zirkulationsverhalten der Seen auswirken.

Die bis jetzt als langfristig stabil angenommenen Rahmenbedingungen werden durch anthropogene Einflüsse, wie beispielsweise den Nährstoffeintrag durch die Landwirtschaft und Siedlungs-entwässerung, überlagert. Seit Mitte der 1980er-Jahre, und etwas weniger stark in den letzten 14 Jahren (Untersuchungszeitraum dieses Berichtes), haben die Phosphat-Konzentrationen während der Zirkulationsphase generell in allen Seen abgenommen. Eine Reaktion der Phytoplanktonbiomasse wurde allgemein erwartet, doch reagierten die Seen unterschiedlich.

Brienzer- und Thunersee weisen ähnliche Abnahmen auf heute sehr tiefe Phosphatwerte ( $\pm 1 \mu\text{g P/l}$ ) auf. Parallel dazu sank auch die Gesamtbioasse des Phytoplanktons im Brienzersee, nicht jedoch im Thunersee. Dabei ist zu berücksichtigen dass die Gesamtbioasse die *standing crop* und nicht die Produktion widerspiegelt. Aktuelle Daten zur Primärproduktion liegen nur für den Brienzersee vor. Diese ist etwa halb so gross wie z.B. diejenige des Vierwaldstättersees (BVE-VOL 2006), obwohl die Phosphatgehalte beider Seen vergleichbar sind. Der Thunersee ist, analog dem Vierwaldstättersee, sehr klar und die trophogene Zone reicht während des ganzen Jahres tiefer hinunter als im Brienzersee, welcher durch mineralische Schwebstoffe getrübt wird. Da im Thunersee die Wassertemperaturen der oberflächennahen Schichten ebenfalls wärmer als im Brienzersee sind, ist auch die Primärproduktion im Thunersee höher. Die Basis der Nahrungspyramide im Thunersee ist damit breiter als im Brienzersee, was sich in grösseren Zooplanktonbiomassen und Fischfangträgen niederschlägt.

Im Murtensee sind die Gesamtphosphor- und Phosphatkonzentrationen auf unter  $20 \mu\text{g P/l}$  gesunken. Die Gesamtbioasse des Phytoplanktons hat hingegen nicht abgenommen. Die höchsten monatlichen Biomassen wurden sogar in den letzten Jahren gemessen. Wir gehen davon aus, dass extrem hohe Biomassen in den obersten Metern, die die unteren Wasserschichten beschatten, kaum mehr auftreten. Die trophogene Zone konnte sich in grössere Tiefen ausdehnen, womit sich die für das Phytoplankton nutzbare Wassertiefe vergrössert hat. Das Phytoplankton im Murtensee kann damit heute ebenso hohe oder höhere Biomassen erreichen, wie unter den früheren, nährstoffreicheren Bedingungen.

Obwohl seit 1999 auch im Neuenburgersee die Gesamtphosphor- und Phosphatgehalte deutlich unter  $10 \mu\text{g/l}$  gesunken sind, hat sich die Gesamtbioasse nicht reduziert. Sehr auffällig ist jedoch das zwischenzeitliche fast vollständige Verschwinden der Blaualge *Planktothrix rubescens*. Diese Algenart verzeichnete bis 2004, als der Phosphorgehalt erstmals unter  $10 \mu\text{g P/l}$  sank, den grössten Anteil an der Bioasse. *P. rubescens* ist eine Schwachlichtart, die in stabil geschichteten Seen im Metalimnion häufig auftritt. Es ist möglich, dass sich die trophogene Zone durch die abnehmenden Nährstoffkonzentrationen, ähnlich wie im Murtensee, in die Tiefe ausgedehnt hat. Damit könnte das Hauptvorkommen dieser Alge heute unterhalb der bis in eine Tiefe von 20 m beprobten Wasserschichten liegen.

Im Bielersee zeigt die Gesamtbioasse des Phytoplanktons seit 1994 ebenfalls keine merklichen Änderungen. Allerdings kann eine Verschiebung bei den Algengruppen festgestellt werden. Goldalgen und Panzerflagellaten haben nicht nur im Vergleich zu den 1970er-Jahren, sondern auch über den kürzeren Vergleichszeitraum (1994-2007) signifikant zugenommen. Die beiden Algengruppen kommen mit etwas geringeren Nährstoffgehalten zurecht und weisen auch Arten auf, die sich nicht nur phototroph ernähren können (*Gymnodinium helveticum*). Während der

Hauptvegetationszeit erhält der See durch die Aare bzw. den Hagneckkanal ständig Nährstoffnachschub in die oberen Wasserschichten, was zu sehr kurzen sommerlichen Wassererneuerungszeiten (2 bis 3 Wochen) führt. Solange die Wassererneuerungszeit länger dauert als der Entwicklungszyklus der Algen, ermöglicht der ständige Nährstoffnachschub via Zufluss eine hohe Algenbiomasse.

Die Resultate zeigen, dass sich die Seen in den letzten 14 bzw. 9 Jahren unterschiedlich entwickelt haben. Der Murtensee scheint in einer noch relativ stabilen Phase zu sein. Neuenburger- und Bielersee weisen Änderungen der Algenzusammensetzungen auf, bis jetzt jedoch ohne Auswirkungen auf die Gesamtbiomasse. Der Thunersee verhält sich ähnlich, allerdings ist die Abnahme der Biomasse-relevanten Taxa ausgeprägter. Schliesslich zeigt sich im Brienersee, dass die Abnahme des pflanzenverfügbaren Phosphats nicht nur einzelne Taxa zum Verschwinden brachte, sondern auch die Biomasse insgesamt reduzierte. Dies führte bereits zu einer Abnahme der Zooplanktonbiomasse und zu einer Reduktion der Felchenfangerträge (BVE-VOL 2006).

Der Nutzen von über längere Zeitperioden erhobenen Phyto- und Zooplanktondaten liegt in der Dokumentation der Reaktion von aquatischen Biozöosen auf langfristige Veränderungen der gemeinhin als stabil angenommenen natürlichen Rahmenbedingungen (siehe oben) sowie der anthropogen beeinflussten Wasserqualität. Als unmittelbar mit dem Umgebungsmedium Wasser in Kontakt stehenden Organismen sind die Planktonlebensgemeinschaften prädestiniert, im Sinne von Bioindikatoren, auf sich ändernde Umgebungsbedingungen zu reagieren. Die Algen können diese Rolle zwar nicht in jenem strikten Sinn spielen, wie dies z.B. gewisse terrestrische Pflanzenarten können, da ihre ökologischen Nischen breiter sind. Die sich im Verlaufe des Jahres ständig ändernden meteorologischen Einflüsse (primär Sonneneinstrahlung, Temperatur, Wind und Niederschlag) führen auch dazu, dass sich das Plankton von Jahr zu Jahr unterschiedlich entwickelt. Daher ist ein langjähriger und mit vergleichbarer Methodik erhobener Planktondatensatz die Grundvoraussetzung für fundierte Analysen und Aussagen. Auch wenn dieser Grundlagendatenerhebung von politischer Seite her manchmal Kritik entgegengebracht wird und der unmittelbare Nutzen für die Öffentlichkeit nur schwierig ersichtlich ist, stellen die Phyto- und Zooplanktonuntersuchungen in den grossen Seen einen wichtigen Bestandteil der Umweltbeobachtung der Schweiz dar. Aussagen über die Entwicklung des Seezustandes und eine auf Fakten beruhende Interpretation der heutigen Situation können nur seriös gemacht werden, wenn entsprechende Langzeitdaten vorhanden sind.

## 5.2.9 Discussion

La composition du phytoplancton d'un lac est marquée par une série de paramètres écologiques pertinents. Des facteurs géographiques et géologiques du bassin versant ainsi que la morphométrie du lac fournissent les conditions cadre données par la nature qui influent sur l'évolution de la température et par conséquent sur le comportement pendant la circulation des eaux (chapitre 3). Ces paramètres sont, de par leur nature, soumis à des changements lents à peine perceptibles pendant une vie humaine. Ils fournissent à chacun des cinq lacs un caractère de base qui les rendent unique face aux conditions environnementales variables. Le réchauffement climatique qui a déjà relevé la température moyenne de nombreux cours d'eau, en particulier d'effluents de lacs dans notre région (Hari et al. 2006, Jakob et al. 1996), aura à l'avenir certainement des répercussions sur l'équilibre thermique et par conséquent sur la circulation des lacs.

Les influences anthropiques, tel l'apport en éléments nutritifs par l'agriculture et l'évacuation des eaux urbaines se superposent aux conditions cadres considérées jusqu'à présent comme stable à long terme. Depuis le milieu des années 1980 et de manière moins significative les 14 dernières années (période de surveillance de ce rapport), les concentrations en phosphore ont diminué de façon générale pendant la période de circulation. Une diminution de la biomasse du phytoplancton a été généralement attendue, mais chaque lac a réagi autrement.

Dans les lacs de Brienz et de Thoune, les teneurs en phosphore sont descendues à des valeurs très basses (+/- 1 µg P/l). Parallèlement, la biomasse totale du phytoplancton a diminué dans le lac de Brienz, mais pas dans le lac de Thoune. Cependant, il faut se rappeler que la biomasse totale reflète le *standing crop* et non pas la production. Des données actuelles de la production primaire ne sont disponibles que pour le lac de Brienz. Celle-ci est équivalente à la moitié seulement de celle du lac des Quatre Cantons (BVE-VOL 2006), bien que les teneurs en phosphore soit comparables. L'eau du lac de Thoune, par analogie au lac des Quatre Cantons, est très limpide et la zone trophogène se situe toute l'année à une profondeur supérieure à celle du lac de Brienz qui est troublée par les particules minérales en suspension. Comme les températures de l'eau des couches proches de la surface sont également plus élevées dans le lac de Thoune que dans le lac de Brienz, la production primaire est plus conséquente. La base de la chaîne alimentaire dans le lac de Thoune est ainsi plus large que celle du lac de Brienz, ce qui se répercute sur une biomasse de zooplancton plus importante est un rendement de la pêche supérieur.

Dans le lac de Morat, les concentrations en phosphore total et en ortho-phosphates sont descendues en dessous de 20 µg P/l. En revanche, la biomasse totale de phytoplancton n'a pas diminué. La biomasse mensuelle la plus élevée a même été enregistrée l'année passée. Pourtant, des biomasses extrêmes dans les premiers mètres qui ombragent les couches d'eau plus profondes ne sont plus à attendre. La zone trophogène s'est étendue en profondeur augmentant ainsi la profondeur utile pour le phytoplancton. De cette manière, le phytoplancton du lac de Morat peut atteindre des biomasses aussi élevées, voir supérieures à celles de l'époque où les éléments nutritifs étaient en abondance.

Bien que depuis 1999 les teneurs en phosphore total et en ortho-phosphates soient également descendues sensiblement en dessous de 10 µg P/l dans le lac de Neuchâtel, la biomasse globale n'a pas diminué. Le fait marquant est cependant la disparition presque complète de la cyanophycée *Planktothrix rubescens* dans l'intervalle. Jusqu'en 2004, année durant laquelle la teneur en phosphore est descendue pour la première fois en dessous de 10 µg P/l, cette algue a apporté la plus grande part à la biomasse. *P. rubescens* est une algue qui n'a pas besoin de beaucoup de lumière et qui se trouve facilement dans le métalimnion des lacs avec une stratification stable. Il est possible qu'en raison de la diminution des éléments nutritifs, la zone trophogène se soit étendue en profondeur comme dans le lac de Morat. Par conséquent, cette algue pourrait croître en dessous de la couche de 20 m échantillonnée jusqu'à présent.

Dans le lac de Bienne, la biomasse totale de phytoplancton n'affiche pas de changement notable depuis 1994. Toutefois, une modification dans les groupes d'algues est intervenue. Les chrysophycées et les dinophycées sont plus nombreuses que dans les années 1970, et ont encore augmenté de façon significative pendant la durée d'observation 1994-2007. Les deux groupes d'algues peuvent se satisfaire de concentrations en nutriments plus faibles et hébergent certaines

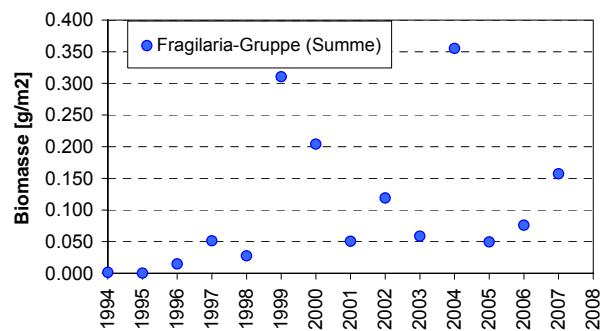
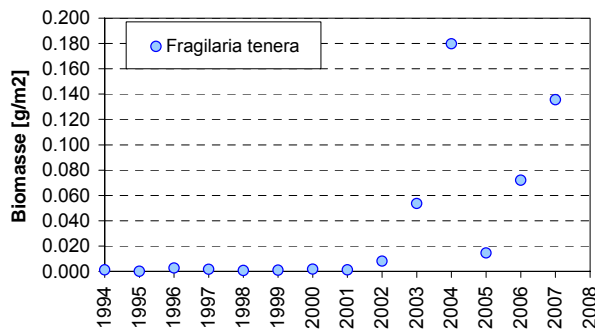
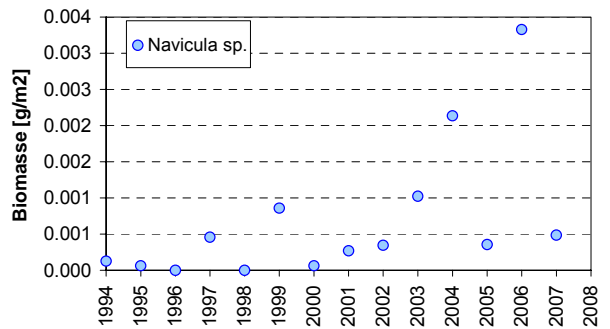
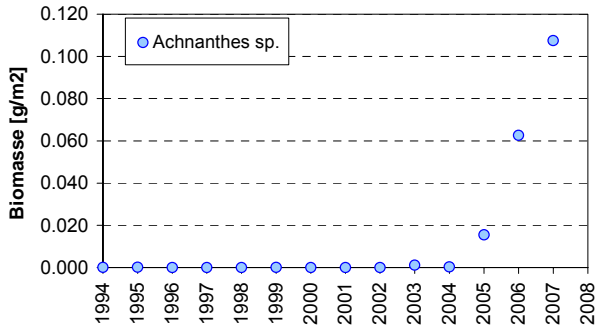
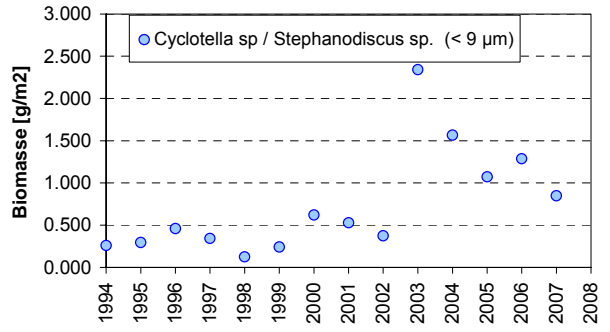
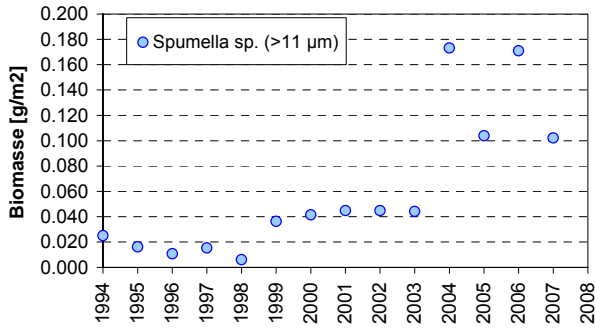
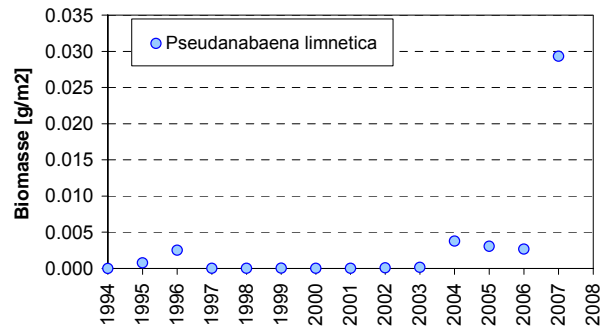
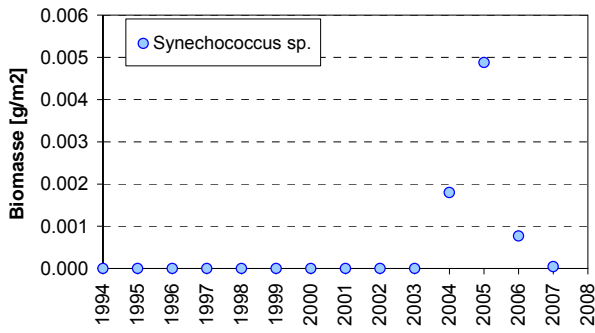
espèces capables de se nourrir de façon hétérotrophe (*Gymnodinium helveticum*). Pendant la période de végétation principale, l'Aar, resp. le Canal de Hagneck, renouvelle continuellement le stock de nutriments dans la couche supérieure du lac. Le débit important de l'affluent en été a pour conséquence que le temps de renouvellement de l'eau n'est que de 2 à 3 semaines. Tant et aussi longtemps que le temps de renouvellement est supérieure à la durée du cycle de développement des algues, le renouvellement des réserves en nutriments par l'affluent facilite une biomasse élevée.

Les résultats montrent que les lacs se sont développés pendant les 14 respectivement les 9 dernières années de façon différente. Le lac de Morat semble se trouver toujours dans une phase relativement stable. Les lacs de Neuchâtel et de Bienné montre des changements dans la composition des algues, jusqu'à présent sans effet sur la biomasse totale. Le lac de Thoune affiche un comportement semblable, toutefois avec une diminution plus prononcée des taxons ayant un effet sur la biomasse totale. Finalement, dans le lac de Brienz, la baisse du phosphore disponible pour les plantes a non seulement réduit le nombre des taxons, mais a également contribué à la diminution de la biomasse ayant comme corollaire une baisse de la biomasse de zooplancton et une réduction des rendements des feras (BVE-VOL 2006).

L'avantage d'une surveillance du phytoplancton et du zooplancton sur une longue période se situe au niveau de la documentation de la réaction de biocénoses aquatiques à des changements à long terme des conditions cadres naturelles considérées jusqu'à présent comme stable dans le temps (voir ci-dessus) ainsi que des influences anthropiques sur la qualité de l'eau. En tant qu'organismes avec un contact direct avec l'eau, les biocénoses planctoniques sont prédestinées en tant qu'indicateurs biologiques réagissant aux conditions environnementales changeantes. Les algues ne sont pas aptes à jouer ce rôle dans le sens strict comme par exemple certaines plantes terrestres puisque leurs niches écologiques sont plus étendues. Les conditions météorologiques changeantes dans le courant d'une année (rayonnement solaire, température, vent et précipitations) conduisent à un développement du plancton qui change d'année en année. C'est la raison pour laquelle seule des données acquises dans la durée avec une méthodologie comparable permettent de faire des analyses et de fournir des résultats fondés. L'investigation du phytoplancton et du zooplancton des grands lacs est un élément important de l'observation de l'environnement en Suisse, même si ces relevés sont parfois critiqués par le monde politique et que le bénéfice n'est que difficilement compréhensible pour le grand public. Des rapports sur l'évolution de l'état d'un lac et une interprétation reposant sur des faits de la situation actuelle ne sont possibles de façon sérieuse que si des données sur le long terme remplissant ces critères sont disponibles.

## 5.3. Anhang

### 5.3.1 Taxa mit signifikanter Abnahme oder Zunahme





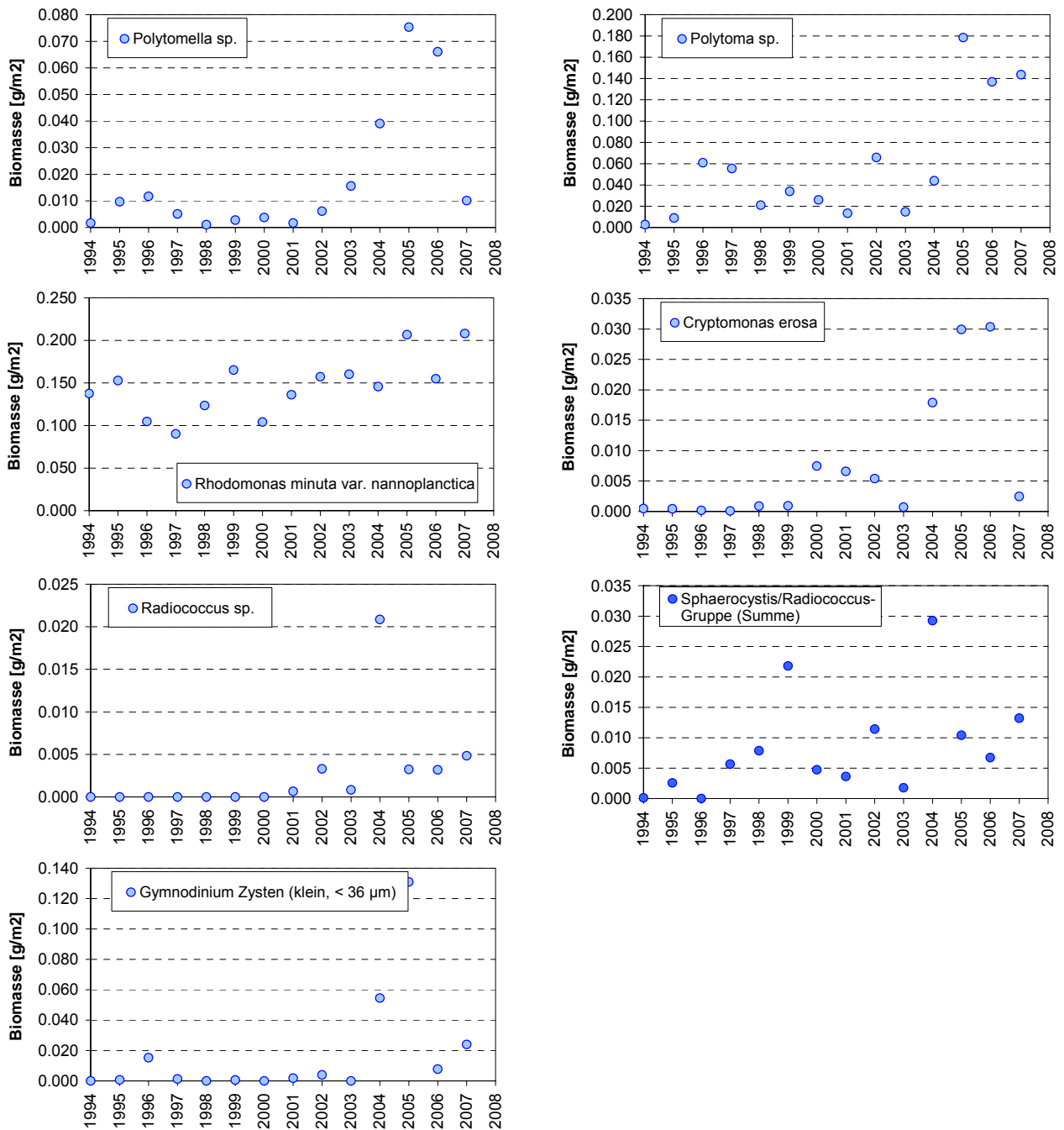
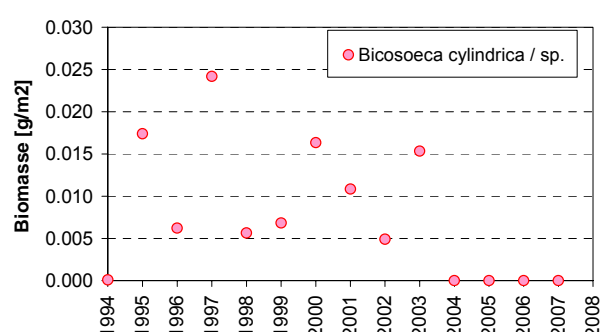
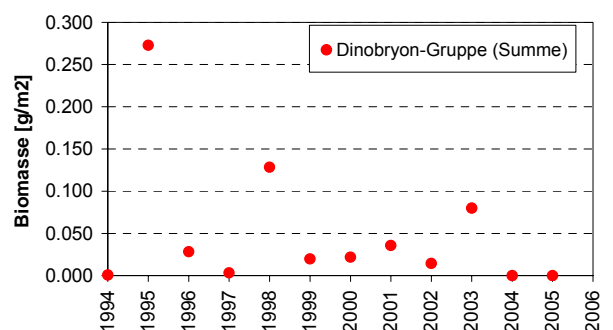
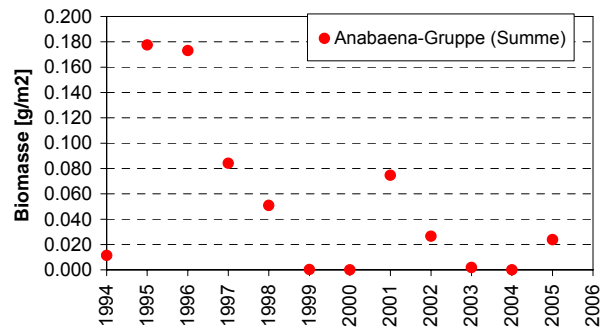
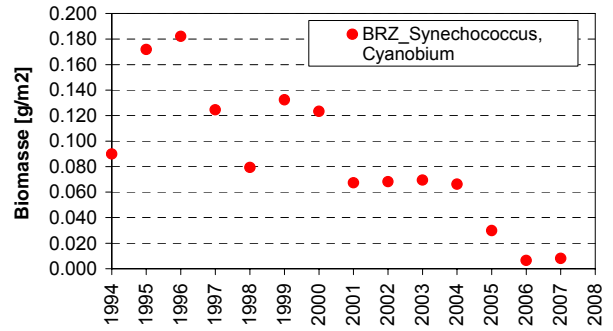
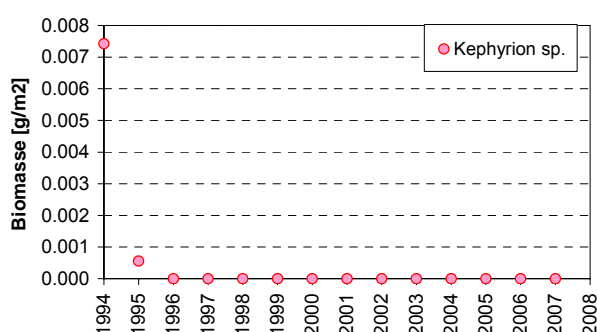
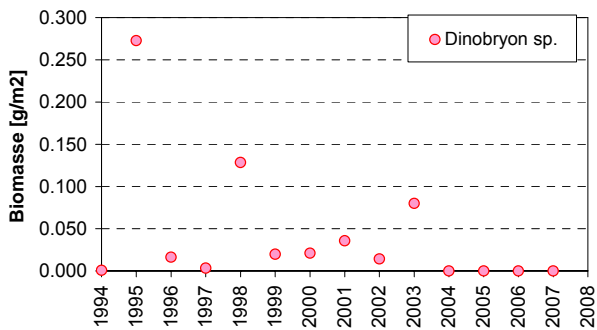
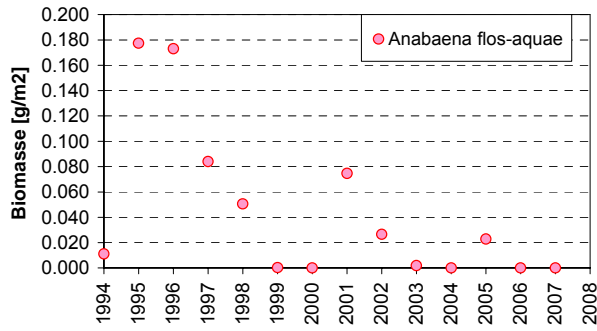
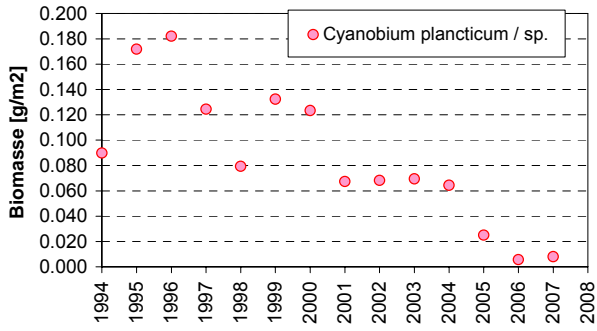
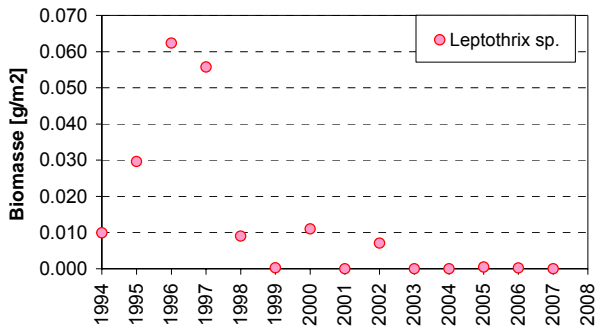
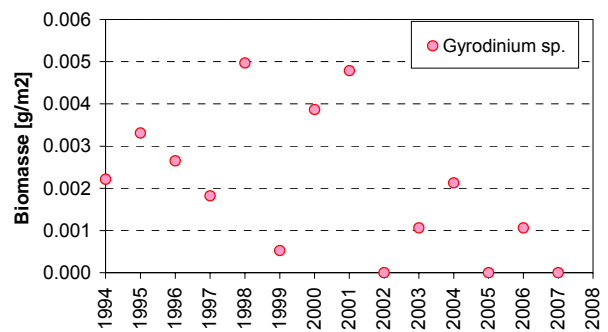
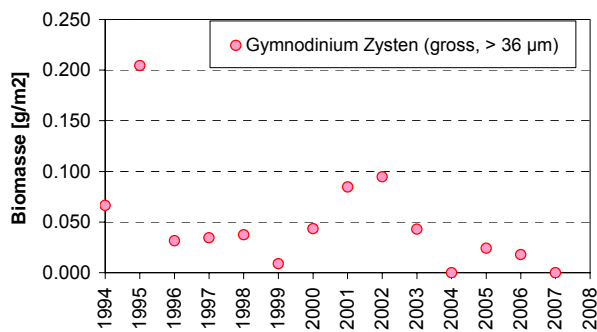
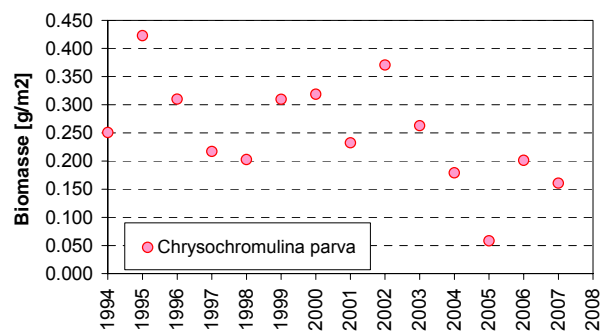
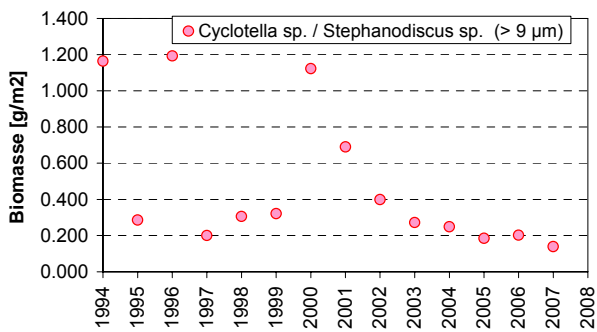
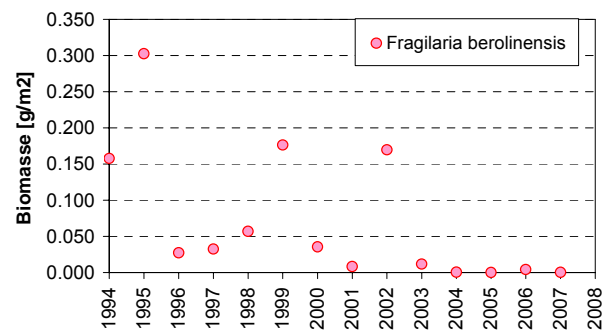
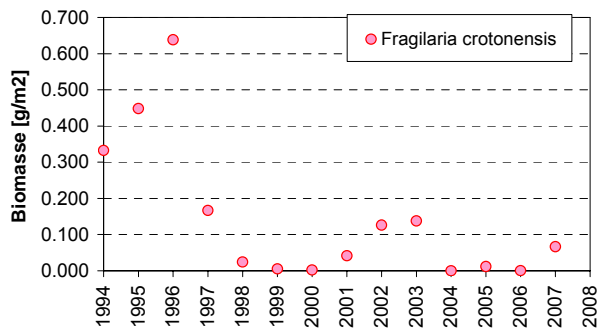
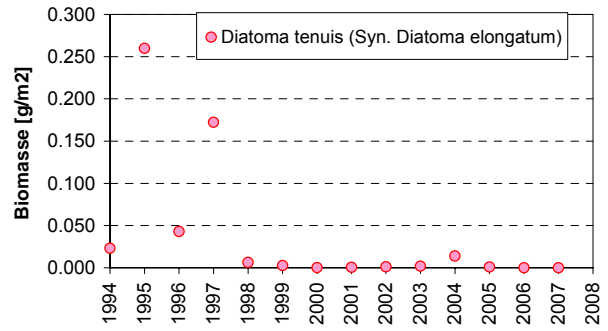
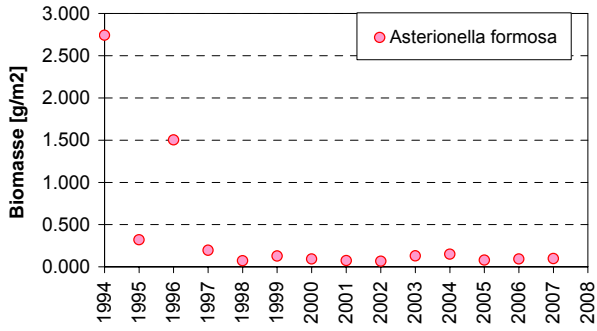
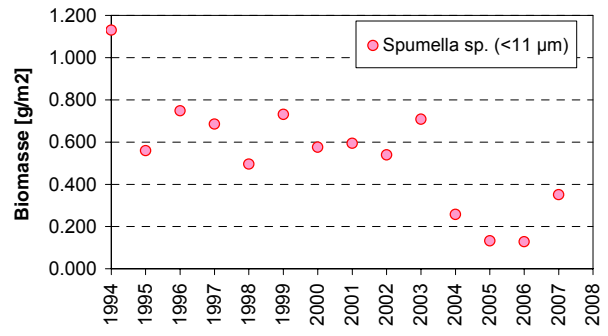
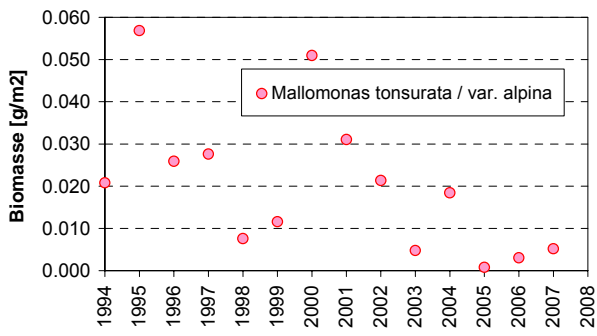


Abb. 5.3.1.a Brienzsee, Taxa mit signifikanter Zunahme.





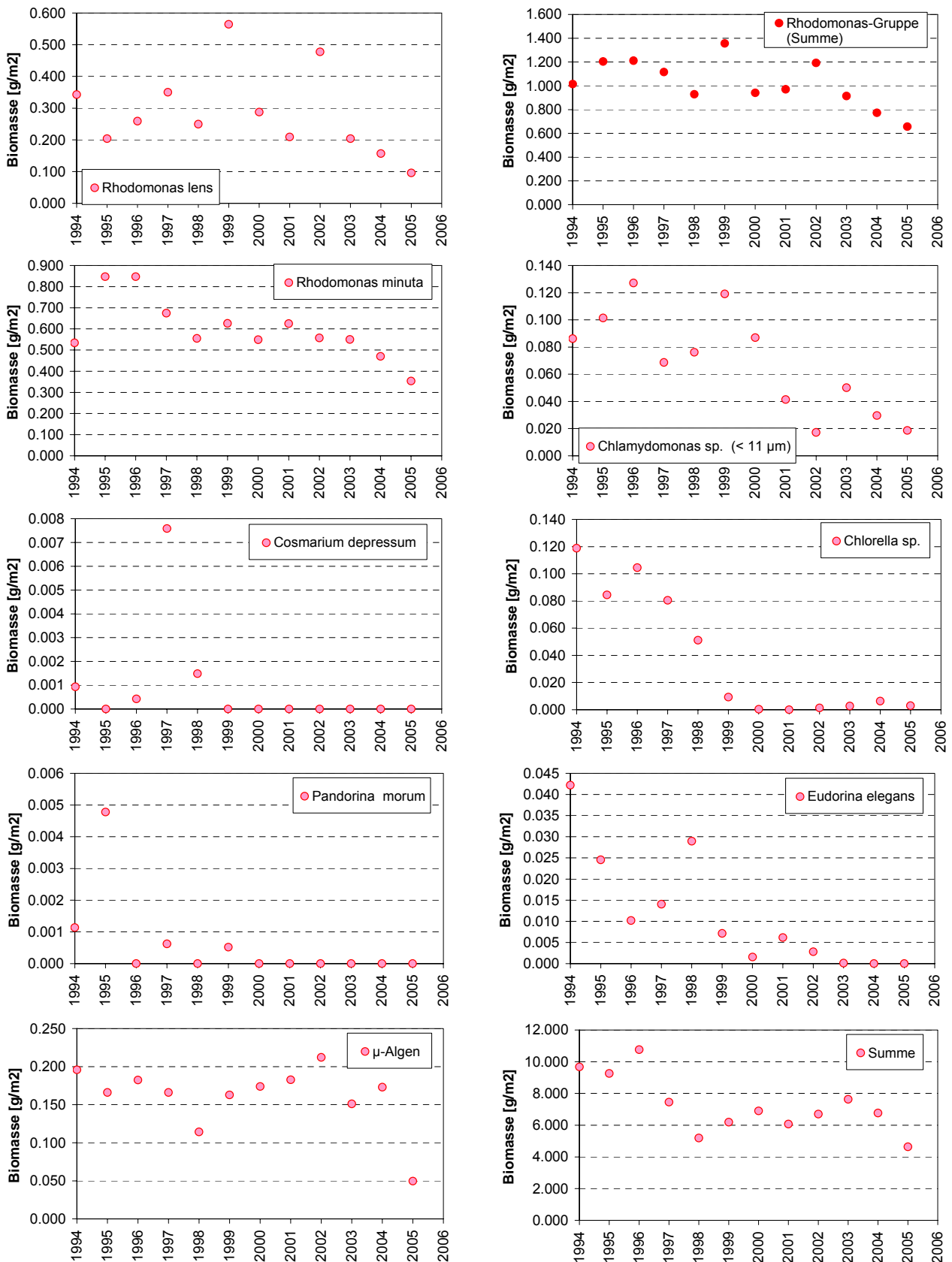
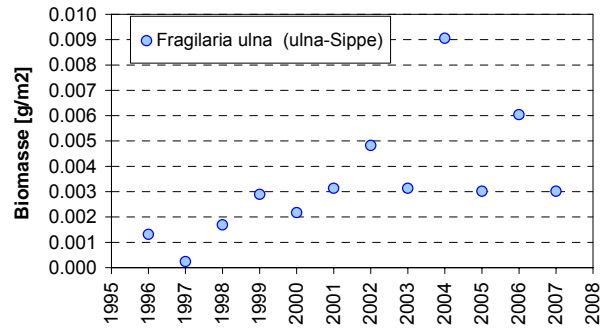
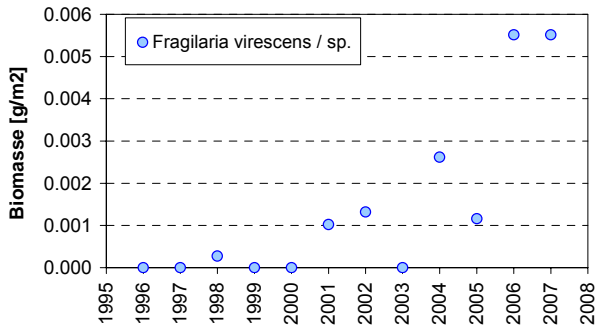
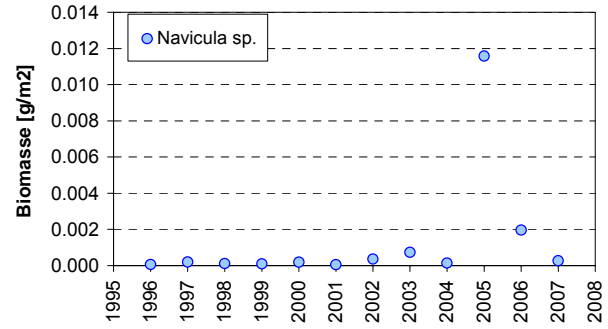
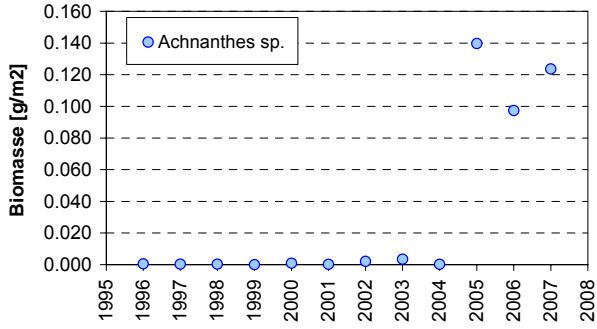
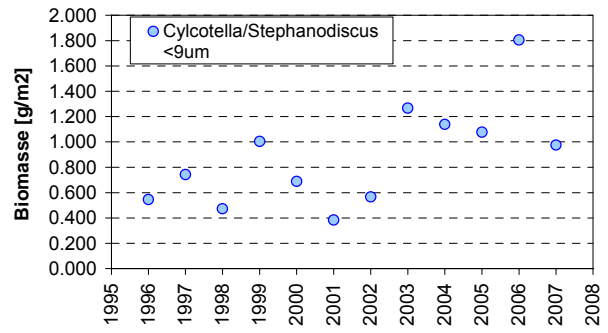
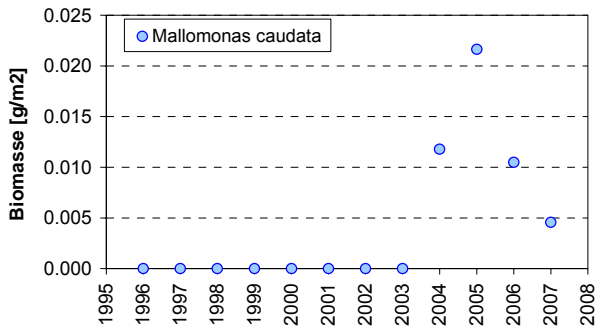


Abb. 5.3.1.b Brienzsee, Taxa mit signifikanter Abnahme.



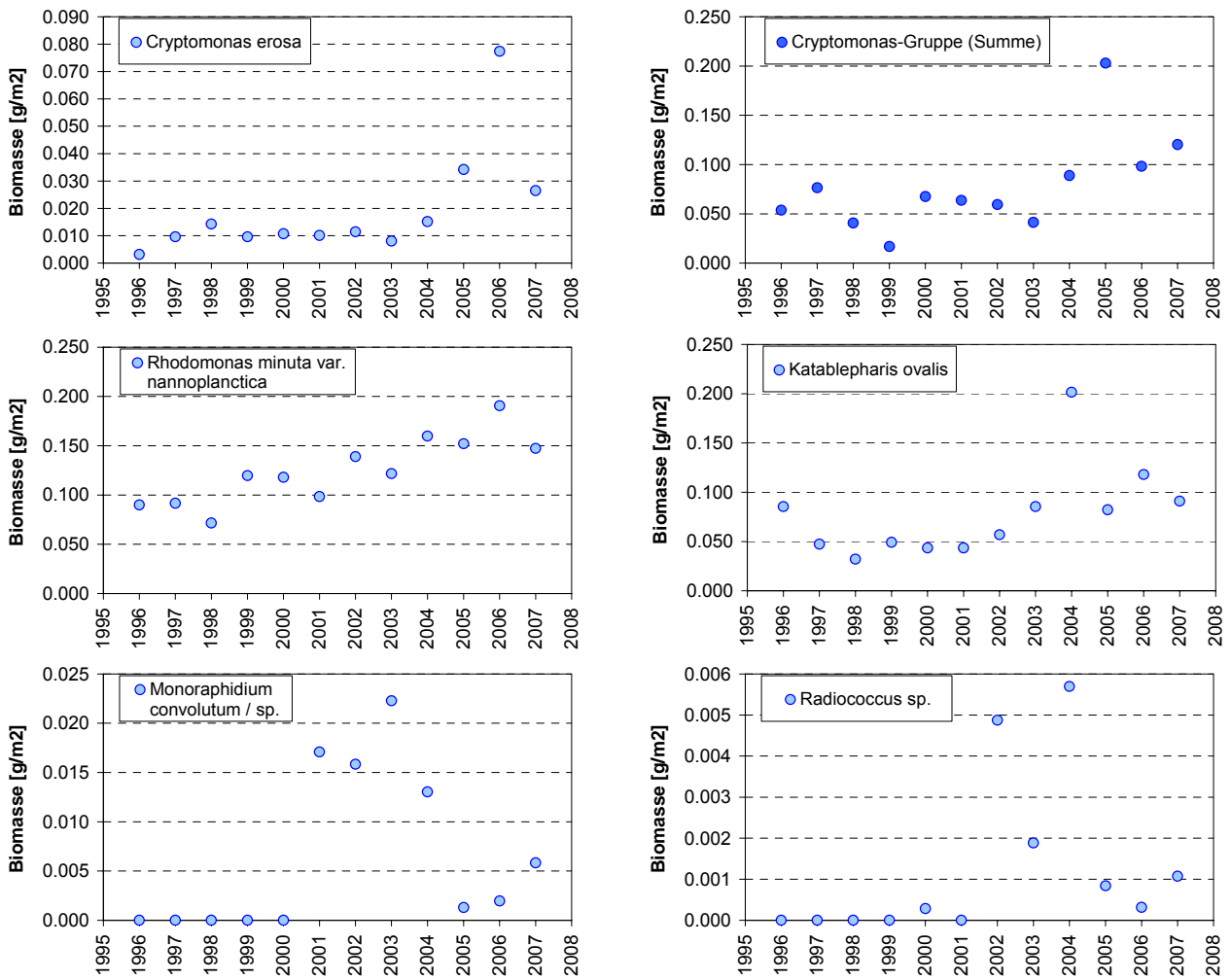
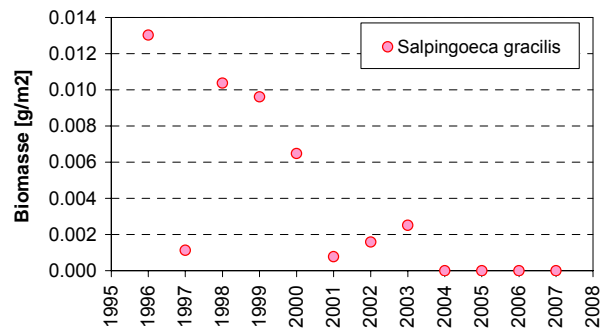
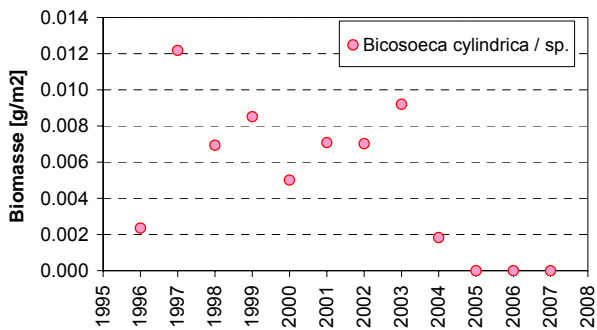
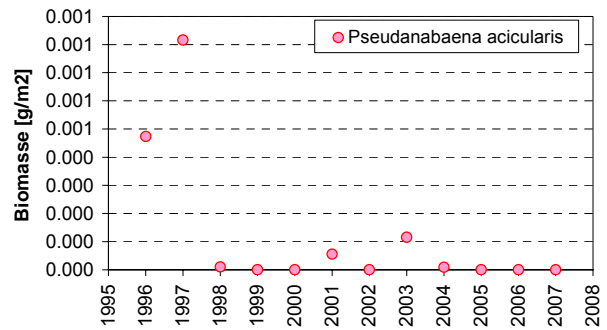
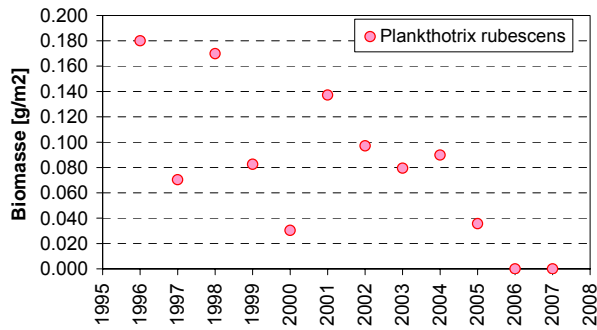
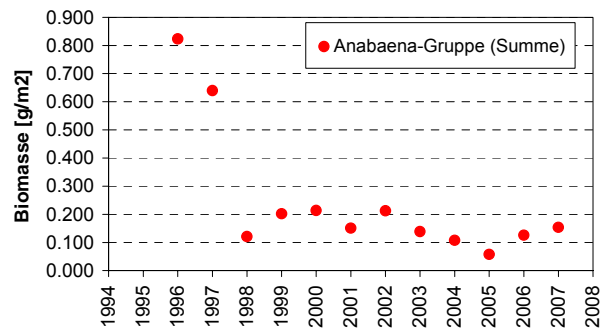
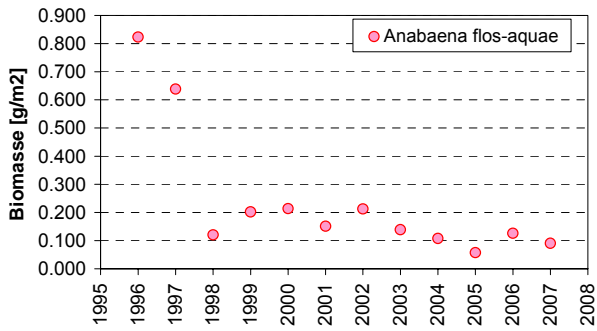
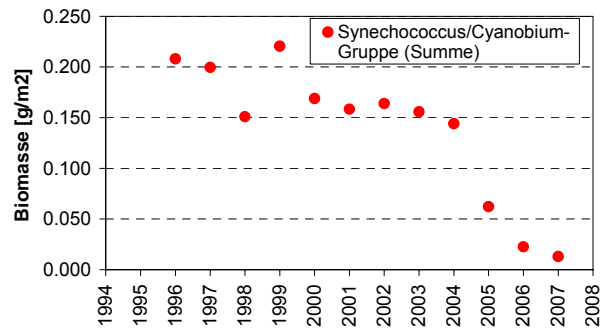
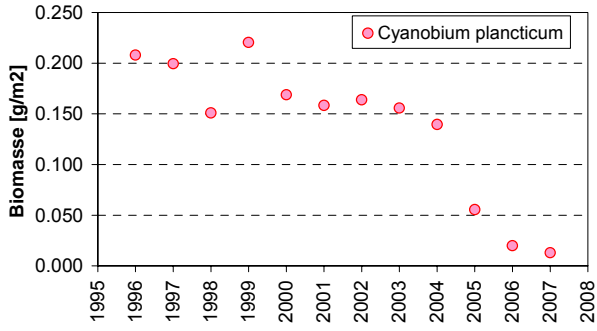
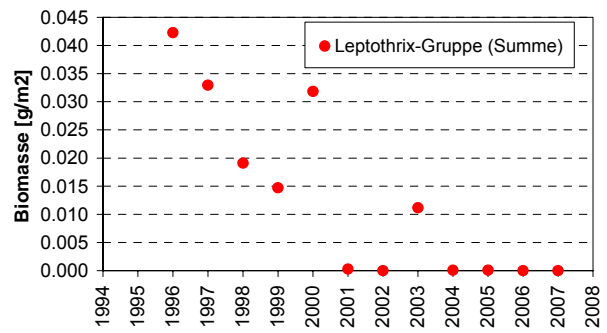
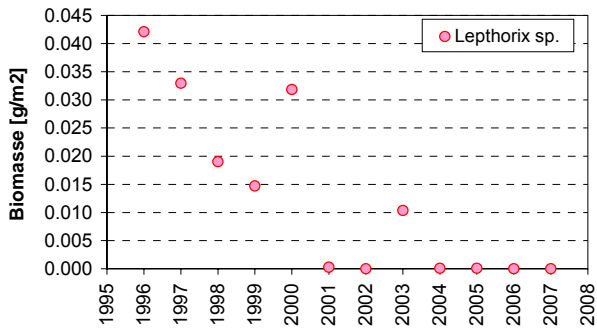
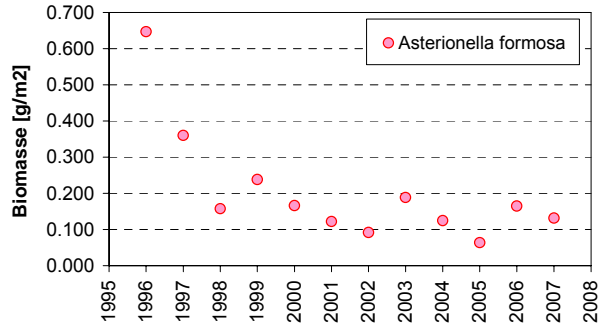
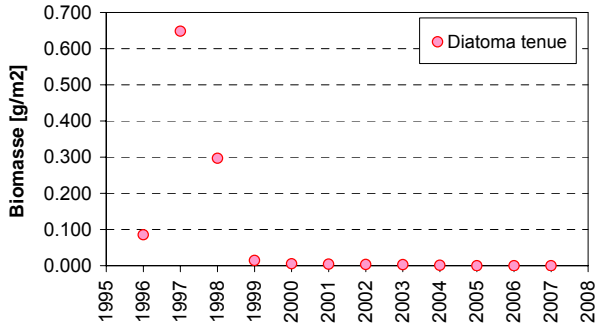
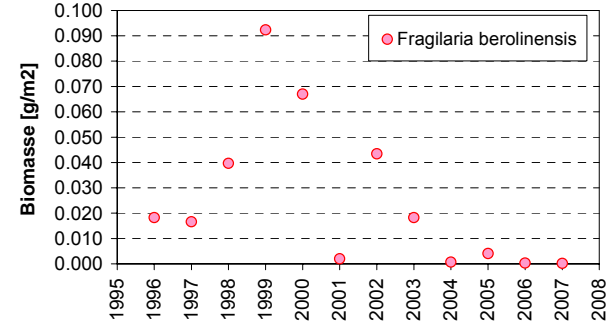
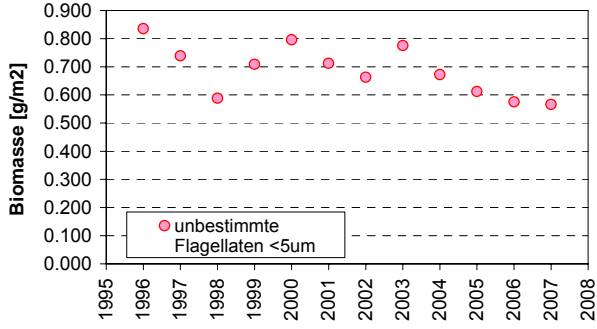
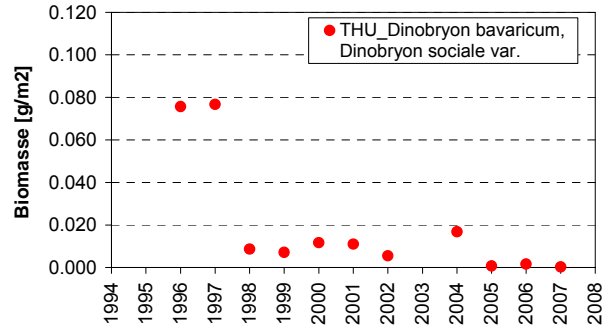
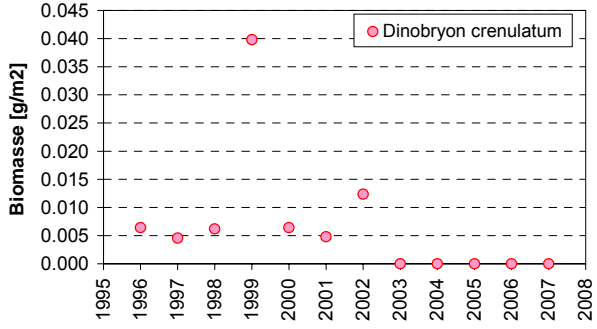
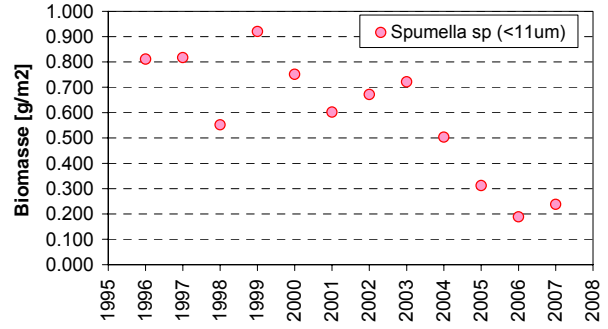
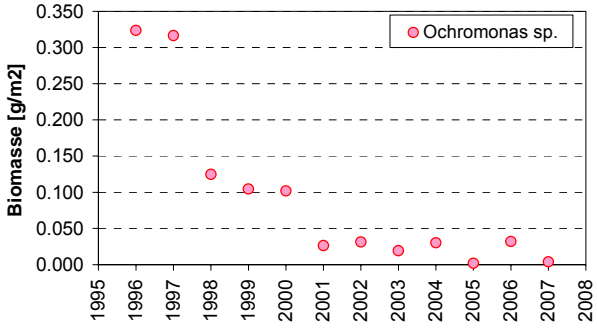
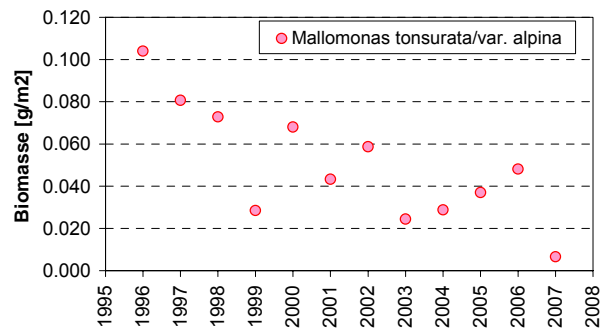
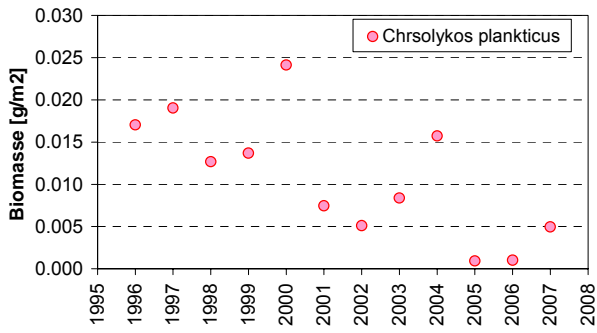
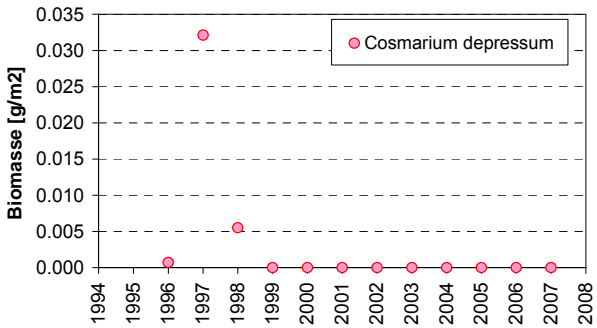
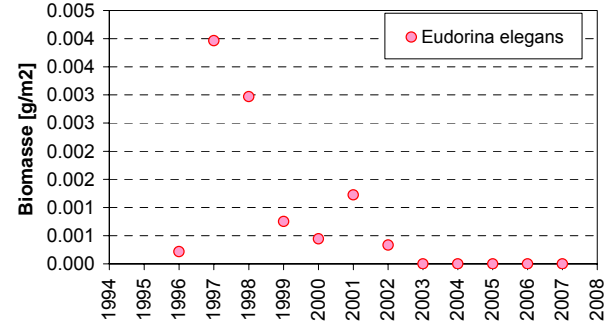
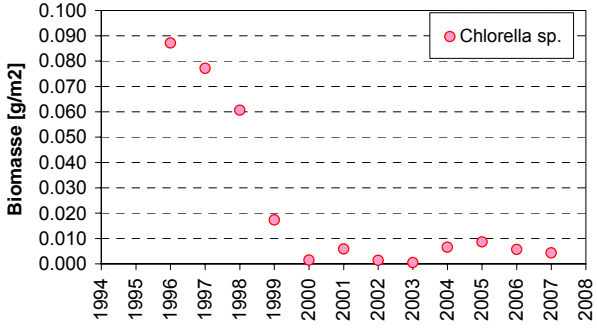
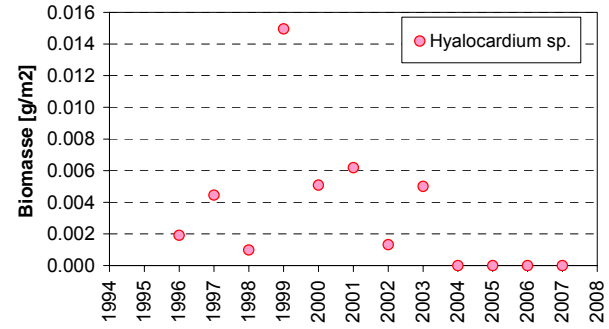
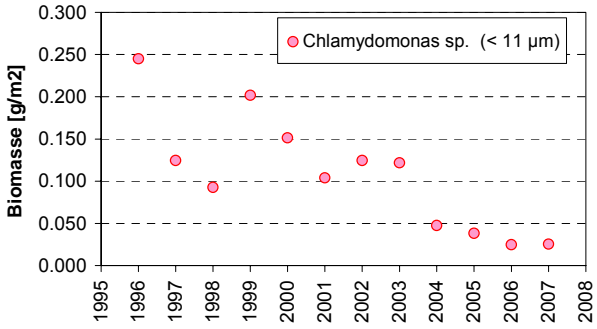
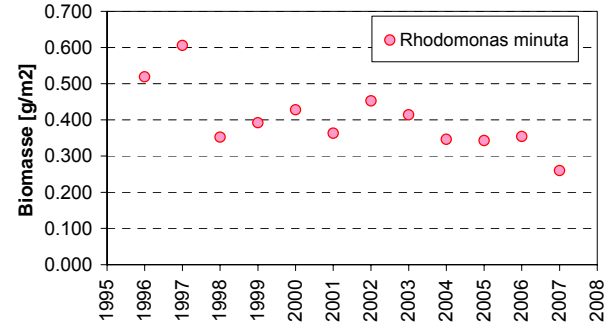
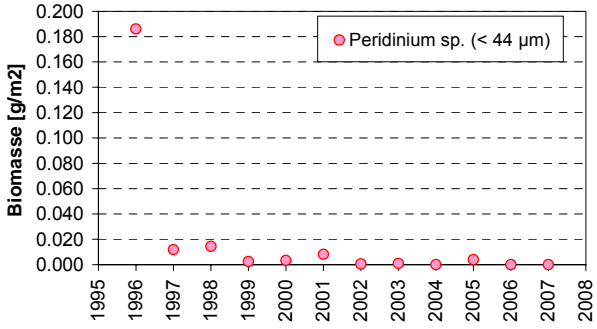
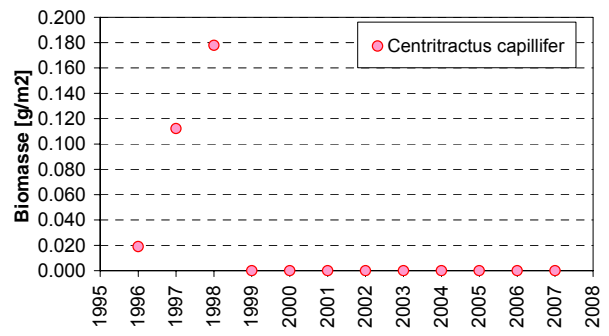
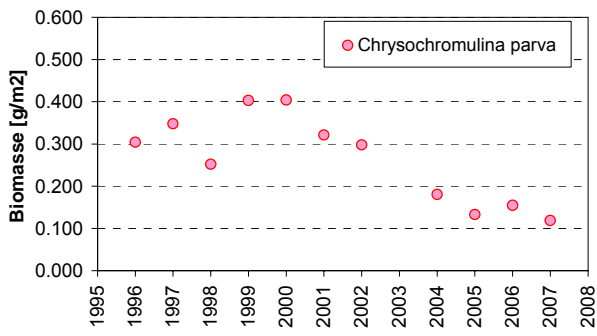


Abb. 5.3.1.c Thunersee, Taxa mit signifikanter Zunahme.









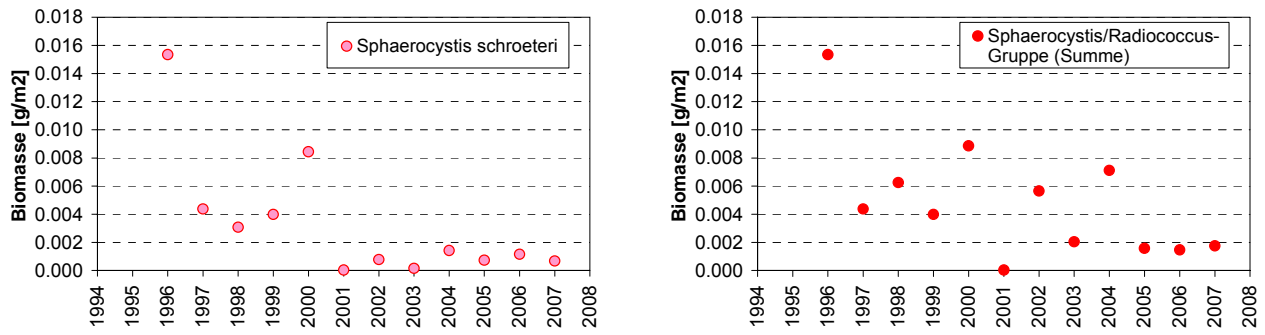
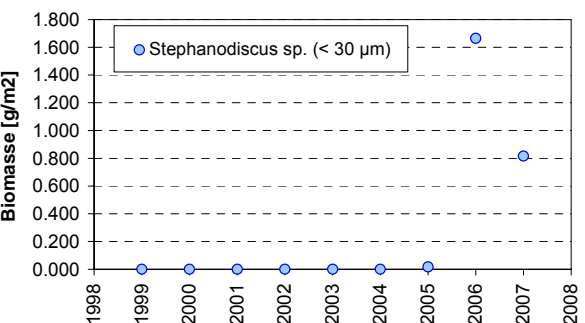
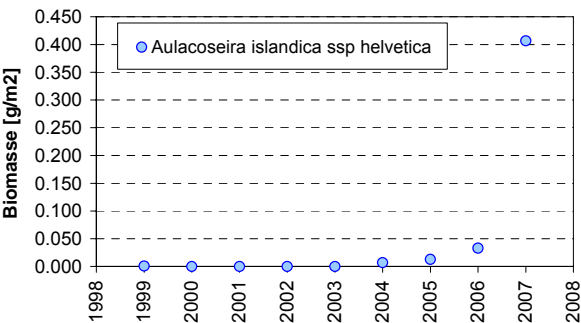
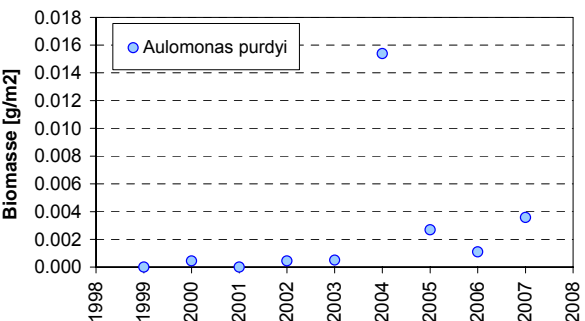
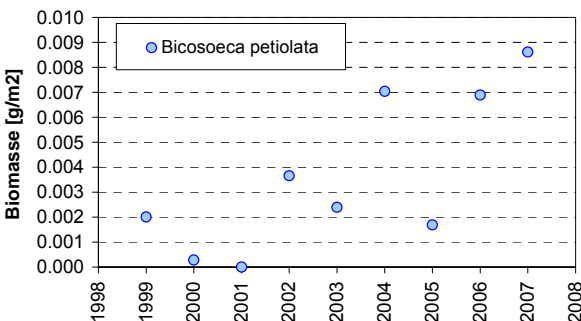
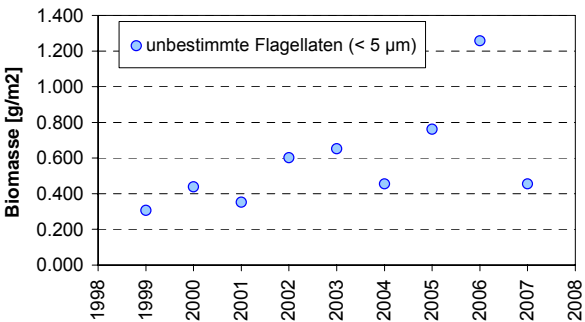
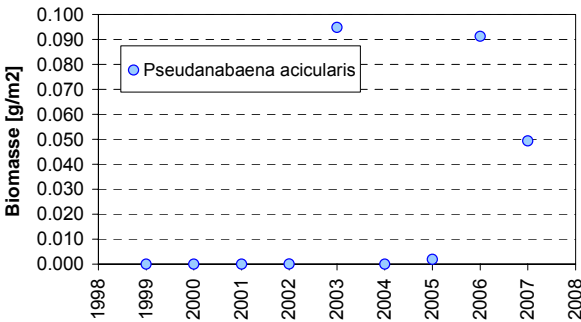
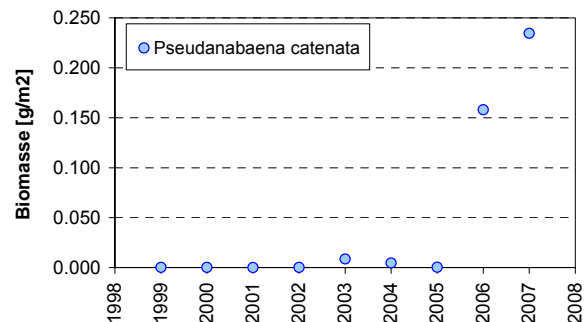
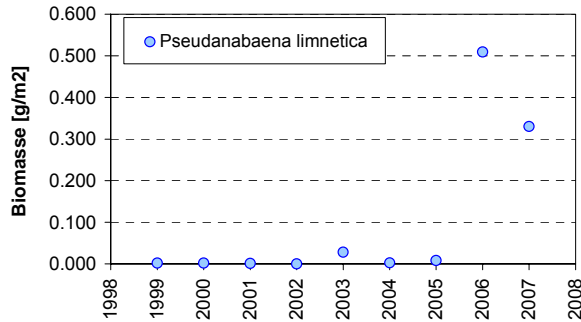
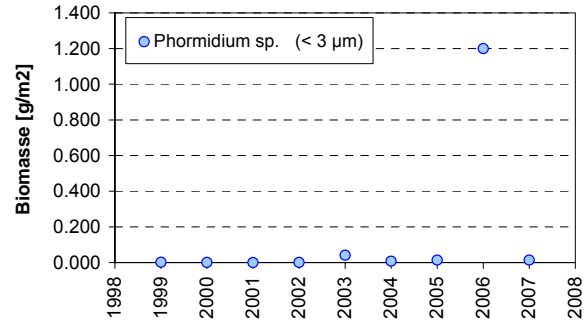
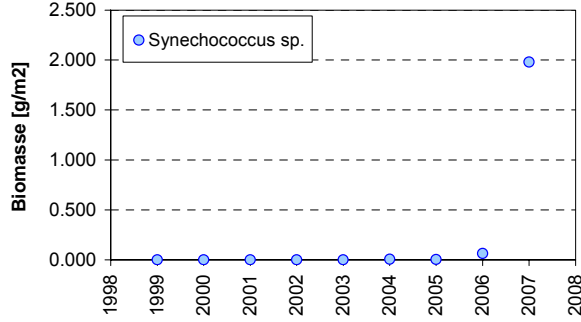
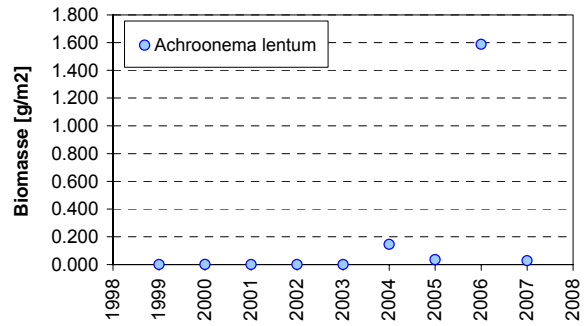
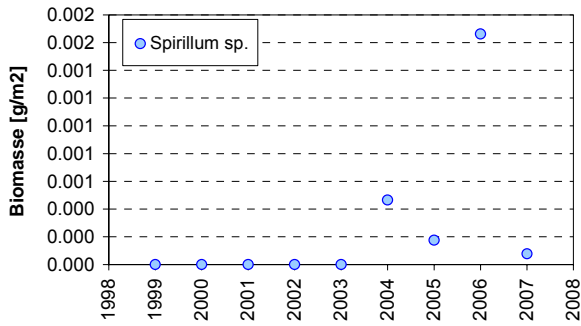


Abb. 5.3.1.d Thunensee, Taxa mit signifikanter Abnahme.



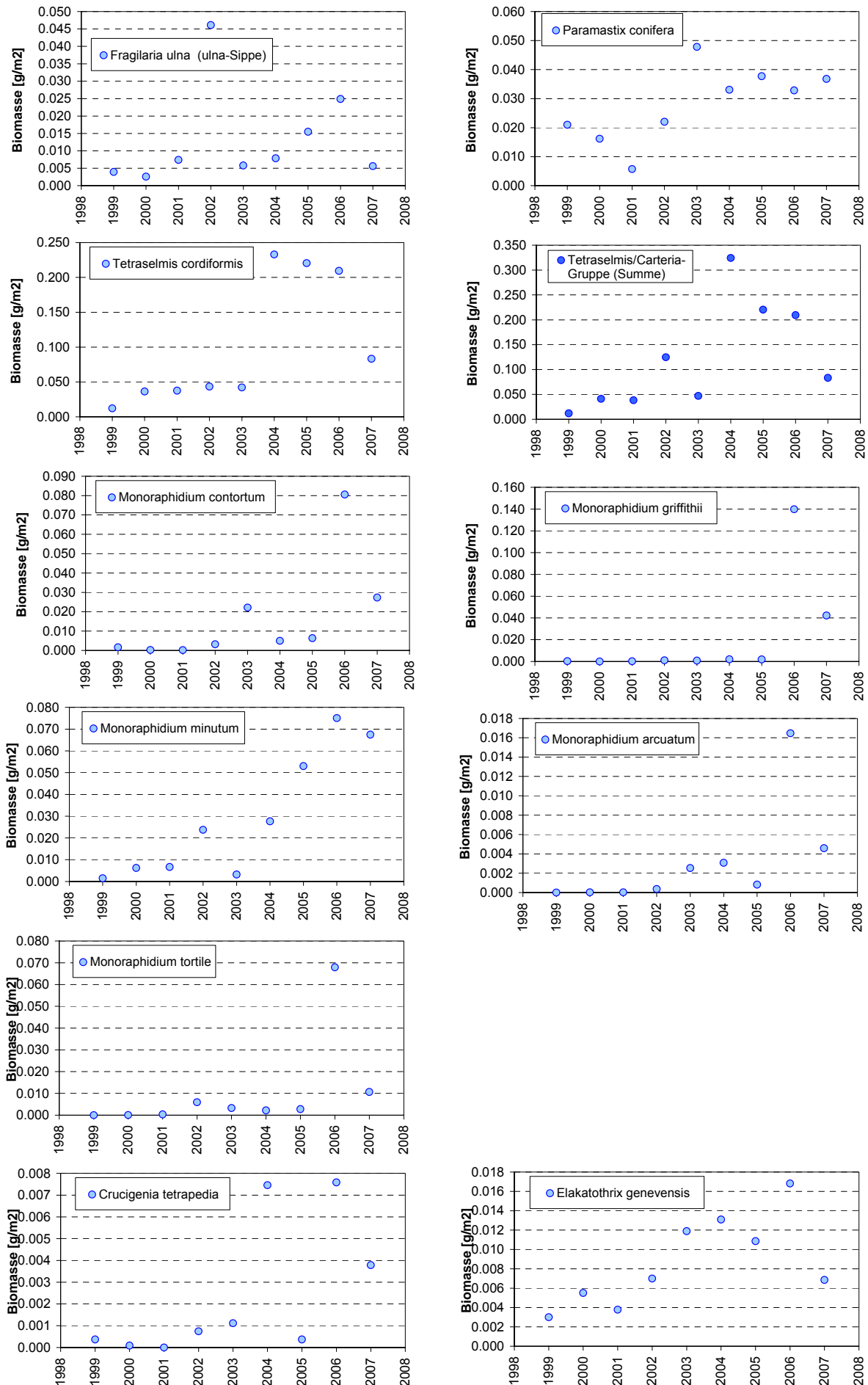
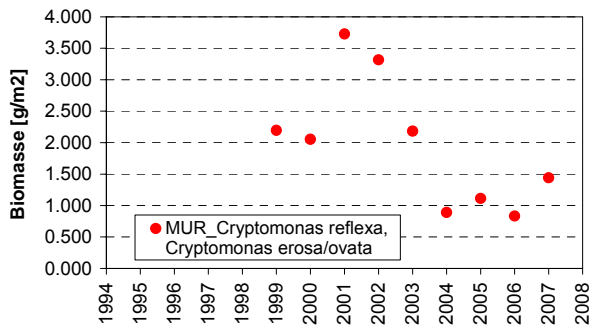
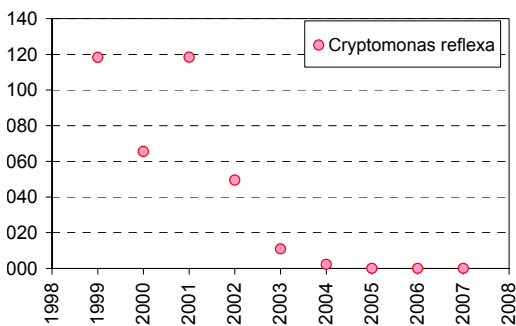
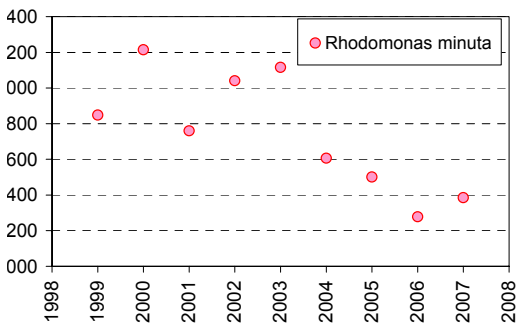
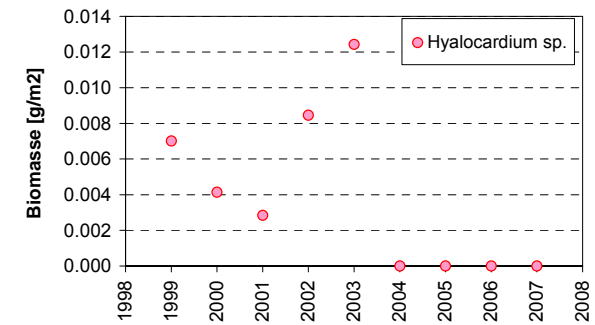
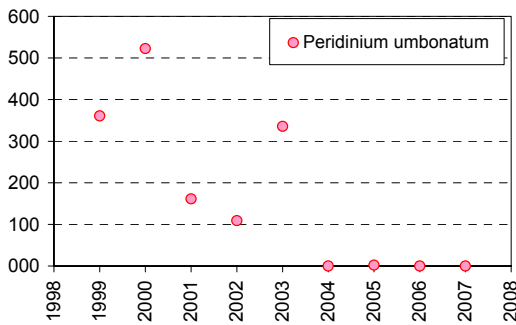
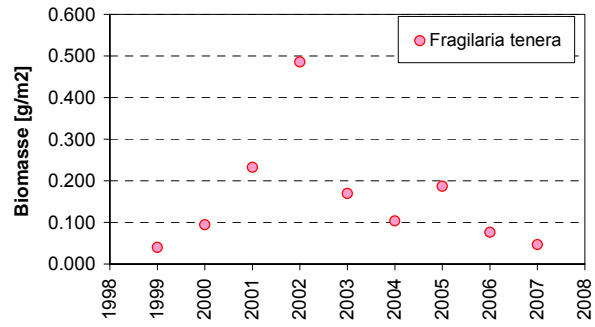
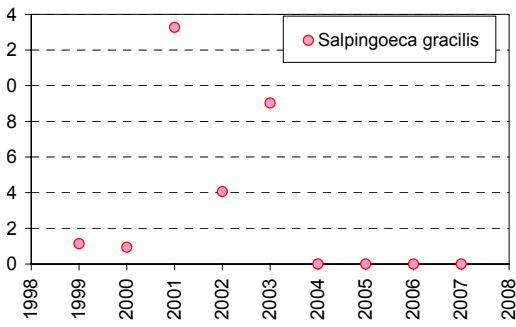
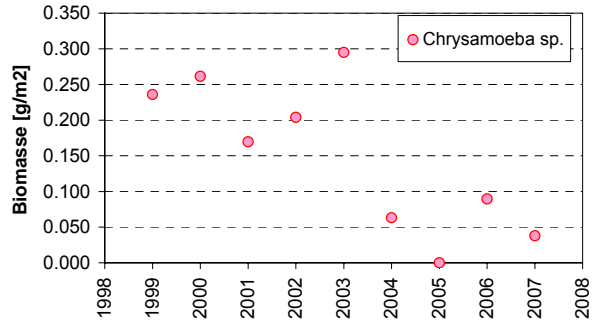
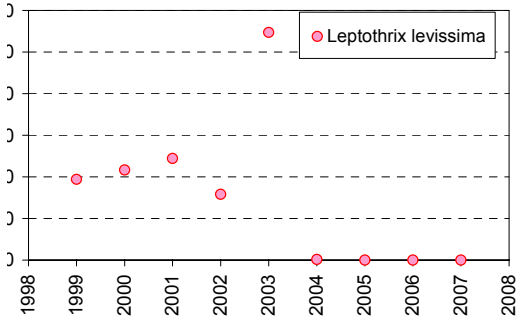
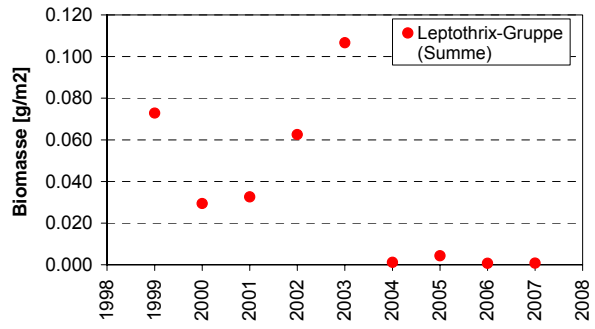
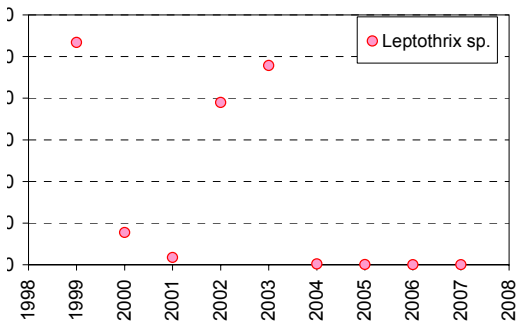


Abb. 5.3.1.e Murtensee, Taxa mit signifikanter Zunahme.



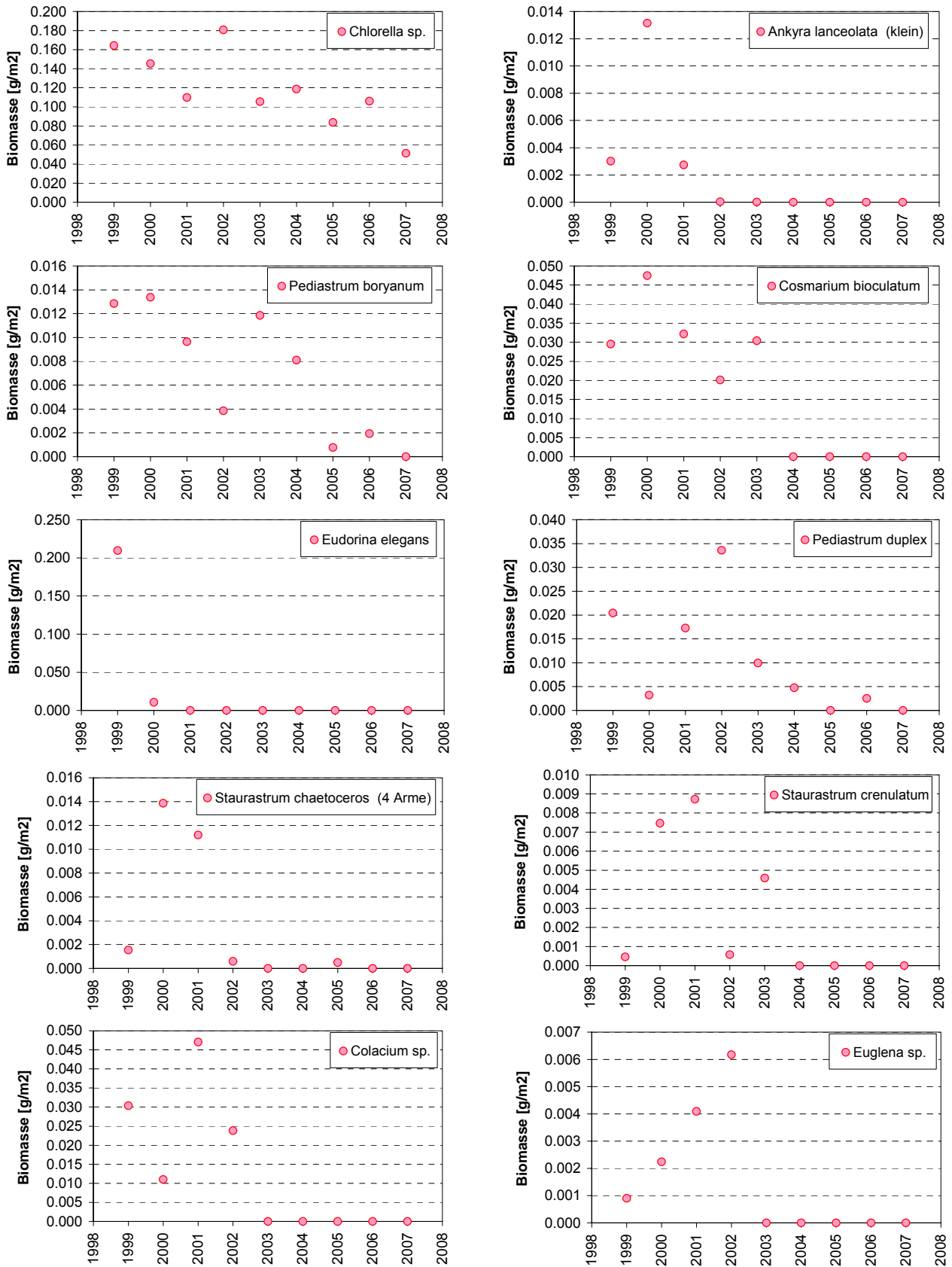


Abb. 5.3.1.f Murtensee, Taxa mit signifikanter Abnahme.

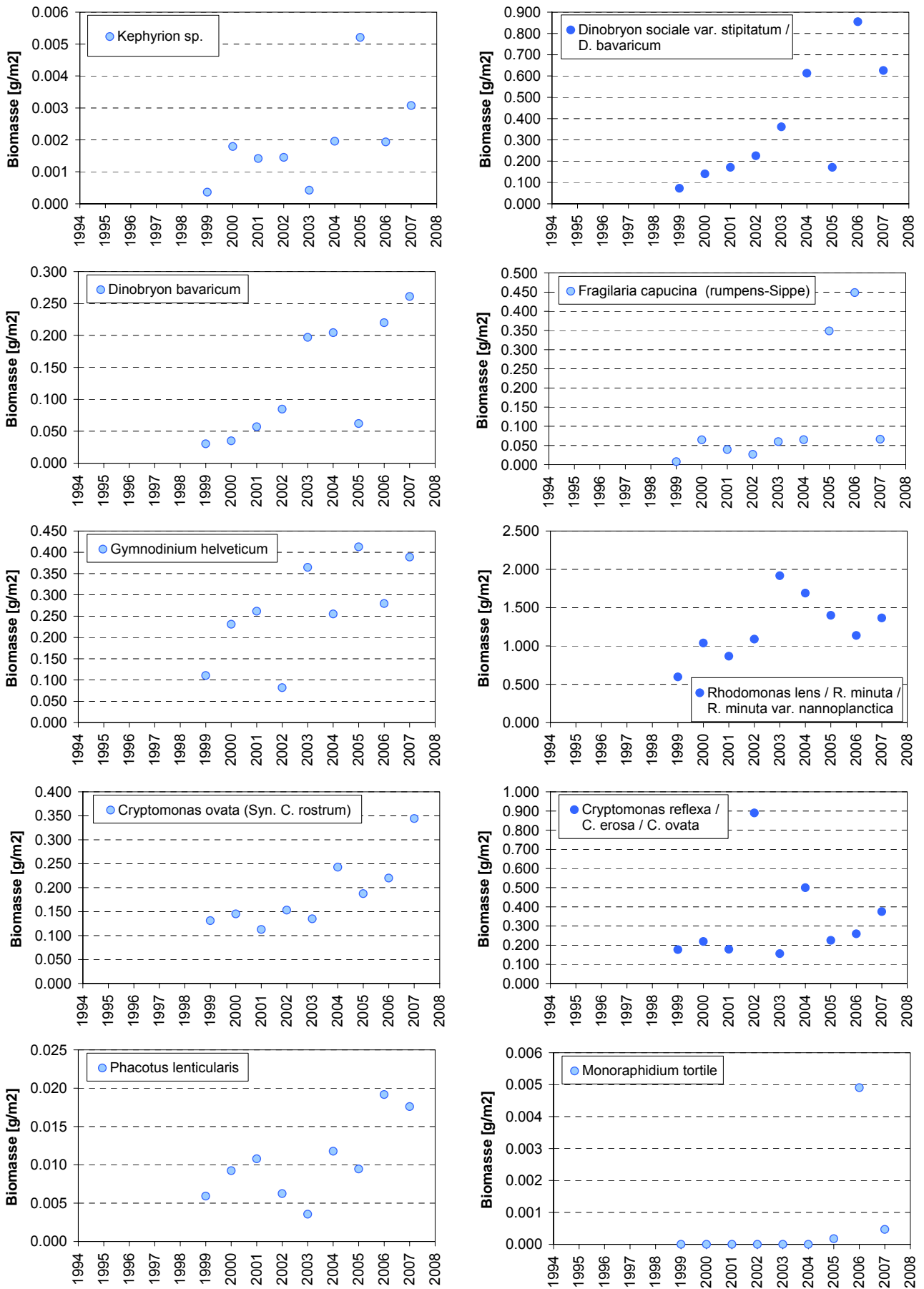
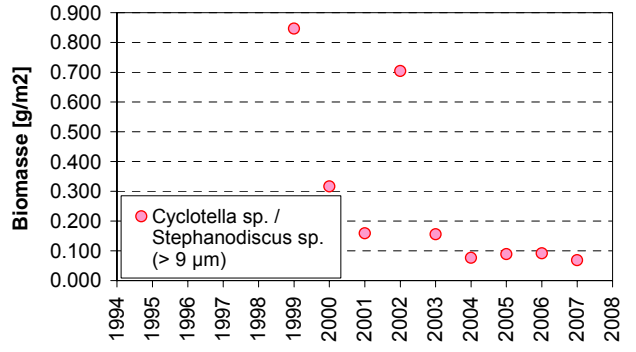
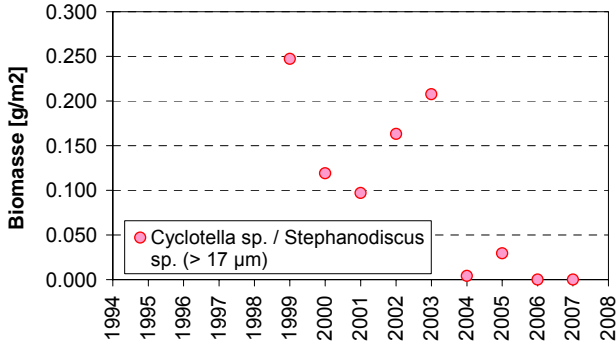
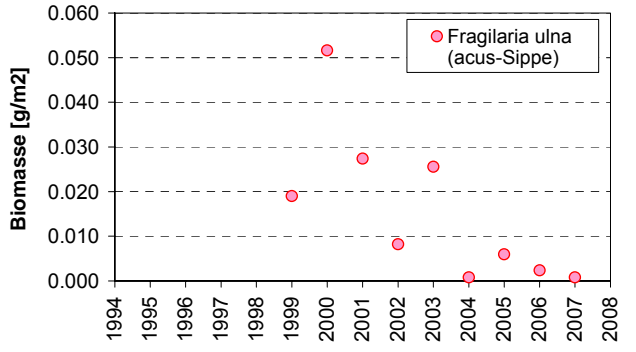
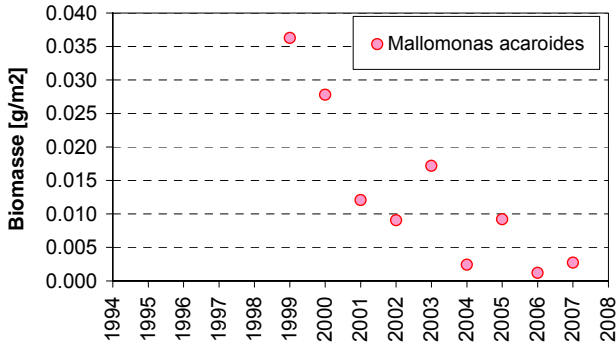
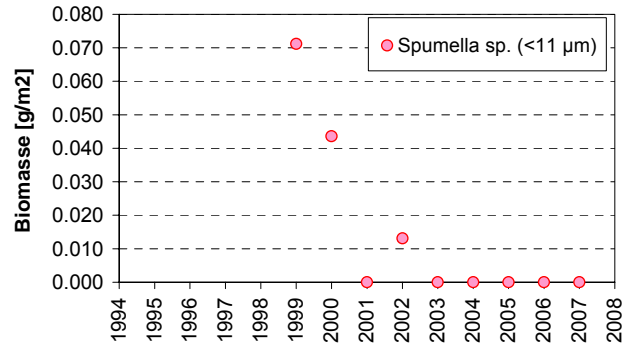
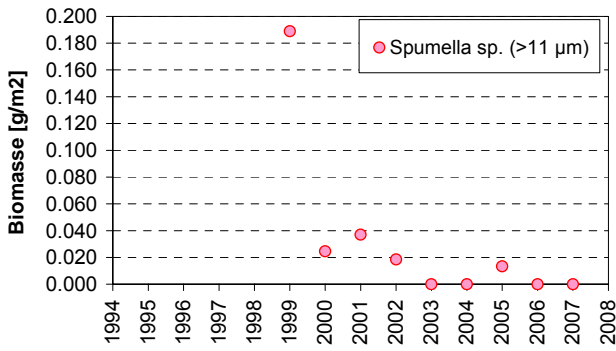
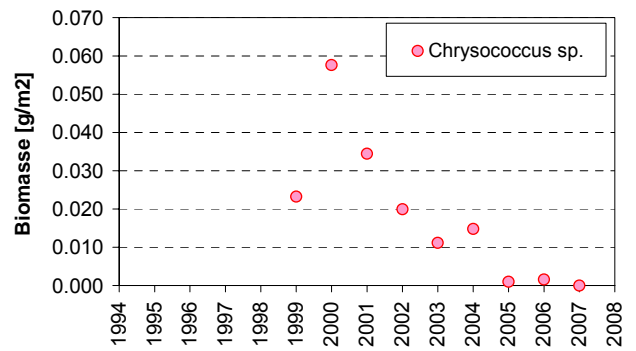
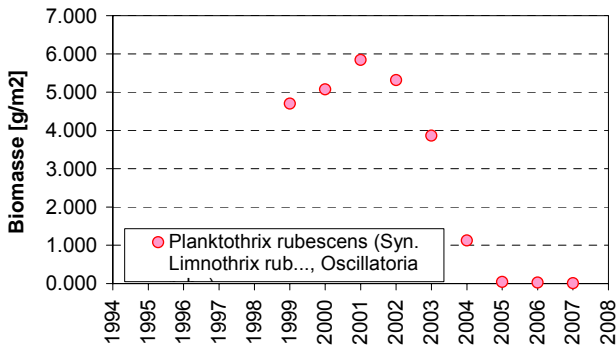
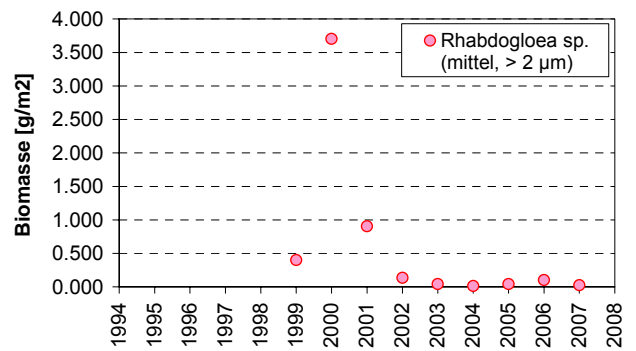
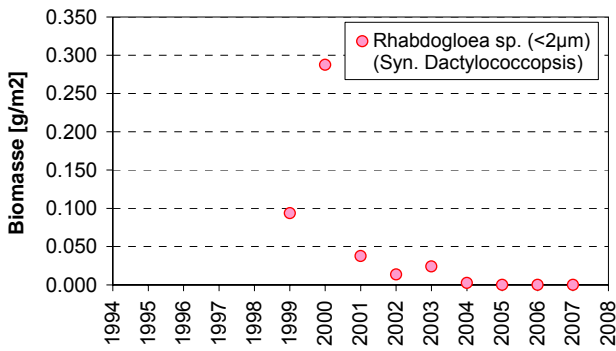


Abb. 5.3.1.g Neuenburgersee, Taxa mit signifikanter Zunahme.





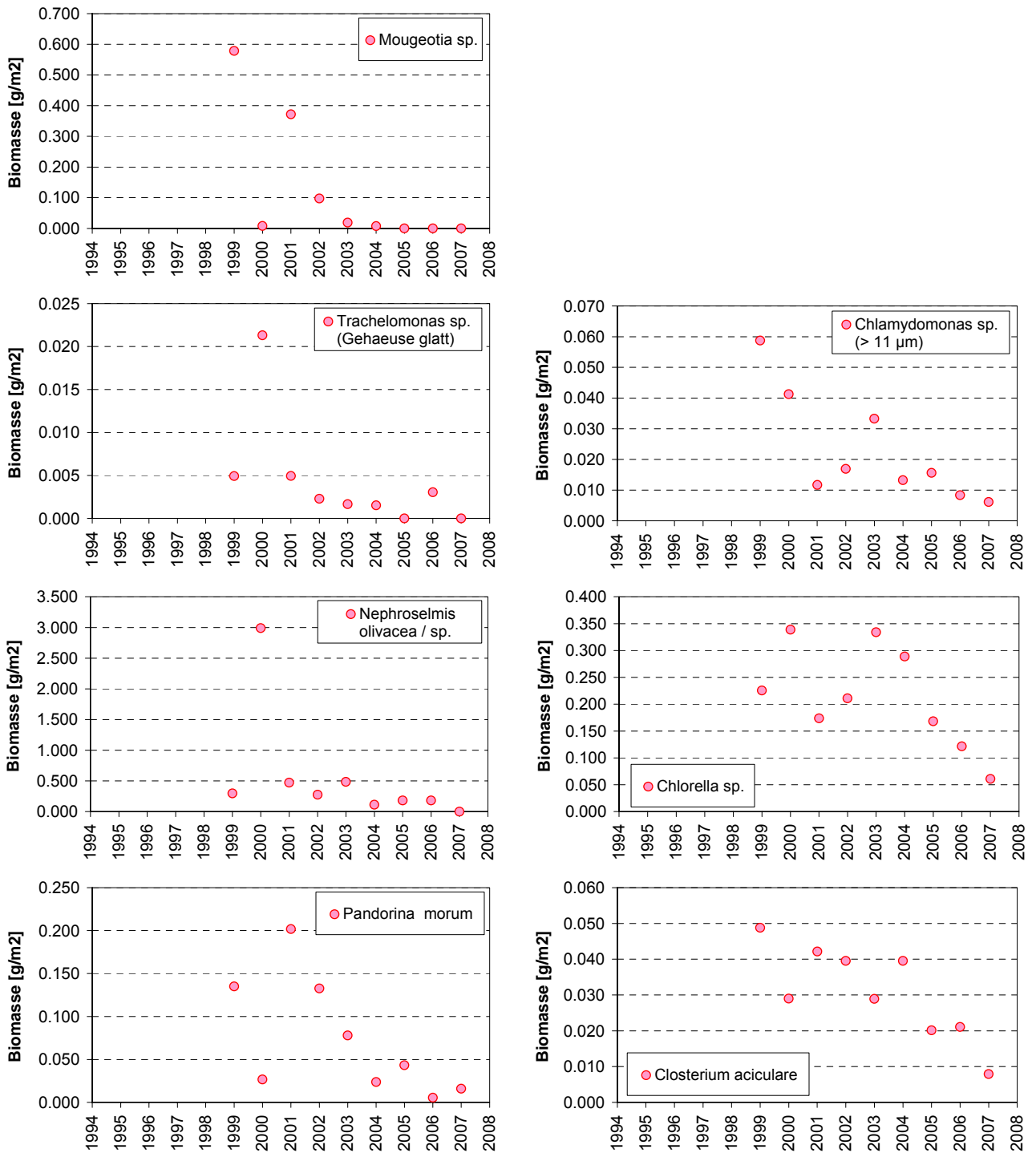
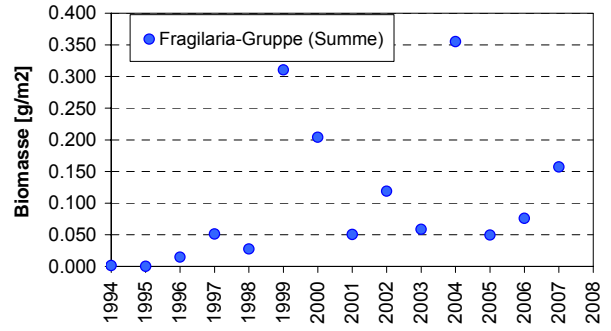
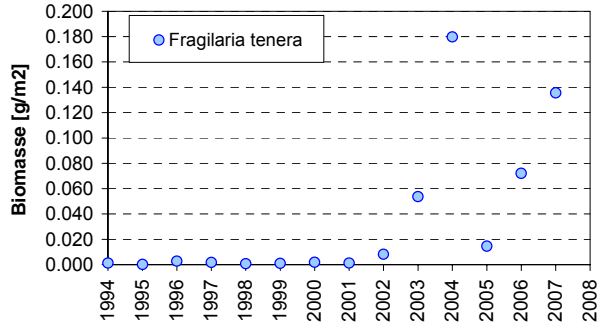
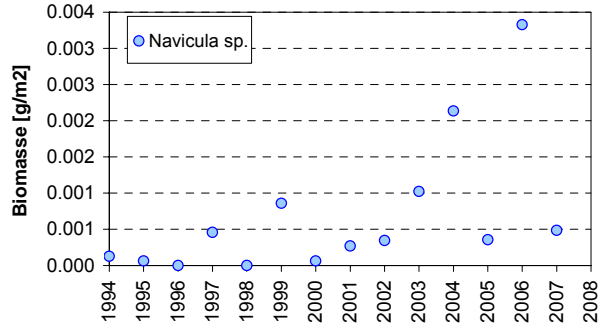
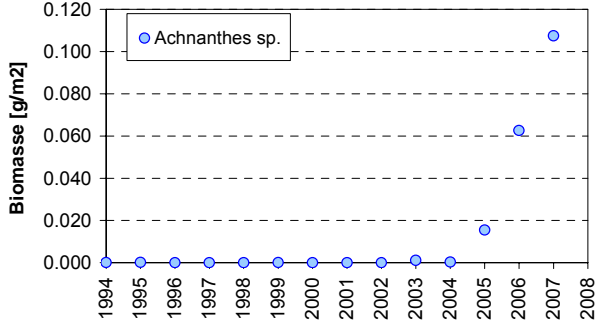
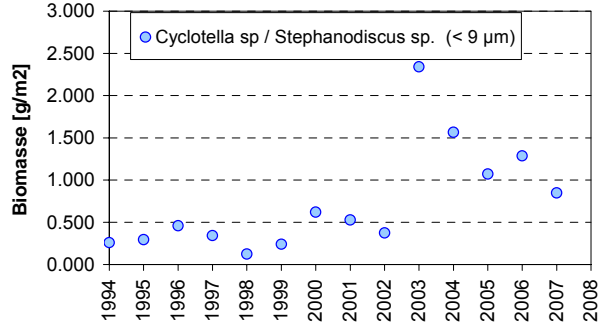
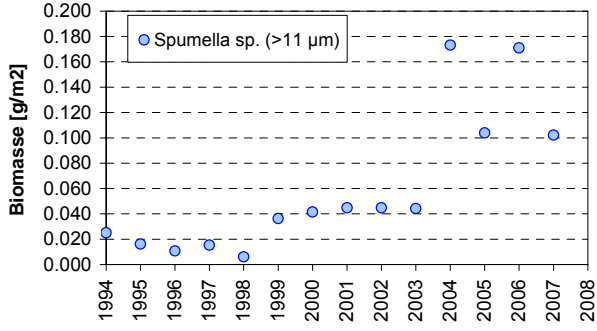
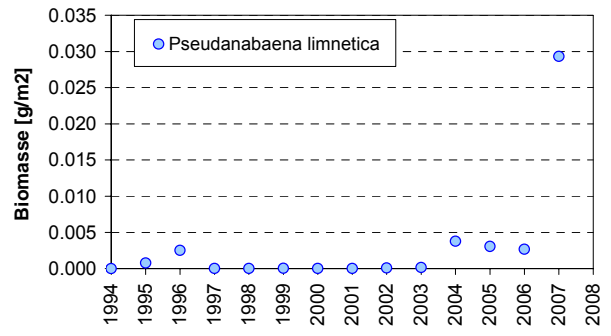
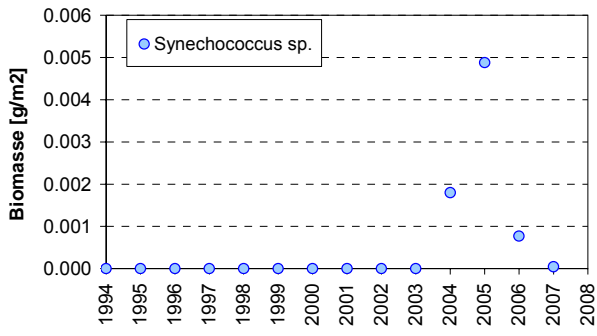


Abb. 5.3.1.h Neuenburgersee, Taxa mit signifikanter Abnahme.



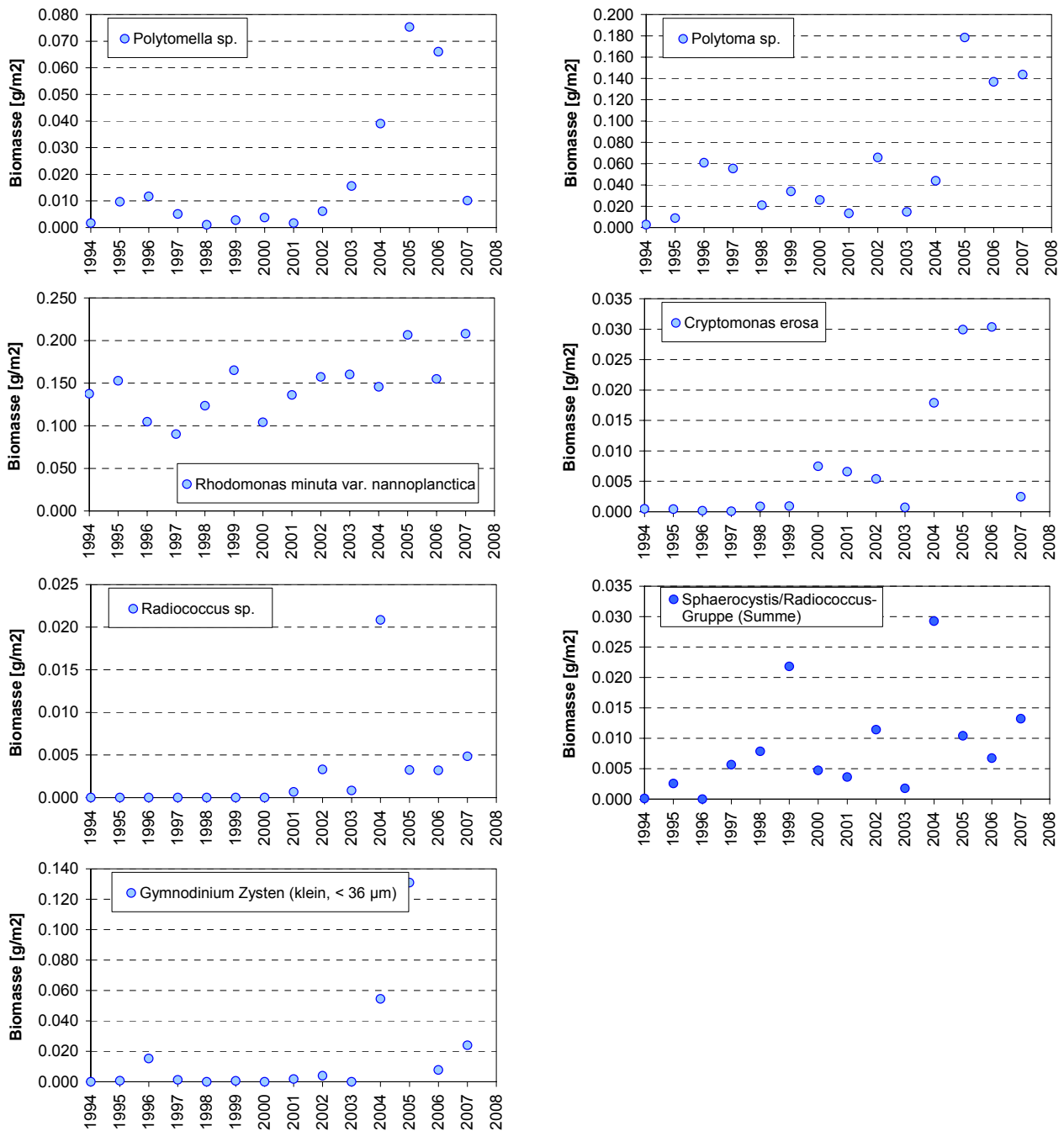
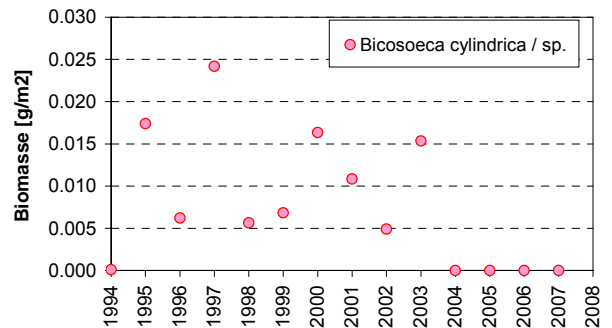
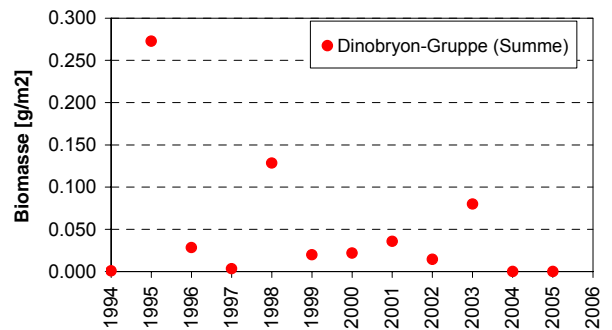
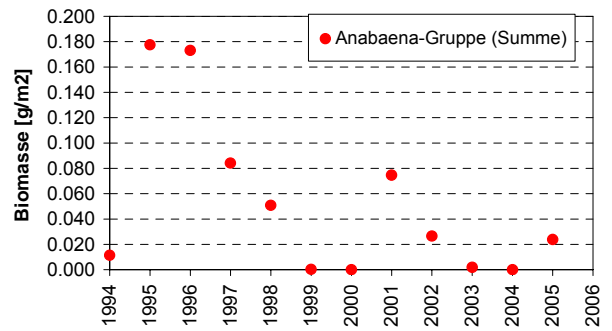
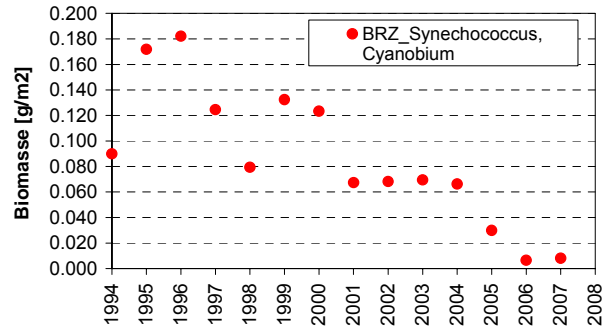
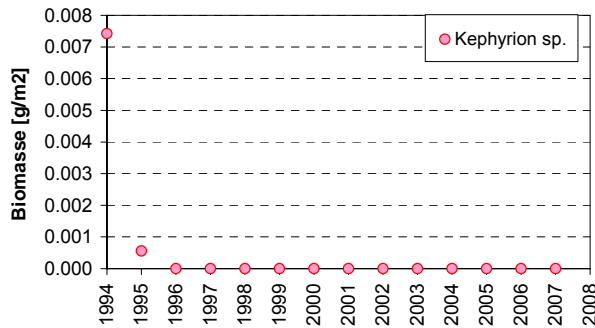
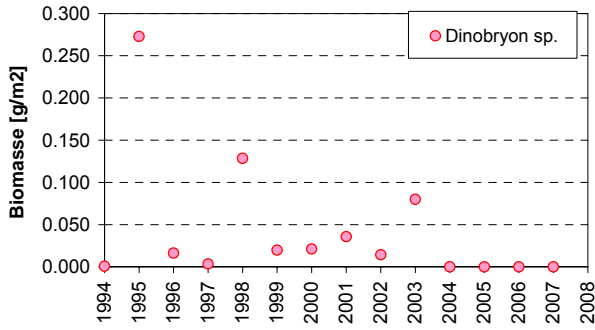
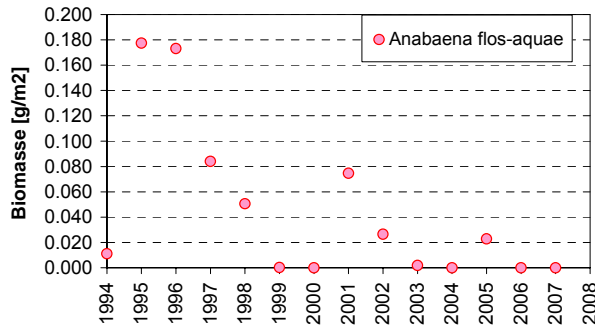
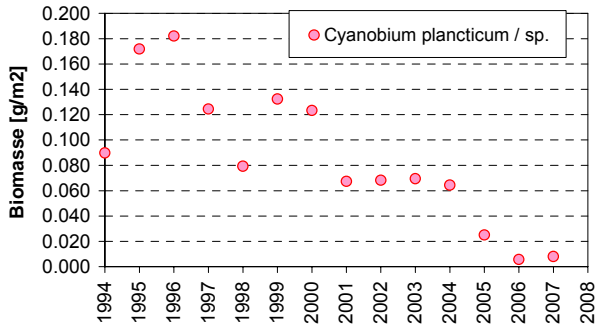
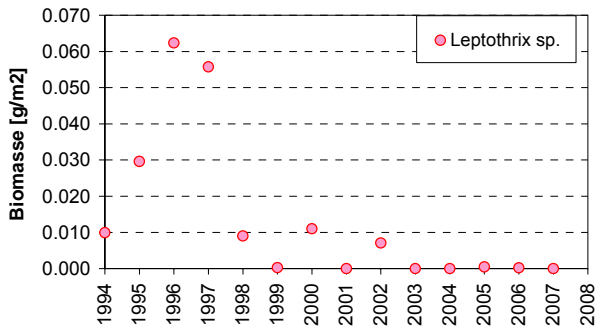
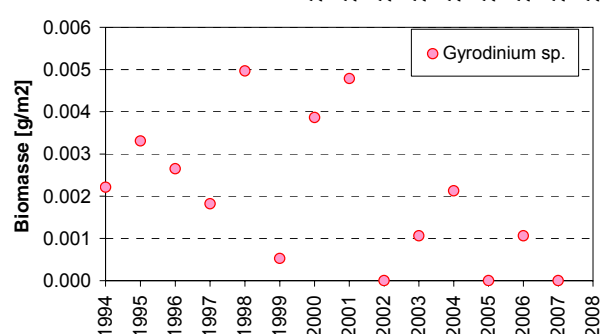
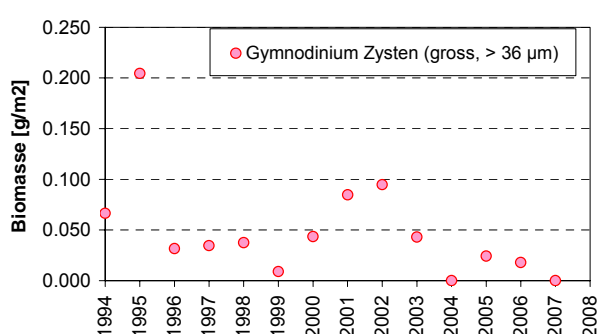
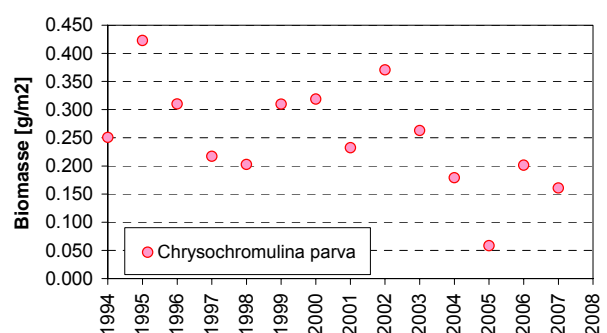
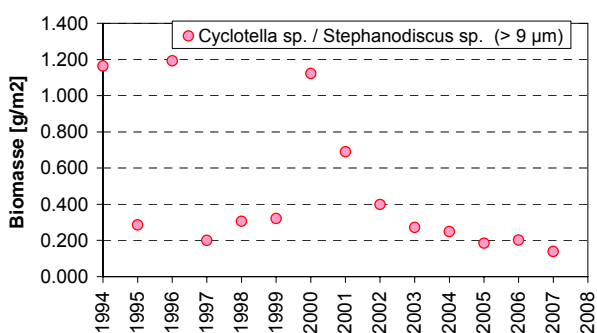
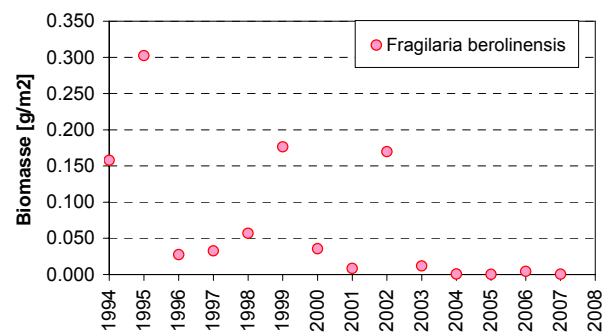
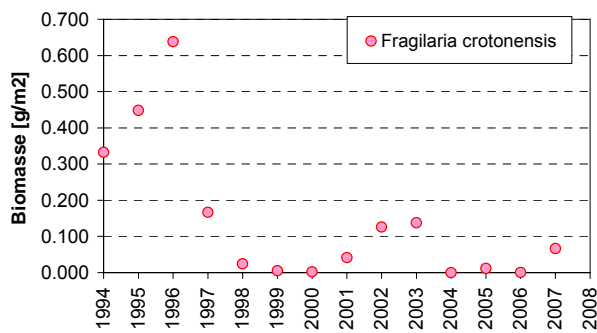
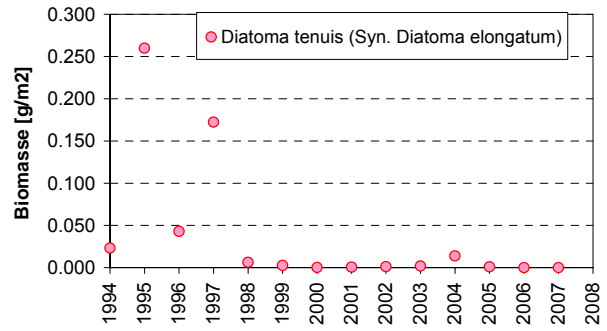
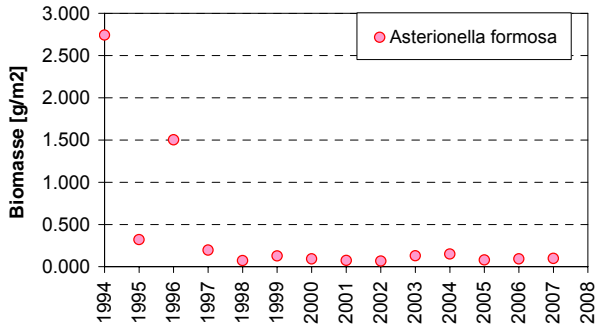
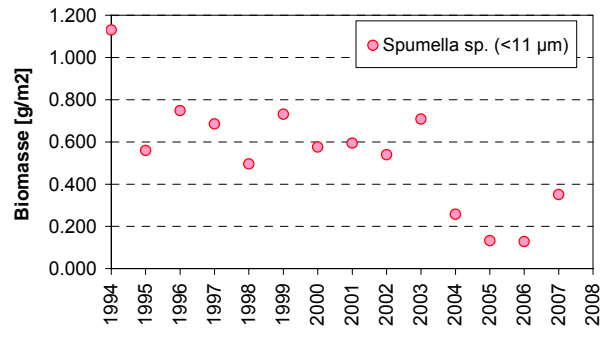
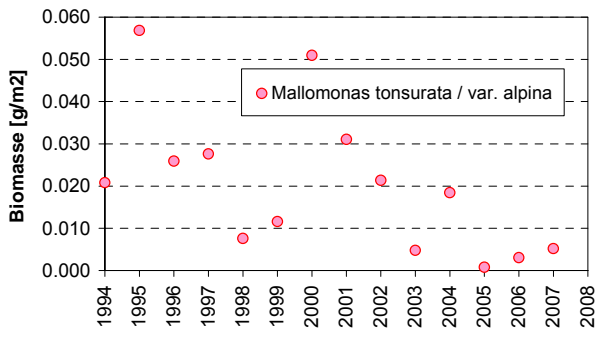


Abb. 5.3.1.i Bielersee, Taxa mit signifikanter Zunahme.





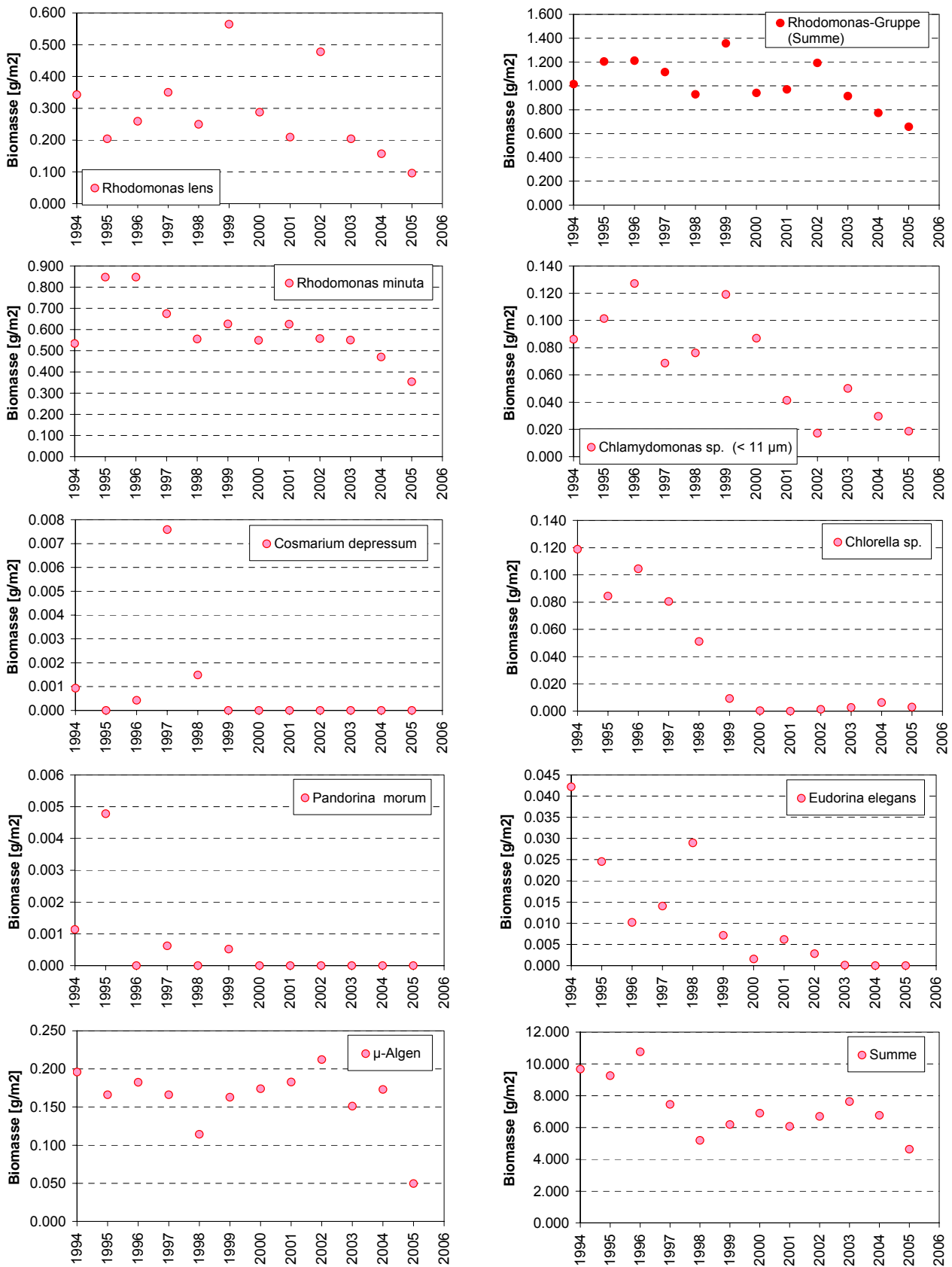


Abb. 5.3.1.j Bielensee, Taxa mit signifikanter Abnahme.

## 5.3.2 Liste aller Indikatorarten der fünf Seen

Indikatorliste aus Mischke U. & Nixdorf (Hrsg.), 2008, verschnitten mit der Artenliste GBL (Stand 13.11.2008)

Trophie
oligotroph
mesotroph 1
mesotroph 2
eutroph 1
eutroph 2
polytroph 1
polytroph 2
hypertroph

Stand WRRL April 08, GBL-Liste 13.11.08			Alpine & prealpine lakes (German types 1, 2, 3 & 4)		
taxa code number	algal class	taxa name	Artnummer GBL	TAW = trophic score	stenoecy- factor
102	Dinophyceae	Ceratium cornutum	1734	0.59	3.00
269	Bacillariophyceae	Cymatopleura solea	1218	0.72	2.00
94	Chlorophyceae	Botryococcus braunii	2912	0.75	2.00
152	Chrysophyceae	Chrysolykos skujae	668	0.77	2.00
284	Bacillariophyceae	Diatoma vulgare	1224	0.79	2.00
90	Chrysophyceae	Bitrichia chodatii/sp.	771	0.86	3.00
385	Dinophyceae	Gymnodinium uberrimum	1708	0.92	1.00
578	Ulvophyceae	Planctonema lauterbornii	3118	0.94	2.00
719	Bacillariophyceae	Stephanodiscus binderanus	1017	1.04	1.00
560	Dinophyceae	Peridinium willei	1761	1.05	2.00
32	Cyanobacteria	Anabaena spiroides	307	1.10	1.00
81	Bacillariophyceae	Aulacoseira islandica	1020	1.11	1.00
134	Cyanobacteria	Chroococcus limneticus	110	1.13	2.00
283	Bacillariophyceae	Diatoma tenuis	1222	1.16	2.00
299	Chrysophyceae	Dinobryon divergens	625	1.18	1.00
350	Bacillariophyceae	Fragilaria ulna danica Sippe	1280	1.19	4.00
352	Bacillariophyceae	Fragilaria ulna var. ulna	1353	1.19	1.00
558	Dinophyceae	Peridinium umbonatum-Komplex	1762	1.23	1.00
736	Cyanobacteria	Synechococcus	142	1.25	3.00
601	Chrysophyceae	Pseudopedinella erkensis	611	1.25	1.00
743	Bacillariophyceae	Tabellaria flocculosa	1287	1.26	3.00
758	Prasinophyceae	Tetraselmis cordiformis	2506	1.26	4.00
151	Chrysophyceae	Chrysolykos planctonicus	656	1.33	1.00
21	Cyanobacteria	Anabaena flos-aquae	303	1.35	1.00
815	Chlorophyceae	Willea irregularis/vilhelmii/ sp.	3015	1.37	2.00
337	Bacillariophyceae	Fragilaria capucina/F. cap. (capucina-Sippe)	1232	1.39	2.00
336	Bacillariophyceae	Fragilaria capucina/F. cap. (rumpens-Sippe)	1296	1.39	2.00
586	Cyanobacteria	Planktothrix rubescens	341	1.55	2.00
692	Cyanobacteria	Snowella lacustris	116	1.57	1.00
693	Cyanobacteria	Snowella litoralis	117	1.57	1.00
393	Bacillariophyceae	Gyrosigma attenuatum/sp.	1240	1.59	2.00
765	Chlorophyceae	Tetrastrum triangulare	3035	1.59	1.00
66	Cyanobacteria	Aphanothece clathrata/sp./var. brevis	180	1.61	1.00
303	Chrysophyceae	Dinobryon sociale	623	1.61	1.00
305	Chrysophyceae	Dinobryon sociale var. stipitatum	653	1.61	1.00
304	Chrysophyceae	Dinobryon sociale var. americana	684	1.61	1.00
742	Bacillariophyceae	Tabellaria fenestrata	1286	1.65	2.00
199	Conjugatophyceae	Cosmarium depressum	3436	1.68	2.00
490	Chlorophyceae	Nephrocytium agardhianum	2977	1.76	2.00
471	Chlorophyceae	Monoraphidium komarkovae	3039	1.77	1.00
746	Chlorophyceae	Tetrachlorella alternans	3008	1.80	3.00
811	Chrysophyceae	Uroglena	614	1.82	1.00
810	Chrysophyceae	Uroglena americana	614	1.82	1.00
158	Conjugatophyceae	Closterium aciculare	3418	1.90	2.00
296	Chrysophyceae	Dinobryon bavaricum	626	1.95	1.00
240	Cryptophyceae	Cryptomonas 50-55µm/ C. ovata	2007	2.00	2.00
241	Cryptophyceae	Cryptomonas 55-60µm/ C. ovata	2007	2.00	2.00
848	Choanoflagellata	Stelaxomonas dichotoma	860	2.05	3.00
212	Chlorophyceae	Crucigenia quadrata	2938	2.05	1.00
821	Cyanobacteria	Woronichinia naegeliania	119	2.10	2.00
771	Euglenophyceae	Trachelomonas volvocina	2320	2.15	2.00
60	Cyanobacteria	Aphanocapsa elachista /Aphanocapsa holsatica / sp.	148	2.17	1.00
181	Chlorophyceae	Coelastrum microporum	2926	2.20	2.00
302	Chrysophyceae	Dinobryon sertularia	622	2.22	1.00
439	Chrysophyceae	Mallomonas caudata	641	2.25	2.00

Stand WRRL April 08, GBL-Liste			Alpine & prealpine lakes		
taxa code number	algal class	taxa name	Artnummer GBL	TAW = trophic score	stenoecy-factor
563	Chlorophyceae	Phacotus lenticularis=Phacotus lenderi	2615	2.30	1.00
596	Cyanobacteria	Pseudanabaena limnetica	337	2.32	2.00
198	Conjugatophyceae	Cosmarium bioculatum	3484	2.35	1.00
184	Chlorophyceae	Coelastrum reticulatum	2928	2.37	1.00
159	Conjugatophyceae	Closterium acutum	3409	2.40	2.00
477	Conjugatophyceae	Mougeotia	3603	2.45	1.00
682	Chlorophyceae	Schroederia setigera	3004	2.47	1.00
814	Chlorophyceae	Volvox	2630	2.52	3.00
448	Cyanobacteria	Merismopedia	128	2.55	1.00
920	Cyanobacteria	Merismopedia minima / Merismopedia (klein, <2um)	181	2.55	1.00
539	Chlorophyceae	Pediastrum simplex	2985	2.60	2.00
50	Chlorophyceae	Ankyra lanceolata (gross)	2910	2.65	2.00
49	Chlorophyceae	Ankyra lanceolata (klein)	3070	2.65	2.00
54	Cyanobacteria	Aphanizomenon flos-aquae	311	2.67	2.00
48	Chlorophyceae	Ankyra ancora	2908	2.70	1.00
50	Chlorophyceae	Ankyra judayi (gross)	2909	2.72	2.00
49	Chlorophyceae	Ankyra judayi (klein)	3051	2.72	2.00
100	Chlorophyceae	Carteria	2607	2.75	2.00
320	Chlorophyceae	Eudorina elegans	2626	2.77	2.00
214	Chlorophyceae	Crucigenia tetrapedia	2939	2.80	1.00
455	Cyanobacteria	Microcystis flos-aquae	137	2.82	1.00
55	Cyanobacteria	Aphanizomenon gracile	312	2.85	2.00
1006	Chlorophyceae	Characium	2913	2.87	2.00
438	Chrysophyceae	Mallomonas akrokomos	638	2.90	2.00
78	Bacillariophyceae	Aulacoseira granulata	1018	2.95	1.00
79	Bacillariophyceae	Aulacoseira granulata var. angustissima	1019	2.95	1.00
161	Conjugatophyceae	Closterium acutum var. variabile	3410	2.95	2.00
26	Cyanobacteria	Anabaena planctonica	305	2.97	2.00
741	Chrysophyceae	Synura uvella/ sp.	644	3.00	3.00
41	Chlorophyceae	Ankistrodesmus fusiformis/Ankistrodesmus falcatus	2905	3.00	2.00
39	Chlorophyceae	Ankistrodesmus bibraianus	2906	3.00	2.00
42	Chlorophyceae	Ankistrodesmus gracilis	3050	3.00	2.00
46	Chlorophyceae	Ankistrodesmus spiralis (Syn. Dactylococopsis facicularis)	3068	3.00	2.00
535	Chlorophyceae	Pediastrum duplex	2989	3.02	2.00
469	Chlorophyceae	Monoraphidium griffithii	2973	3.05	1.00
541	Chlorophyceae	Pediastrum tetras	2986	3.05	3.00
179	Chlorophyceae	Coelastrum astroideum	2931	3.07	1.00
420	Chlorophyceae	Lagerheimia ciliata	2967	3.12	1.00
452	Cyanobacteria	Microcystis aeruginosa	136	3.20	2.00
639	Chlorophyceae	Scenedesmus acuminatus	2998	3.25	1.00
655	Chlorophyceae	Scenedesmus ecornis	2999	3.25	1.00
666	Chlorophyceae	Scenedesmus obtusus	3000	3.25	1.00
641	Chlorophyceae	Scenedesmus acutus	3001	3.25	1.00
669	Chlorophyceae	Scenedesmus quadricauda	3002	3.25	1.00
675	Chlorophyceae	Scenedesmus serratus	3047	3.25	1.00
647	Chlorophyceae	Scenedesmus brasiliensis	3085	3.25	1.00
673	Chlorophyceae	Scenedesmus sempervirens	3093	3.25	1.00
366	Chlorophyceae	Golenkinia radiata	2957	3.30	1.00
75	Bacillariophyceae	Aulacoseira ambigua	1038	3.35	3.00
973	Euglenophyceae	Euglena tripteris	2336	3.40	1.00
323	Euglenophyceae	Euglena ehrenbergii	2338	3.40	1.00
450	Chlorophyceae	Micractinium pusillum	2970	3.45	2.00
713	Conjugatophyceae	Staurastrum tetracerum	3445	3.50	2.00
122	Chlorophyceae	Chlorella	2916	3.55	2.00
472	Chlorophyceae	Monoraphidium minutum	2974	3.60	2.00
566	Euglenophyceae	Phacus longicauda	2315	3.75	1.00
432	Cyanobacteria	Limnothrix redekei	343	4.25	2.00



## 5.3.3 Taxaliste aller fünf Seen

Taxaliste GBL (Stand 10.11.08) mit den Indikatorarten nach WRRL-Liste (Stand 2008-ar-10)

Artnummer	Artnamen	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	Alpine & prealpine lakes (German types 1, 2, 3 & 4)	
							TAW = trophic score	stenoecy-factor
20	Leptothrix echinata (< 10 µm)			1		1		
21	Leptothrix echinata (> 10 µm)		1	1		1		
22	Leptothrix sp.	1	1	1		1		
23	Leptothrix pseudovakuolatum			1		1		
24	Leptothrix levissima		1	1		1		
25	Planctomyces befekii		1	1		1		
26	Chromatium sp. / okenii							
27	Lamprocystis roseopersicina							
28	Chlorobium sp. / limicola					1		
29	Cytophaga sp.					1		
30	Flexibacter sp.							
31	Vitreoscilla sp. / catenula							
32	Achroonema sp. / proteiforme							
33	Peloploca sp.							
34	Spirochaeta sp.					1		
35	Spirillum sp.			1		1		
36	Macromonas sp.							
37	Taphrosira / Thiospira sp.							
38	Siderocapsa sp.			1		1		
39	Siderobacter sp.							
40	Gigantomonas sp.							
41	Lampropedia sp.							
42	Hyalosoris sp.							
43	Achroonema articulatum		1	1		1		
44	Rhodospirillum sp.							
45	Peloploca pulchra / sp.							
46	Pelonema sp.							
47	Aquaspirillum sp.							
48	Leptosira sp.							
49	Tetrachloris merismopedioides							
50	Chloronostoc abbreviatum							
51	Chlorochromatium sp.							
52	Thiocystis sp.					1		
53	Amoebobacter roseus							
54	Thiopedia rosea / sp.							
55	Peloglea sp.					1		
56	Consortium Chlorobacterium sp. / symbioticum							
57	Sporocytophaga sp.							
58	Leucothrix sp.							
59	Achromatium sp.							
60	Achroonema angustum	1	1		1	1		
61	Achroonema spiroideum							
62	Achroonema lentum	1	1	1		1		
63	Leptothrix pseudoochracea							
64	Leptothrix ochracea							
65	Leptothrix skujae							
66	Gallionella sp.							
67	Seliberia stellata / sp.							
68	Ferribacterium sp.							
69	Clonothrix fusca / sp.							
70	Achroonema simplex							
71	Crenothrix sp.							
72	Bactoscilla sp.							
73	Thiothrix sp.							
74	Thionema sp.							
75	Desmanthos sp.							
76	Ochrobium tectum / sp.							
77	Leptothrix discophora							
78	Pelodictyon sp.							
79	Leptothrix parasitica							
80	Achromatium oxaliferum							
101	Aphanothece floccosa / sp.			1				
105	Aphanothece stagnina / sp.			1				

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	Alpine & prealpine lakes	
							TAW = trophic score	stenoecy-factor
107	Chroococcus minimus / sp.	1		1				
109	Chroococcus dispersus / sp.			1		1		
110	Chroococcus limneticus / sp.		1	1	1	1	1.13	2.00
111	Coelomonon pusillum / sp.				1	1		
112	Coelosphaerium kuetzingianum			1				
114	Coelosphaerium dubium / sp.							
116	Snowella lacustris (Syn. Gomphosphaeria lacustris)			1		1	1.57	1.00
117	Snowella litoralis	1	1	1		1	1.57	1.00
118	Gomphosphaeria aponina							
119	Woronichinia naegelianiana (Syn. Coelosphaerium naegelianum)			1	1	1	2.10	2.00
121	Gloeocapsa sp.							
124	Gloeotheca sp.							
126	Merismopedia sp. (2-4 µm)	1	1	1		1		
128	Merismopedia glauca / sp.					1	2.55	1.00
136	Microcystis aeruginosa			1	1	1	3.20	2.00
137	Microcystis flos-aquae			1		1	2.82	1.00
138	Microcystis smithii / sp.			1		1		
139	Aphanocapsa grevillei / sp.							
140	Rhabdogloea sp. (<2µm) (Syn. Dactylococcopsis)	1	1	1	1	1		
141	Rhabdoderma sp.							
142	Synechococcus sp.	1	1	1	1	1	1.25	3.00
148	Aphanocapsa holsatica / sp.	1	1	1	1	1	2.17	1.00
154	Aphanocapsa incerta / sp.		1	1	1	1		
155	Gomphosphaeria virieuxii							
156	Aphanocapsa parasitica	1	1	1		1		
157	Aphanocapsa cf. pulchra				1			
180	Aphanothece clathrata/sp/var. brevis = Syn. jetzt gültig A. bachmannii	1	1	1	1	1	1.61	1.00
181	Merismopedia sp. (klein, < 2µm)	1		1	1	1	2.55	1.00
182	Rhabdogloea sp. (mittel, > 2 µm)	1	1	1	1	1		
183	Cyanobium plancticum / sp.	1	1	1	1	1		
184	Rhabdogloea sp. (gross)	1		1	1	1		
185	Aphanocapsa nubilum / sp.			1				
186	Aphanocapsa planctonica / sp.							
187	Aphanocapsa rivularis							
188	Cyanotheca aeruginosa							
189	Aphanothece atro-crustacea							
203	Chamaesiphon sp.							
303	Anabaena flos-aquae	1	1			1	1.35	1.00
305	Anabaena planctonica						2.97	2.00
307	Anabaena spiroides		1			1	1.10	1.00
311	Aphanizomenon flos-aquae	1	1	1	1	1	2.67	2.00
312	Aphanizomenon gracile / sp.			1			2.85	2.00
316	Nostoc sp.							
332	Phormidium sp. (> 3 µm)	1	1	1		1		
333	Planktothrix agardhii / sp. ( Syn. Limnothrix ag., Oscillatoria ag..)	1		1	1	1		
337	Pseudanabaena limnetica	1	1	1		1	2.32	2.00
338	Oscillatoria limosa			1		1		
341	Planktothrix rubescens (Syn. Limnothrix rub., Oscillatoria rub..)		1	1	1	1	1.55	2.00
343	Limnothrix redekei (Syn Oscillatoria redekei, Planktothrix redekei)			1	1	1	4.25	2.00
344	Phormidium splendidum							
346	Phormidium sp. (< 3 µm)	1	1	1		1		
347	Pseudanabaena mucicola		1			1		
348	Phormidium tenue (Syn. jetzt gültig: Leptolyngba tenue)							
351	Pseudanabaena catenata	1	1	1		1		
354	Schizothrix sp.							
356	Spirulina sp./jenneri =Syn. jetzt gültig: Arthrospira jenneri					1		
357	Spirulina major / sp. (> 1 µm)			1		1		
362	Calothrix sp.							
364	Tolypothrix tenuis / sp.							
371	Plectonema sp.							
373	Pseudanabaena acicularis		1	1		1		
400	Anabaena sp. (klein, < 2µm)	1	1			1		
401	Anabaena sp. (mittel, 2-4 µm)	1	1	1		1		
402	Anabaena sp. (gross, > 4 µm)		1	1		1		
403	Anabaena viguieri							
404	Limnothrix rosea							

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bieleree	TAW = trophic score	stenoecy- factor
405	Komvophoron minutum	1	1	1		1		
406	Jaaginema metaphyticum							
407	Anabaena Zysten	1	1			1		
408	Spirulina sp. (< 1 µm)					1		
409	Anabaena cylindrica / sp.			1				
410	Anabaena aphanizomenoides / sp.			1		1		
601	Chromulina sp.							
605	Chrysococcus sp.	1	1	1	1	1		
607	Kephyrion sp.	1	1	1	1	1		
609	Bicosoeca lacustris / sp.	1	1	1	1	1		
610	Pseudopedinella sp.							
611	Pseudopedinella erkensis	1	1	1		1	1.25	1.00
612	Erkenia subaequiciliata				1			
613	Ochromonas sp.	1	1	1	1	1		
614	Uroglena sp.	1	1	1	1	1	1.82	1.00
621	Dinobryon sp.	1	1	1		1		
622	Dinobryon sertularia		1	1	1	1	2.22	1.00
623	Dinobryon sociale	1	1	1	1	1	1.61	1.00
624	Dinobryon cylindricum	1	1	1		1		
625	Dinobryon divergens	1	1	1	1	1	1.18	1.00
626	Dinobryon bavaricum	1	1	1	1	1	1.95	1.00
629	Rhizochromonas endoloricata							
633	Epipyxis sp.							
636	Mallomonas sp. (gross)		1	1		1		
638	Mallomonas akrokomos	1	1	1	1	1	2.90	2.00
639	Mallomonas tonsurata / var. alpina	1	1	1		1		
640	Mallomonas acaroides	1	1	1	1	1		
641	Mallomonas caudata	1	1	1	1	1	2.25	2.00
644	Synura sp.		1			1	3.00	3.00
646	Chryso-sphaerella sp. / brevispina					1		
648	Spiniferomonas bourrellyi / sp.	1	1	1	1	1		
651	Mallomonas elongata	1	1	1	1	1		
653	Dinobryon sociale var. stipitatum	1	1	1	1	1	1.61	1.00
656	Chrysolykos plancticus		1	1	1	1	1.33	1.00
662	Mallomonas Zysten		1					
665	Mallomonas globosa / sp.							
666	Dinobryon Zysten	1	1	1	1	1		
667	Chrysococcus bisetus	1	1					
668	Chrysolykos skujaei						0.77	2.00
669	Pseudokephyrion sp.	1	1	1	1	1		
670	Dinobryon mucicolum							
671	Anthophysa vegetans / sp.							
672	Pseudokephyrion planktonicum	1				1		
673	Spiniferomonas cornuta							
674	Chryso-sphaerella setifera / sp.							
675	Lagynion sp.							
676	Chrysopyxis sp.							
680	Bicosoeca ainikkiae	1	1	1		1		
681	Bicosoeca campanulata	1	1	1		1		
682	Bicosoeca petiolata	1	1	1		1		
683	Bicosoeca socialis					1		
684	Dinobryon sociale var. americana		1		1	1	1.61	1.00
685	Dinobryon crenulatum	1	1	1	1	1		
686	Epicystis sp.	1	1					
687	Mallomonas sp. (klein)	1	1	1	1	1		
688	Mallomonas helvetica	1	1			1		
689	Mallomonas insignis			1		1		
690	Proterospongia sp.		1	1		1		
691	Spumella sp. (<XX µm)	1	1	1	1	1		
692	Spumella sp. (>XX µm)	1	1	1	1	1		
693	Mallomonas multiunca							
697	Chrysophyceen Zysten	1	1					
698	unbestimmte Flagellaten (< 5 µm)	1	1	1	1	1		
699	unbestimmte Flagellaten (< 11 µm)	1	1	1	1	1		
700	unbestimmte Flagellaten (länglich)	1	1	1	1	1		
701	unbestimmte Flagellaten (>11 µm)	1	1	1	1	1		
702	kalebassenförmige Flagellaten (<10µm)							
703	runde Flagellaten mit wabenartiger Schale							
704	Flagellaten mit erhabenem Rand							
705	Zyste mit stöpselartigen Aufsätzen							
751	Chrysocapsa sp. / sordida		1	1		1		
755	Stichogloea sp. / globosa		1					

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	Alpine & prealpine lakes	
							TAW = trophic score	stenoecy-factor
771	Bitrichia sp. (Syn. Dicerias. sp.)	1	1	1		1	0.86	3.00
773	Chrysamoeba sp.	1	1	1		1		
853	Desmarella sp.	1	1	1	1	1		
855	Sphaeroeca volvox			1		1		
856	Codosiga sp.	1	1	1		1		
857	Salpingoeca sp. (ovata)	1	1	1	1	1		
858	Salpingoeca frequentissima	1	1	1	1	1		
860	Stelexomonas dichotoma	1	1	1	1	1	2.05	3.00
863	Monosiga varians / sp.	1	1	1		1		
870	Salpingoeca ruttneri					1		
871	Chrysarachnion insidians / sp.	1	1	1		1		
872	Aulomonas purdyi	1	1	1		1		
873	Salpingoeca gracilis	1	1	1		1		
874	Bicosoeca cylindrica / sp.	1	1	1		1		
875	Bicosoeca planctonica							
876	Salpingoeca longicollis / sp.			1				
1'013	Cyclotella sp / Stephanodiscus sp. (< 9 µm)	1	1	1	1	1		
1'014	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 17 µm)	1	1	1	1	1		
1'016	Melosira varians		1	1	1	1		
1'017	Stephanodiscus binderanus			1	1	1	1.04	1.00
1'018	Aulacoseira granulata (Syn. Melosira granulata)			1		1	2.95	1.00
1'019	Aulacoseira granulata var. angustissima (Syn. Melosira ....)			1	1	1	2.95	1.00
1'020	Aulacoseira islandica ssp helvetica (Syn. Melosira ...)	1	1	1	1	1	1.11	1.00
1'022	Aulacoseira italica (Syn Melosira italica)				1			
1'023	Rhizosolenia (Synonym Urosolenia) eriensis / sp.		1			1		
1'025	Attheya zachariasii (Sny. Acanthoceras zachariasii)					1		
1'028	Stephanodiscus sp. (< 30 µm)		1	1	1	1		
1'029	Stephanodiscus sp./alpinus (Syn. S. medius)	1			1			
1'032	Stephanodiscus tenuis							
1'038	Aulacoseira ambigua (Syn Melosira ambigua)						3.35	3.00
1'050	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 9 µm)	1	1	1	1	1		
1'051	Cyclotella sp. / Stephanodiscus sp. (> 25 µm)	1	1	1	1	1		
1'052	Stephanodiscus sp. (> 30 µm)	1	1	1	1	1		
1'053	Cyclotella sp. (> 30 µm)	1	1	1		1		
1'200	Achnanthes catenata				1			
1'201	Achnanthes sp.	1	1	1		1		
1'202	Amphora sp.	1		1	1	1		
1'207	Asterionella formosa	1	1	1	1	1		
1'211	Campylodiscus sp.							
1'212	Fragilaria arcus (Syn. Ceratoneis ar., Hannaea ar.)	1	1	1				
1'214	Cocconeis sp.	1	1	1	1	1		
1'217	Cymatopleura sp.			1		1		
1'218	Cymatopleura solea	1		1	1	1	0.72	2.00
1'219	Cymbella sp.	1	1	1	1	1		
1'222	Diatoma tenuis (Syn. Diatoma elongatum)	1	1	1	1	1	1.16	2.00
1'223	Diatoma mesodon	1	1	1		1		
1'224	Diatoma vulgaris	1	1	1	1	1	0.79	2.00
1'225	Diploneis sp.							
1'228	Eunotia sp.							
1'229	Fragilaria virescens / sp. Neu: Neofragilaria virescens	1	1	1	1	1		
1'230	Fragilaria crotonensis	1	1	1	1	1		
1'231	Fragilaria construens	1	1	1		1		
1'232	Fragilaria capucina (capucina-Sippe)		1	1	1	1	1.39	2.00
1'234	Fragilaria pinnata (pinnata-Sippe)							
1'235	Frustulia sp.							
1'237	Gomphonema sp.	1	1	1	1	1		
1'240	Gyrosigma sp.				1	1	1.59	2.00
1'242	Meridion circulare			1	1	1		
1'243	Navicula sp.	1	1	1	1	1		
1'246	Sellaphora pupula				1			
1'250	Neidium sp.							
1'251	Hantzschia amphyoxyis				1			
1'252	Nitzschia sp. (klein)	1	1	1	1	1		
1'253	Nitzschia acicularis	1	1	1	1	1		
1'259	Nitzschia sigmoidea		1	1		1		
1'260	Nitzschia fruticosa / intermedia f. act.				1			
1'261	Pinnularia sp.		1		1	1		
1'269	Stauroneis sp.							
1'272	Suirella sp. (gross)					1		

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	Alpine & prealpine lakes	
							TAW = trophic score	stenoecy-factor
1'276	Fragilaria ulna (acus-Sippe)	1	1	1	1	1		
1'277	Fragilaria ulna (angustissima-Sippe)	1	1	1	1	1		
1'279	Synedra acus var. radians (Syn jetzt gültig Synedra radians)					1		
1'280	Fragilaria ulna (danica-Sippe)						1.19	4.00
1'281	Fragilaria nanana							
1'284	Fragilaria berolinensis (Syn Nitzschia fruticosa)	1	1	1	1	1		
1'286	Tabellaria fenestrata	1	1	1	1	1	1.65	2.00
1'287	Tabellaria flocculosa						1.26	3.00
1'289	Cymbella prostrata				1			
1'291	Navicula reinhardtii				1			
1'292	Navicula scutelloides				1			
1'295	Fragilaria tenera	1	1	1	1	1		
1'296	Fragilaria capucina (rumpens-Sippe)	1	1	1	1	1	1.39	2.00
1'298	unbestimmte Pennales klein <15µm				1			
1'299	unbestimmte Pennales mittel 15-25µm				1			
1'300	unbestimmte Pennales 25-40µm				1			
1'310	Cymbella aspera							
1'311	Navicula tripunctata				1			
1'312	Navicula viridula				1			
1'350	Diatoma ehrenbergii	1	1	1	1	1		
1'351	Nitzschia sp. (gross)	1	1	1	1	1		
1'352	Rhoicosphenia abbreviata (Syn Gomphonema abbreviatum)		1		1	1		
1'353	Fragilaria ulna (ulna-Sippe)	1	1	1	1	1	1.19	1.00
1'354	Fragilaria biceps	1	1			1		
1'355	Surirella sp. (klein)			1	1	1		
1'356	Tetracyclus rupestris / sp.	1						
1'357	Diatoma hyemalis	1		1				
1'358	Fragilaria famelica							
1'359	Amphipleura pellicida / sp.							
1'360	Diatoma vulgare var. ovalis / sp. klein					1		
1'404	Chrysochromulina parva	1	1	1	1	1		
1'406	Amphimonas globosa / sp.							
1'407	Pavlova granifera / sp.							
1'511	Tetraedriella sp.							
1'512	Tetraedriella spinigera					1		
1'513	Pseudostaurastrum sp.							
1'514	Goniochloris sp.					1		
1'519	Botryochloris sp.					1		
1'521	Mischococcus sp.							
1'522	Characiopsis spp.							
1'526	Centritractus sp.							
1'527	Ophiocytium sp.							
1'528	Xanthonema sp (Synonym Heterothrix sp.)							
1'530	Tribonema sp. (gross)			1	1	1		
1'535	Vaucheria sp.							
1'537	Trachydiscus sp.							
1'560	Tribonema sp. (klein)		1	1	1	1		
1'561	Tetraedriella jovetii (Syn. Pseudostaurastrum jovetii)		1			1		
1'562	Tetraedriella regularis							
1'563	Tetraplektion tribulus							
1'564	Tetraplektion acuminatum							
1'565	Pseudostaurastrum hastatum							
1'566	Pseudostaurastrum limneticum (Syn Tetradron limneticum)							
1'567	Goniochloris mutica (Syn. Tetradron muticum)							
1'568	Goniochloris fallax							
1'569	Goniochloris contorta							
1'570	Centritractus capillifer		1			1		
1'571	Centritractus ellipsoideus							
1'572	Ophiocytium capitatum							
1'573	Vischeria sp.							
1'574	Vischeria gibbosa			1				
1'575	Centritractus brunneus							
1'576	Centritractus belenophorus					1		
1'577	Trachydiscus lenticularis			1		1		
1'578	Goniochloris tripus							
1'579	Goniochloris torta							

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	Alpine & prealpine lakes	
							TAW = trophic score	stenoecy-factor
1'580	Polyedriella irregularis							
1'581	Tetraplektion laevis							
1'582	Goniochloris smithii / sp.							
1'583	Goniochloris laevis							
1'584	Chytridiochloris scherffellii / sp.							
1'585	Ophiocytium gracilipes							
1'586	Pseudostaurastrum enorme							
1'590	Ellipsoidion sp. (< 5µm)							
1'610	Protaspis obovata							
1'701	Amphidinium sp.	1	1	1		1		
1'703	Gymnodinium sp. (> X6 µm)	1	1	1		1		
1'705	Gymnodinium lantzschii	1	1	1	1	1		
1'706	Gymnodinium helveticum	1	1	1	1	1		
1'708	Gymnodinium uberrimum	1	1	1		1	0.92	1.00
1'709	Gymnodinium uberrimum (helle Form)							
1'710	Gyrodinium sp.	1	1	1	1	1		
1'718	Peridinium sp. (< 44 µm)	1	1	1		1		
1'729	Peridiniopsis cunningtonii (Syn. Peridinium cun..)		1	1	1	1		
1'733	Ceratium hirundinella	1	1	1	1	1		
1'734	Ceratium cornutum						0.59	3.00
1'735	Ceratium furcoides							
1'736	Cystodinium cornifax / sp.							
1'739	Ceratium Zysten	1	1	1	1	1		
1'740	Gymnodinium Zysten (gross, > 36 µm)	1	1	1		1		
1'742	Tetradinium javanicum / sp.							
1'745	Gymnodinium sp. (> 30 µm)		1			1		
1'747	Gymnodinium Zysten (klein, < 36 µm)	1	1	1		1		
1'760	Gymnodinium sp. (< 12 µm)	1	1	1		1		
1'761	Peridinium willei / cinctum / sp.	1	1	1	1	1	1.05	2.00
1'762	Peridinium umbonatum	1	1	1	1	1	1.23	1.00
2'001	Cryptomonas spp.							
2'002	Cryptomonas erosa	1	1	1	1	1		
2'003	Cryptomonas reflexa	1	1	1	1	1		
2'004	Cryptomonas marssonii							
2'006	Cryptomonas tetrapyrenoidosa							
2'007	Cryptomonas ovata (Syn. C. rostrum)		1	1	1	1	2.00	2.00
2'011	Cryptomonas rostratiformis			1				
2'012	Chilomonas sp.							
2'013	Cyathomonas truncata / sp.			1		1		
2'015	Katablepharis ovalis	1	1	1	1	1		
2'022	Rhodomonas lens	1	1	1	1	1		
2'024	Rhodomonas minuta (Syn. gültig Rhodomonas lacustris var. lacustris)	1	1	1	1	1		
2'025	Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (Syn. gültig R. lacustris var..)	1	1	1	1	1		
2'026	Chroomonas sp.			1				
2'040	Cryptomonas platyuris							
2'097	Cryptomonas erosa / ovata	1	1	1	1	1		
2'301	Astasia sp.							
2'302	Colacium sp.			1		1		
2'304	Euglena sp.			1		1		
2'305	Euglena acus							
2'307	Euglena oxyuris / sp.							
2'312	Lepocinclis ovum / sp.							
2'313	Menoidium tortuosum / sp.							
2'314	Phacus sp.					1		
2'315	Phacus longicauda (Syn. Phacus tortus)						3.75	1.00
2'316	Phacus tortus / sp.							
2'317	Phacus triqueter		1					
2'319	Trachelomonas sp. Geh. rauh		1	1		1		
2'320	Trachelomonas volvocina						2.15	2.00
2'321	Phacus pleuronectes		1					
2'322	Phacus pyrum							
2'323	Trachelomonas hispida							
2'329	Urceolus sp.					1		
2'331	Petalomonas sp.					1		
2'332	Phacus glaber							
2'333	Phacus polytrophos							
2'334	Phacus costatus							
2'335	Phacus platyaulax							
2'336	Euglena tripteris						3.40	1.00

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	Alpine & prealpine lakes	
							TAW = trophic score	stenoecy-factor
2'337	<i>Euglena subehrenbergii</i>							
2'338	<i>Euglena ehrenbergii</i>						3.40	1.00
2'339	Euglenoid Zysten							
2'340	<i>Strombomonas gibberosa</i> / sp.							
2'341	<i>Strombomonas acuminata</i>			1				
2'342	<i>Menoidium pellucidum</i>							
2'343	<i>Trachelomonas bernardinensis</i>							
2'344	<i>Cyclidiopsis acus</i> / sp.							
2'345	<i>Phacus acuminatus</i>							
2'346	<i>Phacus rudicula</i>							
2'349	<i>Petalomonas mira</i> / sp.							
2'350	<i>Trachelomonas</i> sp. (Gehäuse glatt)				1	1		
2'351	<i>Phacus helicoides</i>							
2'352	<i>Phacus mirabilis</i>							
2'353	<i>Euglena oblonga</i>							
2'401	<i>Peranema</i> sp.		1	1		1		
2'403	<i>Anisonema</i> sp.							
2'408	<i>Heteronema</i> sp.			1				
2'409	<i>Rhabdomonas incurva</i> / sp.							
2'410	<i>Peranema macromastix</i>							
2'411	<i>Notosolenus canellatus</i> / sp.							
2'412	<i>Distigma curvata</i> / sp.							
2'503	<i>Pyramimonas</i> sp.			1				
2'504	<i>Nephroselmis olivacea</i> / sp.		1	1	1	1		
2'505	<i>Paramastix conifera</i>	1	1	1		1		
2'506	<i>Tetraselmis cordiformis</i> (Syn. <i>Carteria cordiformis</i> )	1	1	1		1	1.26	4.00
2'510	<i>Tetraselmis</i> sp.							
2'511	<i>Tetraselmis incisa</i>		1	1		1		
2'512	<i>Scourfeldia</i> sp. / <i>cordiformis</i>							
2'599	<i>Hexamita inflata</i> / sp.							
2'601	<i>Chlamydomonas</i> sp. (> 11 µm)	1	1	1	1	1		
2'607	<i>Carteria</i> sp.	1	1	1	1	1	2.75	2.00
2'610	<i>Chlorogonium</i> sp.	1	1	1		1		
2'615	<i>Phacotus lenticularis</i>		1	1	1	1	2.30	1.00
2'616	<i>Pteromonas</i> sp.	1	1	1		1		
2'620	<i>Gonium</i> sp.			1		1		
2'622	<i>Pandorina morum</i>	1	1	1	1	1		
2'623	<i>Pandorina smithii</i>							
2'626	<i>Eudorina elegans</i>	1	1	1		1	2.77	2.00
2'627	<i>Eudorina unicocca</i>							
2'630	<i>Volvox</i> sp.						2.52	3.00
2'642	<i>Chlamydomonas altera</i> / sp.	1	1	1		1		
2'644	<i>Gonium sociale</i>							
2'645	<i>Polytoma</i> sp.	1	1	1		1		
2'656	<i>Aulacomonas</i> sp.							
2'657	<i>Chloromonas bichlora</i>							
2'658	<i>Chlamydomonas bergii</i>							
2'659	<i>Chlamydomonas</i> sp. > 20 µ							
2'660	<i>Chlamydomonas</i> sp. (< 11 µm)	1	1	1	1	1		
2'661	<i>Chlorangiella</i> sp.							
2'662	<i>Chlorogonium metamorphum</i> / <i>elongatum</i> / sp.			1		1		
2'663	<i>Collodictyon sparsevacuolatum</i>	1		1		1		
2'664	<i>Collodictyon triciliatum</i>			1				
2'665	<i>Furcilia lobosa</i>							
2'666	<i>Polytomella</i> sp.	1	1	1		1		
2'670	<i>Chlamydomonas epibiotica</i>	1	1	1		1		
2'671	<i>Lobomonas</i> sp.		1			1		
2'672	<i>Pseudocarteria mucosa</i> / sp.							
2'673	<i>Hyalocardium</i> sp.		1	1	1	1		
2'674	<i>Pyramichlamys</i> sp.							
2'675	<i>Tetraphlepharis</i> sp.							
2'676	<i>Haematococcus</i> Zysten							
2'760	<i>Spermatozopsis exsultans</i>							
2'801	<i>Asterococcus</i> sp.							
2'804	<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i> (Syn. <i>P. planctonica</i> )	1	1	1	1	1		
2'807	<i>Paulschulzia</i> sp.					1		
2'808	<i>Apiocystis brauniana</i>							
2'810	<i>Chlamydocapsa planctonica</i>	1				1		
2'850	<i>Chlamydocapsa bacillus</i>							

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	TAW = trophic score	stenoecy- factor
2'902	Actinastrum hantzschii / sp.			1		1		
2'905	Ankistrodesmus falcatus/A. fusiformis			1			3.00	2.00
2'906	Ankistrodesmus bibraianus					1	3.00	2.00
2'908	Ankyra ancora						2.70	1.00
2'909	Ankyra judayi (gross)			1		1	2.72	2.00
2'910	Ankyra lanceolata (gross) (Syn. Ankyra spatulifera)			1		1	2.65	2.00
2'912	Botryococcus braunii	1	1	1	1	1	0.75	2.00
2'913	Characium sp. (Syn. Apodococcus, Chlamydropodium)					1	2.87	2.00
2'916	Chlorella sp.	1	1	1	1	1	3.55	2.00
2'921	Chlorolobion braunii / sp.							
2'922	Closteriopsis sp. / longissimus (Syn. Ankistrodesmus longissimus)					1		
2'924	Coelastrum polychordum							
2'926	Coelastrum microporum	1		1		1	2.20	2.00
2'928	Coelastrum reticulatum			1	1	1	2.37	1.00
2'931	Coelastrum astroideum			1		1	3.07	1.00
2'934	Coenocystis sp.	1	1	1		1		
2'935	Coronastrum sp. / lunatum							
2'936	Coronastrum ellisoideum							
2'938	Crucigenia quadrata		1	1		1	2.05	1.00
2'939	Crucigenia tetrapedia (Syn. Tetrapedia kirchneri)			1	1	1	2.80	1.00
2'945	Dictyosphaerium chlorelloides / sp.							
2'947	Dictyosphaerium pulchellum			1	1			
2'948	Dictyosphaerium tetrachotomum	1		1		1		
2'957	Golenkenia radiata			1	1	1	3.30	1.00
2'958	Granulocystopsis coronata							
2'961	Kirchneriella obesa		1	1		1		
2'962	Kirchneriella lunaris			1	1	1		
2'964	Komarekia appendiculata			1		1		
2'965	Koschikoviella sp.							
2'966	Lagerheimia sp. (Syn. Chodatella sp.)							
2'967	Lagerheimia ciliata			1	1	1	3.12	1.00
2'968	Lagerheimia longiseta			1		1		
2'970	Micractinium pusillum		1	1	1	1	3.45	2.00
2'971	Monoraphidium convolutum / sp.	1	1	1		1		
2'972	Monoraphidium contortum		1	1		1		
2'973	Monoraphidium griffithii (Syn. Ankistrodesmus falcatus var. acicularis)		1	1	1	1	3.05	1.00
2'974	Monoraphidium minutum	1	1	1		1	3.60	2.00
2'975	Nephrochlamys subsolitaria			1		1		
2'976	Nephrocytium limneticum							
2'977	Nephrocytium agardhianum / sp.			1	1	1	1.76	2.00
2'978	Oocystis sp.	1	1	1	1	1		
2'985	Pediastrum sp. / simplex			1	1	1	2.60	2.00
2'986	Pediastrum tetras			1		1	3.05	3.00
2'987	Pediastrum boryanum			1	1	1		
2'989	Pediastrum duplex			1	1	1	3.02	2.00
2'991	Planktosphaeria / Follicularia sp.	1	1	1	1	1		
2'992	Planktosphaeria gelatinosa	1			1			
2'993	Quadrigula pfitzeri			1				
2'994	Rayssiella sp.							
2'995	Rayssiella curvata				1			
2'996	Scenedesmus sp.			1	1	1		
2'997	Scenedesmus armatus		1	1		1		
2'998	Scenedesmus acuminatus var. minor			1	1	1	3.25	1.00
2'999	Scenedesmus ecornis				1		3.25	1.00
3'000	Scenedesmus obtusus		1	1		1	3.25	1.00
3'001	Scenedesmus acutus			1		1	3.25	1.00
3'002	Scenedesmus quadricauda				1		3.25	1.00
3'004	Schroederia setigera			1	1	1	2.47	1.00
3'005	Sphaerocystis sp.	1	1			1		
3'006	Sphaerocystis schroeteri (Syn. Gloeococcus schroeteri)	1	1	1	1	1		
3'007	Tetrachlorella sp.					1		
3'008	Tetrachlorella alternans			1		1	1.80	3.00
3'010	Tetraedron caudatum			1		1		
3'011	Tetraedron minimum	1	1	1	1	1		
3'012	Tetrastrum sp. / elegans					1		
3'013	Treubaria sp./schmidlei (Syn. Tetraedron schmidlei)			1		1		
3'014	Treubaria setigera / sp.			1	1			
3'015	Willea wilhelmii / sp.					1	1.37	2.00
3'016	Chlorococcale Cysten							



Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	Alpine & prealpine lakes	
							TAW = trophic score	stenoecy-factor
3'017	div. Chlorophyceae < 7 µm.							
3'018	div. Chlorophyceae < X5 µm.							
3'020	Paradoxia multiseta							
3'023	Siderocelis ornata		1	1				
3'024	Lagerheimia genevensis			1		1		
3'025	Scenedesmus linearis (Syn. S. bijugatus)			1		1		
3'029	Didymocystis bicellularis / sp.			1		1		
3'031	Crucigeniella rectangularis (Syn. Crucigenia rectangularis)		1	1		1		
3'032	Monoraphidium circinale			1		1		
3'033	Westella botryoides			1		1		
3'035	Tetrastrum triangulare	1		1		1	1.59	1.00
3'036	Lagerheimia subsalsa			1		1		
3'038	Fotterella tetrachlorelloides			1		1		
3'039	Monoraphidium komarkovae	1	1	1		1	1.77	1.00
3'040	Monoraphidium arcuatum			1		1		
3'042	Monoraphidium dybowskii		1	1		1		
3'044	Scenedesmus denticulatus					1		
3'045	Scenedesmus dimorphus (Syn. S. securiformis)			1		1		
3'046	Scenedesmus opoliensis			1				
3'047	Scenedesmus serratus						3.25	1.00
3'048	Monoraphidium nanum							
3'049	Keratococcus bicaudatus / sp.			1		1		
3'050	Ankistrodesmus gracilis			1		1	3.00	2.00
3'051	Ankyra judayi (klein)			1	1	1	2.72	2.00
3'052	Monoraphidium tatrae					1		
3'053	Chlorotetraedron incus							
3'054	Tetrastrum heteracanthum							
3'055	Treubaria euryacantha							
3'056	Diplochlois sp.					1		
3'057	Tetraedron mediocris	1	1	1		1		
3'058	Tetranephris europaea / sp.							
3'059	Golenkiniopsis solitaria					1		
3'060	Amphikrikos minutissimus							
3'061	Siderocelis estheriana							
3'062	Siderocelis granulata							
3'063	Chlorolobion lunulatum							
3'064	Chlorolobion saxatile							
3'065	Podohedra sp.							
3'066	Monoraphidium pseudobraunii							
3'067	Monoraphidium fontinale							
3'068	Ankistrodesmus spiralis (Syn. Dactylococcpis facicularis)						3.00	2.00
3'069	Hyaloraphidium curvatum							
3'070	Ankyra lanceolata (klein)			1		1	2.65	2.00
3'071	Crucigenia fenestrata					1		
3'072	Crucigeniella pulchra					1		
3'073	Dictyosphaerium subsolitarium	1	1	1		1		
3'074	Franceia ovalis / sp.			1				
3'075	Hyaloraphidium contortum				1			
3'076	Kirchneriella contorta var. contorta				1	1		
3'077	Lagerheimia citrifomis							
3'078	Monoraphidium irregulare	1				1		
3'079	Monoraphidium pusillum							
3'080	Monoraphidium tortile	1	1	1	1	1		
3'081	Pediastrum biradiatum							
3'082	Pseudoquadrigula lacustris					1		
3'083	Radiococcus nimbatu							
3'084	Radiococcus sp.	1	1	1		1		
3'085	Scenedesmus brasiliensis		1	1		1	3.25	1.00
3'086	Scenedesmus circumfusus					1		
3'087	Scenedesmus gutwinskii var.							
3'088	Scenedesmus intermedius							
3'089	Scenedesmus verrucosus							
3'090	Scenedesmus magnus (Syn. S. maximus)				1	1		
3'091	Scenedesmus obliquus			1	1	1		
3'092	Scenedesmus pseudodenticulatus			1		1		
3'093	Scenedesmus sempervirens			1		1	3.25	1.00
3'094	Sphaerocystis planctonica							
3'095	Tetrastrum glabrum	1	1			1		
3'096	Tetrastrum staurogeniaeforme					1		

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	TAW = trophic score	stenoecy- factor
3'097	Thorakochloris nygaardii		1	1		1		
3'098	Lagerheimia wratislaviensis					1		
3'099	Oocystis sp. klein	1	1	1	1	1		
3'100	Dictyosphaerium botrytella					1		
3'101	Crucigeniella crucifera (Syn. Crucigenia crucifera)				1			
3'102	Elakatothrix gelatinosa					1		
3'104	Elakatothrix genevensis	1	1	1	1	1		
3'105	Koliella sp.							
3'111	Ulothrix sp.	1	1	1	1	1		
3'115	Microspora sp.							
3'118	Planctonema sp. / lauterbornii				1		0.94	2.00
3'119	Stichococcus bacillaris / sp.	1	1	1	1	1		
3'130	Chlorohormidium sp.		1	1	1	1		
3'131	Elakatothrix spirochroma			1				
3'132	Elakatothrix biplex					1		
3'301	Chaetosphaeridium pringsheimii / sp.							
3'304	Stigeoclonium sp.							
3'315	Aphanochaete sp.							
3'316	Pleurococcus sp.							
3'401	Gonatozygon sp.							
3'402	Hyalotheka sp.							
3'405	Desmidium swartzii							
3'407	Penium sp. / cylindrus							
3'408	Closterium sp. / toxon					1		
3'409	Closterium acutum					1	2.40	2.00
3'410	Closterium acutum var. variable	1	1	1		1	2.95	2.00
3'413	Closterium limneticum var. limneticum					1		
3'415	Closterium gracile				1			
3'418	Closterium aciculare		1	1	1	1	1.90	2.00
3'419	Closterium acerosum							
3'420	Closterium liebleinii							
3'421	Pleurotaenium cylindricum / sp.							
3'423	Euastrum sp.							
3'436	Cosmarium depressum	1	1	1	1	1	1.68	2.00
3'437	Cosmarium subcostatum			1				
3'438	Cosmarium subprotumidum			1		1		
3'439	Cosmarium reniforme				1	1		
3'441	Staurastrum sp.							
3'442	Staurastrum pingue			1		1		
3'443	Staurastrum cingulum			1	1	1		
3'445	Staurastrum tetracerum			1		1	3.50	2.00
3'447	Staurastrum messikommeri							
3'452	Actinotaenium sp.							
3'454	Closterium ehrenbergii							
3'455	Closterium incurvum	1						
3'456	Closterium moniliferum			1				
3'461	Spondylosium sp.							
3'462	Teilingia sp.							
3'463	Cosmarium granatum					1		
3'464	Cosmarium sphagnicolum			1		1		
3'479	Closterium acutum var. linea					1		
3'480	Closterium limneticum var. tenue					1		
3'481	Closterium nordstedtii var. polystictum				1	1		
3'482	Closterium parvulum			1		1		
3'483	Closterium strigosum			1		1		
3'484	Cosmarium bioculatum		1	1	1	1	2.35	1.00
3'485	Cosmarium biretum							
3'486	Cosmarium costatum							
3'487	Cosmarium formosulum			1		1		
3'488	Cosmarium humile		1			1		
3'489	Cosmarium laeve klein			1	1	1		
3'490	Cosmarium protractum							
3'491	Cosmarium subcostatum var. beckii							
3'492	Staurastrum chaetoceros (4 Arme)			1		1		
3'493	Staurastrum chaetoceros (6 Arme)			1		1		
3'494	Staurastrum crenulatum			1		1		
3'495	Staurastrum luetkemulleri							
3'496	Staurastrum planctonicum				1	1		
3'497	Staurastrum punctulatum			1		1		

Artnummer	Artname	Brienzersee	Thunersee	Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee	Alpine & prealpine lakes	
							TAW = trophic score	stenoecy-factor
3'498	Cosmarium impressulum							
3'499	Cosmarium subtumidum			1		1		
3'500	Cosmarium pygmaeum							
3'501	Cosmarium sp. mittel							
3'502	Cosmarium Zysten		1					
3'503	Cosmarium margaritatum / sp.					1		
3'504	Closterium pronum							
3'505	Closterium cornu / sp.							
3'506	Closterium acutum var. acutum							
3'507	Closterium strigosum var. elegans							
3'508	Closterium littorale							
3'509	Cosmocladium pusillum / sp.							
3'510	Xanthidium sp.							
3'511	Staurodesmus sp.			1				
3'512	Staurastrum senarium / sp.			1				
3'513	Onychonema sp.							
3'514	Cosmarium punctulatum / sp.			1				
3'515	Closterium ceratium				1			
3'516	Cosmarium laeve gross			1				
3'517	Staurastrum margaritaceum / sp.							
3'518	Cosmarium portianum / sp.							
3'601	Zygnema sp.							
3'602	Spirogyra sp.							
3'603	Mougeotia sp.	1	1	1	1	1	2.45	1.00
3'801	Oedogonium sp.							
3'803	Bulbochaete sp.							
4'210	Scenedesmus asymmetricus							
4'211	Scenedesmus disciformis				1			
4'212	Sorastrum americanum / sp.			1				
4'213	Dictyosphaerium sphagnale / sp.							
4'214	Fernandinella alpina / sp.							
4'215	Monoraphidium komarkovae klein			1				
4'999	µ-Algen	1	1	1	1	1		
	Anzahl	179	220	315	182	362	110	110

## 5.3.4 Einzelmetrics zur Berechnung des PSI

Tabelle 5.3.4.1: Brienersee

ungewichtete Daten (Mittelwerte der Einzelmetrics):

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
1996	1.82	1.82	1.52
1997	1.06	1.06	1.59
1998	1.47	1.47	1.63
1999	2.37	2.37	1.70
2000	1.39	1.39	1.63
2001	1.67	1.67	1.74
2002	1.53	1.53	1.64
2003	1.92	1.92	1.48
2004	2.21	2.21	1.69
2005	1.65	1.65	1.58
2006	2.55	2.55	1.69
2007	1.60	1.60	1.60

mit Seetyp- und Kenngrösse-spezifischem Gewichtungsfaktor:

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
1996	3.63	1.82	6.07
1997	2.13	1.06	6.38
1998	2.94	1.47	6.54
1999	4.75	2.37	6.81
2000	2.79	1.39	6.51
2001	3.34	1.67	6.94
2002	3.07	1.53	6.55
2003	3.83	1.92	5.91
2004	4.43	2.21	6.76
2005	3.30	1.65	6.30
2006	5.10	2.55	6.75
2007	3.19	1.60	6.39

Index-Berechnung und Einteilung in Zustandsklasse nach WRRL:

Jahr	PSI	Zustandsklasse
1996	1.64	gut
1997	1.37	sehr gut
1998	1.56	gut
1999	1.99	gut
2000	1.53	gut
2001	1.71	gut
2002	1.59	gut
2003	1.67	gut
2004	1.91	gut
2005	1.61	gut
2006	2.06	gut
2007	1.60	gut

Tabelle 5.3.4.2: Thunersee, Einzelmetrics zur Berechnung des PSI.

ungewichtete Daten (Mittelwerte der Einzelmetrics):

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
1996	1.62	1.35	1.45
1997	1.44	1.82	1.48
1998	1.46	1.03	1.51
1999	1.67	2.12	1.64
2000	1.69	1.39	1.57
2001	1.39	1.83	1.53
2002	1.66	1.63	1.65
2003	1.79	1.34	1.59
2004	1.55	2.24	1.59
2005	1.50	1.86	1.56
2006	1.17	1.68	1.62
2007	2.11	1.11	1.47

mit Seetyp- und Kenngrösse-spezifischem Gewichtungsfaktor:

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
1996	3.24	1.35	5.79
1997	2.89	1.82	5.91
1998	2.92	1.03	6.05
1999	3.33	2.12	6.57
2000	3.39	1.39	6.29
2001	2.77	1.83	6.13
2002	3.32	1.63	6.61
2003	3.58	1.34	6.37
2004	3.09	2.24	6.35
2005	3.01	1.86	6.24
2006	2.33	1.68	6.47
2007	4.21	1.11	5.86

Index-Berechnung und Einteilung in Zustandsklasse nach WRRL:

Jahr	PSI	Zustandsklasse
1996	1.48	sehr gut
1997	1.52	gut
1998	1.43	sehr gut
1999	1.72	gut
2000	1.58	gut
2001	1.53	gut
2002	1.65	gut
2003	1.61	gut
2004	1.67	gut
2005	1.59	gut
2006	1.50	sehr gut
2007	1.60	gut

Tabelle 5.3.4.3: Murtensee, Einzelmetrics zur Berechnung des PSI.

ungewichtete Daten (Mittelwerte der Einzelmetrics):

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
1999	2.53	3.37	2.02
2000	2.71	3.29	2.09
2001	2.99	3.77	2.11
2002	3.16	4.04	2.11
2003	3.67	4.26	2.11
2004	2.30	3.16	1.98
2005	2.96	2.96	2.01
2006	4.75	3.70	2.09
2007	3.28	2.78	2.01

mit Seetyp- und Kenngrösse-spezifischem Gewichtungsfaktor:

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
1999	5.06	3.37	4.04
2000	5.43	3.29	4.19
2001	5.99	3.77	4.22
2002	6.31	4.04	4.21
2003	7.34	4.26	4.22
2004	4.60	3.16	3.96
2005	5.92	2.96	4.01
2006	9.50	3.70	4.18
2007	6.55	2.78	4.02

Index-Berechnung und Einteilung in Zustandsklasse nach WRRL:

Jahr	PSI	Zustandsklasse
1999	2.49	gut
2000	2.58	mässig
2001	2.80	mässig
2002	2.91	mässig
2003	3.16	mässig
2004	2.34	gut
2005	2.58	mässig
2006	3.48	mässig
2007	2.67	mässig

Tabelle 5.3.4.4: Neuenburgersee, Einzelmetrics zur Berechnung des PSI.

ungewichtete Daten (Mittelwerte der Einzelmetrics):

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
2001	2.12	1.24	1.88
2002	1.72	1.29	1.85
2003	1.93	1.88	1.77
2004	0.73	1.53	1.70
2005	2.44	1.37	1.76
2006	1.75	1.29	1.84
2007	1.95	1.37	1.89

mit Seetyp- und Kenngrösse-spezifischem Gewichtungsfaktor:

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
2001	4.24	1.24	3.76
2002	3.45	1.29	3.71
2003	3.86	1.88	3.55
2004	1.46	1.53	3.39
2005	4.89	1.37	3.53
2006	3.50	1.29	3.69
2007	3.91	1.37	3.78

Index-Berechnung und Einteilung in Zustandsklasse nach WRRL:

Jahr	PSI	Zustandsklasse
2001	1.85	gut
2002	1.69	gut
2003	1.86	gut
2004	1.28	sehr gut
2005	1.96	gut
2006	1.70	gut
2007	1.81	gut

Tabelle 5.3.4.5: Bielersee, Einzelmetrics zur Berechnung des PSI.

ungewichtete Daten (Mittelwerte der Einzelmetrics):

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
1996	1.8	3.52	2.10
1997	2.4	4.02	2.03
1998	2.2	3.15	1.84
1999	1.6	2.75	1.98
2000	1.8	2.85	1.90
2001	2.2	3.30	1.92
2002	2.1	3.50	1.93
2003	1.8	3.00	1.93
2004	1.4	2.88	1.76
2005	2.4	2.50	1.87
2006	1.8	2.70	1.91
2007	2.5	2.89	2.00

mit Seetyp- und Kenngrösse-spezifischem Gewichtungsfaktor:

Jahr	Biomasse	Algenklassen	PTSI
1996	3.56	3.52	4.19
1997	4.73	4.02	4.06
1998	4.39	3.15	3.68
1999	3.24	2.75	3.96
2000	3.59	2.85	3.81
2001	4.47	3.30	3.84
2002	4.18	3.50	3.86
2003	3.61	3.00	3.87
2004	2.74	2.88	3.53
2005	4.73	2.50	3.74
2006	3.52	2.70	3.82
2007	5.04	2.89	4.01

Index-Berechnung und Einteilung in Zustandsklasse nach WRRL:

Jahr	PSI	Zustandsklasse
1996	2.3	gut
1997	2.6	mässig
1998	2.2	gut
1999	2.0	gut
2000	2.1	gut
2001	2.3	gut
2002	2.3	gut
2003	2.1	gut
2004	1.8	gut
2005	2.2	gut
2006	2.0	gut
2007	2.4	gut



## 6. Literaturliste / *Bibliographie*

### Allgemein

BVE-VOL (2006). Brienzersee: Ein Ökosystem unter der Lupe. Resultate des Forschungsprojektes zum Rückgang des Planktons und der Felchenerträge. Bericht im Auftrag der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion und der Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern. 24 S.

GBL (2003) Gewässerbericht 1997-2000. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, Gewässer- und Bodenschutzlabor. 112 S.

Hari, R. et al (2006). Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology* (12), S. 10-26.

Jakob, A. et al. (1996). Temperatur in Schweizer Gewässern - Quo vadis?  
Gas - Wasser - Abwasser 76 (4). S. 288-294.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1999). Gewässerbewertung – stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien. Kulturbuch-Verlag Berlin GmbH. 74 S.

Liechti, P. (1994) Der Zustand der Seen in der Schweiz. BUWAL-Bericht, Schriftenreihe Umwelt Nr. 237. Gewässerschutz. 158 S.

Mathes, J. et al. (2002). Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0.5 km<sup>2</sup> zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. BTU Cottbus. Aktuelle Reihe 5/02. S.15-23.

Pokorni, B. (2002). Suivi de la Qualité des Eaux du Lac de Neuchâtel. Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles.

Sollberger, H. (1974). Le lac de Neuchâtel (Suisse). Ses eaux, ses sédiments, ses courants sous-lacustres, 1-434 pp. Thèse présentée à la Faculté des Sciences.

Tschumi, P.-A. (2000). Ökologie des Bielersees. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern 57 (Sonderdruck). S. 55-197.

Tschumi, P.-A. et al. (1982). Zehn Jahre limnologische Forschung am Bielersee. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 127(4): S. 337-355.

### Phytoplankton

Mischke U. & Nixdorf B. (Hrsg.) (2008). Gewässerreport Nr. 10: Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Brandenburgische Technische Universität Cottbus. 263 S.

Nef, W. (1991). Das Phytoplankton der drei grossen Berner Seen (Brienzersee/Thunersee/Bielersee), Untersuchungen von 1959-86." GSA-Bulletin 91(2).

Nef, W. (1992). Das Phytoplankton der grossen Berner Seen, Untersuchungen 1987-1991. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, Gewässer- und Bodenschutzlabor.

van den Hoek, Ch. et al. (1993). Algen. Georg Thieme Verlag. Stuttgart.

### Zooplankton

*Literaturzitate im Text sind jeweils als mit den hochgestellten Nummern der Arbeiten bezeichnet.*

<sup>1</sup> Ökologie der planktischen Crustaceen. HYDRA, V. Maurer (1996/97). Interner Bericht für das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern.

- <sup>2</sup> Die Produktionsbiologie von Bieler- und Neuenburgersee 1987 - 1988. V.Maurer, (1992). Dissertation Uni Bern.
- <sup>3</sup> Untersuchungen über das pelagische Phyto-, Rotatorien- und Crustaceenplankton im Bielersee. B. Bangerter, E. Böhlen, H. Fankhauser. (1980). Lizentiatsarbeit Uni Bern.
- <sup>4</sup> Abundanzdynamik, Produktivität und Sukzession des Crustaceen-Planktons im Pelagial des Bielersees. R. Stebler. (1977). Dissertation Uni Bern.
- <sup>5</sup> Brienersee: Artzusammensetzung und trophische Struktur des Planktons in einem trübstoffbelasteten oligotrophen See. Pfunder, M. (1994). Diplomarbeit EAWAG.
- <sup>6</sup> Limnologische und ichtyologische Untersuchungen im Brienersee unter besonderer Berücksichtigung der Differenzierung der sympatrischen Felchenpopulation. A. Kirchhofer, (1990). Dissertation Uni Bern.
- <sup>7</sup> Kleinseen im Kanton Bern. J. Guthruf et al., (1999). Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern.
- <sup>8</sup> Abundanzdynamik und Produktion der planktischen und benthischen Mikrocrustaceen im Litoral des Bielersees. Th. Vuille. (1990). Dissertation Uni Bern.
- <sup>9</sup> Seasonal variations in the trophic structure of phyto- and zooplankton in lakes in different trophic states. H.R. Bürgi et. al.. (1985). Schweiz. Z. Hydrol. 47: 197 - 224.
- <sup>10</sup> Limnologischer Zustand des Bodensees, Jahresbericht Januar 2006 bis März 2007. IGKB, Bericht Nr. 34.

#### *Bestimmungsliteratur:*

Benzie, J.A.H. (2005): Cladocera: the genus *Daphnia*. Guides to the identification of Microinvertebrates of the continental waters of the world 21. Bachhuys Publishers, Leiden.

Dumont, H.J., Negrea, S.V. (2002): Introduction to the class Branchiopoda. Guides to the identification of Microinvertebrates of the continental waters of the world 19. Bachhuys Publishers, Leiden.

Dussart, B.H., Defaye, D. (2001): Introduction to the Copepoda. Guides to the identification of Microinvertebrates of the continental waters of the world 16. Bachhuys Publishers, Leiden.

Einsle, U. (1993): Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Süßwasserfauna von Mitteleuropa Band 8/4-2, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Flössner, D. (1972): Kiemen- und Blattfüßer, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. Tierwelt Deutschlands 60. Teil. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Herbst, H.V. (1962): Blattfusskrebse. Kosmos, Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Janetzky, W., Enderle, R., Noodt, W. (1996): Crustacea, Copepoda, Harpacticoida, Gelyelloida. Süßwasserfauna von Mitteleuropa Band 8/4-1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

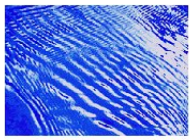
Kiefer, F. (1960): Ruderfusskrebse. Kosmos, Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Kiefer, F., Fryer G. (1978): Das Zooplankton der Binnengewässer, 2. Teil, Freilebende Copepoda. Die Binnengewässer, Band XXVI, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.

Lieder, U. (1996): Crustacea, Cladocera, Bosminidae. Süßwasserfauna von Mitteleuropa Band 8/2-3, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.







# Crustaceenplankton 1994 - 2007

## Brienzer-, Thuner-, Bieler-, Neuenburger- und Murtensee

### Inhalt

1.	Zusammenfassung.....	2
2.	Résumé.....	3
3.	Einleitung.....	4
3.1	Ausgangslage und Ziele.....	4
3.2	Charakterisierung des Zooplanktons.....	4
3.3	Datengrundlagen.....	5
3.4	Literatur.....	6
3.5	Untersuchungsmethoden.....	7
4.	Die Crustaceen-Arten.....	8
4.1	Crustaceen-Systematik.....	8
4.2	Eudiaptomus gracilis, „Diaptomidae spp.“.....	9
4.3	Mixodiaptomus laciniatus.....	12
4.4	Cyclops spp.....	15
4.5	Mesocyclops leuckarti und Acanthocyclops spp.....	21
4.6	Daphnia spp.....	24
4.7	Bosmina spp.....	28
4.8	Diaphanosoma brachyurum.....	32
4.9	Leptodora kindtii.....	36
4.10	Bytotrephes longimanus.....	39
5.	Die Seen.....	42
5.1	Brienzersee.....	42
5.2	Thunersee.....	53
5.3	Bielersee.....	65
5.4	Neuenburgersee.....	77
5.5	Murtensee.....	90
6.	Vergleich zwischen den Seen.....	102
7.	Anhang.....	106
7.1	Anhang A1: Auswertungsunterlagen.....	106
7.2	Zeichnungen der Crustaceen.....	112

Auftraggeber: AWA Amt für Wasser und Abfall, Gewässer- und Bodenschutzlabor,  
Dr. Markus Zeh, Schermenweg 11, 3014 Bern

Service cantonal de la protection de l'environnement,  
Mme Isabelle Butty, Rue du Tombet 24, 2034 Peseux

Service de l'environnement, Mme Elise Farine,  
Route de la Fonderie 2, 1701 Fribourg

Auftragnehmer: HYDRA, Dr. Vinzenz Maurer  
Deibergstrasse 8, 3629 Oppligen

# 1. Zusammenfassung

- Das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern (GBL) untersucht das Crustaceenplankton von Bieler-, Thuner- und Brienersee seit 1994. Murten- und Neuenburgersee werden von den Gewässerschutzfachstellen der Kantone FR und NE seit 1999 mit den gleichen Methoden untersucht. Die Daten werden in der Planktondatenbank des GBL zusammengefasst und ausgewertet.
- Der vorliegende Bericht beschreibt die Entwicklung des Crustaceenplanktons innerhalb der Untersuchungsperiode von 1994 bzw. 1999 bis 2007. Zum Vergleich werden auch Auswertungen früherer Untersuchungen beigezogen.
- In den 5 Seen bestimmen insgesamt 13 Arten bzw. Taxa die Artenzusammensetzung des Crustaceenplanktons:  
*Calanoida*: *Eudiaptomus gracilis*, *Mixodiaptomus laciniatus*;  
*Cyclopida*: *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater*, *Mesocyclops leuckarti*, *Acanthocyclops robustus*;  
*Cladocera*: *Daphnia* sp. (mit *D. hyalina*, *D. galeata*, *D. cucullata*), *Eubosmina* sp. (mit *E. longispina*, *E. coregoni*), *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Leptodora kindtii*, *Bytotrephes longimanus*.
- Weitere 28 Taxa kamen vereinzelt oder regelmässig in geringen Zahlen in den Proben vor (Tab. 4.1.1).
- Die *Calanoida* mit *Eudiaptomus gracilis* und *Mixodiaptomus laciniatus* zeigten eine sehr stabile Entwicklung. Einzig auffallend ist das Fehlen von *M. l.* im Murtensee.  
*Cyclops vicinus*, eine typische Art eutropher Gewässer, fehlte in Briener- und Thunersee und ging in den andern Seen sehr stark zurück. *C. abyssorum* blieb in allen Seen weitgehend stabil, während die kleinen Arten *Mesocyclops leuckarti* und *Acanthocyclops robustus* nur in den Jurarandseen vorkamen und dort im Neuenburgersee zu- und im Murtensee stark abnahmen.
- Die *Cladocera* zeigten generell eine abnehmende Entwicklung. *Daphnia* sp. ging im Briener- und Murtensee stark und im Neuenburgersee leicht zurück. Die *Bosminiden* verschwanden im Thuner- und Murtensee weitgehend und zeigten im Bielersee einen starken Rückgang. Einzig *Diaphanosoma brachyurum* konnte im Brienersee einen „spektakulären“ Neustart beginnen und löste *Daphnia* sp. im Herbstplankton weitgehend ab.  
Bei den grossen Raubcladoceren blieben die Bestände von *Leptodora kindtii* mehr oder weniger stabil, während *Bytotrephes longimanus* im Brienersee verschwand, im Bielersee nur noch sporadisch auftrat und auch im Thunersee einen leichten Rückgang verzeichnete. Einzig im Neuenburgersee blieb der Bestand stabil.
- Die Gesamtabundanz des Crustaceenplanktons zeigte zwischen den 5 Seen deutliche Unterschiede:  
Im Brienersee sanken die Jahresmittelwerte ab 1997 unter 200'000 Ind./m<sup>2</sup>, der Rückgang war insbesondere auf den Rückgang von *Daphnia* sp. ab 1999, aber auch auf die Schwankungen bei den *Calanoida* zurückzuführen.  
Im Thunersee lagen die Jahresmittelwerte meistens über 200'000 Ind./m<sup>2</sup> und zeigten nur eine sehr leicht sinkende Tendenz.  
Im Bielersee lagen die Jahresmittelwerte meistens zwischen 400'000 und 600'000 Ind./m<sup>2</sup> und wiesen sehr starke Schwankungen auf: Rückgänge 1999 und 2002. Auffallend war die vielfältige Verteilung der Arten und die regelmässige Abfolge der Arten im Jahresverlauf.  
Der Neuenburgersee wies eine stabile hohe Abundanz auf (600'000 bis 800'000 Ind./m<sup>2</sup>) mit einem hohen Copepodenanteil auf.  
Im Murtensee brach die extrem hohe Abundanz (bis über 1.4 Mio. Ind./m<sup>2</sup>) ab 2002 sehr deutlich ein. Die *Bosminidae* verschwanden weitgehend, *Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti* und *Daphnia* sp. gingen sehr stark zurück.

## 2. Résumé

- Le Laboratoire de protection des eaux et du sol du canton de Berne (GBL) analyse le plancton de crustacés des lacs de Bienne, de Thoune et de Brienz depuis 1994. Le plancton des lacs de Morat et de Neuchâtel est étudié avec une méthodologie commune au trois cantons depuis 1999 par les services de protection de l'environnement des cantons de Fribourg et de Neuchâtel. Les données sont introduites dans la base de données « Plancton » du GBL qui permet également leur exploitation.
- Le rapport présenté décrit le développement du plancton de crustacés pendant la période d'investigation de 1994, respectivement 1999 à 2007. Les résultats sont comparés à des observations antérieures.
- Dans les cinq lacs, treize espèces, resp. taxons forment la composition du plancton de crustacés soit :  
*Calanoida*: *Eudiaptomus gracilis*, *Mixodiaptomus laciniatus*;  
*Cyclopida*: *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater*, *Mesocyclops leuckarti*, *Acanthocyclops robustus*;  
*Cladocera*: *Daphnia* sp. (avec *D. hyalina*, *D. galeata*, *D. cucullata*), *Eubosmina* sp. (avec *E. longispina*, *E. coregoni*), *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Leptodora kindtii*, *Bytotrephes longimanus*.
- Vingt-huit taxons supplémentaires ont été observés sporadiquement ou régulièrement dans un nombre restreint d'échantillons (voir Tab. 4.1.1).
- Les *Calanoida* avec *Eudiaptomus gracilis* et *Mixodiaptomus laciniatus* ont montré une évolution stable. Le seul fait marquant est le manque de *M. l.* dans le lac de Morat. *Cyclops vicinus*, espèce typiques des eaux eutrophes, est absent des lacs de Brienz et de Thoune et a fortement régressé dans les autres lacs. *C. abyssorum* est largement resté stable dans tous les lacs, alors que les petites espèces *Mesocyclops leuckarti* et *Acanthocyclops robustus* n'ont été présentes que dans les lacs subjurassiens où elles ont augmenté dans le lac de Neuchâtel et diminué fortement dans le lac de Morat.
- De manière générale, l'évolution des *Cladocères* (*Cladocera*) va en diminuant. Les *Daphnia* sp ont fortement reculé dans les lacs de Brienz et de Morat et légèrement dans le lac de Neuchâtel. Les *Bosminidés* ont quasiment disparu des lacs de Thoune et de Morat et ont fortement régressé dans le lac de Bienne. Seul *Diaphanosoma brachyurum* a réapparu de façon spectaculaire dans le lac de Brienz en prenant largement la place de *Daphnia* sp dans le plancton automnal.  
 En ce qui concerne les grands cladocères carnivores, les peuplements de *Leptodora kindtii* sont restés plus ou moins stables, tandis que *Bytotrephes longimanus* a disparu du lac de Brienz et n'est apparu que sporadiquement dans le lac de Bienne. Il accuse également un léger recul dans le lac de Thoune. Seul le lac de Neuchâtel heberge un peuplement resté stable.
- L'abondance globale du plancton de crustacés a montré des différences nettes entre les cinq lacs:  
 Dans le lac de Brienz, les moyennes annuelles ont chuté dès 1997 en dessous de 200'000 ind./m<sup>2</sup>, régression attribuée au recul des *Daphnia* sp. dès 1999, mais également aux fluctuations des *Calanoida*. Dans le lac de Thoune, les moyennes annuelles se situent pour la plupart du temps en dessus de 200'000 ind./m<sup>2</sup> et n'ont montré qu'une faible tendance à la baisse. Dans le lac de Bienne, les moyennes annuelles se situent en général entre 400'000 et 600'000 ind./m<sup>2</sup>, avec de fortes fluctuations : reculs en 1999 et 2002. La distribution variée des espèces et leur évolution saisonnière ont été frappantes. Le lac de Neuchâtel accuse une abondance stable à un niveau élevé (600'000 à 800'000 ind./m<sup>2</sup>), avec une part importante de copépodes. En 2002, l'abondance très élevée (jusqu'à 1.4 mio d'ind./m<sup>2</sup>) a été en chute libre dans le lac de Morat. Les *Bosminidés* ont pratiquement disparu, *Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti* et *Daphnia* sp. ont fortement diminué.

traduction B. Pokorni

## 3. Einleitung

### 3.1 Ausgangslage und Ziele

Das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern (GBL) untersucht das Crustaceenplankton von Bieler-, Thuner- und Brienersee seit 1994. Murten- und Neuenburgersee werden von den Gewässerschutzfachstellen der Kantone FR und NE seit 1999 mit den gleichen Methoden untersucht.

Eine Gesamtauswertung der Daten kann jetzt wertvolle Informationen einerseits über den Zustand der Seen, andererseits aber auch für den zukünftigen Aufbau der Untersuchungsprogramme (z.B. BAFU: Modulstufenkonzept Seen NUS) liefern.

Die Auswertung der Crustaceenplankton-Daten soll die folgenden Informationen darstellen:

- Bedeutung der Crustaceen im Ökosystem See, in der Nahrungskette und in der Beurteilung des Seen-Zustands.
- Charakterisieren der wichtigen Crustaceen-Arten im Plankton der 5 Seen einerseits mit Literaturdaten und andererseits durch Untersuchungsdaten (Populationsdynamik).
- Charakterisieren der 5 Seen über die Zusammensetzung ihres Crustaceenplanktons.
- Aufzeigen der seespezifischen Entwicklung durch den Vergleich mit früheren Resultaten.
- Vergleich zwischen den Seen.

### 3.2 Charakterisierung des Zooplanktons

Neben dem Phytoplankton (pflanzliches Plankton, Algen) und dem Bakterienplankton (Mikroorganismen) bildet das Zooplankton (tierisches Plankton) den dritten grossen Bestandteil des Planktons unserer Seen.

Das Zooplankton setzt sich aus verschiedenen Tiergruppen zusammen:

- **Insektenlarven**: einzelne Vertreter von Insekten leben während einer gewissen Zeit im Plankton (z.B. *Chaoborus sp.*).
- **Crustaceen** (Krebstiere): Viele Vertreter der Kleinkrebse (vgl. Kap. 4.1 ) leben meist dauernd im Plankton (einzelne Arten machen Ruhephasen im Benthos).
- **Rotatoria** (Rädertiere) sind typische Vertreter des Süsswasserplanktons, kommen aber auch in allen andern wasserhaltigen Lebensräumen vor. Sie sind meistens fast durchsichtig und 0.04 bis 3 mm gross.
- **Hydrozoa** (Nesseltiere). Mit der Süsswassermeduse tritt vermehrt auch ein Vertreter der Nesseltiere im Plankton unserer Gewässer auf.
- **Protozoa** (Urtiere, Einzeller): Ein wesentlicher aber kaum sichtbarer Bestandteil des Zooplanktons bilden die Einzeller (z.B. Ciliata - Wimpertierchen, Heliozoa - Sonnentierchen).
- Zeitweise können auch Vertreter anderer Tiergruppen im Plankton auftreten, beispielsweise die Larven der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*).

Die vorliegende Untersuchung umfasst nur das Crustaceenplankton mit den Hauptgruppen Copepoda und Cladocera, dies mit der folgenden Begründung:

- Die Crustaceen sind methodisch relativ leicht und damit günstig zu erfassen: Fang mit Schliessnetz, fixieren mit Formalin 4% ohne Zerstörung der Tiere, Proben sehr lange haltbar (> 50 Jahre). Rotatoria und Ciliata brauchen eine relativ aufwändige Probenahme und werden bei der Fixierung meist stark verformt oder zerstört.
- Die Crustaceen weisen eine relativ lange Generationszeit auf (häufig 1 Jahr) und können deshalb bei monatlicher Probenahme relativ gut erfasst werden. Rotatoria und Ciliata müssen zur Erfassung der Populationsentwicklung sehr häufig beprobt werden.
- Die Crustaceen bilden die Hauptnahrungsgrundlage der planktonfressenden Fischarten in unseren Seen (Felchen).



### 3.3 Datengrundlagen

Für den vorliegenden Bericht wurden die folgenden Daten ausgewertet. Die hochgesetzten Ziffern verweisen auf die Literaturangaben unter Kapitel 3.4 (S. 6).

#### Untersuchungen des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern:

Bielersee:	1994-2003	monatliche Proben	0 - 10/10 - 70 m
	2004-2007	monatliche Proben	0 - 70 m
Thunersee	1985	monatliche Proben	0 - 20/20 - 100 m
	1994/95	2 Proben (Feb, Okt)	0 - 20/20 - 100 m
	1996-2003	monatliche Proben	0 - 20/20 - 100 m
	2004-2007	monatliche Proben	0 - 100 m
Brienzersee	1994	4 Proben (Sep-Dez)	0 - 20/20 - 100 m
	1995-2003	monatliche Proben	0 - 20/20 - 100 m
	2004-2007	monatliche Proben	0 - 100 m

Diese Proben wurden durch Vinzenz Maurer (HYDRA) ausgezählt. Die Resultate sind in der Datenbank des GBL gespeichert und können sowohl als Individuenzahlen (Ind./m<sup>3</sup>, Ind./m<sup>2</sup>) wie auch als Biomassen (mg/m<sup>2</sup> Frischgewicht, Datenbasis Untersuchungen<sup>2,5,8</sup>) dargestellt werden.

#### Untersuchungen der Kantone Freiburg und Neuchâtel:

Murtensee:	1999-2007	monatliche Proben	0 - 40 m
Neuenburgersee	1999-2007	monatliche Proben	0 - 140 m

Die Proben wurden durch Heidi Berner (Lenzburg) ausgezählt und ebenfalls in der Plankton-Datenbank des GBL ausgewertet.

#### Direkte Vergleichsdaten für die Berner Seen:

Bielersee <sup>2</sup>	1987/88	2 Proben monatlich	0-2, 2-5, 5-15, 15-30, 30-70 m
Bielersee <sup>3</sup>	1978 (Apr-Nov)	1-6 Proben monatl.	0-6, 6-12, 12-18, 18-24, 0-24 m
Bielersee <sup>4</sup>	1974	alle 2-3 Wochen	0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70 m
Brienzersee <sup>5</sup>	1994 (Jan-Aug)	14-tägl./monatl.	0-20, 20-100 m
Brienzersee <sup>5,6</sup>	1987	monatl.	0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-100 m
Thunersee	1982-87		Proben der Uni Bern vorhanden, aber nicht ausgewertet.
	1985		1999 wurde ein Teil der Proben von 1985 ausgewertet
Neuenburgersee <sup>2</sup>	1987/88	2 Proben monatlich	0-2, 2-5, 5-15, 15-30, 30-70, 70-130 m

Diese Proben wurden zum Teil nach unterschiedlichen Kriterien ausgewertet. Deshalb sind nicht alle vergleichenden Auswertungen möglich.

#### Weitere Vergleichsinformationen:

Kleinseen im Kanton Bern <sup>7</sup>	1994-97	Einzelproben
Bielersee <sup>8</sup>	1987/88	Crustaceen im Litoral

#### Phytoplanktondaten:

Laufende Untersuchungen des Gewässer- und Bodenschutzlabors im Rahmen des langfristigen Monitorings, Bestimmung durch Daphne Zbären (bis 2004) und Katrin Guthruf (ab 2004), verfügbar in der Datenbank des GBL als Individuenzahlen (Ind./m<sup>3</sup>, Ind./m<sup>2</sup>) wie auch als Biomassen (mg/m<sup>3</sup>, mg/m<sup>2</sup> Frischgewicht).

Bielersee:	ab 1994	monatliche Proben	0 - 10 m, ab 2005 0 - 15 m
Thunersee	1995	2 Proben (Feb, Okt)	0 - 20 m
	ab 1996	monatliche Proben	0 - 20 m
Brienzersee	ab 1994	monatliche Proben	0 - 20 m
Murtensee	ab 1999	monatliche Proben	0 - 15 m
Neuenburgersee	ab 1999	monatliche Proben	0 - 20 m

### 3.4 *Literatur*

Literaturzitate im Text sind jeweils mit den hochgestellten Nummern der Arbeiten bezeichnet.

- 1 Ökologie der planktischen Crustaceen. HYDRA, V. Maurer, 1996/97. Interner Bericht für das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern.
- 2 Die Produktionsbiologie von Bieler- und Neuenburgersee 1987 - 1988. V. Maurer, 1992, Dissertation Uni Bern.
- 3 Untersuchungen über das pelagische Phyto-, Rotatorien- und Crustaceenplankton im Bielersee. B. Bangerter, E. Böhlen, H. Fankhauser, 1980, Lizentiatsarbeit Uni Bern.
- 4 Abundanzdynamik, Produktivität und Sukzession des Crustaceen-Planktons im Pelagial des Bielersees. R. Stebler, 1977, Dissertation Uni Bern.
- 5 Brienersee: Artzusammensetzung und trophische Struktur des Planktons in einem trübstoffbelasteten oligotrophen See. M. Pfunder, 1994, Diplomarbeit EAWAG.
- 6 Limnologische und ichtyologische Untersuchungen im Brienersee unter besonderer Berücksichtigung der Differenzierung der sympatrischen Felchenpopulation. A. Kirchhofer, 1990, Dissertation Uni Bern.
- 7 Kleinseen im Kanton Bern. J. Guthruf et al., 1999, Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern.
- 8 Abundanzdynamik und Produktion der planktischen und benthischen Mikrocrustaceen im Litoral des Bielersees. Th. Vuille, 1990, Dissertation Uni Bern.
- 9 Seasonal variations in the trophic structure of phyto- and zooplankton in lakes in different trophic states. H.R. Bürgi et. al., 1985, Schweiz. Z. Hydrol. 47: 197 - 224.
- 10 Limnologischer Zustand des Bodensees, Jahresbericht Januar 2006 bis März 2007. igkb, Bericht Nr. 34.
- 11 Crustaceenplankton der grossen Berner Seen. Auswertungen 1994 - 1998. HYDRA, V. Maurer, 1999, interner Bericht Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern.

#### Bestimmungsliteratur

- Benzie, J.A.H. (2005): Cladocera: the genus *Daphnia*. Guides to the identification of Microinvertebrates of the continental waters of the world 21. Backhuys Publishers, Leiden.
- Dumont, H.J., Negrea, S.V. (2002): Introduction to the class Branchiopoda. Guides to the identification of Microinvertebrates of the continental waters of the world 19. Backhuys Publishers, Leiden.
- Dussart, B.H., Defaye, D. (2001): Introduction to the Copepoda. Guides to the identification of Microinvertebrates of the continental waters of the world 16. Backhuys Publishers, Leiden.
- Einsle, U. (1993): Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Süswasserfauna von Mitteleuropa Band 8/4-2, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Flössner, D. (1972): Kiemen- und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. Tierwelt Deutschlands 60. Teil. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Herbst, H.V. (1962): Blattfusskrebse. Kosmos, Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Janetzky, W., Enderle, R., Noodt, W. (1996): Crustacea, Copepoda, Harpacticoida, Gelyelloida. Süswasserfauna von Mitteleuropa Band 8/4-1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kiefer, F. (1960): Ruderfusskrebse. Kosmos, Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Kiefer, F., Fryer G. (1978): Das Zooplankton der Binnengewässer, 2. Teil, Freilebende Copepoda. Die Binnengewässer, Band XXVI, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.
- Lieder, U. (1996): Crustacea, Cladocera, Bosminidae. Süswasserfauna von Mitteleuropa Band 8/2-3, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

### 3.5 Untersuchungsmethoden

#### Probenahme

Die Probenahme erfolgte mit einem Doppelschliessnetz mit Maschenweite 95 µm. Netzdurchmesser und Probenahmetiefe sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 3.5.1: Probenahme und Netze

See	Netzdurchmesser	Probenahmetiefe	Seetiefe
Brienzersee	17 cm	0 - 100 m	259 m
Thunersee	17 cm	0 - 100 m	217 m
Bielersee	12 cm	0 - 70 m	74 m
Neuenburgersee	12 cm	0 - 140 m	150 m
Murtensee	12 cm	0 - 40 m	45 m

Die Proben wurden als Gesamtprobe in PVC-Flaschen (100 ml) mit 4% Formalin fixiert.

#### Bestimmung

Vorbereitung:

- Auswaschen der Proben mit Leitungswasser in Sieb (Maschenweite 95 µm),
- Aufteilen von „grossen“ Proben in Sedimentationszylinder mit 4er-Teilung (1 bis 3 Teilungsschritte), so dass minimal ca. 1000 Individuen (Gesamt) gezählt werden müssen.

Zählung:

- unter Wild Binokularlupe mit 25-facher Vergrösserung in Zählkammer;
- Zählkategorien gemäss Protokollblatt im Anhang A1;
- Bestimmung morphologisch mit Bestimmungsliteratur gemäss Kap. 1.3;
- bei schwierig bestimmbareren Arten werden wichtige Körperteile präpariert oder ganze Individuen unter dem Mikroskop untersucht.

Archivierung:

- Die ausgezählten Proben werden in 20 ml Glasfläschchen mit 4% Formalin archiviert und in die Probandatenbank aufgenommen. Die älteren Proben lagern im Archiv des Naturhistorischen Museums Bern.

#### Datenbank/Auswertung

Die Daten werden in einer Exceltabelle (1 Datei pro Probe) erfasst, die Zahlen umgerechnet auf Individuen pro m<sup>3</sup> sowie Individuen und Biomasse pro m<sup>2</sup>.

Die benötigten Individualgewichte (Frischgewicht) stammen aus Trockengewichtsbestimmungen am Bieler- und Neuenburgersee von 1987 -1989<sup>2,8</sup> sowie aus Angaben der EAWAG<sup>5</sup>.

Die Exceldatei wird im GBL in die Planktondatenbank importiert.

Für die vorliegende Auswertung wurde aus der Datenbank ein Auszug mit allen Arten als Spalten und den Probandaten als Zeilen erstellt, sowohl für Biomasse wie für Individuen pro m<sup>2</sup> über die ganze Probenahmetiefe (siehe Tabelle 3.5.1). Daraus wurden über eine Excel-Auswertungsdatei die entsprechenden Summenwerte für die verschiedenen Taxa-Kategorien berechnet.

Die Jahresmittel wurden als arithmetisches Mittel aus den vorhandenen Proben berechnet, normalerweise aus 12 Werten, bei fehlenden Daten teilweise aus weniger, im Minimum aus 2 Werten. Dabei werden Taxa mit einem kurzen jährlichen Vorkommen tiefer eingestuft als Arten, die das ganze Jahr über häufig auftreten.

## 4. Die Crustaceen-Arten

### 4.1 Crustaceen-Systematik

Im Plankton von Seen sind zwei grosse taxonomische Gruppen der Crustaceen anzutreffen, die **Copepoda** (Ruderfusskrebse) und die **Cladocera** (Blattfusskrebse). Deren in den 5 Seen in den vorliegenden Untersuchungen gefundene Vertreter sind in der Tabelle 4.1.1 dargestellt. Die fett gedruckten Arten werden in den folgenden Kapiteln ausführlich behandelt. Für die meisten Arten sind in der Tabelle einige Hinweise auf ihre Biologie zusammengefasst. Ausführlichere Informationen dazu sind in Maurer 1998<sup>1</sup> zu finden.

	Lebensraum				Trophie				Ernährung				Vorkommen in den Proben 1994-2007				
	Pelagial	Litoral	Profundal	Sediment	oligotroph	mesotroph	eutroph	unsicher	herbivor	omnivor	detritivor	carnivor	Brienzersee	Thunersee	Bielsee	Neuenburgersee	Murtensee
<b>Klasse Crustacea</b>																	
<b>Ordnung Copepoda</b>																	
<b>Unterordnung Calanoida</b>																	
<i>Eudiaptomus gracilis</i>											F/G						
<i>Mixodiaptomus laciniatus</i>								?		F/G							
<i>Arctodiaptomus alpinus</i>																	
<b>Unterordnung Cyclopina</b>																	
<b>Cyclopinae</b>																	
<i>Cyclops vicinus</i>										Ju	Ad						
<i>Cyclops abyssorum</i>										Ju	Ad						
<i>Cyclops bohater</i>								?		Ju	Ad						
<i>Megacyclops gigas</i>										Ju	Ad						
<i>Megacyclops viridis</i>								?		Ju	Ad						
<i>Acanthocyclops vernalis</i>										Ju	Ad						
<i>Acanthocyclops robustus</i>							→			Ju	Ad						
<i>Mesocyclops leuckarti</i>							↔			Ju	Ad						
<i>Thermocyclops crassus</i>								?		Ju	Ad						
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>								?		Ju	Ad						
<b>Eucyclopinae</b>																	
<i>Eucyclops serulatus</i>																	
<i>Paracyclops fimbriatus</i>							→	?									
<i>Macrocyclus albidus</i>							→	?									
<b>Unterordnung Harpacticoida</b>																	
<i>Canthocamptus staphylinus</i>								?									
<b>Ordnung Onychura</b>																	
<b>Unterordnung Cladocera</b>																	
<b>Daphnidae</b>																	
<i>Daphnia</i> sp.										E							
<i>Daphnia hyalina</i>										F							
<i>Daphnia galeata</i>										F							
<i>Daphnia cucullata</i>										F							
<i>Ceriodaphnia</i> sp.										F							
<i>Simocephalus vetulus</i>								?		F							
<i>Scapholeberis mucronata</i>										F							
<b>Moinidae</b>																	
<i>Moina brachiata</i>																	
<b>Bosminidae</b>																	
<i>Eubosmina longispina</i>										F							
<i>Eubosmina coregoni</i>							→			F							
<i>Bosmina longirostris</i>							→			F							
<b>Polyphemidae</b>																	
<i>Polyphemus pediculus</i>								?		F							
<b>Cercophagidae</b>																	
<i>Bythotrephes longimanus</i>																	
<b>Leptodoridae</b>																	
<i>Leptodora kindtii</i>							→										
<b>Sididae</b>																	
<i>Sida cristallina</i>										F							
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>								?		F							
<b>Chydoridae</b>																	
<i>Camptocerus rectirostris</i>							←			F	F						
<i>Alona rectangula</i>								?		F	F						
<i>Alona affinis</i>								?		F	F						
<i>Leydigia quadrangularis</i>								?		F	G						
<i>Disparalona rostrata</i>								?		F							
<i>Alonella</i> sp.																	
<i>Alonella nana</i>								?		F							
<i>Monospilus dispar</i>								?		G							
<i>Pleuroxus uncinatus</i>																	
<i>Chydorus</i> sp.																	
<i>Chydorus sphaericus</i>		eu								F	F						
<b>Macrothricidae</b>																	
<i>Macrothrix</i> sp.											F						

Tabelle 4.1.1: Artenliste der Crustaceen in den 5 Seen (dunkelgrau: wichtig, Hauptarten; hellgrau weniger wichtig, vereinzelte Funde; Ju juvenil, Ad adult; F Filtrierer, G Grazer)

## 4.2 *Eudiaptomus gracilis*, „*Diaptomidae* spp.“

<b>Eudiaptomus gracilis</b>	Mitteleuropa, verbreitet, häufig	Voralpen-, Flachlandseen, Teiche; in vielen Gewässern wichtiger Planktonbestandteil; perennierend mit mehreren Generationen	Zunahme bis mesotroph; dann z.T. verdrängt; weiter Bereich	herbivor; Subitaneier
-----------------------------	----------------------------------	---	--	--------------------------

*Eudiaptomus gracilis* (EG) ist die bei uns wahrscheinlich am weitesten verbreitete Crustaceenart. EG hat den Schwerpunkt in den grossen Seen und in den Kleinseen des Mittellandes. Die höchsten Individuenzahlen sind in den oberen Wasserschichten des Pelagials zu finden, er kommt aber bis in die tiefsten Bereiche des Sees vor.

EG tritt das ganze Jahr über in grösserer Dichte auf. Er zeigt mehrere Generationen pro Jahr, die allerdings bei monatlicher Probenahme kaum aufzulösen sind. Häufig sichtbar sind aber in allen 5 Seen die geringeren Abundanzen im Sommer bzw. Winter und die zwei Maxima im Frühling und Herbst. Im Bielersee ist dieser Jahresverlauf am deutlichsten sichtbar, in den andern Seen etwas unregelmässiger.

Die Abundanz-Maxima erreichten in den Berner Seen bis ca. 400'000 Ind./m<sup>2</sup>, im Murtensee vereinzelt bis 1.2 Mio. Ind./m<sup>2</sup> und im Neuenburgersee häufig über 500'000 bis 1.6 Mio. Ind./m<sup>2</sup>.

EG reagiert eher neutral gegenüber dem Trophiegrad. Er kommt als wichtigste Art in den oligotrophen Voralpensee wie auch im mesotrophen Bielersee vor. Er ist auch in den meisten Kleinseen des Mittellandes zu finden. Er wird durch das zunehmende Nahrungsangebot während der Eutrophierung gefördert, dann aber durch zu starke Konkurrenz (z.B. *Daphnia*) oder Frassdruck (z.B. *Cyclops vicinus*) verdrängt.

Aus den vorhandenen Daten war zwischen 1994 und 2007 keine eindeutige Entwicklungstendenz zu erkennen, die Populationen blieben im Rahmen der Jahresschwankungen weitgehend konstant.

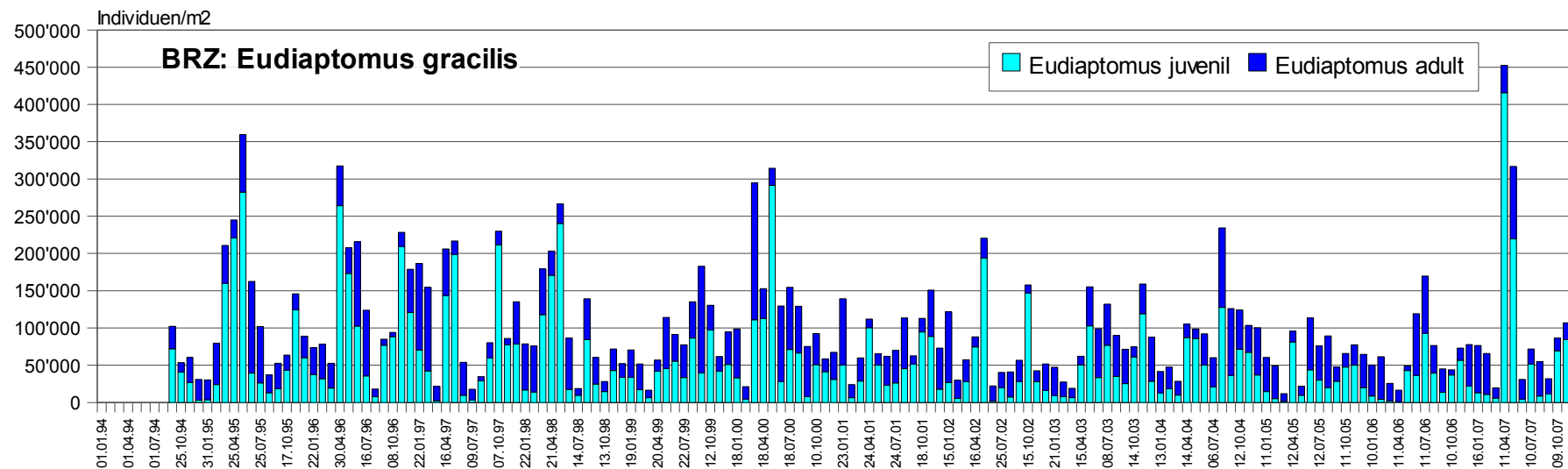


Abbildung 4.2.1: Brienzsee - *Eudiaptomus gracilis* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

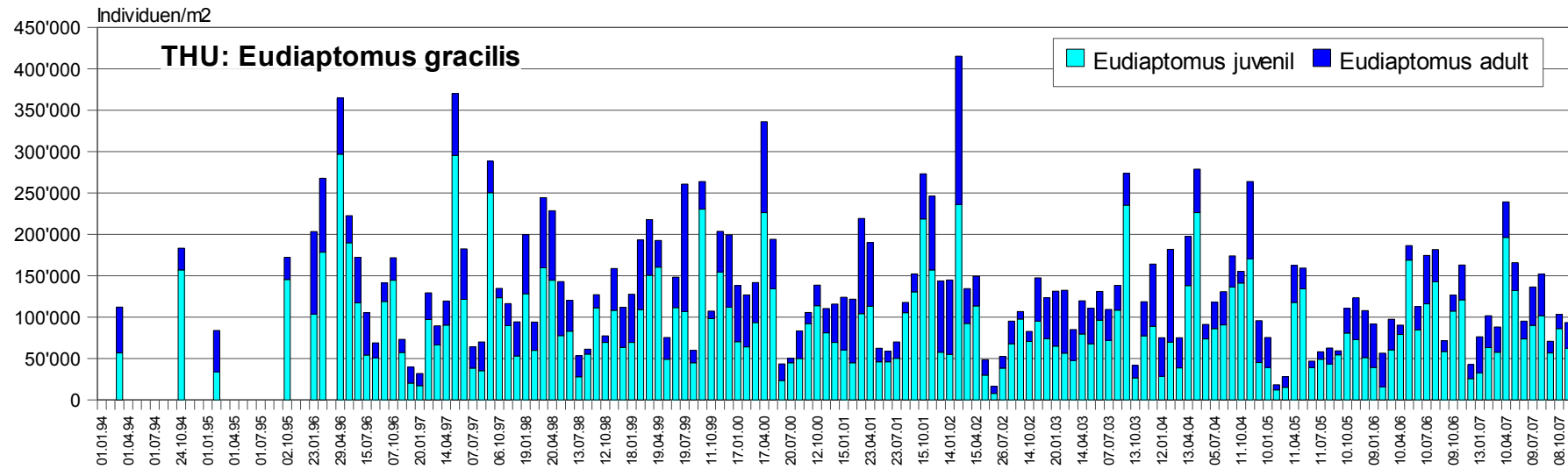


Abbildung 4.2.2: Thunersee - Eudiaptomus gracilis (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

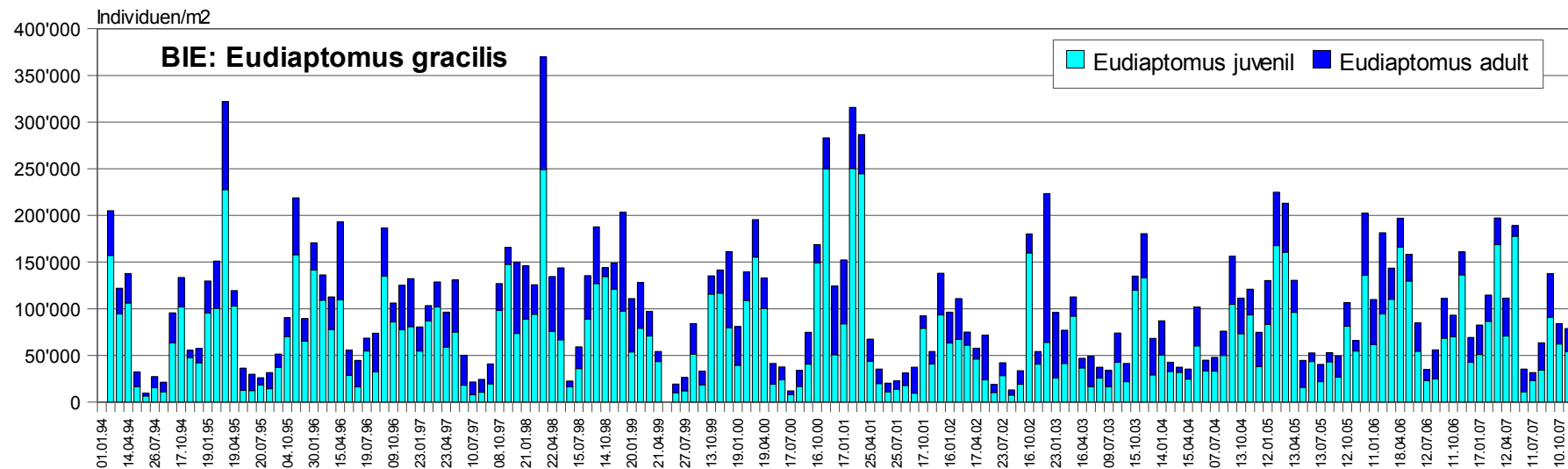


Abbildung 4.2.3: Bielersee - Eudiaptomus gracilis (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

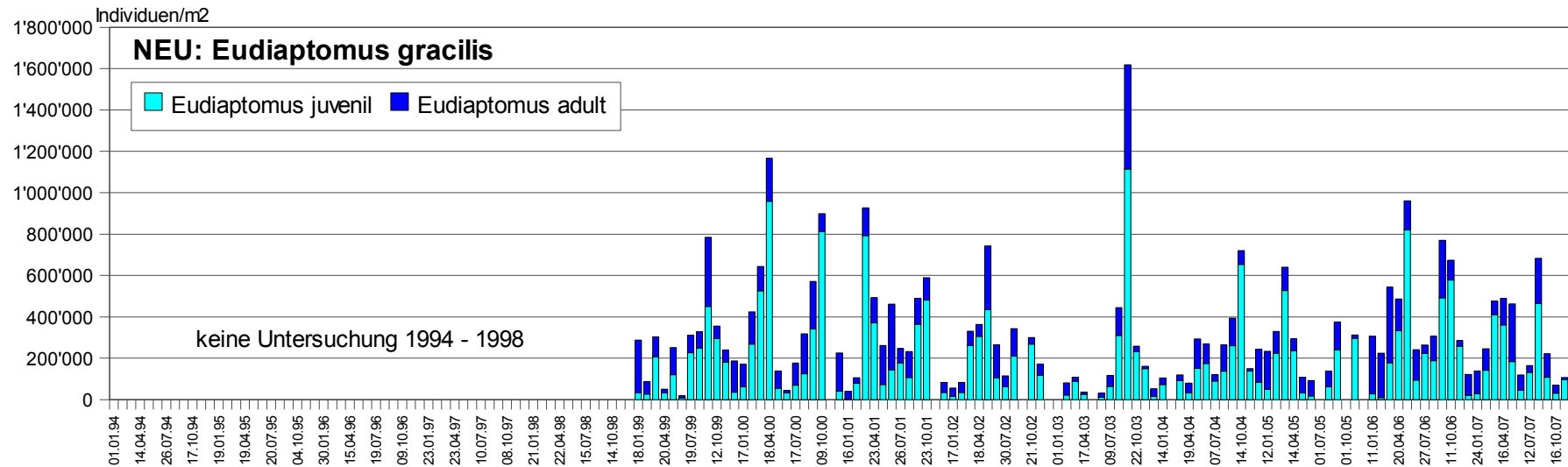


Abbildung 4.2.4: Neuenburgersee - Eudiaptomus gracilis (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

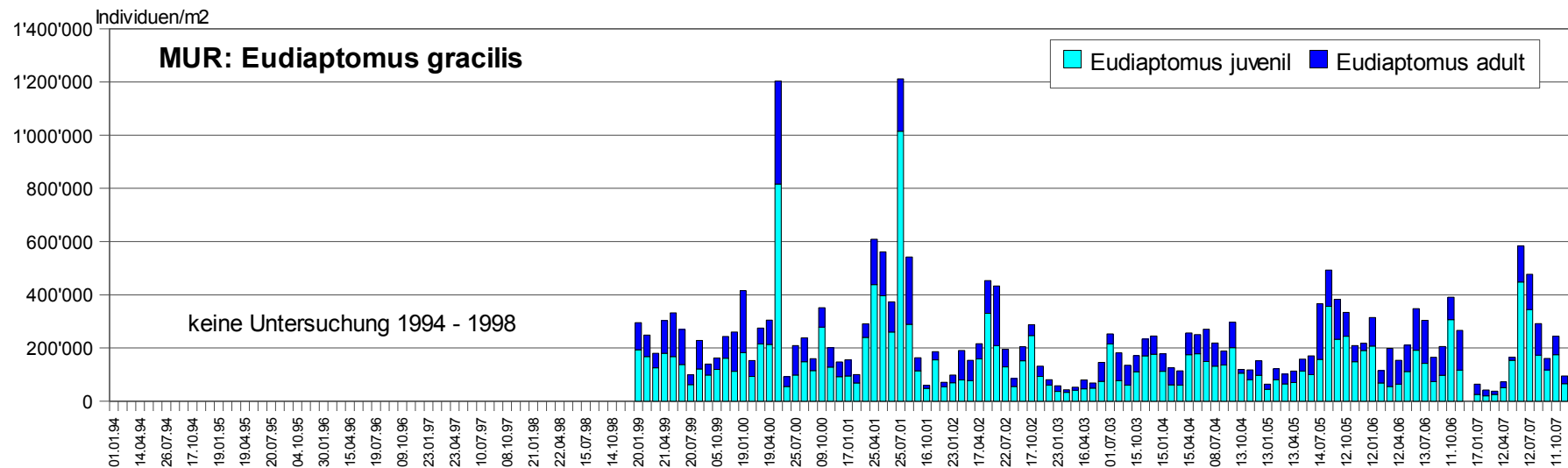


Abbildung 4.2.5: Murtensee - Eudiaptomus gracilis (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

### 4.3 *Mixodiaptomus laciniatus*

<b>Mixodiaptomus laciniatus</b>	Nordeuropa + Alpin	grosse, tiefe Voralpenseen, kleine alpine Gew.; Vermehrungszeit im Winter, in Nordeuropa auch Dauereier.	eher Abnahme mit Eutrophierung	herbivor; Vermehrung durch Subitaneier (in unsern Seen)
---------------------------------	--------------------	--	--------------------------------	--

*Mixodiaptomus laciniatus* ist die zweite Art der Diaptomidae in unseren grossen Seen. Er wurde bis jetzt ausschliesslich in den grossen Voralpenseen (THU, BRZ, Vierwaldstättersee) sowie im Bieler- und Neuenburgersee gefunden. Im Bodensee und den kleineren Mittellandseen fehlt er, ebenso im Murtensee.

*Mixodiaptomus* ist eine Kaltwasserart und lebt hauptsächlich im Tiefenwasser. Er bildet eine Generation pro Jahr. Die Copepoditstadien treten ab März/April auf, die Adulten bilden ihr Maximum im späteren Herbst bis in den Winter hinein. Die Maxima der Adulten treten im Thuner- und Brienersee eher etwas später im Jahr auf, so dass auch in den Wintermonaten (Januar bis März) immer noch Adulte vorhanden sind. Ein sehr ähnliches Bild des Jahresverlaufes war auch im Neuenburgersee zu beobachten.

*Mixodiaptomus* kommt generell in geringeren Abundanzen vor als *Eudiaptomus*. Allerdings ist die Unterscheidung der kleinen Copepoditstadien eher schwierig: Deshalb wurden sie in den vorliegenden Untersuchungen gemeinsam gezählt und aufgrund des Zahlenverhältnisses der C4/C5 aufgeteilt.

*Mixodiaptomus* reagiert auf die Eutrophierung wahrscheinlich mit einem Bestandesrückgang, möglicherweise wegen der stärkeren Nahrungskonkurrenz durch *Eudiaptomus* und *Cladoceren*. Die vergleichsweise sehr tiefen Abundanzen im Bielersee 1974 können als Bestätigung dafür dienen.

Die Abundanzen im Bielersee sind deutlich höher als in den Voralpenseen. Im Vergleich mit 1974 sind sie heute etwa 4x höher, mit 1987/88 etwa doppelt so hoch. Die deutlich zunehmende Tendenz dieser Art dürfte im Zusammenhang mit der Reoligotrophierung stehen.

Im Brienersee und Bielersee blieb der Bestand zwischen 1994 und 2007 etwa konstant, im Thunersee zeigte sich ab 1999 eine steigende Tendenz mit deutlich höheren Maxima. Im Neuenburgersee ging der bis 2002 sehr hohe Bestand deutlich zurück.



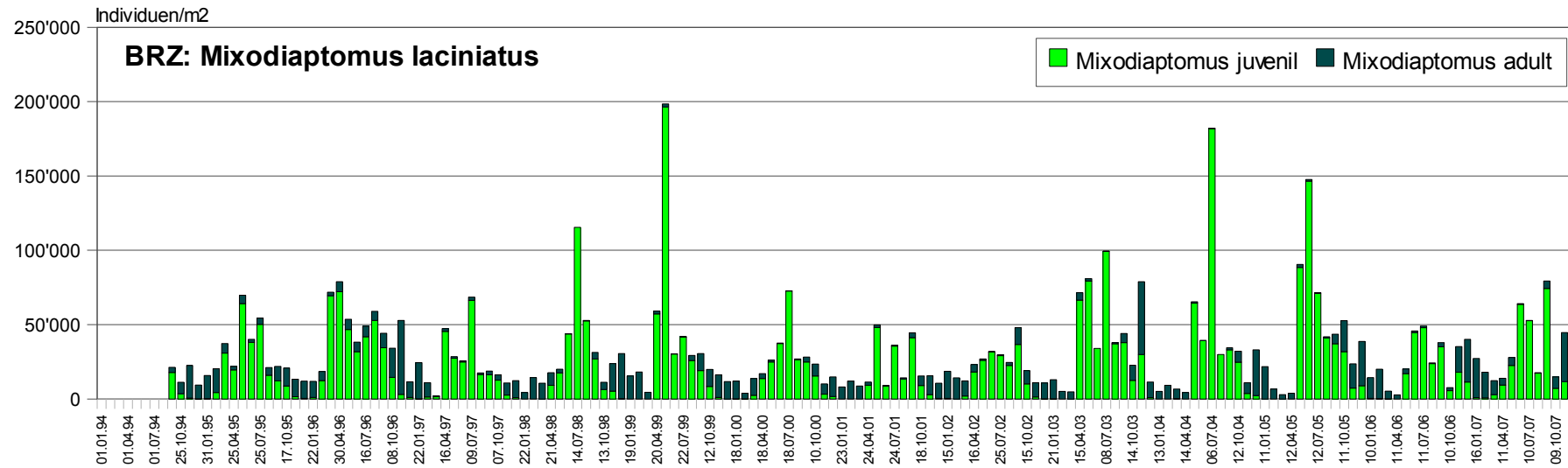


Abbildung 4.3.1: Brienzensee - *Mixodiaptomus laciniatus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

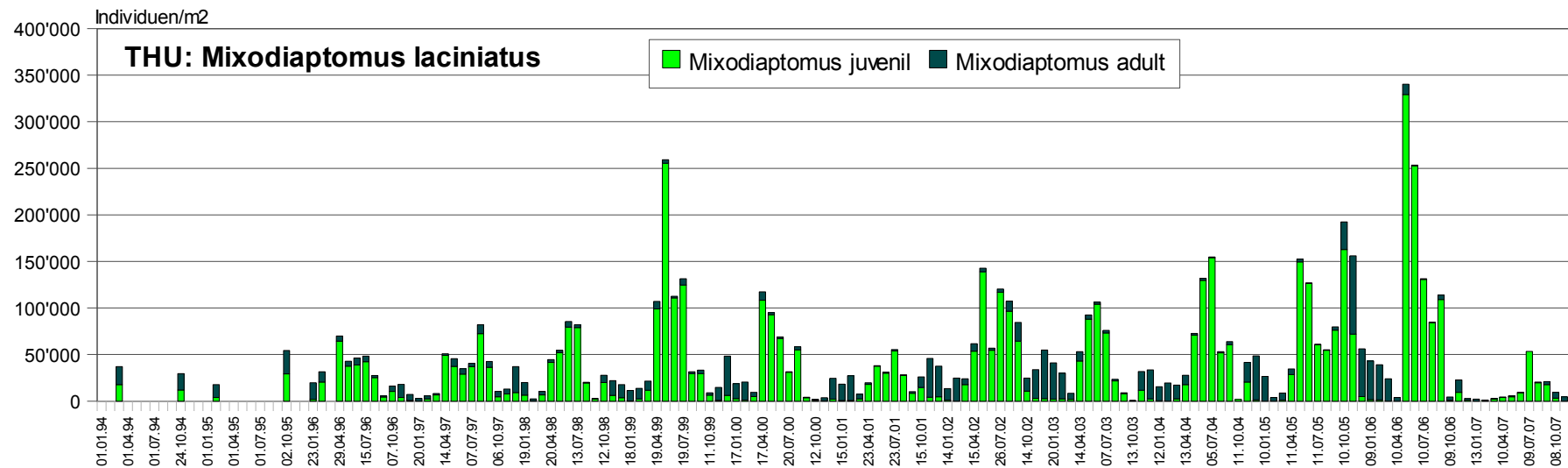


Abbildung 4.3.2: Thunersee - *Mixodiaptomus laciniatus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

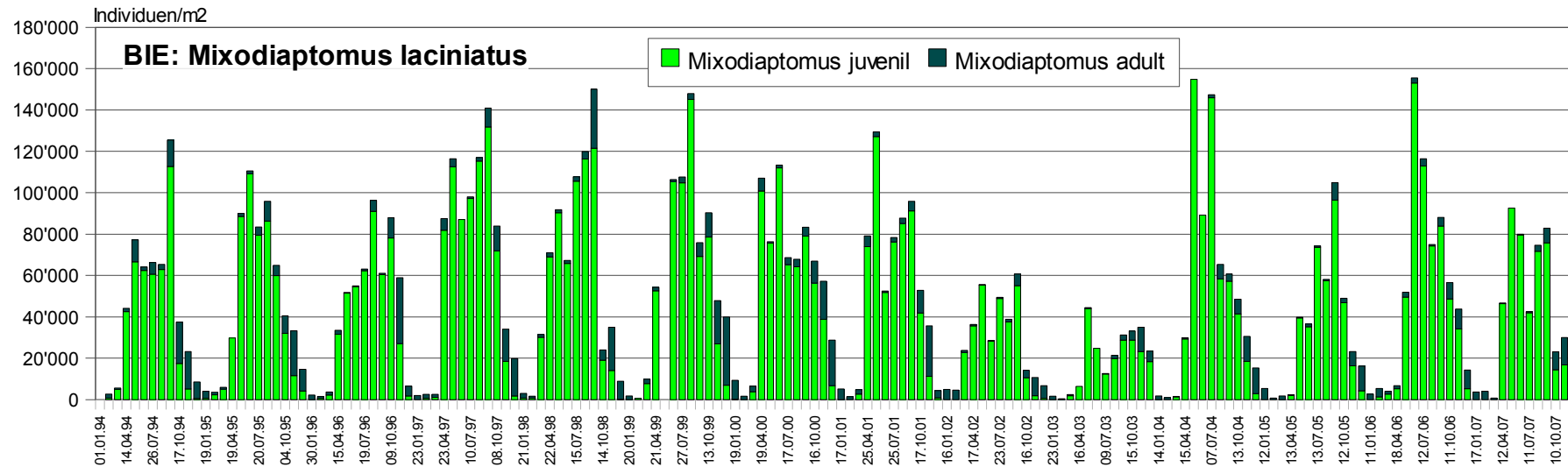


Abbildung 4.3.3: Bielersee - *Mixodiaptomus laciniatus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

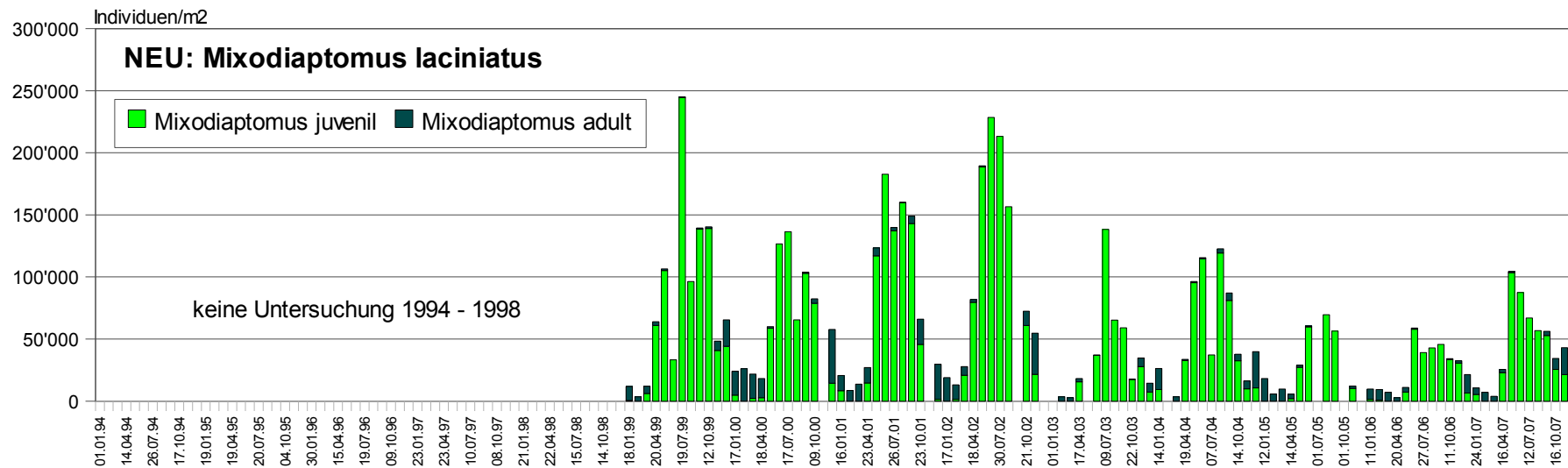


Abbildung 4.3.4: Neuenburgersee - *Mixodiaptomus laciniatus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

#### 4.4 *Cyclops spp.*

<b>Cyclops vicinus</b>	Mitteleuropa, verbreitet	Pelagisch in Seen und Kleinseen, Epilimnion; Maximum im Frühsommer, Diapause (C4) ab Sommer - Frühling	stark gefördert durch Eutrophierung; in vielen Seen neu ab 1940-60	C1 - C3 omnivor, ab ca. C4 carnivor Subitaneier, Diapause C4
<b>Cyclops abyssorum</b>	Mitteleuropa	in grossen Voralpenseen, pelagisch, auch tief, Vertikalwanderung; verschiedene Untergruppen; ganzjährig	"Alte" Art, Zunahme bis mesotroph, zT Grössenzunahme ( <i>C.a.praealpinus</i> → <i>C.a.bodanus</i> )	carnivor; Subitaneier; evtl. zT. Entwicklungspause im Sommer <i>C.a.tatricus</i> in Voralpen bis Hochalpen, kleinere Gew.
<b>Cyclops bohater</b>	Mitteleuropa, verbreitet, selten	im Profundal grosser Seen, evtl. auch Litoral; Diapause im Sommer als C5	eher eutroph, tolerant gegen O <sub>2</sub> -Mangel	carnivor Subitaneier, Diapause C5 im So

***Cyclops vicinus*** (CV) ist eine Cyclopidenart, die erst mit der Eutrophierung in unseren Seen aufgetaucht ist. Er kommt denn auch in den Mittellandseen (Bieler-, Neuenburger-, Murten-, Boden-, Sempachersee, vielen Berner Kleinseen im Mittelland und Jura) vor, fehlt aber in den Voralpenseen (Ausnahme: Vierwaldstättersee) und Bergseen.

CV bewohnt die wärmeren oberen Wasserschichten des Pelagials. CV macht eine Diapause als C4 im Sediment durch, die ersten C5 und Adulten treten deshalb im Winter auf, die Copepoditen im Frühling bevor die C4 ins Sediment wandern. Im Bielersee wurde häufig eine kleine zusätzliche Sommergeneration sichtbar.

Obschon die Abundanzen im Bielersee sehr starke Unterschiede von Jahr zu Jahr zeigten, wurde im Vergleich mit den früheren Untersuchungen ein deutlicher Rückgang der *Cyclops vicinus*-Population sichtbar. Die Maxima sanken von 750'000 auf 110'000 Individuen/m<sup>2</sup> Mitte der 90er Jahre und auf sehr tiefe Werte bis 2003. Ab 2004 waren wieder etwas höhere Abundanzen und ein regelmässiges Vorkommen zu beobachten. Der Rückgang gegenüber den Untersuchungen der 70er und 80er Jahre hängt mit der Reoligotrophierung zusammen.

Für den Brienersee sind bisher keine Nachweise bekannt, für den Thunersee vereinzelte Vorkommen.

Im Neuenburgersee war CV bei der Untersuchung 1987-1989 die häufigste *Cyclopiden*-Art, während sie in der vorliegenden Untersuchung nur 2006 eine höhere Abundanz zeigte.

Im Murtensee trat CV in den Jahren 1999 und 2000 in sehr hoher Abundanz auf, in den folgenden Jahren war er regelmässig, aber in geringerer Abundanz vorhanden.

***Cyclops abyssorum*** (CA) ist der typische *Cyclopid*e der grossen oligotrophen Voralpenseen. Er kommt aber auch in vielen kleinen Bergseen sowie in den grösseren und einzelnen kleineren Mittellandseen vor. Er ist also weit verbreitet. In den oligotrophen Seen ist aber seine Abundanz deutlich grösser.

*Cyclops abyssorum* kommt in einer grossen Formenvielfalt vor, wobei die Übergänge dazwischen fließend sind. In den Bergseen tritt häufig die Form *C. a. tatricus* mit deutlichen Lobi am Thorax auf. Die Brienerseetiere zeigen davon noch leichte Andeutungen, sie gehören wie die Tiere aus dem Thunersee und ein Teil der Tiere aus dem Bielersee der kleinen, feinen Form *C. a. praealpinus* an. Im Bielersee traten insbesondere 1987/88

noch sehr viele grosse Tiere der Form *C. a. bodanus* auf (Schwerpunkt in Bodennähe).

*Cyclops abyssorum* bewohnt alle Tiefenbereiche des Pelagials. Er zeigt jeweils ein Hauptmaximum im Frühling/Frühsummer und zum Teil ein zweites Maximum oder mittlere Bestände im Herbst.

Die Abundanzen zeigten im Brienersee die tiefsten Werte, Thunersee und Bielersee mittlere Werte. Die früheren Untersuchungen im Bielersee zeigen eine deutliche Zunahme der Abundanz (1974 10'000, 1987 bis 40'000, 1996 bis 80'000 Ind/m<sup>2</sup>). Sehr hoch war die Abundanz im Neuenburger- und insbesondere im Murtensee.

***Cyclops bohater*** (CB) ist eine seltenere Art des Tiefenplanktons eutropher Seen. CB fehlte in den Voralpenseen (vereinzelt im Thunersee) und im Neuenburgersee (1987-89 vereinzelt). Im Murtensee war der Bestand mit Ausnahme von 1999 (erhöhte Abundanz ähnlich Bielersee) eher gering aber konstant.

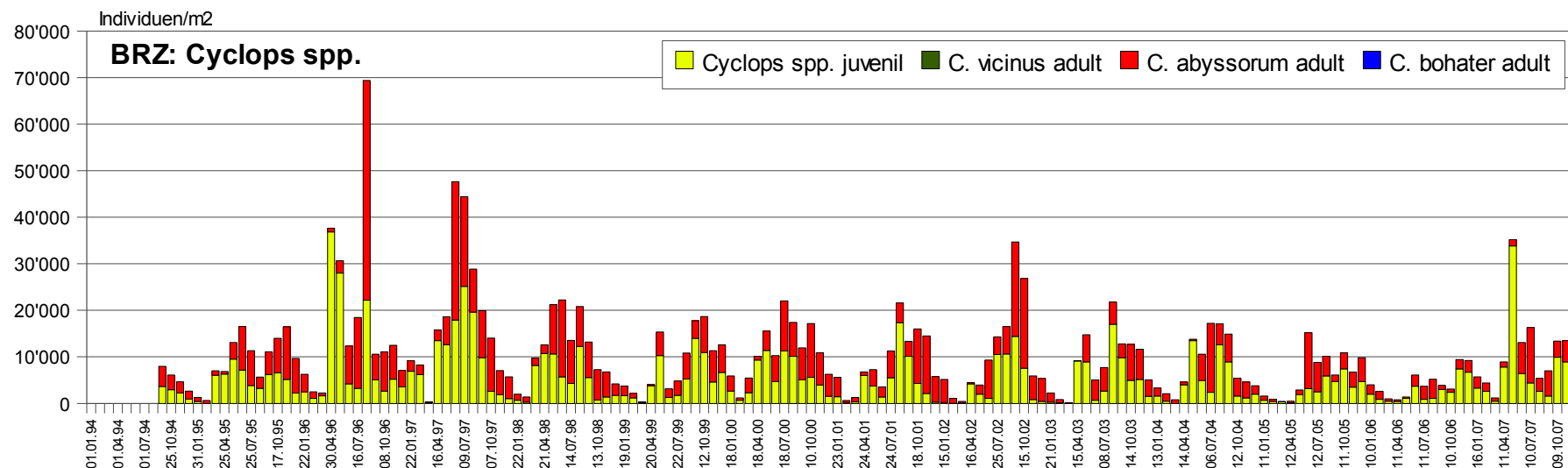


Abbildung 4.4.1: Brienersee - *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

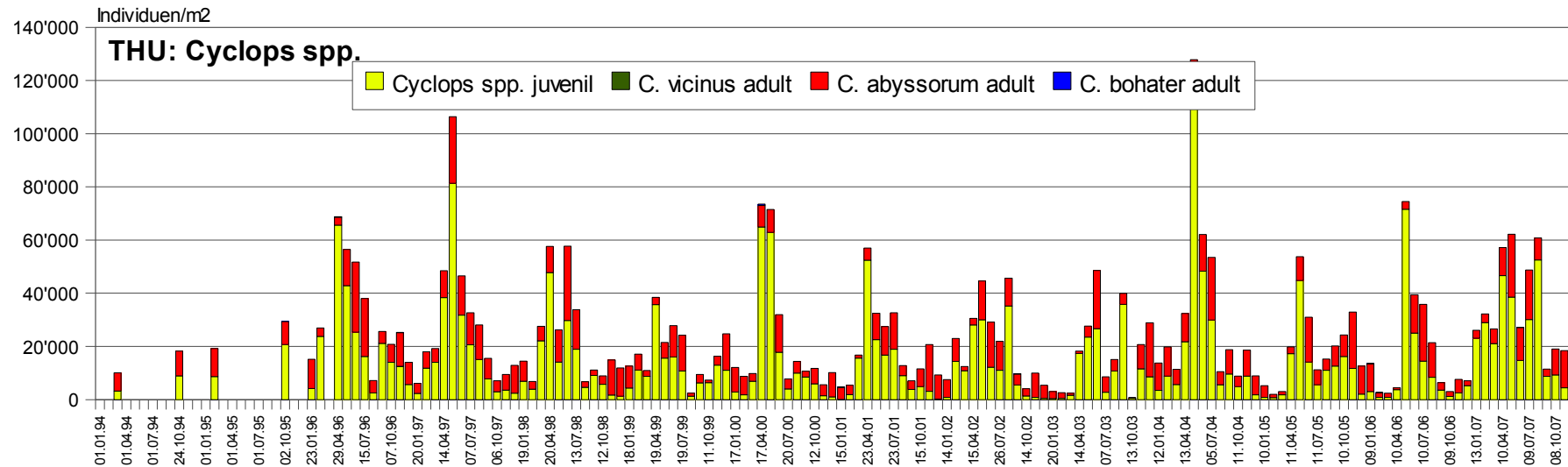


Abbildung 4.4.2: Thunersee - *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

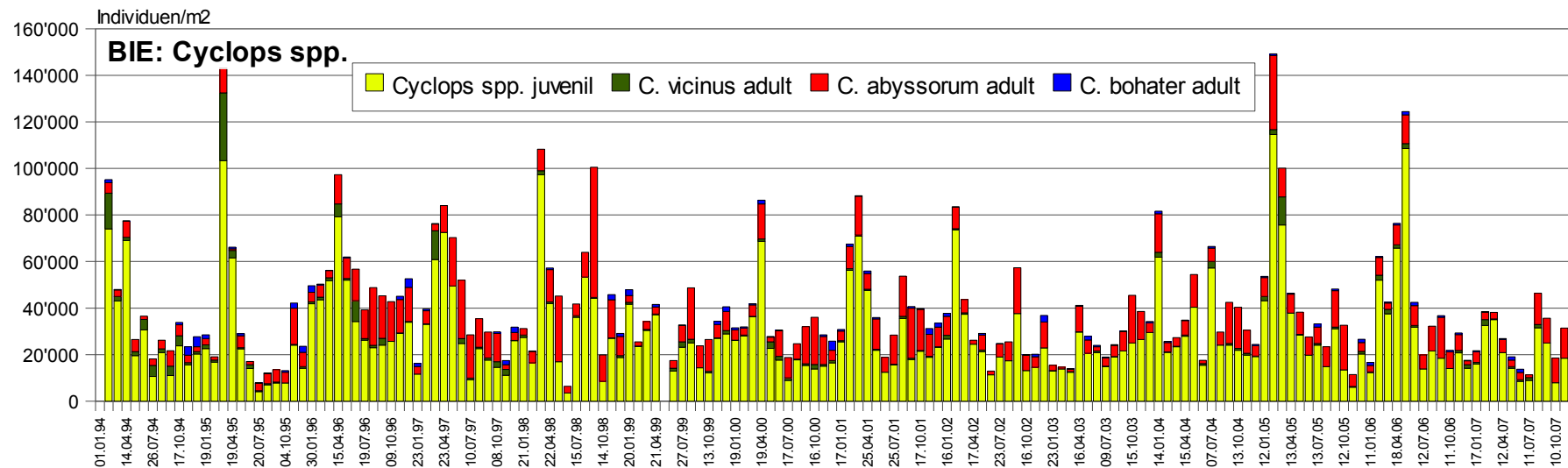


Abbildung 4.4.3: Bielersee - *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

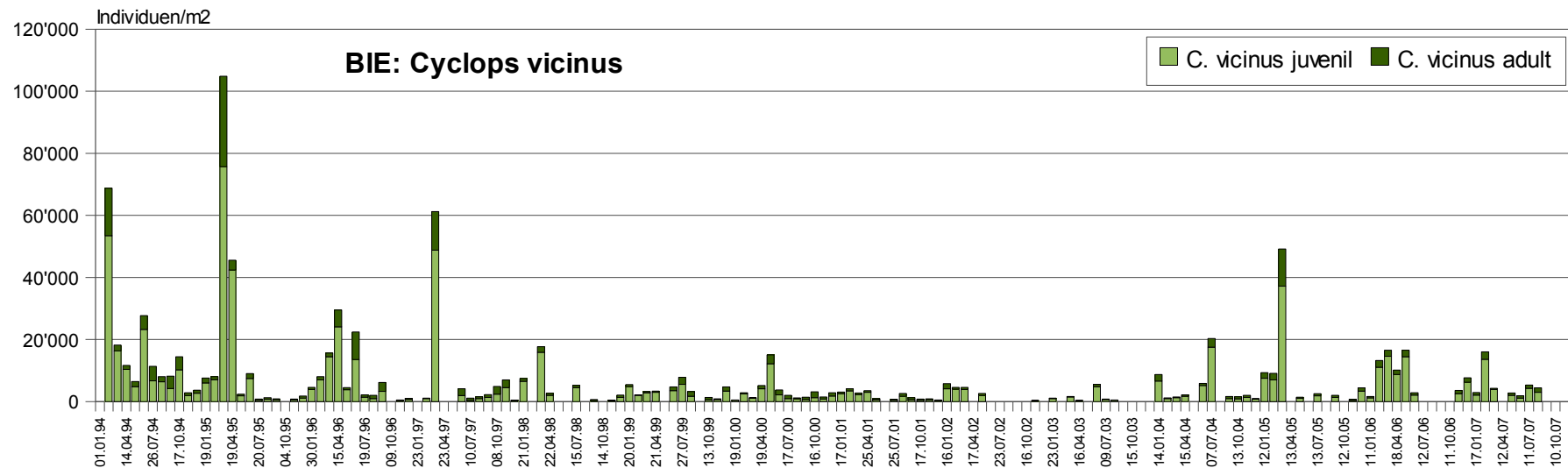


Abbildung 4.4.4: Bielersee - *Cyclops vicinus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

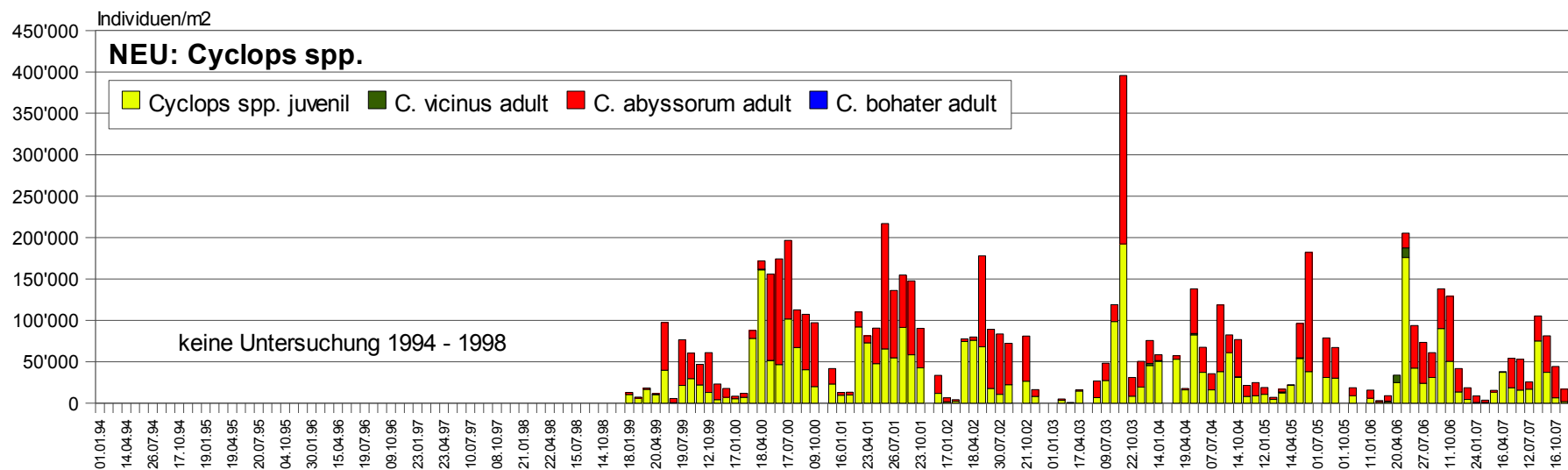


Abbildung 4.4.5: Neuenburgersee - *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

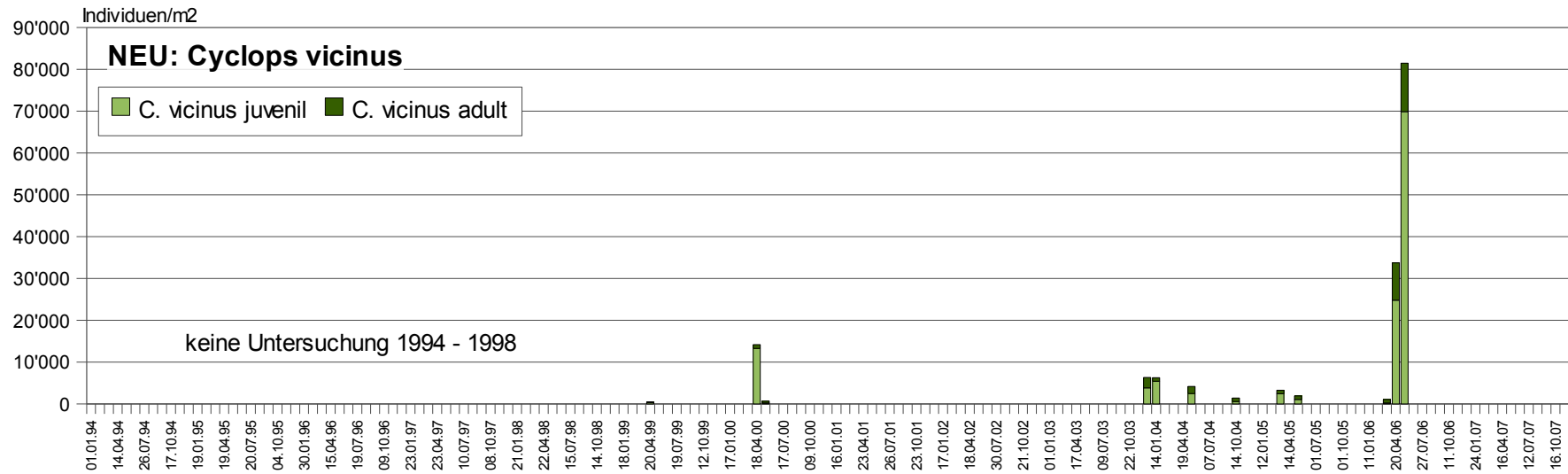


Abbildung 4.4.6: Neuenburgersee - *Cyclops vicinus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

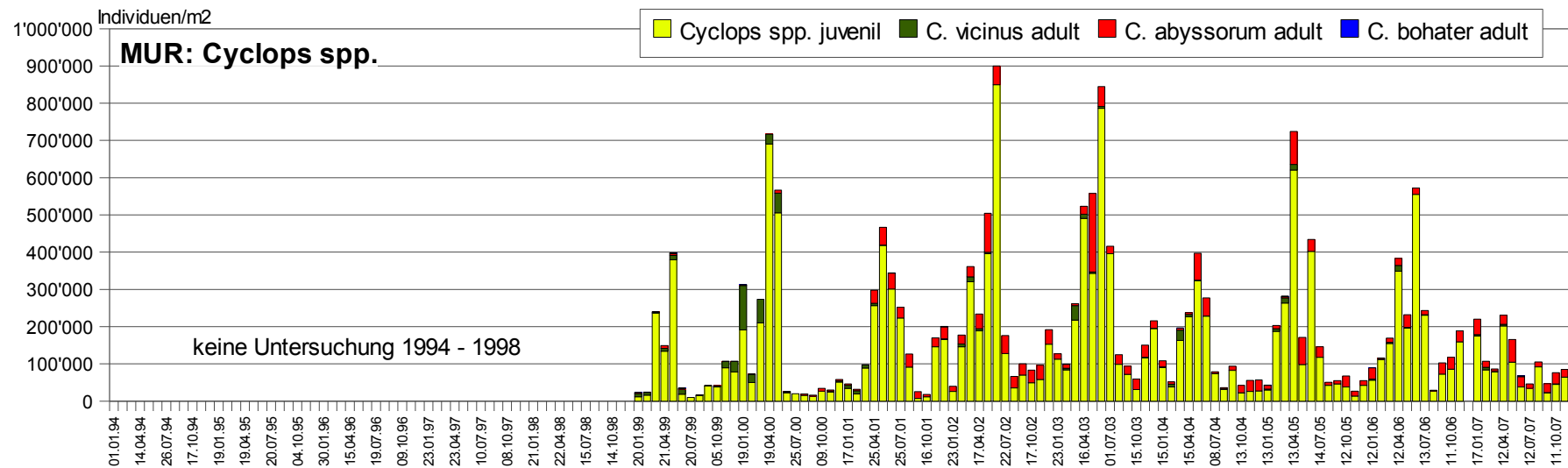


Abbildung 4.4.7: Murtensee - *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *C. bohater* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

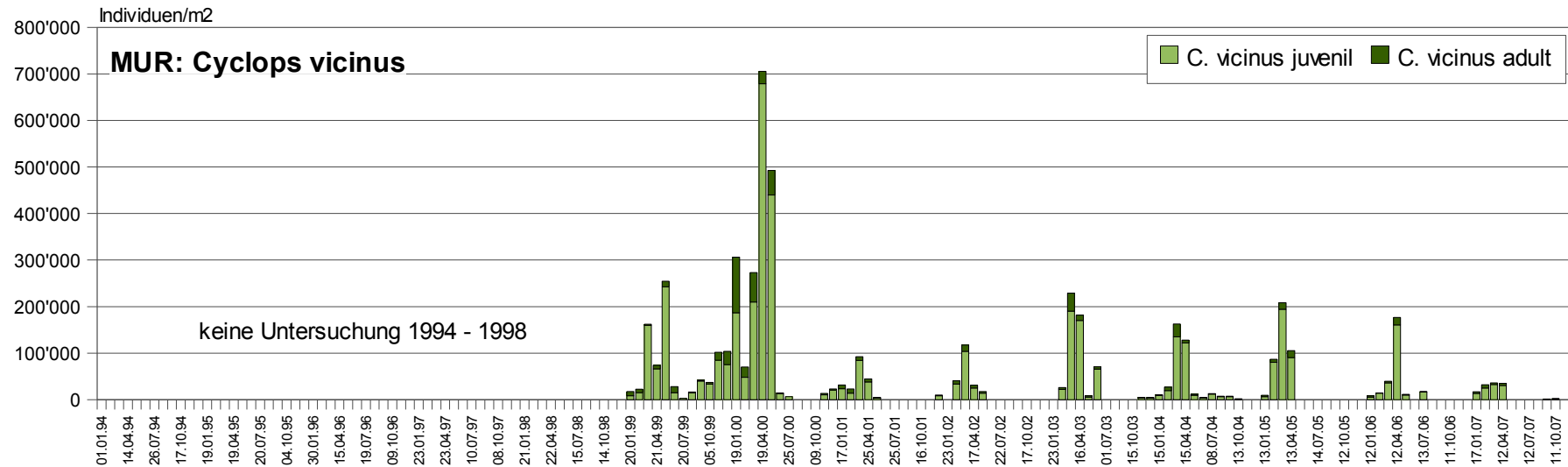


Abbildung 4.4.8: Murtensee - Cyclops vicinus (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

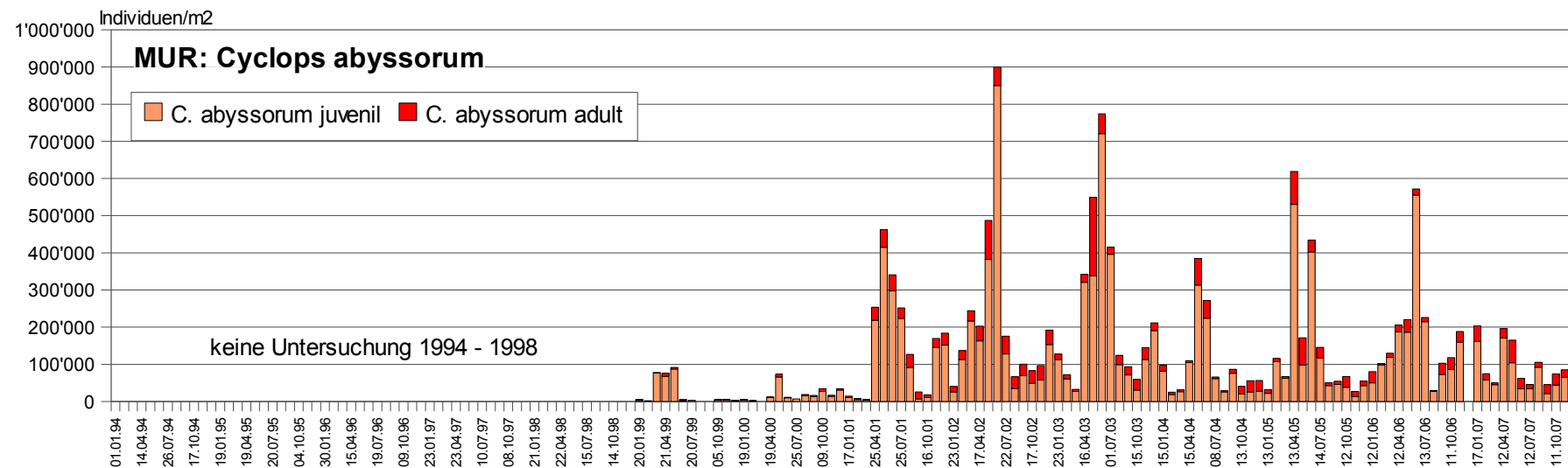


Abbildung 4.4.9: Murtensee - Cyclops abyssorum (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)



#### 4.5 *Mesocyclops leuckarti* und *Acanthocyclops* spp.

<b>Mesocyclops leuckarti</b>	Mitteleuropa, verbreitet, häufig	wichtiger Plankter in Seen und Kleingewässern; überwintert als C5, mehrere Sommer-Generationen.	olig: <i>M.l.bodanicola</i> als kleine pelagische Form, eu: <i>M.l.</i> grösser; "alte" Art der oligotr. Seen	Cop. omnivor, Ad. carnivor Subitaneier, C5 Diapause
<b>Acanthocyclops robustus</b>	Mitteleuropa	Litoral und Kleingewässer, auch benthisch, teilweise auch im Pelagial; Sommer und Herbst-Maximum, Kleingewässer auch Wi; Warmwasser	bei Eutrophierung starke Zunahme im Pelagial	Cop. omnivor, Ad. carnivor Subitaneier

Die kleinen Cyclopidenarten *Mesocyclops leuckarti* (MLE) und *Acanthocyclops robustus* (AR), im Brienersee vereinzelt *A. vernalis*, sind als Copepoditen relativ aufwändig zum Unterscheiden und deshalb gemeinsam gezählt worden. Die Copepoditen wurden proportional zu den Adulten aufgeteilt.

*Mesocyclops leuckarti* ist eine Cyclopidenart, die in den grossen und einigen kleinen Mittellandseen vorkommt. Einzelfunde stammen auch aus Thuner- und Brienersee, im Vierwaldstättersee ist er selten.

Aufgrund seines Lebenszyklus charakterisiert er das Sommer- und Herbstplankton: er scheint eine kältebedingte Wachstumspause als C5 (meist in Sedimentnähe) durchzumachen. Eine erste Adultengeneration erscheint im Frühling. Die zweite Generation bildet das grosse Sommer-/Herbst-Maximum.

Die Abundanzen im Bielersee sind im Vergleich mit den Untersuchungen 1974 und 1987 gewaltig gestiegen (Maxima von 20'000 auf 200'000 - 600'000 Ind./m<sup>2</sup>). Diese Zunahme dürfte indirekt auf die Reoligotrophierung, direkt aber wahrscheinlich auf den entsprechenden Rückgang von *Acanthocyclops robustus* zurückzuführen sein. Innerhalb der Untersuchungsperiode 1994 - 2007 blieben aber die Abundanzen weitgehend konstant.

Im Neuenburgersee war MLE 1987-89 noch weitgehend unbedeutend, zeigte dann aber eine deutliche Zunahme ab 2000 und erreichte ab ca. 2004 Sommermaxima über 600'000 Ind./m<sup>2</sup>. Im Murtensee waren die Abundanzen ab 1999 generell sehr hoch mit Sommermaxima um 0.5 - 1.5 Mio Ind./m<sup>2</sup>. Mit einem absoluten Maximum von 3.7 Mio. Ind./m<sup>2</sup> erreichte MLE sogar die höchste Dichte aller Arten in allen Seen.

*Acanthocyclops robustus* (AR) ist traditionell eine Art der Kleinseen, des Benthos und der Uferzone von grossen Seen. Während der Eutrophierung hatte er seine Population sehr stark ins Pelagial ausgedehnt. AR bildet mehrere Generationen, die Hauptentwicklungszeit liegt im Spätsommer, also gleichzeitig mit MLE.

Im Brienersee kamen vereinzelt Individuen der zweiten Art *Acanthocyclops vernalis* vor.

Die Bestände im Bielersee zeigten gegenüber 1974 einen klaren Rückgang. 1987/88 lagen die Abundanzen sehr tief. In der Untersuchungsperiode 1994-2007 lagen die Abundanzen wieder etwas höher mit Sommermaxima von 40'000 bis 100'000 Ind./m<sup>2</sup>, aber immer noch deutlich tiefer als MLE. Er bildet aber immer noch einen wesentlichen Anteil am Crustaceenplankton des Bielersees.

Im Neuenburgersee kam AR eher unregelmässig und vereinzelt vor. Da die Juvenilen aber anteilmässig zugeordnet werden, wurden zeitweise recht hohe Abundanzen beobachtet.

Im Murtensee erreichte AR sehr hohe Abundanzen mit Sommermaxima zwischen 150'000 und 600'000 Ind./m<sup>2</sup>. Er bildete so mit MLE zusammen einen wichtigen Anteil im Sommerplankton des Murtensees.

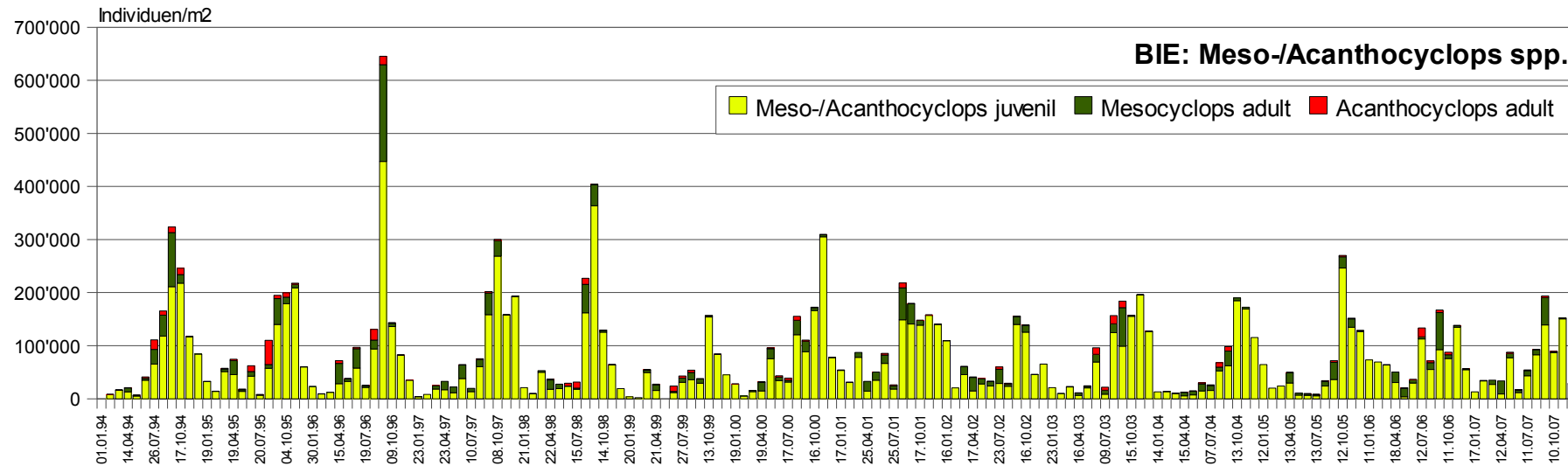


Abbildung 4.5.1: Bielersee - *Mesocyclops leuckarti* und *Acanthocyclops robustus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

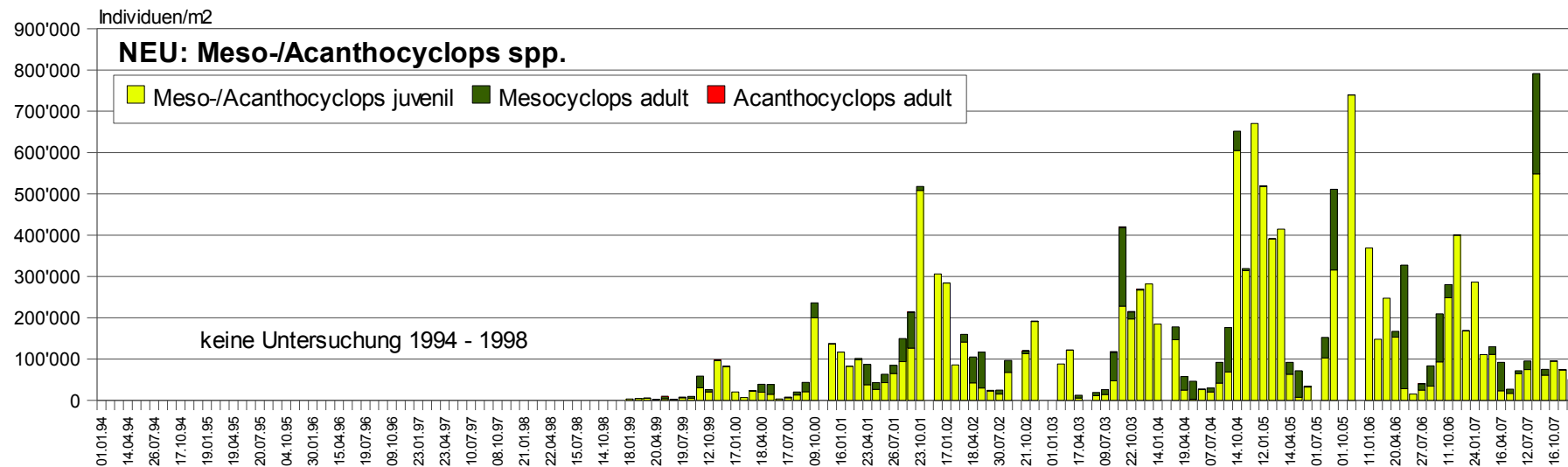


Abbildung 4.5.2: Neuenburgersee - *Mesocyclops leuckarti* und *Acanthocyclops robustus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

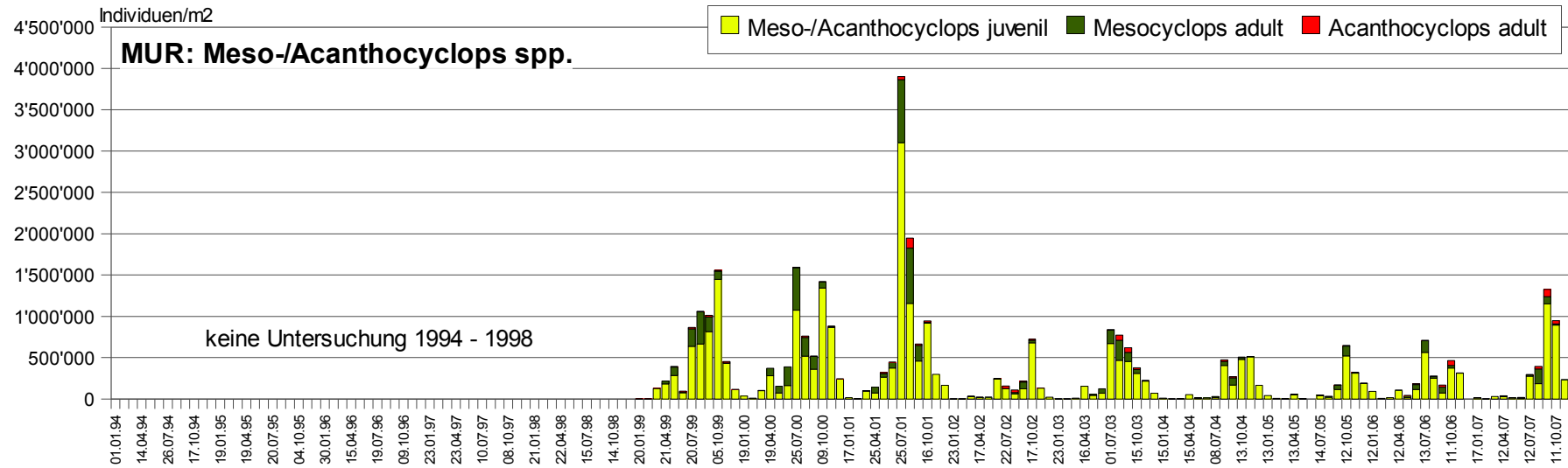


Abbildung 4.5.3: Murtensee - *Mesocyclops leuckartii* und *Acanthocyclops robustus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

#### 4.6 *Daphnia* spp.

<b>Daphnia hyalina</b> nur schwach zyklomorph	nördl./mittl. Paläarktis, häufig	Plankton kalkhaltiger, grosser, tiefer Seen, tiefe Vertikalwanderung; Maximum im Sommer, aber meist ganzjährig vorhan- den, Sexualperiode meist im Herbst	oligo- bis mesotroph	herbivor, Filtrierer; parthenogenetisch (Subitaneier) und sexuell (Dauereier)
<b>Daphnia galeata</b> stark zyklomorph, Helmbildung Hybride mit <i>D. hyalina</i> und <i>D. cucullata</i>	Mitteleuropa häufig	Plankton in Seen, aber auch in grösseren Kleinseen, nur Epilimnion; kalkreiche Gew.; Apr-Dez, ein oder zwei Maxima	schwach bis mässig eutroph, in Alpenrandseen mit Eutro- phierung eingewandert	herbivor, Filtrierer; parthenogenetisch (Subitaneier) und sexuell (Dauereier)
<b>Daphnia cucullata</b> stark zyklomorph, Helmbildung	transpaläark- tisch	Plankton in eutrophen Seen und Weihern, Epilimnion, Warmwasserart, kalkreich; meist Sommerform mit 1-2 Maxima	eutroph, fehlt in Alpenrandseen	herbivor, Filtrierer; parthenogenetisch (Subitaneier) und sexuell (Dauereier)

*Daphnia* sp. umfasst in den untersuchten Seen die Arten *D. hyalina* (DH), *D. galeata* (DG) und *D. cucullata* (DC). Alle drei Arten können Hybridpopulationen bilden, die nur schwer zuzuordnen sind und oft den grössten Teil der Gesamtpopulation ausmachen. Die Arten wurden im Briener-, Thuner- und Bielersee nur morphologisch unterschieden, im Neuenburger- und Murtensee wurden alle unter *Daphnia* sp. zusammengefasst.

DH lebt nachts im Oberflächenwasser der Seen, tagsüber wandert sie z.T. in tiefe Wasserschichten. DG und DC leben im Oberflächenwasser. DG und DC sind zudem reine Sommerarten, während DH, wenn auch in geringer Zahl, überwintert. Die Vermehrung erfolgt parthenogenetisch. Während zwei Phasen, im Klarwasserstadium und im Spätherbst, treten Männchen auf.

Das Auftreten von DG und DC deutet auf eutrophere Verhältnisse hin. In den Voralpenseen fehlen deshalb diese Arten.

Im Brienersee zeigte sich eine recht hohe Abundanz von DH von 1994 - 1998 mit jeweils zwei Maxima im Sommer (Juni, Juli) und Spätherbst (Oktober, November). Die Abundanz war jedoch deutlich abnehmend. Nach dem fast vollständigen Ausfall der Daphnien 1999 erholte sich der Bestand wieder ein wenig, die Maxima erreichten aber meistens noch maximal 50'000 Ind./m<sup>2</sup>. Insbesondere das Maximum im Frühsommer verschob sich generell Richtung Hochsommer und fiel teilweise fast mit dem Herbstmaximum zusammen. Die Bestandesentwicklung wies ab 2000 eine rückläufige Tendenz auf.

Im Thunersee kam ebenfalls nur DH vor. Die Morphologie war aber leicht verändert, leichte Formen von Zyklomorphose waren feststellbar. Die Bestände wiesen viel extremere Schwankungen (Maxima und Minima) auf, die Maxima im Frühsommer (April bis Juni) und Spätherbst (Oktober bis November) erreichten ähnliche Werte wie im Brienersee vor dem Rückgang (100'000 bis 140'000 Ind./m<sup>2</sup>). In den Jahren 2003 und 2004 lagen die Maxima sehr tief (um 20'000 bis 40'000 Ind./m<sup>2</sup>), ab 2005 wieder wie vor dem Rückgang.

Im Bielersee kamen alle drei Daphnien-Arten vor. Die Maxima lagen im Frühling (Mai/Juni) und Herbst (August - November) und erreichten Abundanzen von 300'000 bis 500'000 Ind./m<sup>2</sup>. Der Gesamtbestand zeigte einen leichten Rückgang von 1999 bis 2004, dann wieder höhere Werte. Der Bestand von DG und DC und ihr Anteil an der Sommerpopulation lag von 1996 bis 1999 sehr tief, nahm dann aber deutlich zu.

Im Neuenburgersee und Murtensee wurden die Daphnienarten nicht unterschieden. Im Neuenburgersee lagen die Abundanzen in einem ähnlichen Bereich wie im Bielersee, die Maxima erreichten 200'000 bis 400'000 Ind./m<sup>2</sup>. Eine deutliche Tendenz war nicht feststellbar. Im Murtensee erreichten

die Maxima 1999 und 2000 Abundanzen über 1 Mio. Ind./m<sup>2</sup>, dann gingen sie aber deutlich zurück auf 100'000 bis 200'000 Ind./m<sup>2</sup> ab 2002. Insbesondere 2006 lagen die Abundanzen sehr tief.

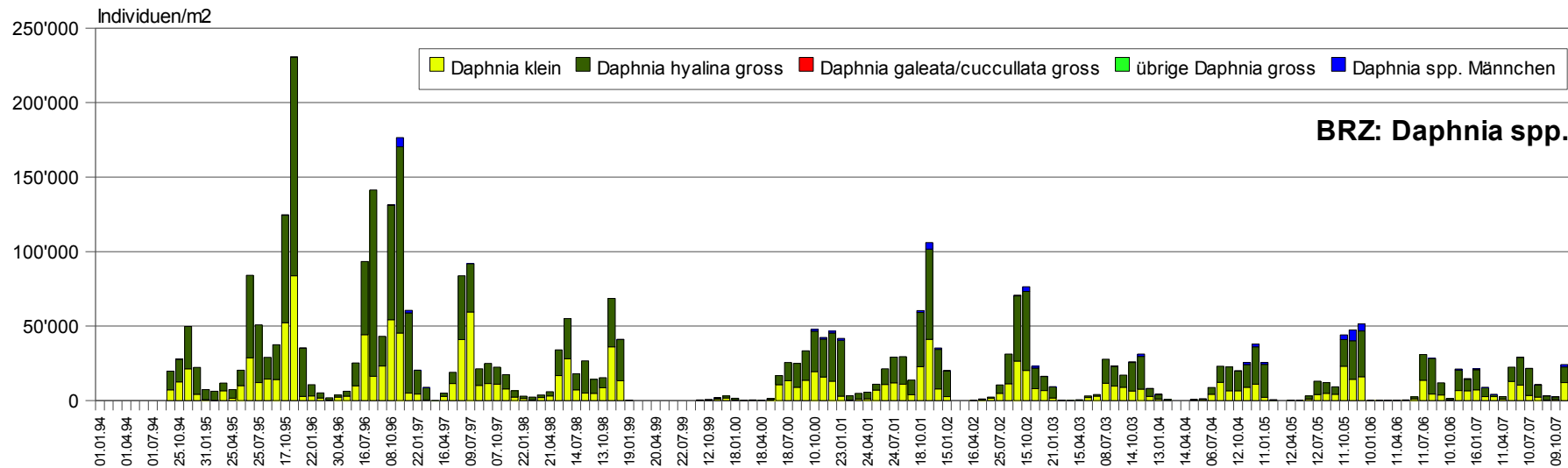


Abbildung 4.6.1: Brienzsee - Daphnia spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

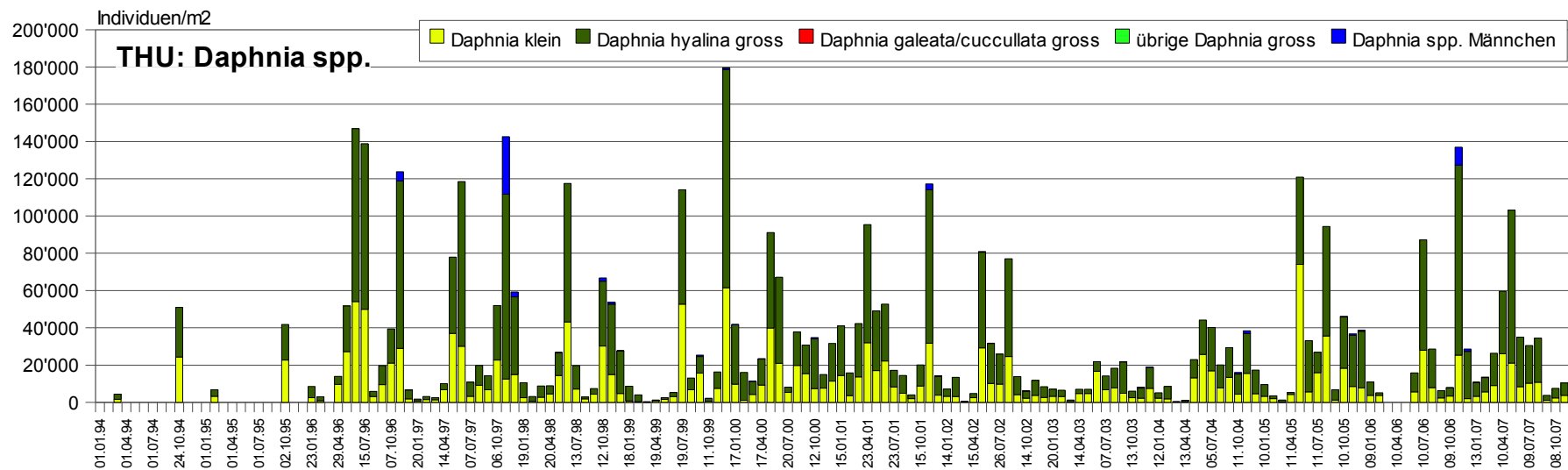


Abbildung 4.6.2: Thunersee - Daphnia spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

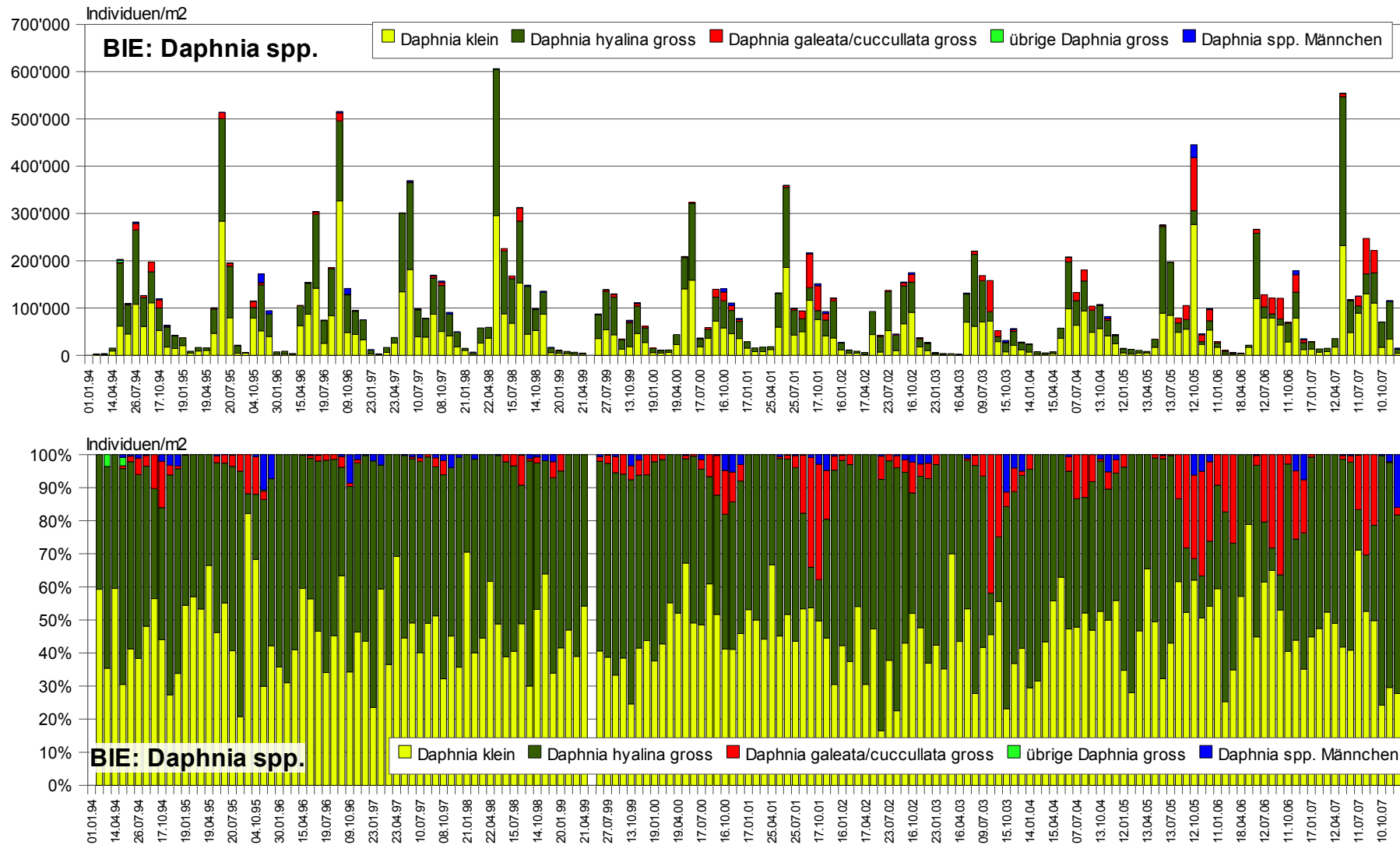


Abbildung 4.6.3: Bielersee - Daphnia spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

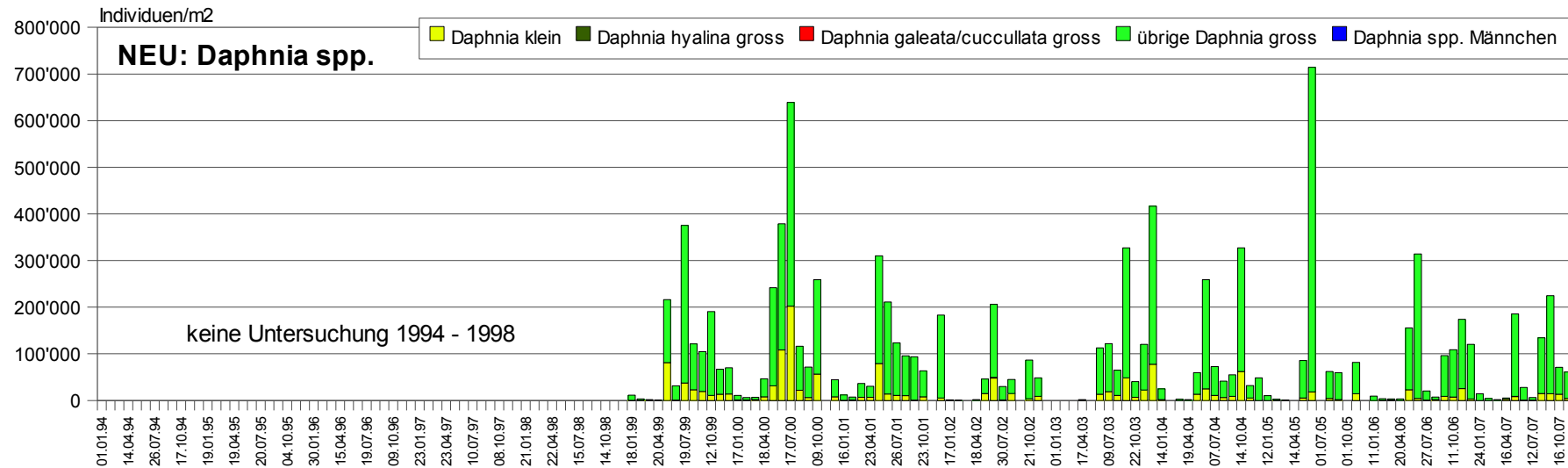


Abbildung 4.6.4: Neuenburgersee - Daphnia spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m); die Daphnien wurden nicht unterschieden nach Arten.

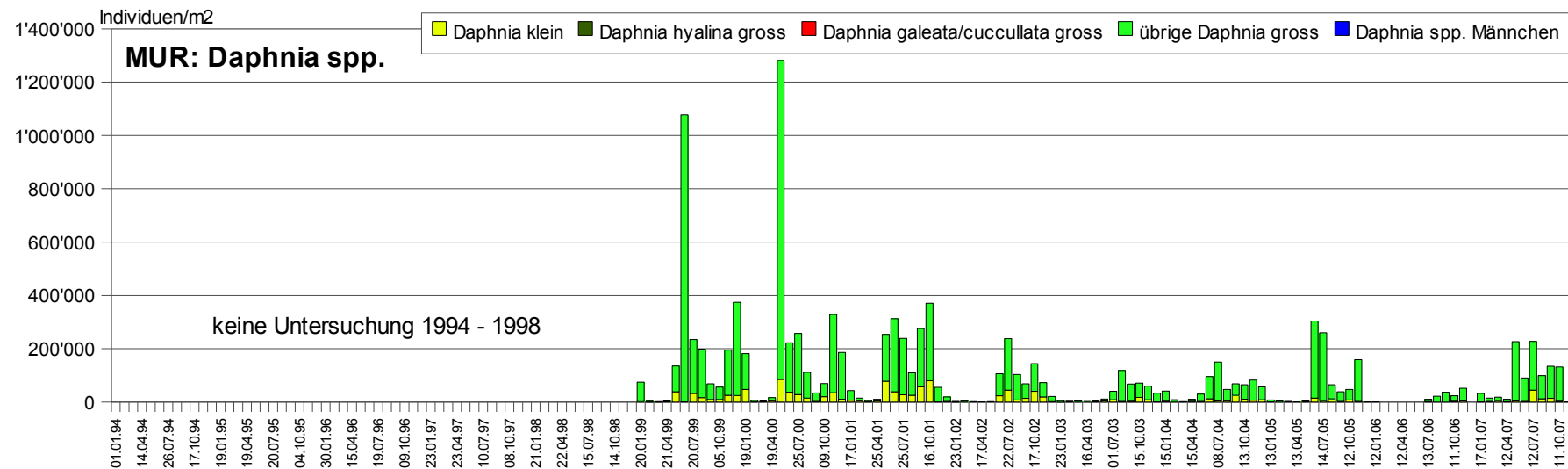


Abbildung 4.6.5: Murtensee - Daphnia spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m); die Daphnien wurden nicht unterschieden nach Arten.

#### 4.7 *Bosmina* spp.

<b>Eubosmina longispina</b> nur schwach zyklomorph	Nord-Europa, Alpen	Grosse, tiefe, nährstoffarme Seen, vereinzelt in Bergseen, pelagisch, hauptsächlich im Epilimnion, Vertikalwanderung; Kaltwasserform, ganzjährig, unregelmässig, Max im Frühling	oligotroph	herbivor, filtriert; subitan
<b>Eubosmina coregoni</b> mittel bis sehr stark zyklomorph, sehr variabel ( <i>E. mixta kessleri</i> )	Mitteleuropa, verbreitet	Verschiedene, nährstoffreiche Gewässer: Seen, grössere Teiche, Altwässer; Epilimnion, planktisch; 1-2 Maxima zwischen Mai und Herbst, z.T. überwintert	verdrängt in den eutrophierten Alpenrandseen <i>E. longispina</i>	herbivor, filtriert; subitan
<b>Bosmina longirostris</b> sehr stark zyklomorph <i>B.l. var. breviostris</i> <i>B.l. var. cornuta</i> <i>B.l. var. curvirostris</i>	weltweit, häufig	Kleine eutrophe Seen, Teiche, in den Alpen bis subalpin, Litoral und Pelagial, in den Alpenrandseen nur Litoral; pelag. Populationen von Epi- bis Hypolimnion (Vertikalwanderung); ganzjährig, Maxima im Frühsommer und evtl. Herbst	ersetzt in eutrophierten Seen <i>E. longispina</i> , eutroph	herbivor, filtriert; subitan

Die Gattung *Bosmina* tritt in verschiedenen Arten auf. Dabei sind die Arten der Untergattung *Eubosmina* oft sehr schwierig zu unterscheiden und wurden deshalb zusammengefasst. Die Art *Bosmina longirostris* (BR) ist relativ einfach davon zu unterscheiden, allerdings erhöht sich der Zählaufwand beträchtlich, wenn auch die juvenilen Individuen aufgetrennt würden. In den früheren Untersuchungen sind meist nur Daten zu *Bosmina sp.* verfügbar.

*Eubosmina longispina* (BS) kann auch bei eher oligotrophen Bedingungen grössere Maxima bilden, während *Bosmina longirostris* dies nur bei optimalen Nahrungsbedingungen in eutrophen Seen tut. Beide Arten zeigen sehr grosse Bestandesunterschiede von Jahr zu Jahr und meist ein oder mehrere kurze Maxima im Sommer. Im Winter sind die Abundanzen meist gering.

Im Brienersee wurde nur sehr vereinzelt *Eubosmina sp.* nachgewiesen. Im Thunersee trat bis 1998 ein relativ grosser Bestand mit Maxima bis über 100'000 Ind./m<sup>2</sup> auf. Dann aber trat ein abrupter Rückgang auf, nur unterbrochen von einem hohen Maximum 2005. 2003 und 2006 wurden kaum Individuen festgestellt.

Die langfristige Entwicklung der *Bosminidae* im Bielersee zeigte eher geringe Abundanzmaxima 1974/75, eine sehr dominierende Rolle 1978 und relativ hohe Maxima 1987/88. Ab 1994 zeigte sich eine Zunahme bis zu einem hohen Maximum 1997 (1.1 Mio. Ind./m<sup>2</sup>), dann aber ein deutlicher Rückgang. Ab 2002 traten nur noch jeweils einzelne höhere Maxima auf, dazwischen aber sehr tiefe Abundanzen. 1987/88 und auch am Anfang der Untersuchungsperiode war der Anteil von *Bosmina longirostris* an der Population recht hoch, ging dann aber stark zurück. Erst ab 2005 nahm er wieder zu.

Im Neuenburgersee war während der Untersuchungsperiode vor allem *Eubosmina spp.* zu beobachten, *Bosmina longirostris* erreichte nur einen kleinen Anteil. Die Maxima erreichten 300'000 (1999) bis 720'000 Ind./m<sup>2</sup> (2004), um anschliessend auf Werte um 150'000 bzw. 50'000 Ind./m<sup>2</sup> (2007) abzunehmen. Dies deutet auf einen Bestandesrückgang in den letzten Jahren hin.

Im Murtensee war 1999 bis 2001 BR im Sommer und BS im Winter die dominante Art bei sehr hoher Abundanz (bis 450'000 Ind./m<sup>2</sup>). 2002 und 2003 waren nur noch jeweils im August hohe Maxima von BR zu beobachten. Anschliessend brachen die Bestände völlig zusammen.



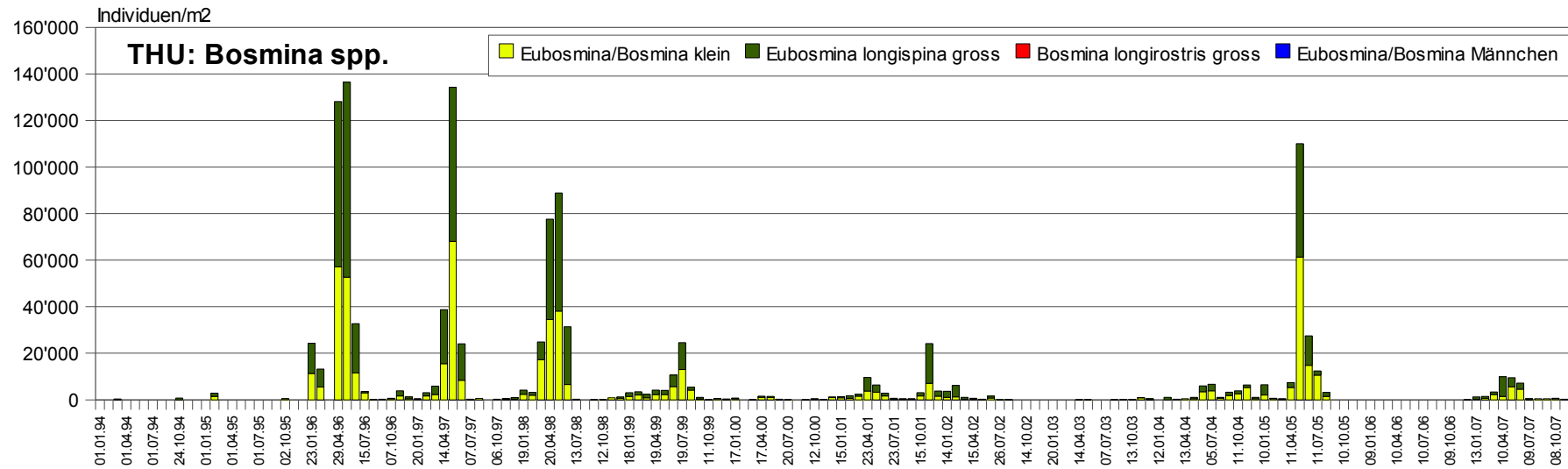


Abbildung 4.7.1: Thunersee - Eubosmina/Bosmina spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

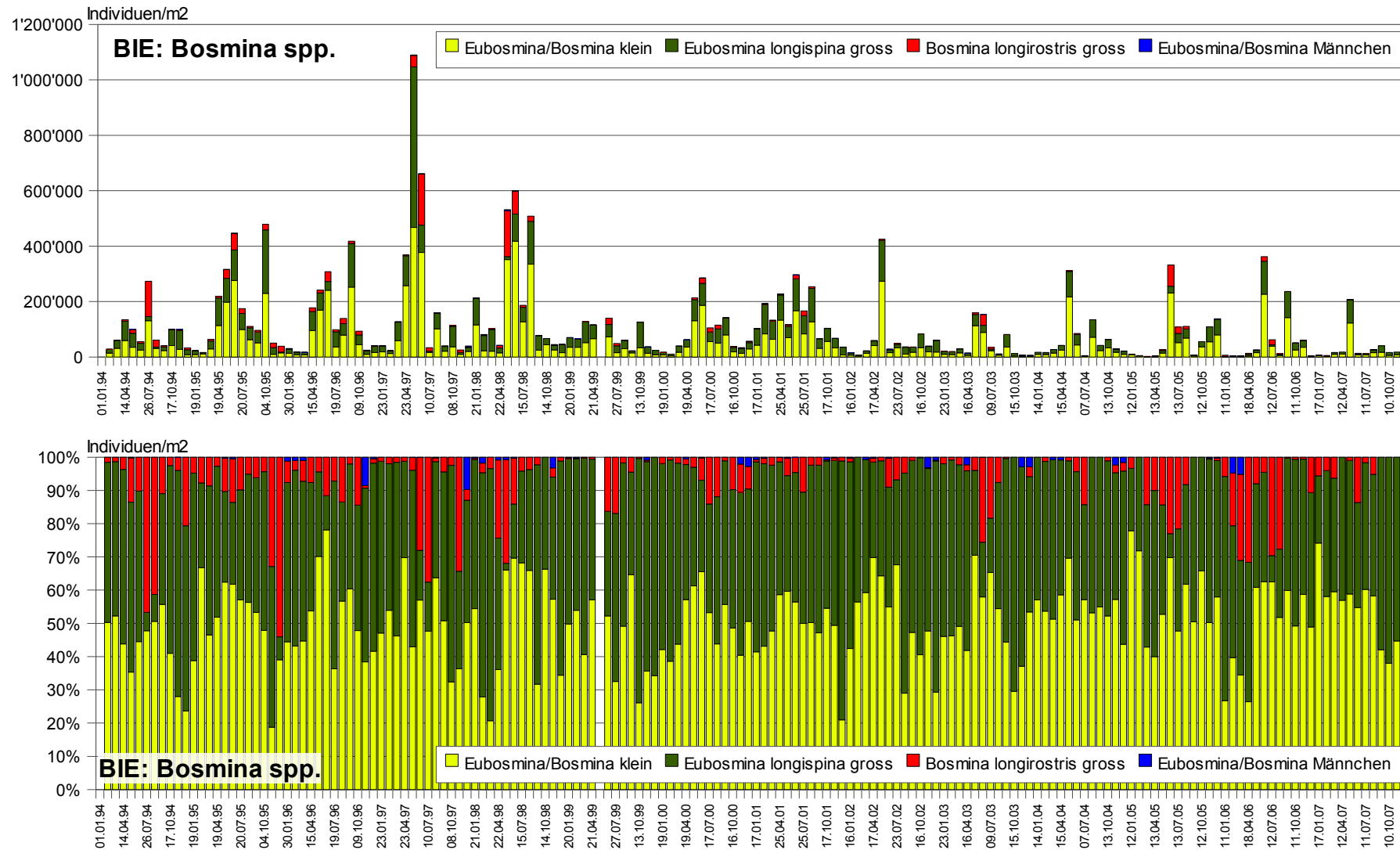


Abbildung 4.7.2: Bielersee - Eubosmina/Bosmina spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

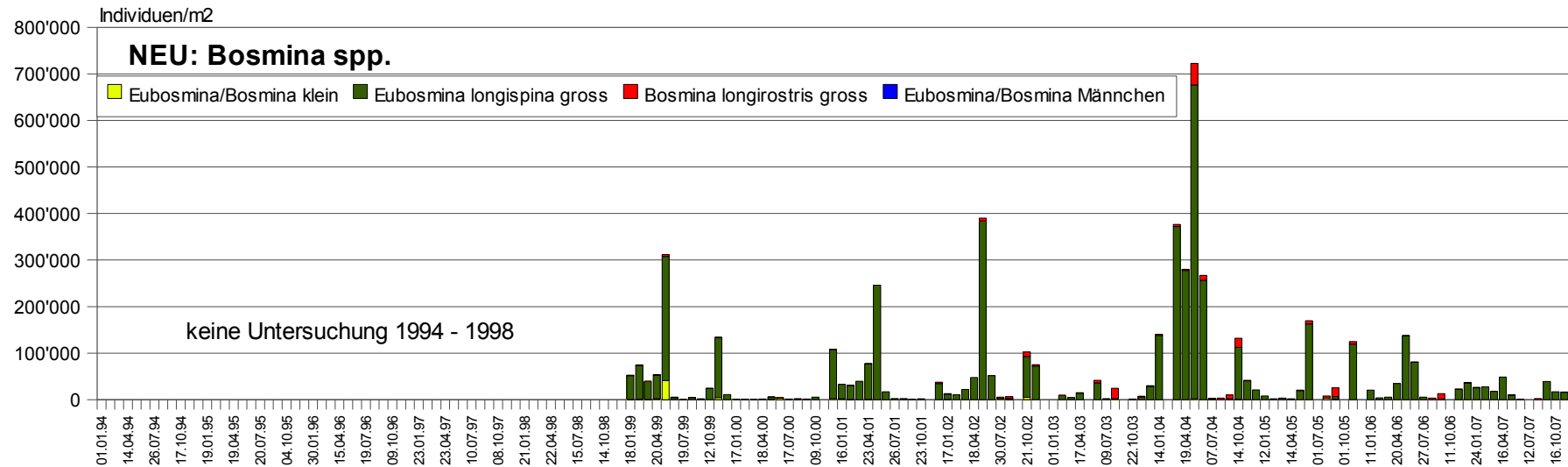


Abbildung 4.7.3: Neuenburgersee - Eubosmina/Bosmina spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

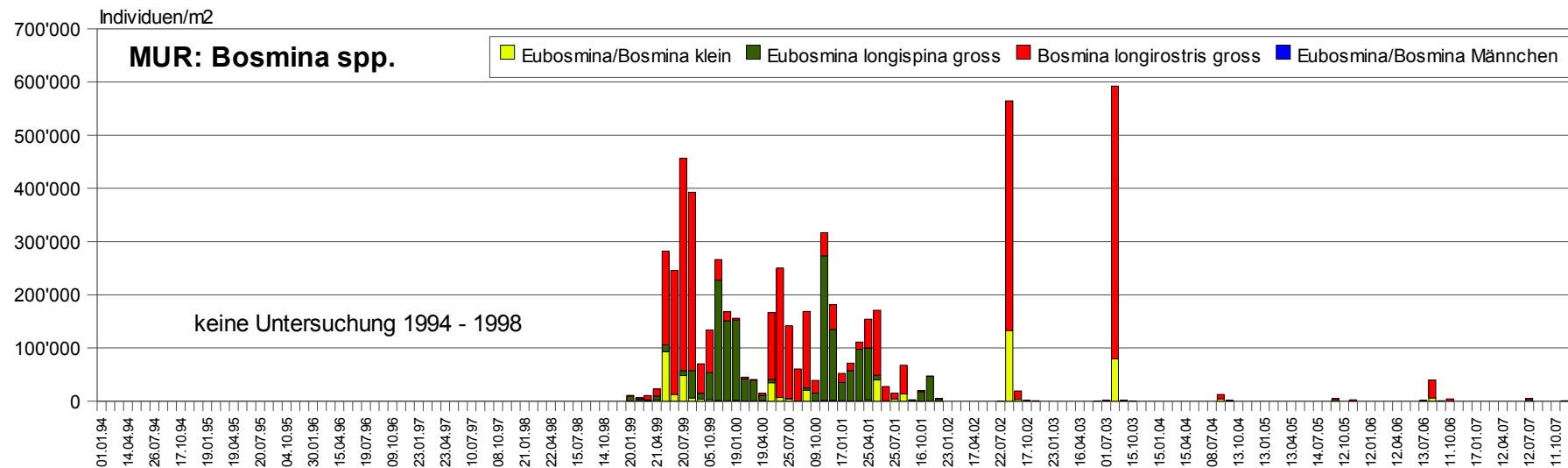


Abbildung 4.7.4: Murtensee - Eubosmina/Bosmina spp. (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

#### 4.8 *Diaphanosoma brachyurum*

<b>Diaphanosoma brachyurum</b>	holarktisch, häufig	planktische Art; typisch in Teichen und Weihern, aber auch in nicht zu nährstoffarmen Seen, Epilimnion, kleine Vertikalwanderung, z.T. auch im Litoral; gemässigte Warmwasserart, 1 Maximum im Sommer/Herbst; filtriert Mikroalgen, Detritus und Bakterien	vermutlich gefördert durch leichte Eutrophierung	herbi-/detritivor; Subitaneier (parthenogenetisch) und Dauereier
--------------------------------	---------------------	--	--	--

*Diaphanosoma brachyurum* (DB) ist eher eine Art aus Kleingewässern. Sie kommt neben dem Bielersee auch im Neuenburger- und Murtensee, im Sempacher- und Greifensee, im Moos- und Gerzensee, im Sängeliweiher sowie früher im Bodensee (1950) vor. Im Bodensee trat sie vor einigen Jahren wieder in Erscheinung, im Thuner- und Brienersee im Laufe dieser Untersuchung (siehe unten).

DB bildet jeweils ein Maximum im Spätsommer mit zunehmendem Männchenanteil gegen den Spätherbst hin. Die letzten Individuen verschwinden im November/Dezember. DB lebt hauptsächlich im Epilimnion.

DB fehlte früher in den oligotrophen Alpenrandseen. In mesotrophen Verhältnissen scheint sie ihr Optimum zu haben, während sie bei starker Eutrophierung wieder verschwindet.

Im Brienersee trat DB erstmals im Herbst 2005 im Pelagial auf, noch in kleiner Abundanz. Im Sommer/Herbst 2006 und 2007 erreichte sie dann Abundanzmaxima über 40'000 Ind./m<sup>2</sup> und im September/Oktober sogar höhere Abundanzen als *Daphnia sp.* Dies ist eine sehr interessante Entwicklung, die eigentlich nicht den gängigen Erwartungen entspricht.

Im Thunersee trat DB nur in Einzelfunden auf, allerdings ab 2006 regelmässiger als früher. Einen Bestand im Pelagial bildete sie aber bis jetzt nicht aus.

Im Bielersee wurde DB in den alten Berichten erwähnt. 1974 und 1978 fehlte sie. 1987/88 zeigte sie ähnliche Abundanzen wie ab 1994. DB erreichte jeweils im August oder September das Abundanzmaximum um 200'000 bis 400'000 Ind./m<sup>2</sup>. Die Höhe der Maxima schwankt sehr stark (1998 mit 1.5 Mio. bzw. 1995 und 1999 mit 50'000 Ind./m<sup>2</sup>). Eine Entwicklungstendenz ist nicht zu beobachten.

Im Neuenburgersee war ein ähnlicher Bestand wie im Bielersee zu beobachten. Die Maxima lagen im Oktober oder September und erreichten 20'000 (2002) bis 300'000 Ind./m<sup>2</sup> (2004). Eine entsprechende Bestandesentwicklung wurde auch im Murtensee beobachtet, mit einem höchsten Maximum von 450'000 Ind./m<sup>2</sup> (2002).

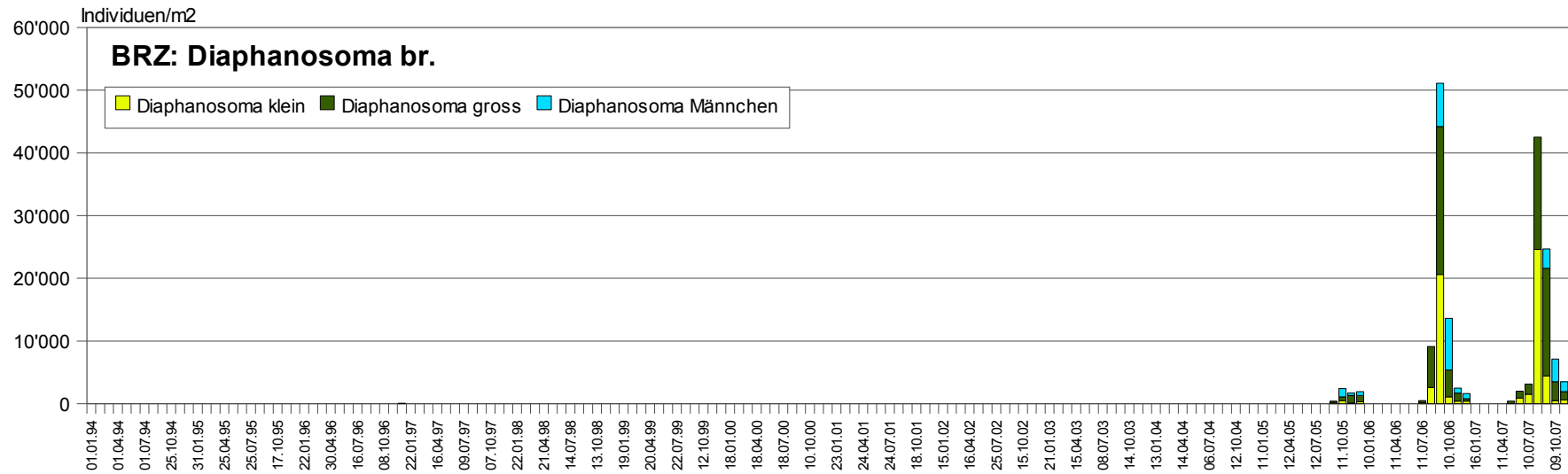


Abbildung 4.8.1: Brienersee - *Diaphanosoma brachyurum* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

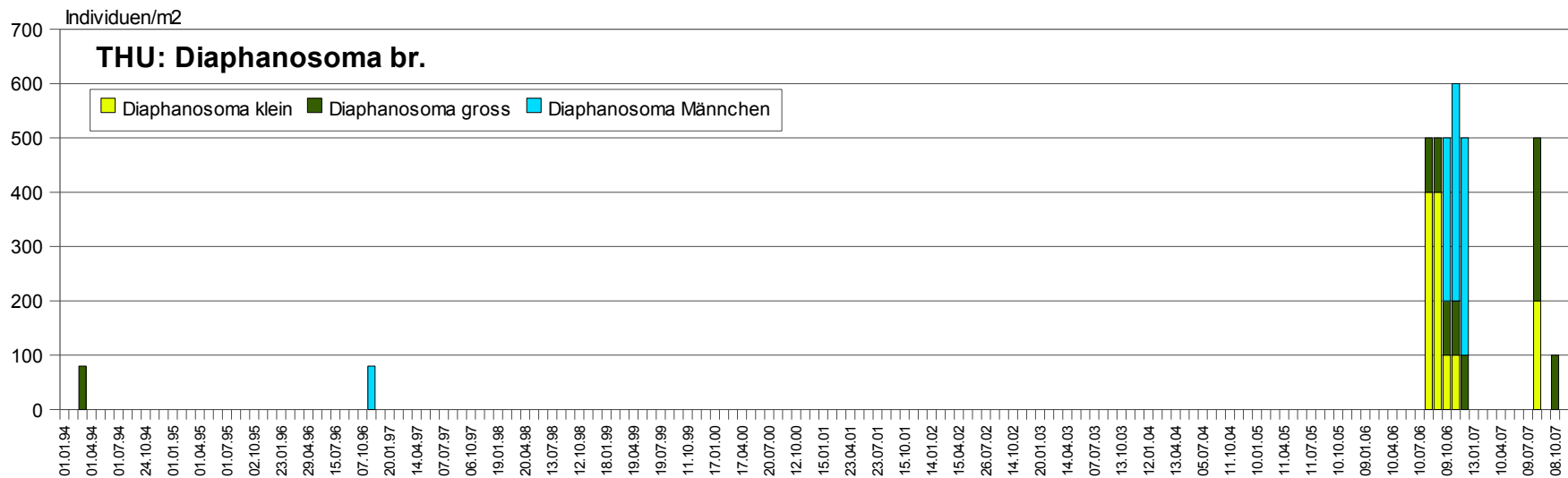


Abbildung 4.8.2: Thunersee - *Diaphanosoma brachyurum* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

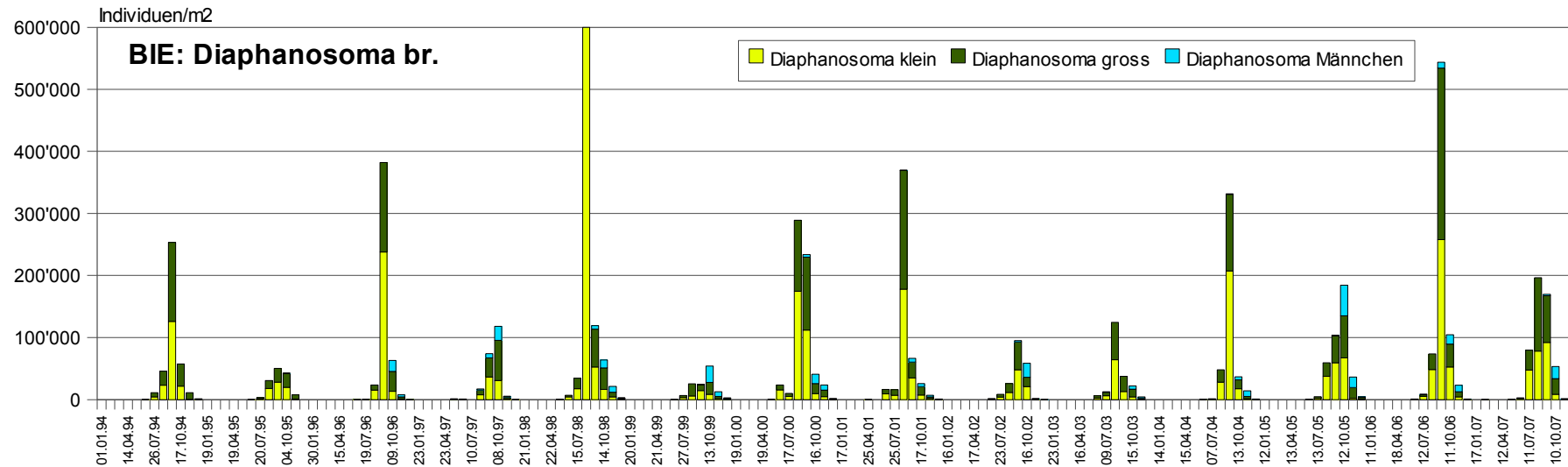


Abbildung 4.8.3: Bielersee - *Diaphanosoma brachyurum* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m, Maximum 08/1998 bei 1.48 Mio. Ind./m<sup>2</sup>)

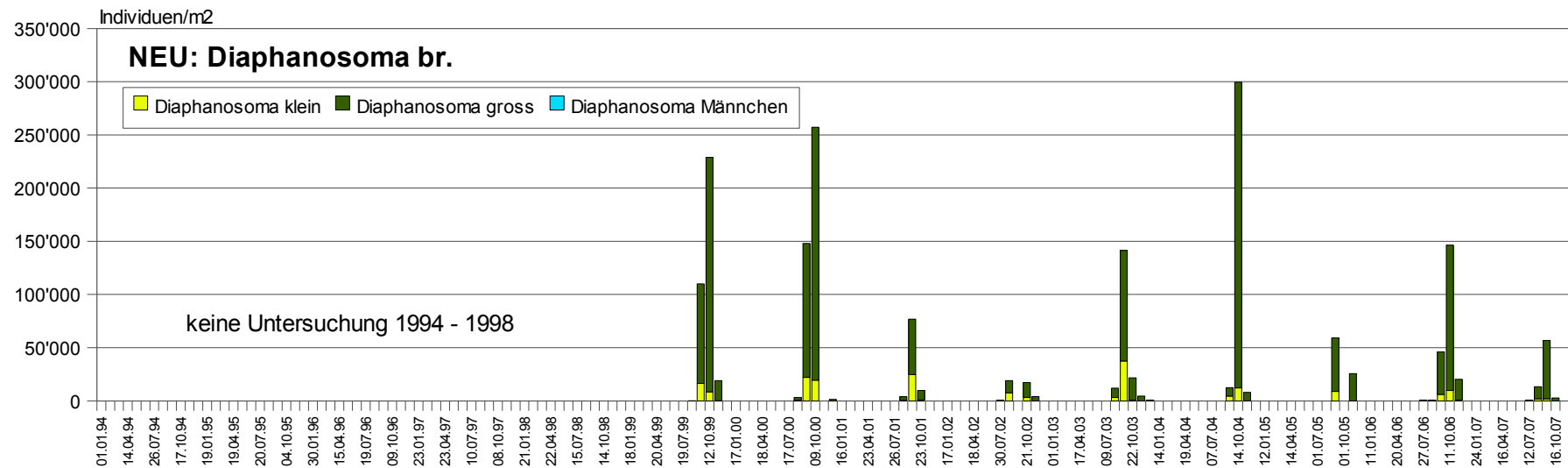


Abbildung 4.8.4: Neuenburgersee - *Diaphanosoma brachyurum* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

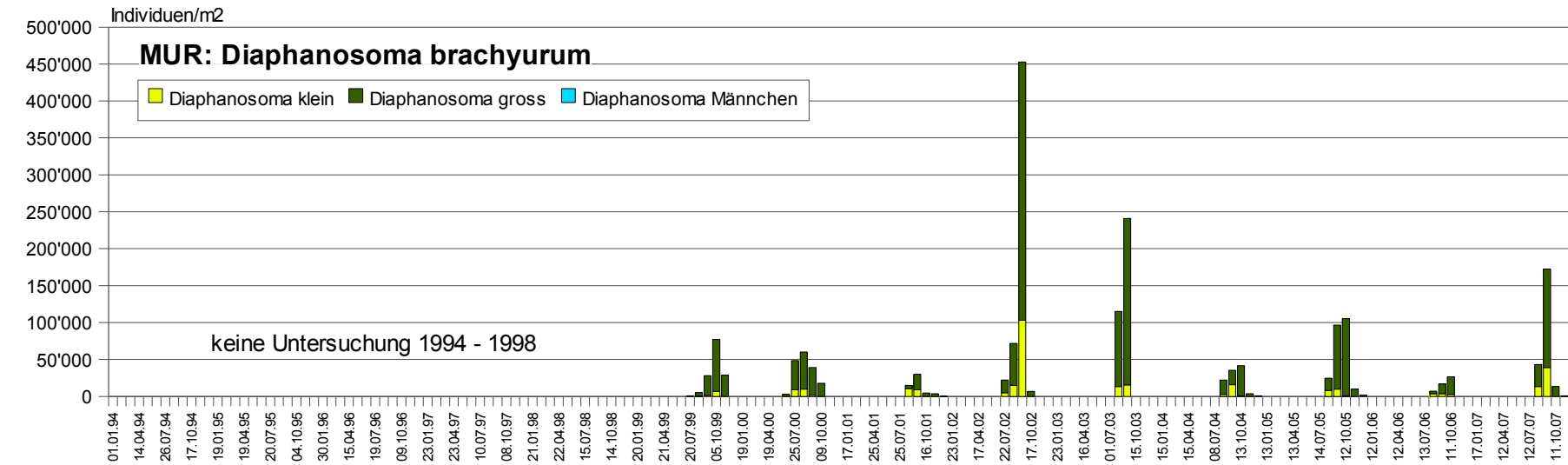


Abbildung 4.8.5: Murtensee - Diaphanosoma brachyurum (Individuen pro m², 0 - 40 m)

## 4.9 *Leptodora kindtii*

<b>Leptodora kindtii</b>	verbreitet	Seenpelagial grösserer Seen, z.T. auch freie Wasserfläche von grösseren Teichen; epilimnisch, Vertikalwanderung; Räuber: Cladoceren und Copepoden; Sommerform, Juni bis Nov	zahlreich in eutrophen Gewässern, in oligotrophen Alpenrandseen eher weniger wichtig;	carnivor; parthenogenetisch und Dauereier
--------------------------	------------	---	---	---

*Leptodora kindtii* (LK) kommt im Epilimnion von grossen Seen vor. Sie ist eine reine Sommerform, die meist zwischen Mai und Oktober auftritt.

LK scheint mesotrophe oder eutrophe Gewässer zu bevorzugen.

Sie kam im Untersuchungszeitraum in allen 5 Seen vor, mit zunehmender Abundanz vom Brienersee (Maxima 2000 bis 3000 Ind./m<sup>2</sup>) über Thunersee und Bielersee zum Neuenburgersee (Maxima regelmässig über 10'000 Ind./m<sup>2</sup>). Im Murtensee entsprachen die Maxima etwa denjenigen im Thuner- und Bielersee (2000 bis 10'000 Ind./m<sup>2</sup>) mit einer extremen Ausnahme 2001 (70'000 Ind./m<sup>2</sup>).

Die zeitliche Entwicklung von LK zeigt keine deutlich Tendenz.

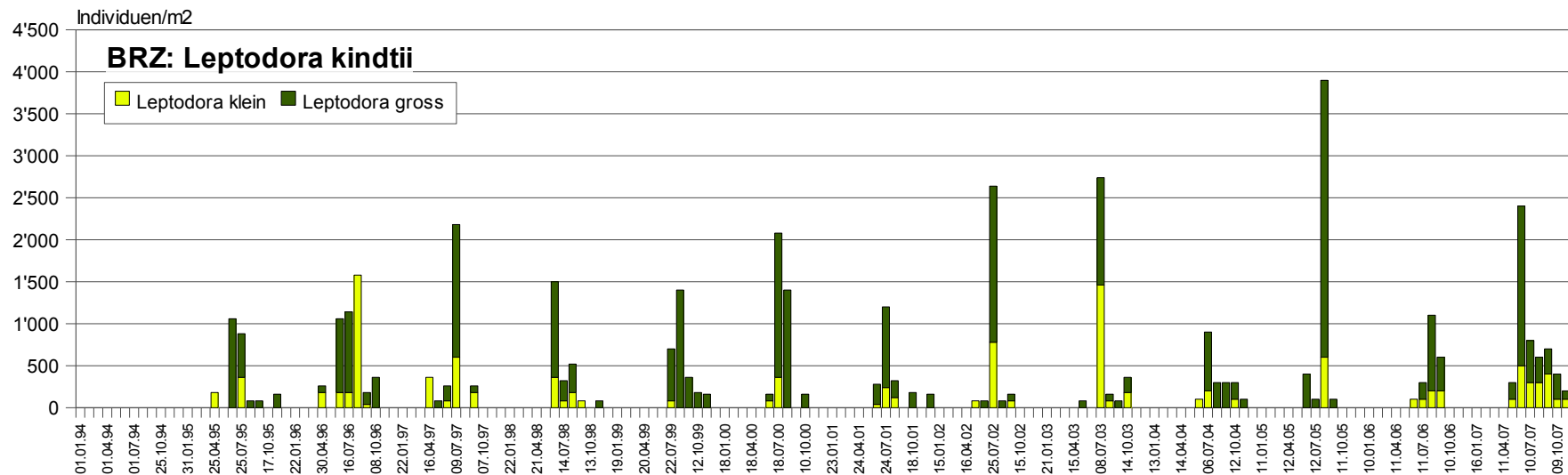


Abbildung 4.9.1: Brienersee - *Leptodora kindtii* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)



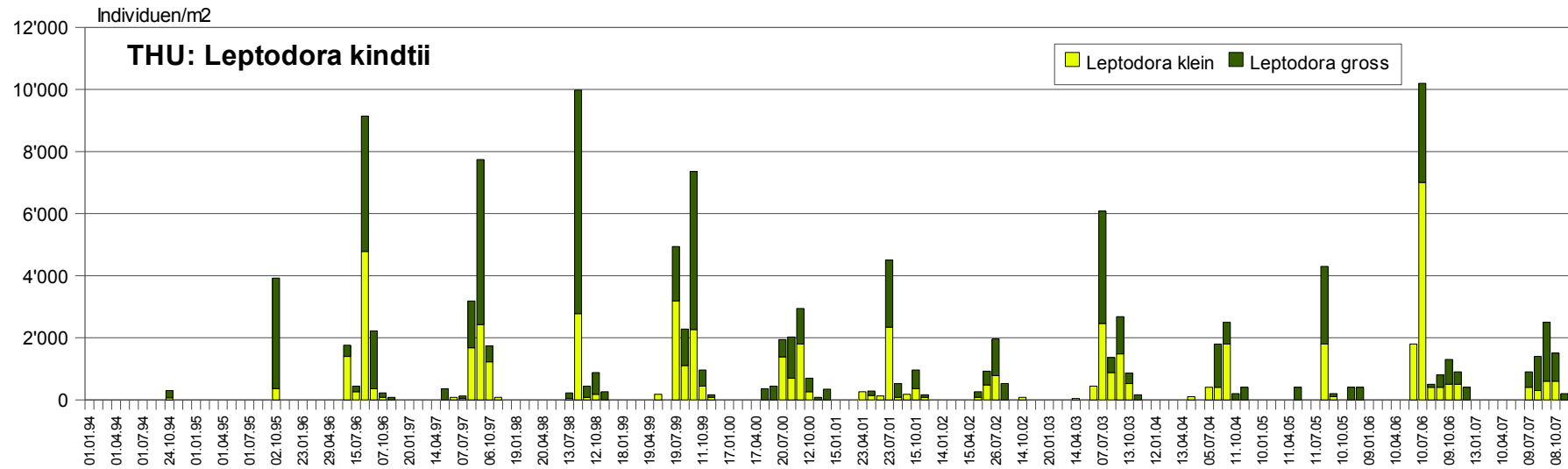


Abbildung 4.9.2: Thunersee - Leptodora kindtii (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

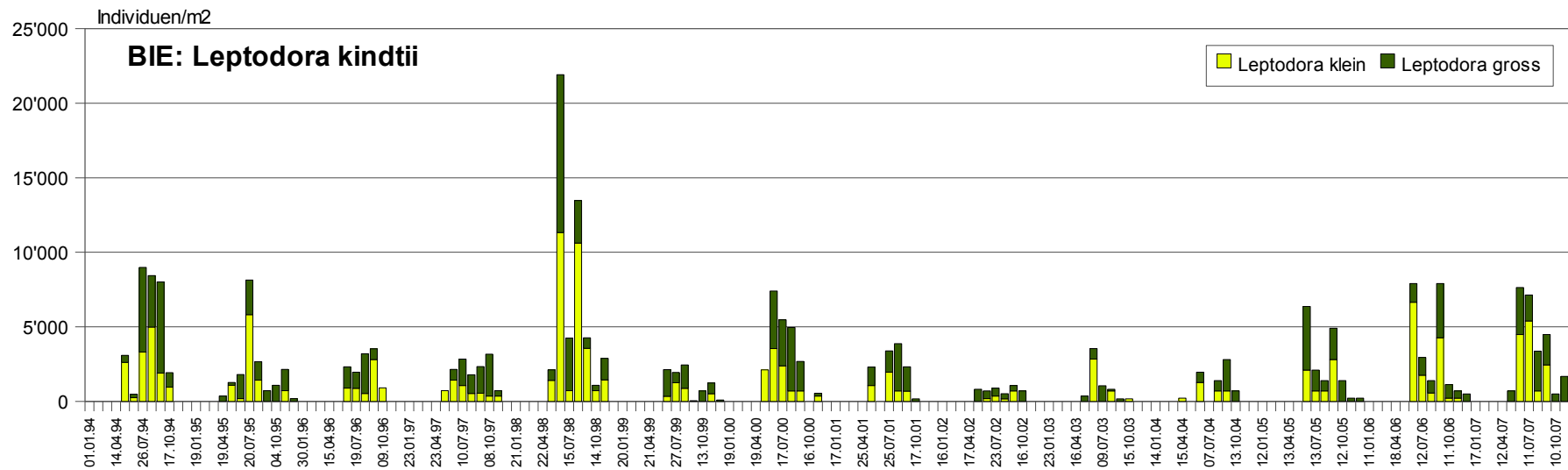


Abbildung 4.9.3: Bielersee - Leptodora kindtii (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

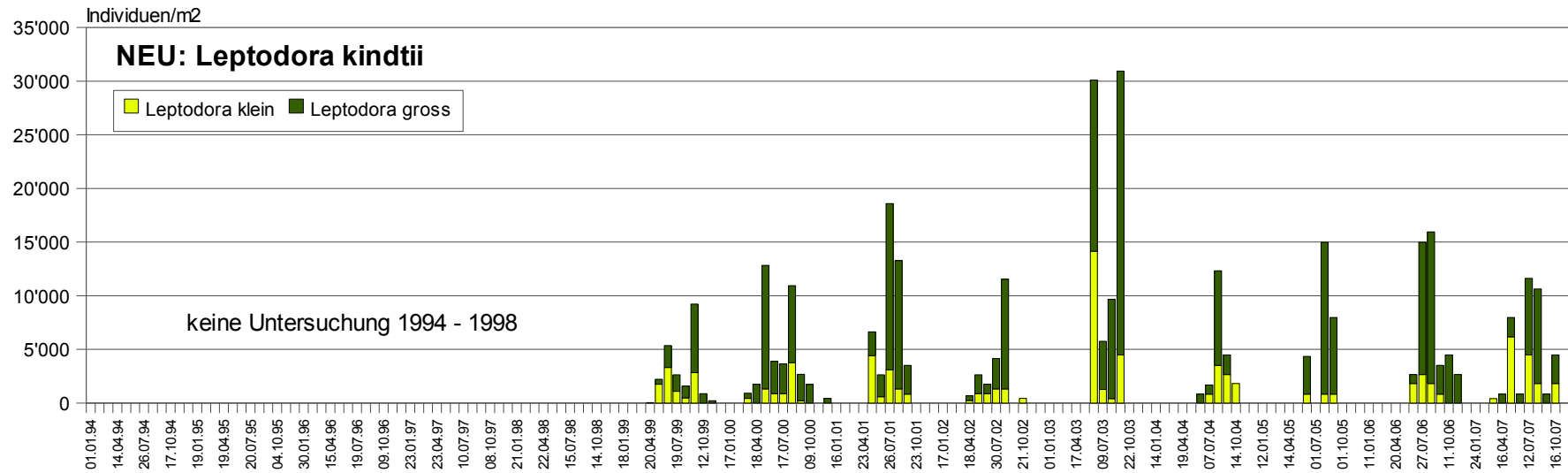


Abbildung 4.9.4: Neuenburgersee - Leptodora kindtii (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

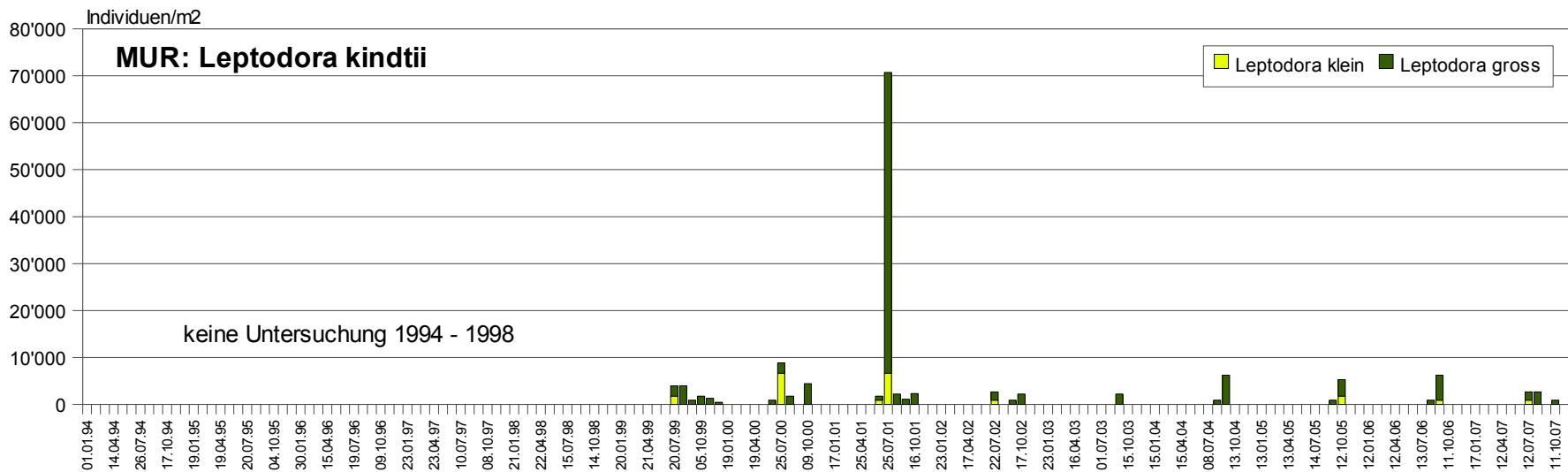


Abbildung 4.9.5: Murtensee - Leptodora kindtii (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

#### 4.10 *Bytotrephes longimanus*

<b>Bytotrephes longimanus</b>	N-Europa, Alpen-(vorland)	in eher grösseren und tieferen See, rein planktisch, im Pelagial, mit Vertikalwanderung (tags tief); ausschliesslich Räuber (plankt. Crust.); meist Apr-Dez, Maximum zwischen Juni und Okt, schwankt jahresweise	oligotroph bis mässig eutroph	carnivor; parthenogenetisch und Dauereier
-------------------------------	---------------------------	--	-------------------------------	---

*Bytotrephes longimanus* (BY), als zweite Raubcladocerenart, kommt auch hauptsächlich in grossen Seen vor, scheint aber zum Teil in hocheutrophen Gewässern zu fehlen (z.B. Sempachersee, Greifensee, Murtensee).

BY tritt ab Sommer bis in den Winter hinein auf, hat also eine etwas längere "Saison" als *Leptodora kindtii*. Die Abundanz-Maxima liegen allerdings etwas tiefer. BY kommt auch in tieferen Wasserschichten vor.

Im Brienersee trat BY regelmässig im Sommer und Herbst auf mit Maxima bis über 2000 Ind./m<sup>2</sup>. 1999 und 2000 fehlte BY im Sommer und bildete nur einen kleinen Bestand im Herbst. Nach einer leichten Erholung des Bestandes ab Herbst 2002 verschwand BY ab Herbst 2004 vollständig aus den Brienerseeeproben.

Im Thunersee bildete BY einen relativ grossen Bestand. Die Maxima erreichten teilweise über 4000 Ind./m<sup>2</sup>. Die jahreszeitliche Entwicklung war sehr unregelmässig, BY kam im Thunersee fast das ganze Jahr über vor, die Zeit der Maxima lag nicht zu einer fixen Jahreszeit. Der Bestand schien ab ca. 2000 leicht abzunehmen.

Im Bielersee war der Bestand auch zu Beginn der Untersuchung 1994 nicht sehr hoch (Maxima 1994 und 1995 über 2000 Ind./m<sup>2</sup>), nahm aber dann deutlich ab. Ab 2000 wahr das Vorkommen dann nur noch unregelmässig.

Im Neuenburgersee lagen die Maxima meistens zwischen 4000 und 12'000 Ind./m<sup>2</sup>. 1999 - 2001 war BY noch während längerer Zeit innerhalb eines Jahres präsent. Ab 2002 trat BY immer noch in relativ hohen Sommermaxima auf, war aber während der übrigen Zeit des Jahres fast verschwunden. Erst ab 2006 war BY wieder regelmässiger im Pelagial zu finden.

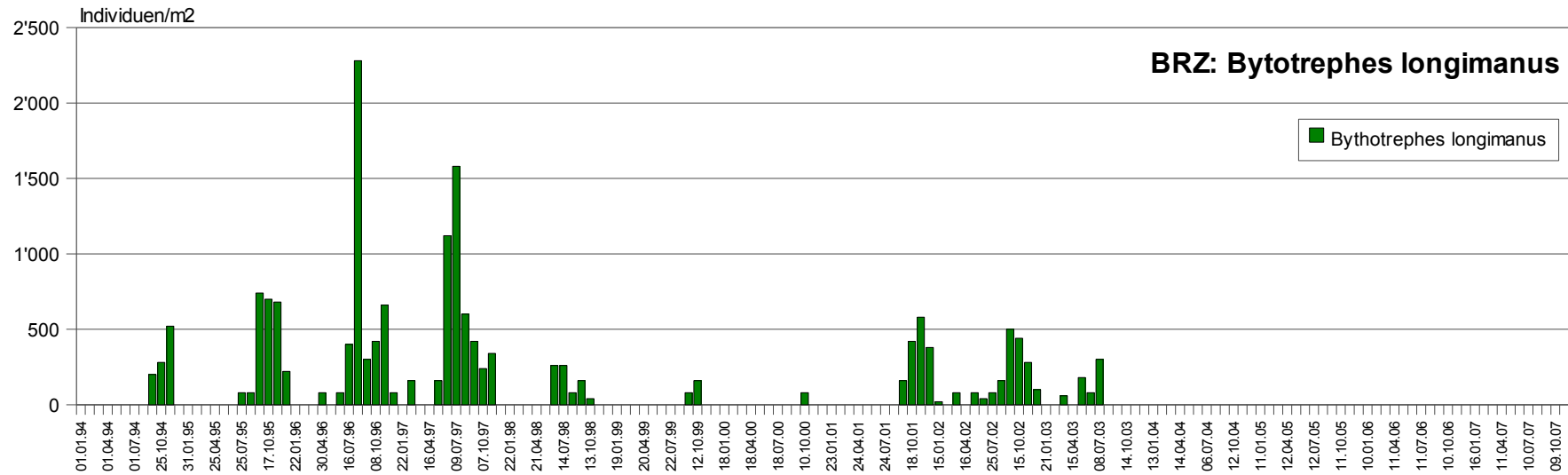


Abbildung 4.10.1: Brienzsee - *Bythotrephes longimanus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

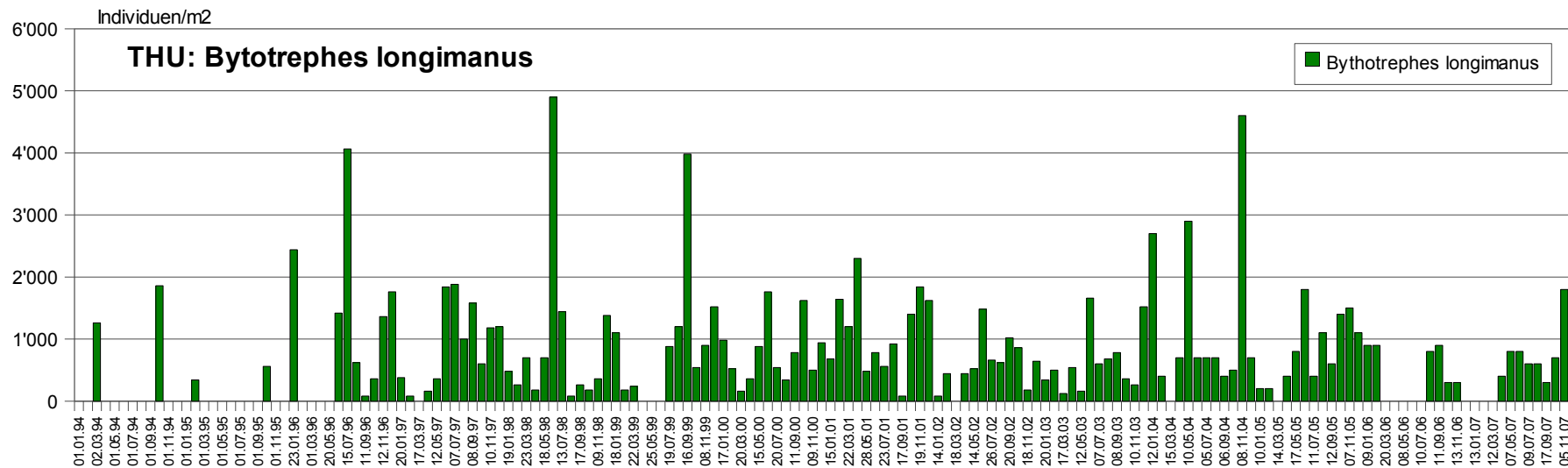


Abbildung 4.10.2: Thunersee - *Bythotrephes longimanus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

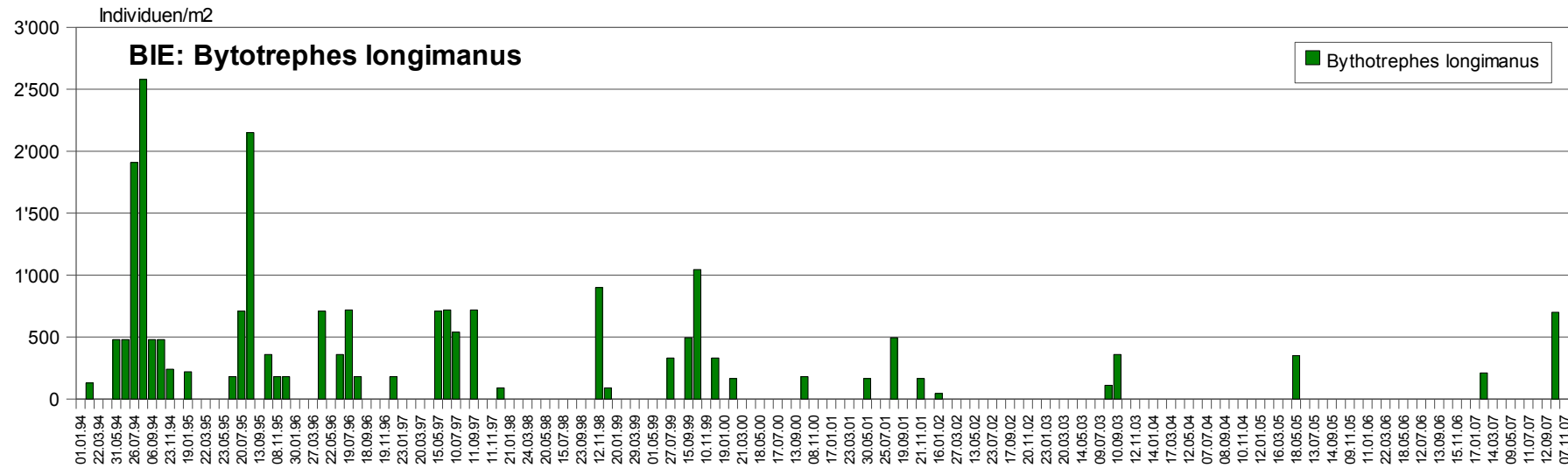


Abbildung 4.10.3: Bielersee - *Bythotrephes longimanus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

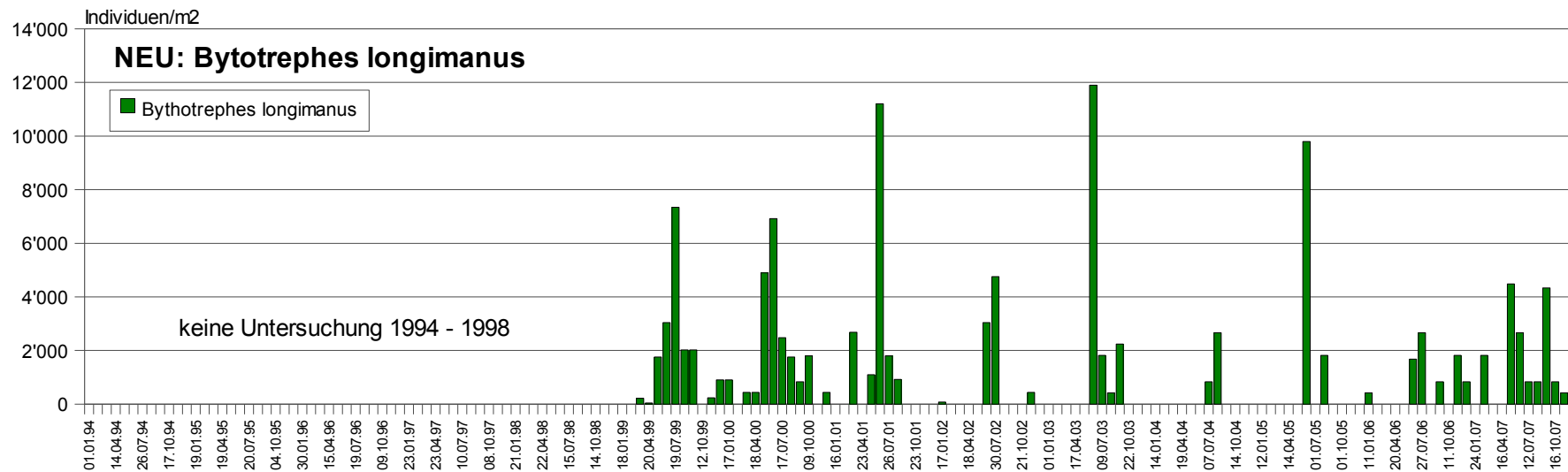


Abbildung 4.10.4: Neuenburgersee - *Bythotrephes longimanus* (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

## 5. Die Seen

### 5.1 Brienersee

Das **Phytoplankton** (Abb. 5.1.1 und 5.1.6) zeigte im Brienersee jeweils ein Hauptmaximum im Frühsommer/Sommer und eine zweites im Herbst, allerdings meistens ohne deutlichen Rückgang dazwischen. Die Maxima erreichten 15 bis etwas über 20 g/m<sup>2</sup>. Eine leicht abnehmende Tendenz war insbesondere beim Mikroplankton zu beobachten.

Die **Nauplien** (Abb. 5.1.2) zeigten meistens ein Maximum im Frühling (März/April) und teilweise ein zweites im Sommer. Dieser Jahresverlauf war aber ab 2006 weniger deutlich. Die Maxima erreichten 1995 bis 1998 regelmässig über 300'000 Ind./m<sup>2</sup>, ab 2001 lagen sie meistens unter 200'000 Ind./m<sup>2</sup>. Dies deutet auf eine leicht rückläufige Tendenz hin.

Die **Gesamtabundanz der Crustaceen** (ohne Nauplien, Abb. 5.1.3, 5.1.7 und 5.1.8) zeigte jeweils zwei Maxima mit Abundanzen bis über 400'000 Ind./m<sup>2</sup>. Die Maxima erreichten aber ab 1997 nur noch Werte zwischen 200'000 und 300'000 Ind./m<sup>2</sup>. Das Frühlingmaximum wurde primär durch die *Copepoda* gebildet (meisten Anteil über 95% an der Abundanz), das Herbstmaximum zu einem Teil durch die *Cladocera* (Anteil 20 - 50%).

Die Jahresmittelwerte lagen meist um 10 g/m<sup>2</sup> Frischgewicht bzw. um 150'000 Ind./m<sup>2</sup>, mit deutlich höheren Werten 1995 und 1996 und sehr tiefen Werten 1999 und 2006 (vor allem Biomasse, weniger *Daphnia sp.*). Die Biomasse schien dabei relativ konstant zu bleiben (vgl. Ausnahmen), während die Abundanz auf eine leichte Abnahme deutet. Dieser ist wahrscheinlich auf einen Rückgang der *Cladocera* zurückzuführen, deren Anteil von 25% (am Jahresmittel der Abundanz) 1994-1996 auf 10-15% 2003-2007 zurückging.

Die Abundanz der **Copepoda** (ohne Nauplien, Abb. 5.1.4 und 5.1.9) zeigte relativ starke Schwankungen im Jahresverlauf. Meistens trat ein erstes Maximum im Frühling (ab April) auf, dann teilweise ein zweites im Herbst (September/Oktober). Die Maxima erreichten zwischen 200'000 und 400'000 Ind./m<sup>2</sup>. Im Sommer erfolgte ein leichter, im Winter (Februar, März) meist ein sehr deutlicher Rückgang. Der Hauptanteil wurde durch *Eudiaptomus gracilis* gebildet. Im Frühling trugen auch *Mixodiaptomus laciniatus* (10 - >50%), im Sommer *Cyclops abyssorum* (knapp 10%) wesentlich dazu bei.

Die Jahresmittelwerte gingen tendenziell zurück von über 150'000 Ind./m<sup>2</sup> 1995-1997 auf Werte von 100'000 bis 130'000 Ind./m<sup>2</sup>. Die Schwankungen waren aber relativ gross und unregelmässig. Die Anteile der Arten lagen zwischen 55 und 79% für *Eudiaptomus gracilis*, 15 und 40% für *Mixodiaptomus laciniatus* und 5 bis 10% für *Cyclops abyssorum*. Der Anteil von *M. laciniatus* schien leicht zuzunehmen.

Der Bestand der **Cladocera** (Abb. 5.1.5 und 5.1.10) wurde hauptsächlich durch *Daphnia hyalina* bestimmt, deren Anteil meistens weit über 90% an der Abundanz betrug. Einzig bei sehr tiefer Gesamtabundanz (z.B. 1999 oder jeweils im Frühling/Frühsommer ab 2000) konnten auch die andern Arten wie *Leptodora kindtii* und *Bytotrephes longimanus* höhere Anteile erreichen. Ab Sommer 2006 bildete erstmals *Diaphanosoma brachyurum* bis 90% der Cladocera. Das Frühsommermaximum der *Cladocera* wurde ab 2000 immer stärker reduziert (von 80'000 bis 140'000 Ind./m<sup>2</sup> auf etwa 25'000 Ind./m<sup>2</sup>) und gegen Juli verschoben. Auch das Herbstmaximum nahm deutlich ab.

Dieser Rückgang zeigte sich auch deutlich in den Jahresmittelwerten, die von über 50'000 in den Jahren 1995/1996 auf 10'000 bis 20'000 Ind./m<sup>2</sup> nach 2003 fielen. Das Auftreten von *Diaphanosoma brachyurum* bewirkte ab 2006 eine gewisse Erhöhung.

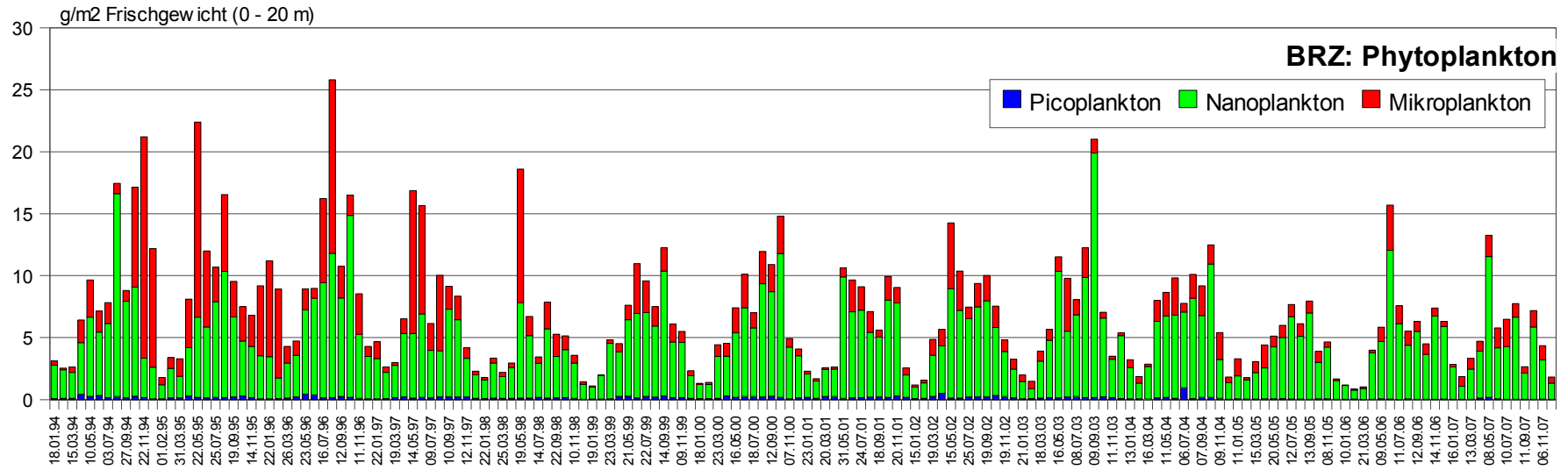


Abbildung 5.1.1: Brienersee - Phytoplankton-Biomasse (g/m<sup>2</sup> Frischgewicht)

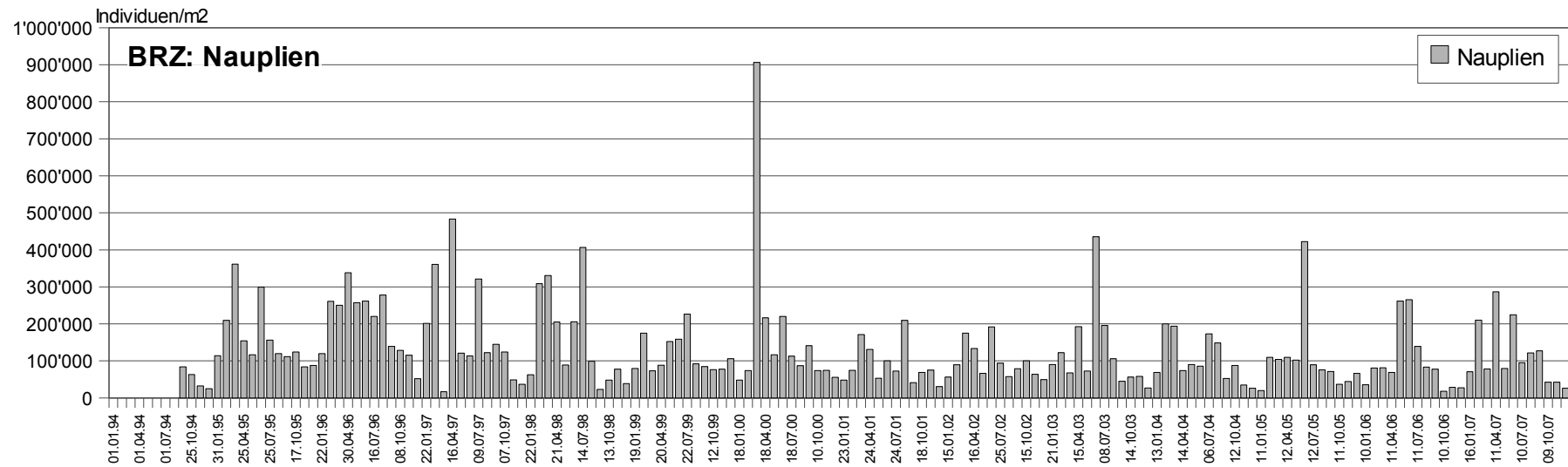


Abbildung 5.1.2: Brienersee - Nauplien (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m)

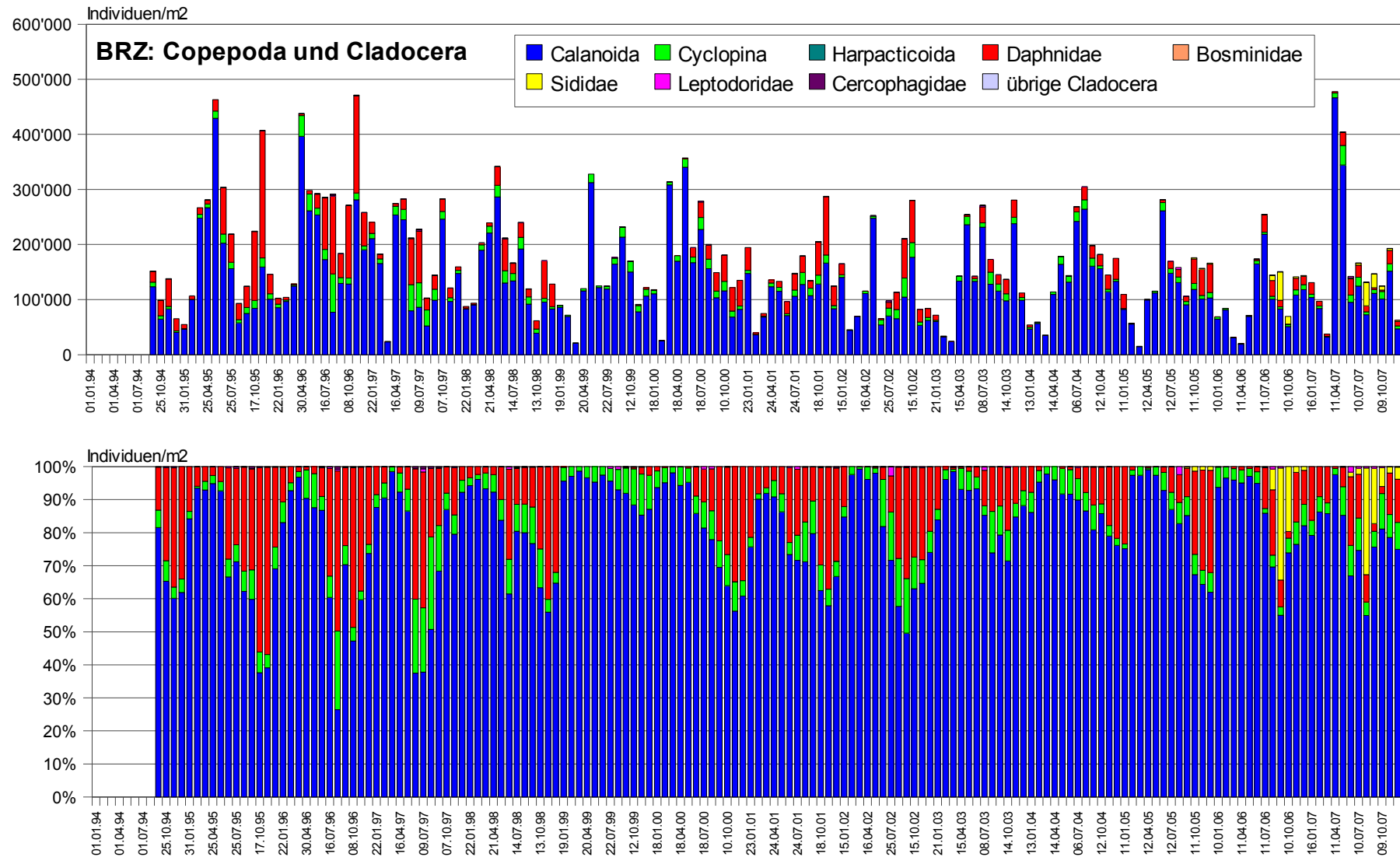


Abbildung 5.1.3: Brienersee - Unterordnungen/Familien der Copepoda und Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup> und Anteile, 0 - 100 m)



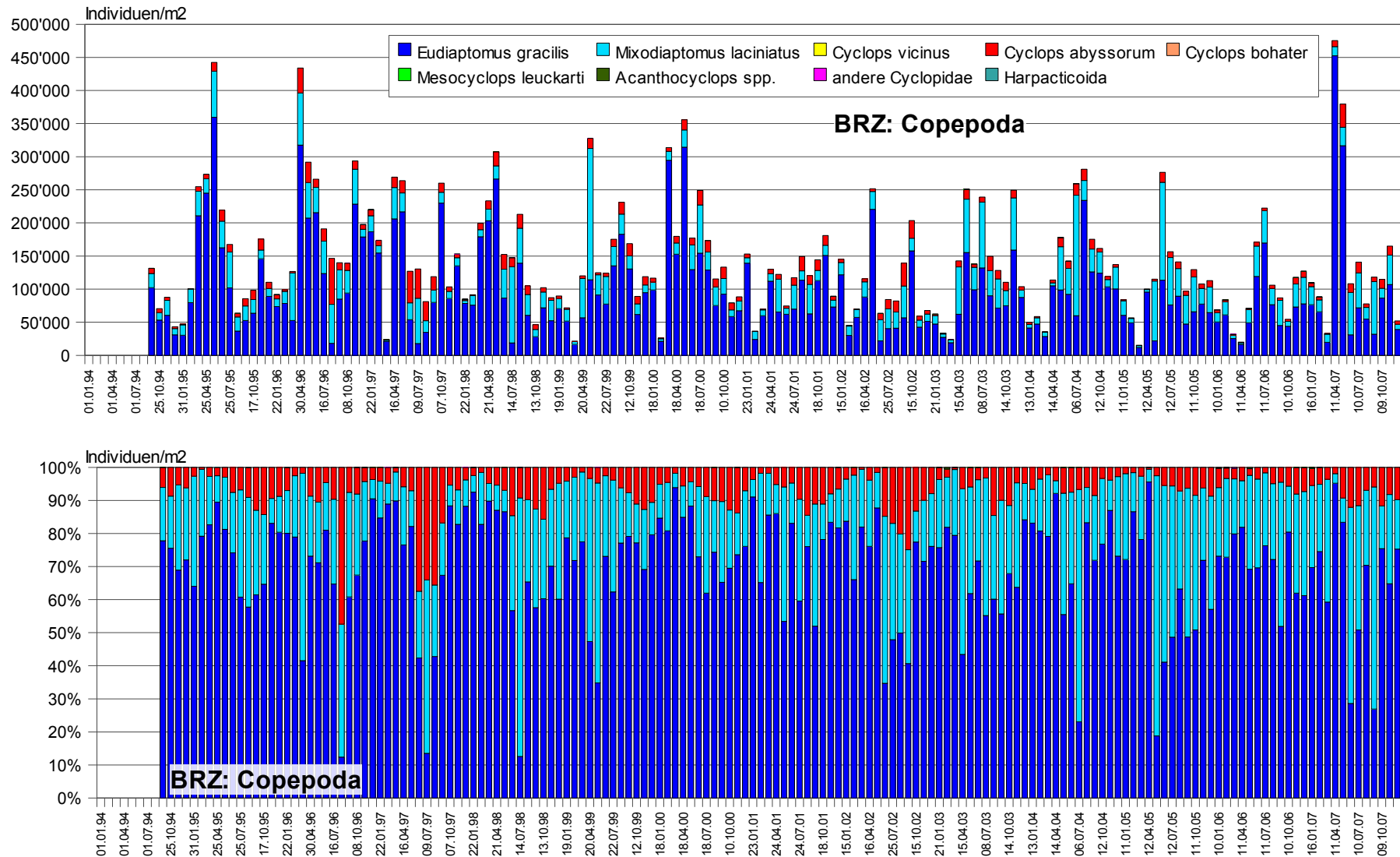


Abbildung 5.1.4: Brienersee - wichtige Arten der Copepoda (Individuen pro m<sup>2</sup> und Anteile, 0 - 100 m)

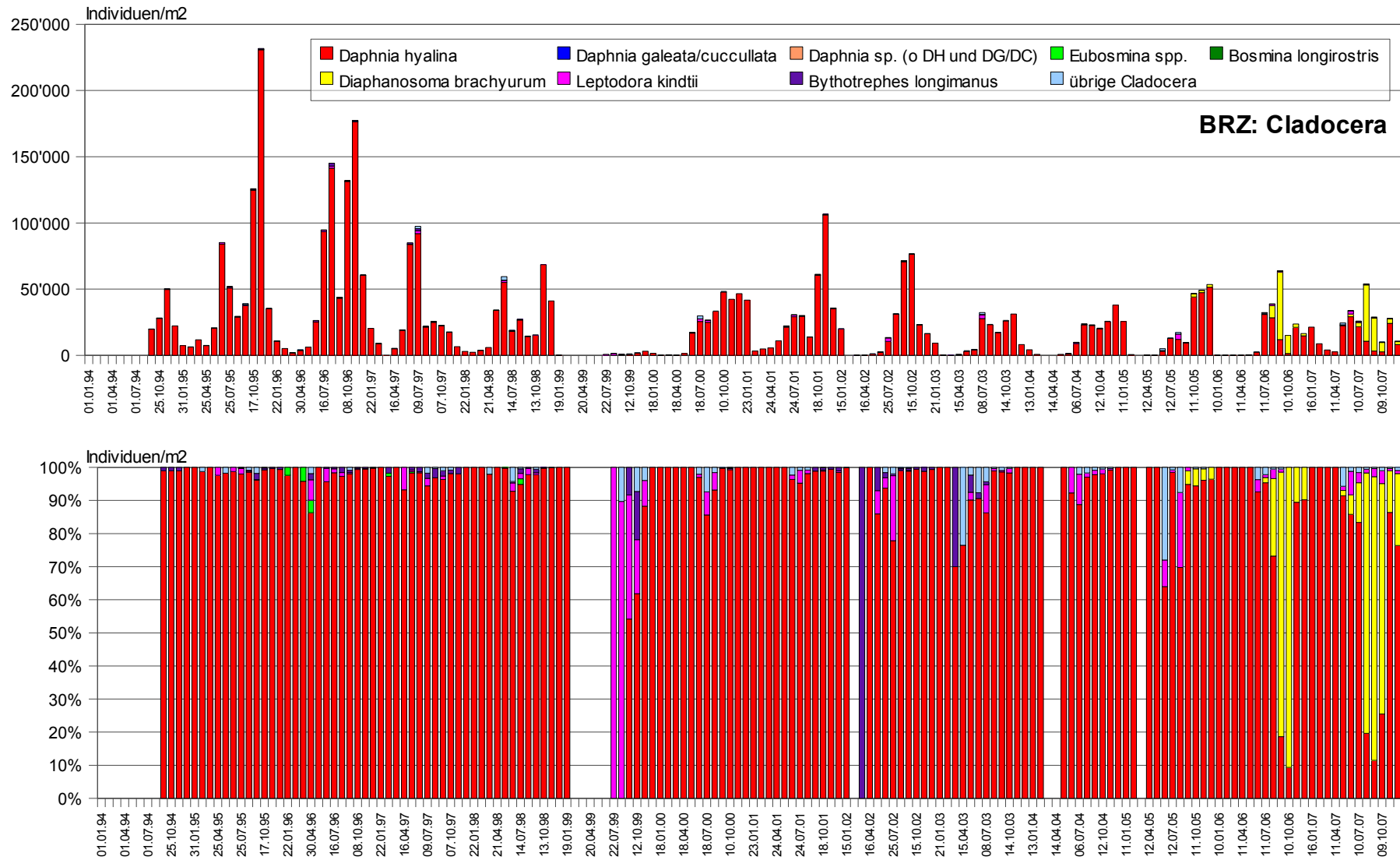


Abbildung 5.1.5: Brienersee - wichtige Arten der Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup> und Anteile, 0 - 100 m)

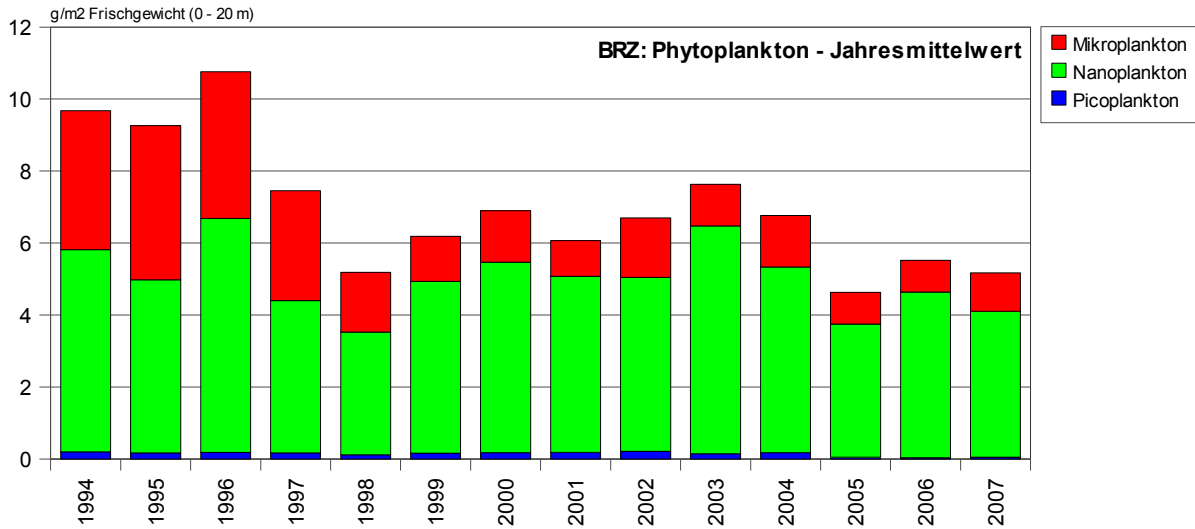


Abbildung 5.1.6: Brienersee - Phytoplankton Jahresmittel (g/m<sup>2</sup> Frischgewicht)

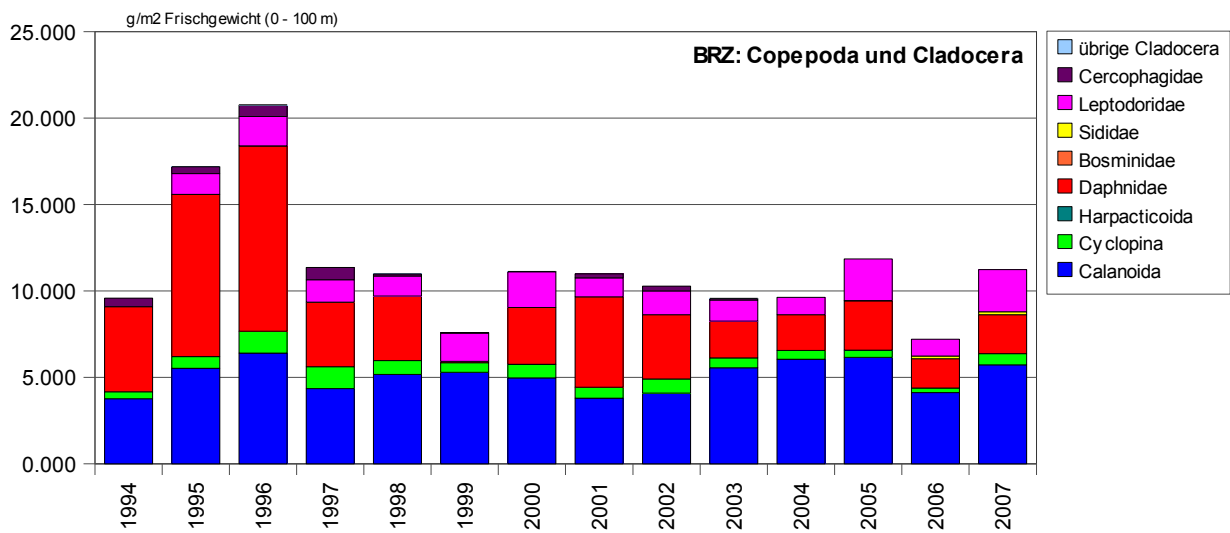


Abbildung 5.1.7: Brienersee - Copepoda und Cladocera - Biomasse Jahresmittel (g FG/m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 nur September bis Dezember)

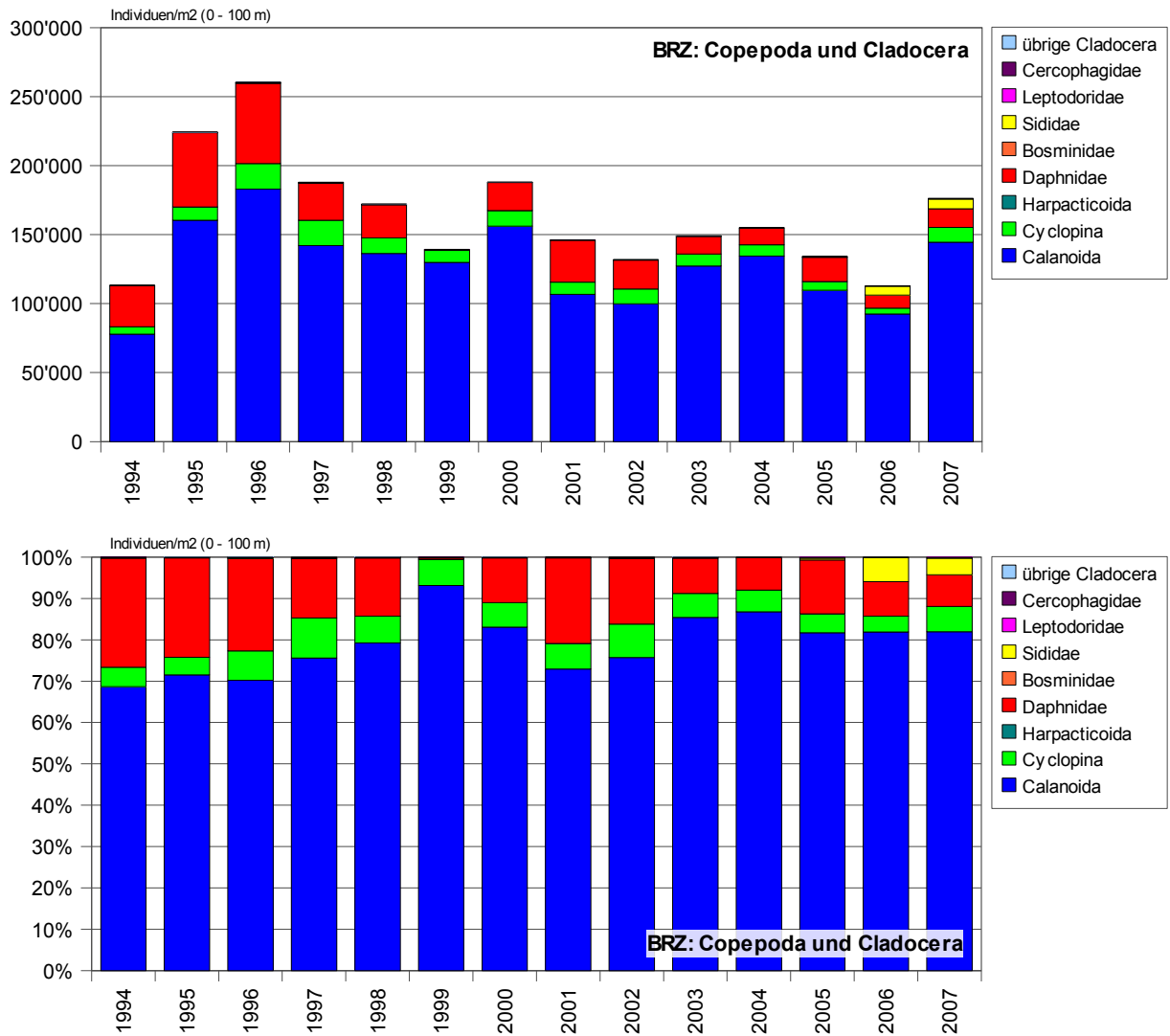


Abbildung 5.1.8: Brienzensee - Copepoda und Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 nur September bis Dezember)

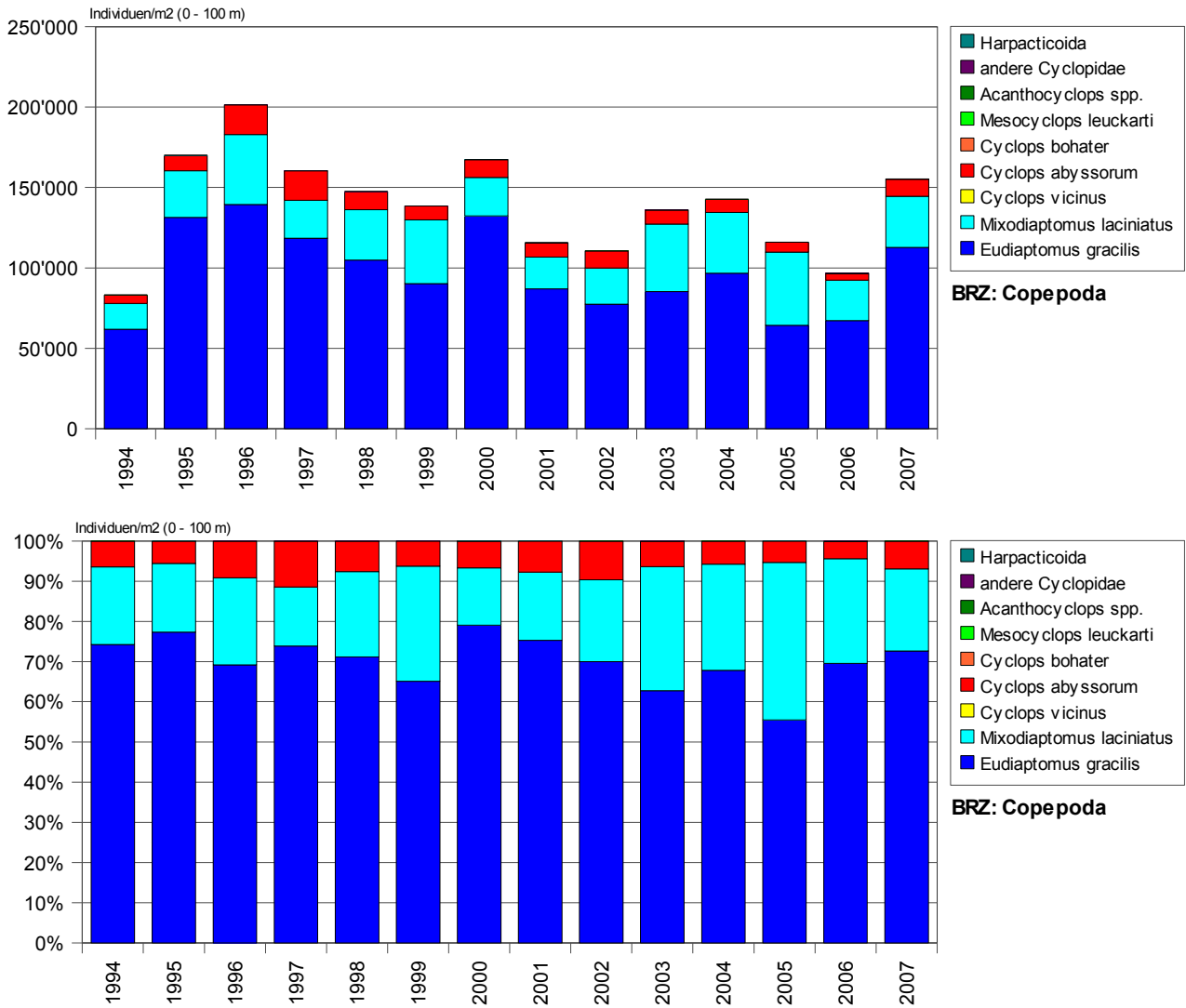


Abbildung 5.1.9: Brenzsee - Copepoda - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 100 m, 1994 nur September bis Dezember)

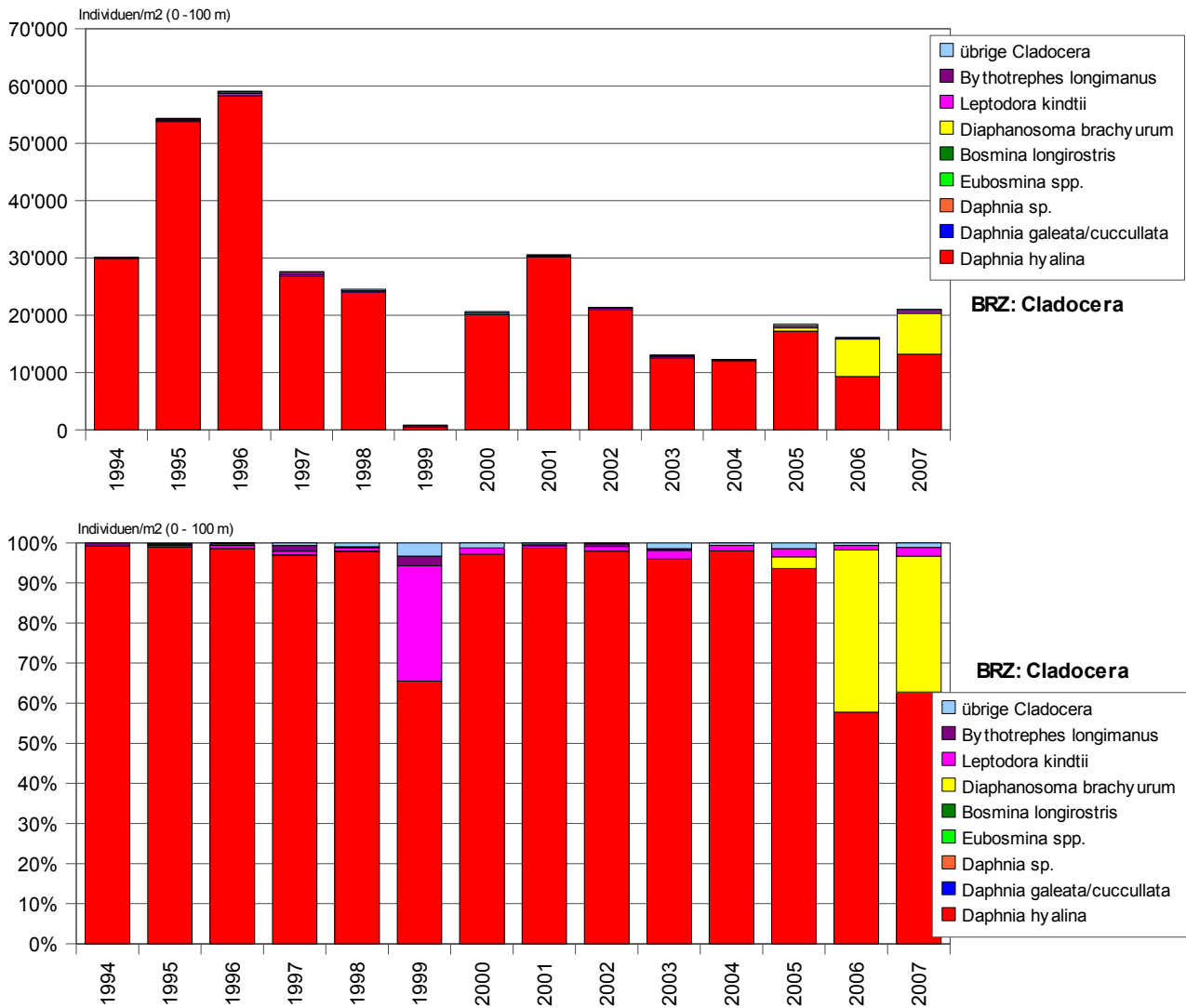


Abbildung 5.1.10: Branzensee - Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 100 m, 1994 nur September bis Dezember)

## Entwicklung einzelner Arten im Brienersee

Aufgrund der Jahresmittelwerte der Abundanz wurde die Entwicklung einzelner Arten während der Untersuchungsperiode 1994 bis 2007 beurteilt und Entwicklungstendenzen abgeschätzt. Arten mit einem mehr oder weniger konstanten Bestand wurden nicht dargestellt.

*Cyclops abyssorum* (Abb. 5.1.11) zeigte sehr hohe Abundanzen 1995/1996, dann deutlich tiefere Werte mit Schwankungen und ab 2002 einen deutlichen Rückgang. 2007 wurden aber wieder hohe Abundanzen festgestellt. Aufgrund dieser grossen Schwankungen ist eine Abschätzung der Tendenz nicht möglich.

Der Rückgang der Abundanz von *Daphnia hyalina* (Abb. 5.1.12) ab 1996 war sehr deutlich und wurde möglicherweise durch den fast vollständigen Ausfall 1999 noch verstärkt. Ein weiterer ebenso deutlicher Rückgang würde das Nahrungsangebot für die Felchen sehr stark reduzieren.

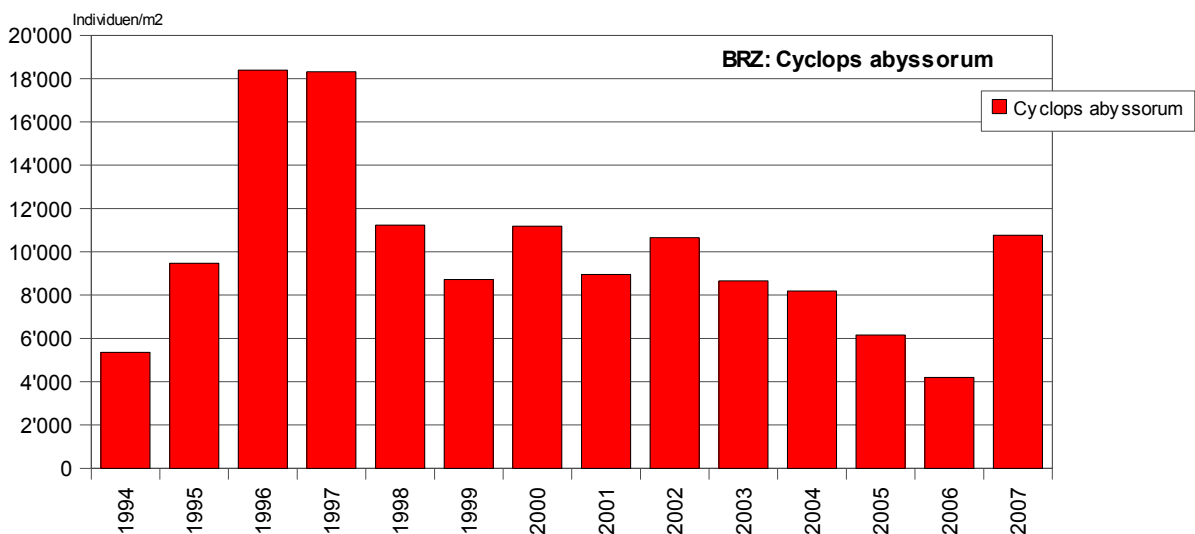


Abbildung 5.1.11: Brienersee - *Cyclops abyssorum* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 nur September bis Dezember)

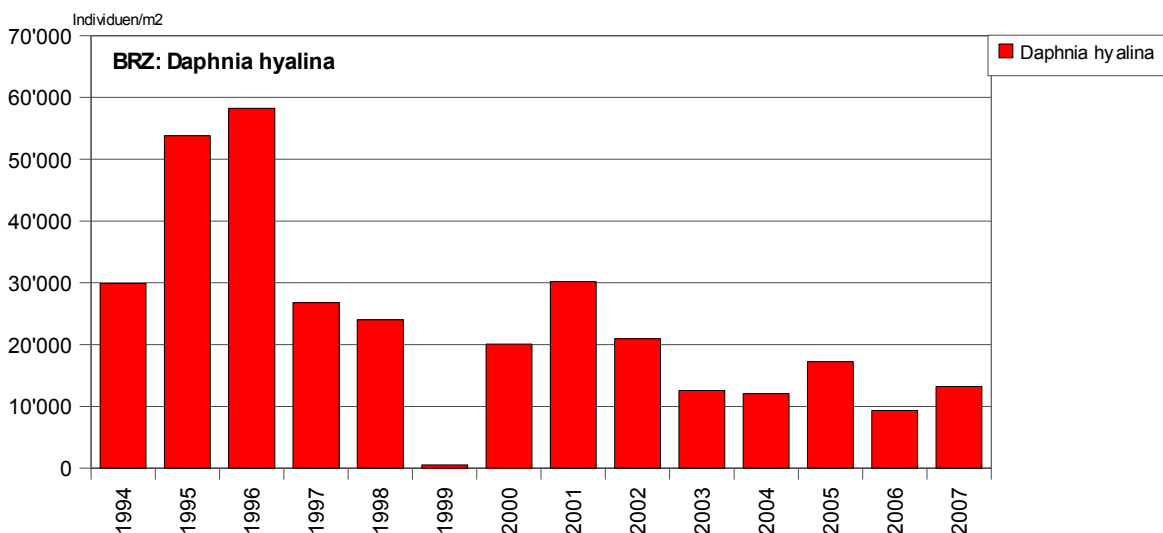


Abbildung 5.1.12: Brienersee - *Daphnia hyalina* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 nur September bis Dezember)

*Diaphanosoma brachyurum* (Abb. 5.1.13) trat ab Herbst 2005 neu auf im Pelagial des Brienersees. Aufgrund der kurzen Präsenzzeit jeweils im Sommer-Herbst lag der Jahresmittelwert eher tief. Die nächsten Jahre werden zeigen, ob sich *D. b.* im Brienersee halten kann und wie sich ihre Entwicklung mit der Entwicklung von *Daphnia hyalina* überlagert.

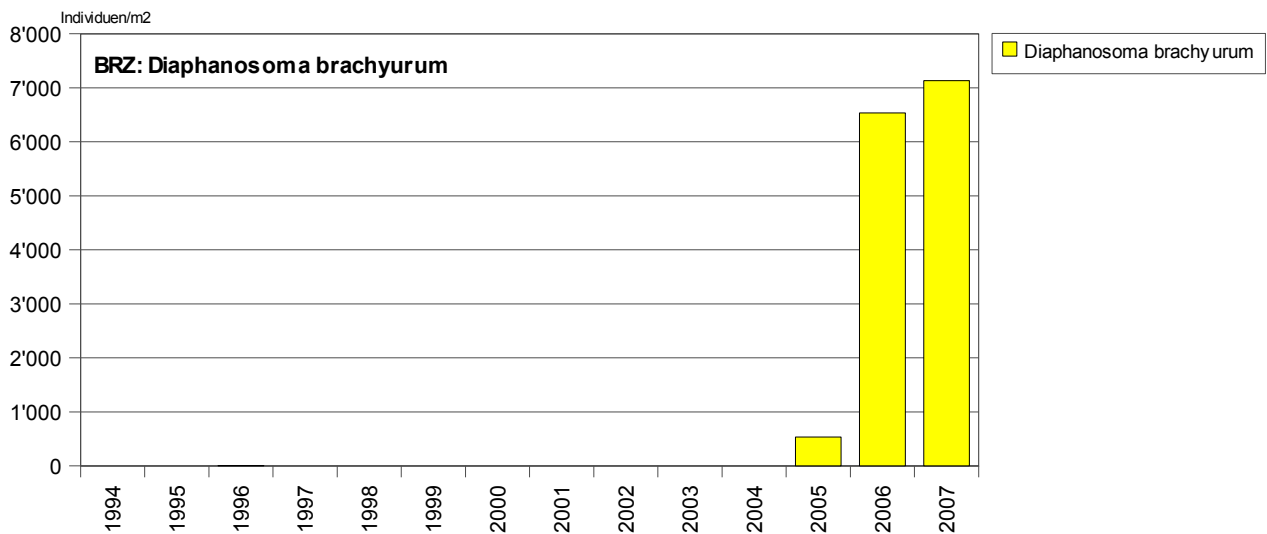


Abbildung 5.1.13: Brienersee - *Diaphanosoma brachyurum* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 nur September bis Dezember)

*Bythotrephes longimanus* (BY, Abb. 5.1.14) wies nach grossen Schwankungen der Jahresmittelwerte 1994 bis 1997 einen extremen Populationsrückgang auf. 2001 bis 2003 wurden noch einmal höhere Abundanzen erreicht. Ab 2004 wurde BY in den Proben nicht mehr festgestellt. Möglicherweise war seine Population zu gering, um Individuen in den kleinen Probenahmevolumina noch zu erfassen. Mit BY ist damit eine wichtige Cladocerenart und ein wichtiger Nahrungsbestandteil der Felchen schon für längere Zeit aus dem Plankton des Brienersees verschwunden. Gründe könnten sowohl in einer allenfalls reduzierten Nahrungsbasis wie auch in einem erhöhten Frassdruck durch die Felchen liegen.

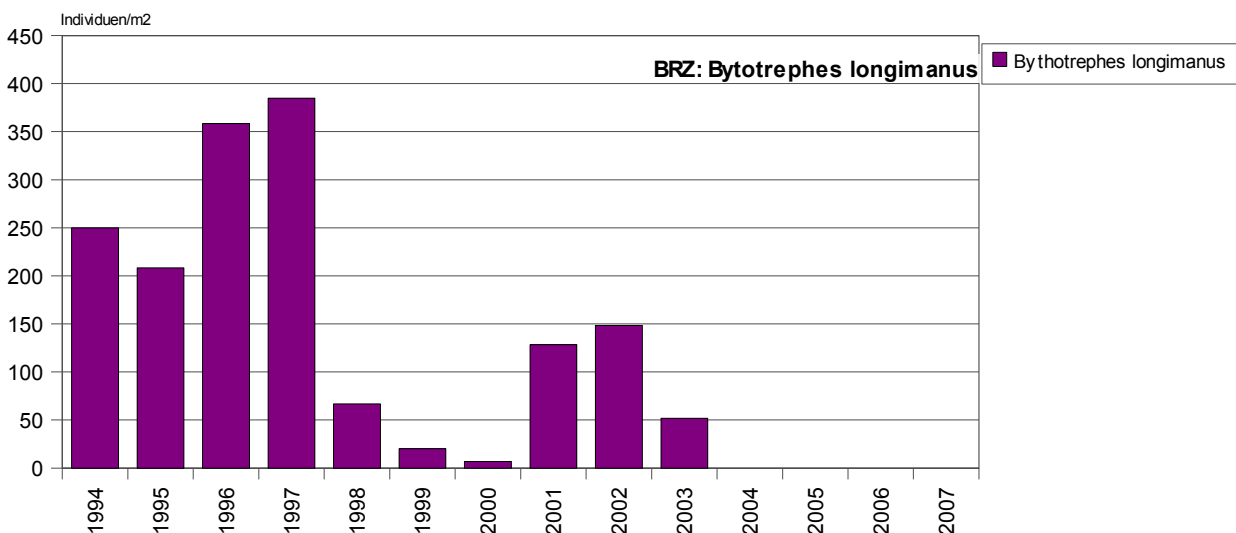


Abbildung 5.1.14: Brienersee - *Bythotrephes longimanus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 nur September bis Dezember)



## 5.2 Thunersee

Das **Phytoplankton** (Abb. 5.2.1 und 5.2.6) zeigte im Thunersee jeweils ein Hauptmaximum im Frühling/Frühsummer und ein zweites im Sommer/Herbst. Oft schlossen die Maxima aber fast direkt aneinander an ohne starken Rückgang dazwischen. Die Maxima erreichten 15 bis etwas über 30 g/m<sup>2</sup>. Die Jahresmittel schwankten recht stark von Jahr zu Jahr, wobei insbesondere das Mikroplankton grosse Unterschiede aufwies. Eine leicht abnehmende Tendenz ist nicht auszuschliessen.

Die **Nauplien** (Abb. 5.2.2) zeigten meistens ein Maximum im Frühling (Februar) und ein zweites im Sommer (Juli/August). Die Maxima erreichten 300'000 - 700'000 Ind./m<sup>2</sup>, während die Grundwerte zwischen 100'000 und 200'000 Ind./m<sup>2</sup> lagen. Die Werte schienen konstant zu bleiben.

Die **Gesamtabundanz der Crustaceen** (ohne Nauplien, Abb. 5.2.3, 5.2.7 und 5.2.8) zeigte jeweils 2 Maxima mit Abundanzen zwischen 300'000 und 700'000 Ind./m<sup>2</sup>. Das Frühlingsmaximum wurde primär durch die *Copepoda* gebildet, oft erreichte auch *Daphnia sp.* und in einigen Jahren *Eubosmina sp.* einen relativ hohen Anteil. Das Herbstmaximum war häufig weniger klar ausgeprägt und wurde zu unterschiedlichen Anteilen durch die *Cladocera* gebildet (Anteil maximal 50%).

Die Jahresmittelwerte lagen meist um 15 bis 25 g/m<sup>2</sup> Frischgewicht bzw. um 250'000 Ind./m<sup>2</sup>. Dabei wurde hier sehr deutlich der gewichtsmässig hohe Anteil von *Leptodora kindtii* gegenüber ihrem geringen Anteil an der Abundanz sichtbar. Begründet wird dies durch das sehr hohe Individualgewicht. So war auch bei der Biomasse ein tendenzieller Rückgang von 1995 bis 2007 feststellbar, während er bei der Abundanz viel weniger deutlich war. Dieser wurde wesentlich durch den Rückgang von *Leptodora kindtii* aber auch von *Daphnia sp.* und *Eubosmina sp.* verursacht.

Die Abundanz der **Copepoda** (ohne Nauplien, Abb. 5.2.4 und 5.2.9) zeigte jeweils im Frühling ein Maximum, teilweise auch im Herbst. Die Maxima erreichten zwischen 300'000 und 600'000 Ind./m<sup>2</sup>. Der Rückgang der Population war meistens nicht so stark, die Abundanz fiel nur selten unter 100'000 Ind./m<sup>2</sup>. Der Hauptanteil wurde durch *Eudiaptomus gracilis* gebildet. Im Sommer trug zunehmend auch *Mixodiaptomus laciniatus* hohe Anteile (bis ca. 60%) bei. Der Anteil von *Cyclops abyssorum* lag um 5 bis 20%.

Die Jahresmittelwerte blieben mit gewissen Schwankungen konstant um 200'000 Ind./m<sup>2</sup>. Nur 2005 (tiefere Abundanz *Eudiaptomus sp.*) und 2007 (tiefere Abundanz *Mixodiaptomus sp.*) lagen sie etwas tiefer. Die Anteile der Arten lagen zwischen 46 und 75% für *Eudiaptomus gracilis*, 10 und 40% für *Mixodiaptomus laciniatus* und 5 bis 20% für *Cyclops abyssorum*. Der Anteil von *M. laciniatus* schien bis 2006 leicht zuzunehmen, brach dann aber 2007 abrupt ein.

Der Bestand der **Cladocera** (Abb. 5.2.5 und 5.2.10) wurde bis 1999 durch ein Frühlingsmaximum von *Eubosmina longispina* und direkt anschliessend *Daphnia hyalina* bestimmt. Im Sommer-Minimum trat *Leptodora kindtii* auf, im Herbst/Winter ein zweites Maximum von *Daphnia hyalina*. *Bytotrephes longimanus* trat eher im Winter mit grösserem Anteil auf (bei niedrigen Gesamtabundanzen).

Ab 2000 wurde dieser regelmässige Jahresverlauf abgelöst durch eher unregelmässige Minima und Maxima, der Anteil von *Eubosmina longispina* am Frühlingsmaximum ging zurück (Ausnahme 2005). Auch *Daphnia hyalina* zeigte keinen klaren Jahresverlauf mehr. 2003 konnten bei der Cladoceren-Abundanz überhaupt keine klaren Maxima mehr festgestellt werden.

Auch die Jahresmittelwerte zeigten einen klaren Rückgang ab 1996 bis 2003, dann aber wieder eine, wenn auch stark schwankende, Erholung auf Werte um 30'000 Ind./m<sup>2</sup>.

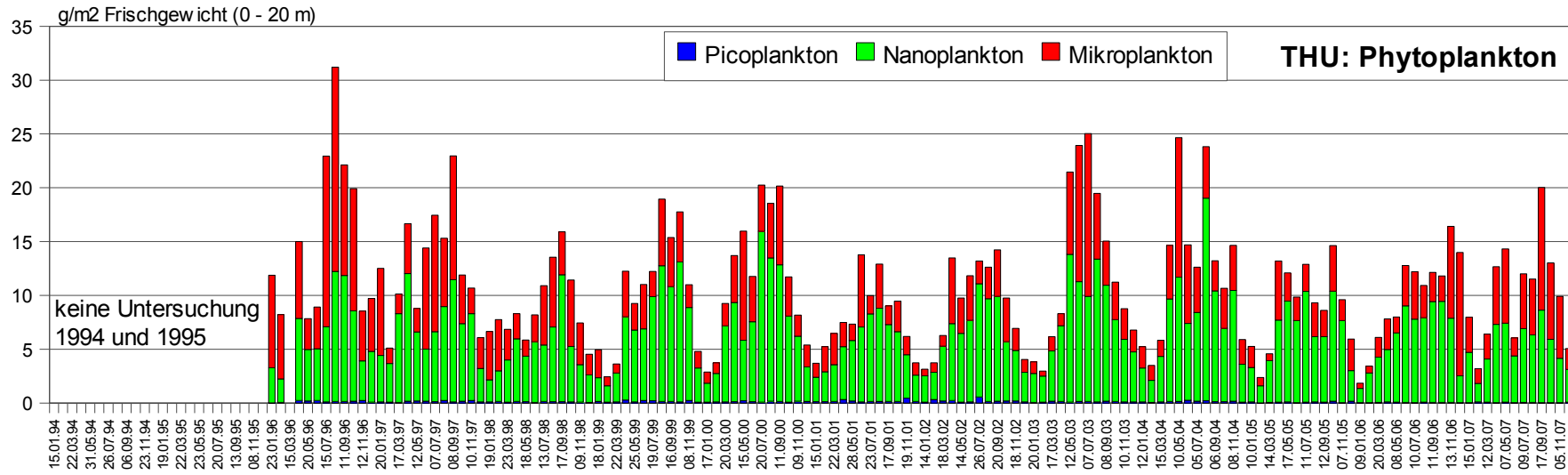


Abbildung 5.2.1: Thunersee - Phytoplankton

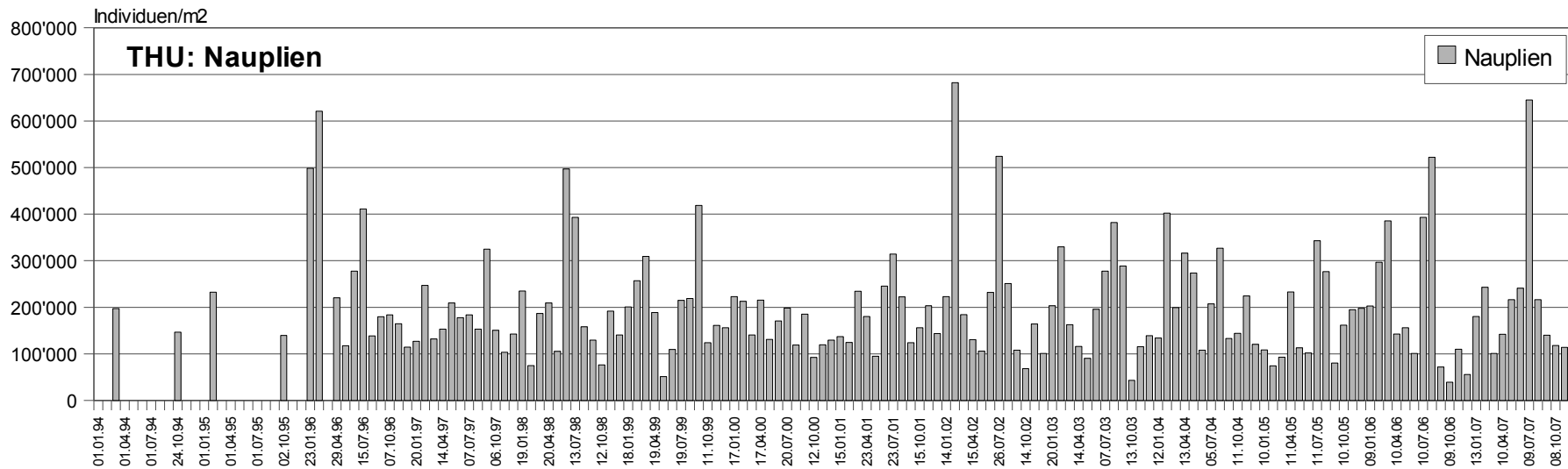


Abbildung 5.2.2: Thunersee - Nauplien (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 und 1995 nur 2 Probenahmen)

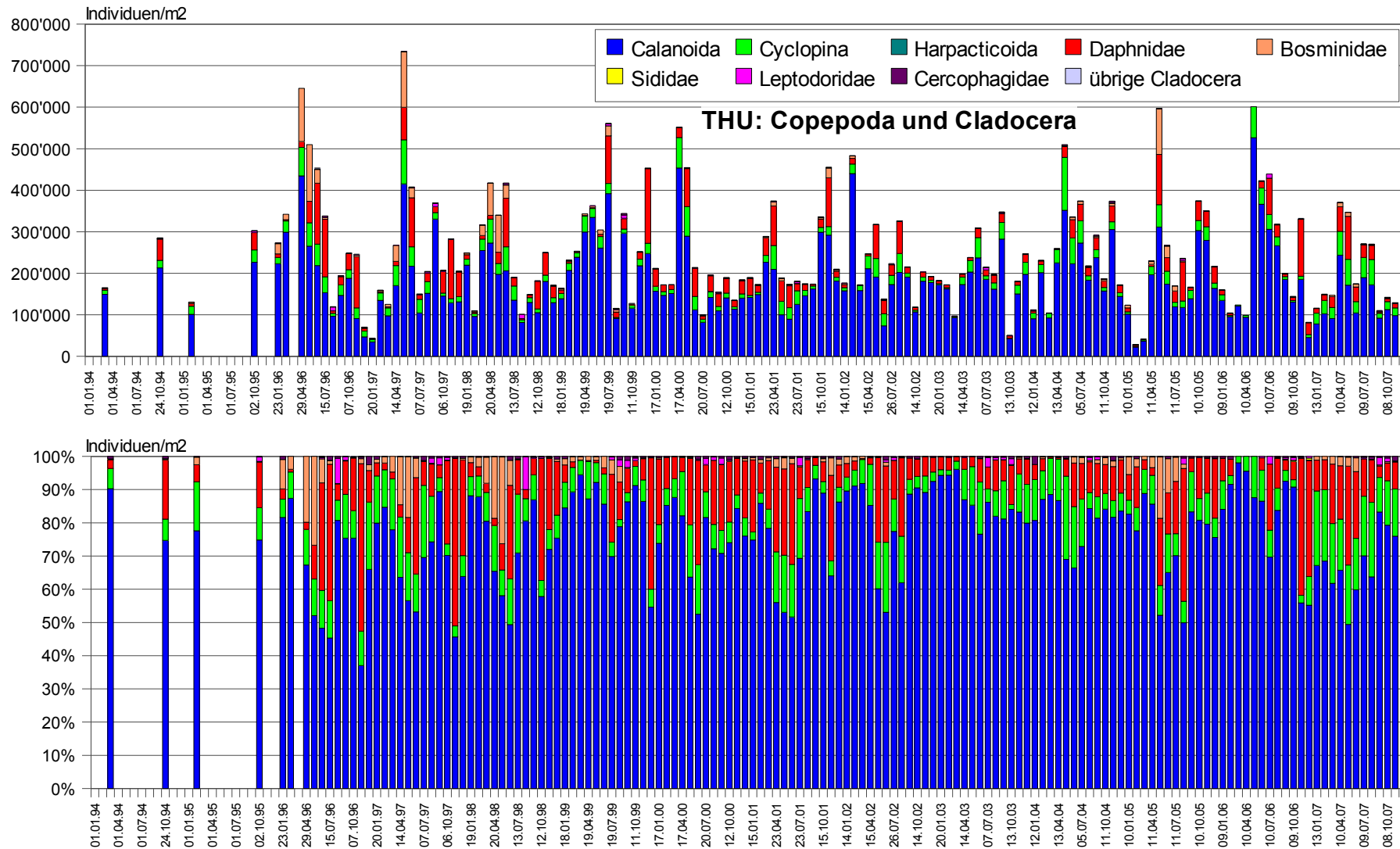


Abbildung 5.2.3: Thunersee - Copepoda und Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 und 1995 nur 2 Probenahmen)

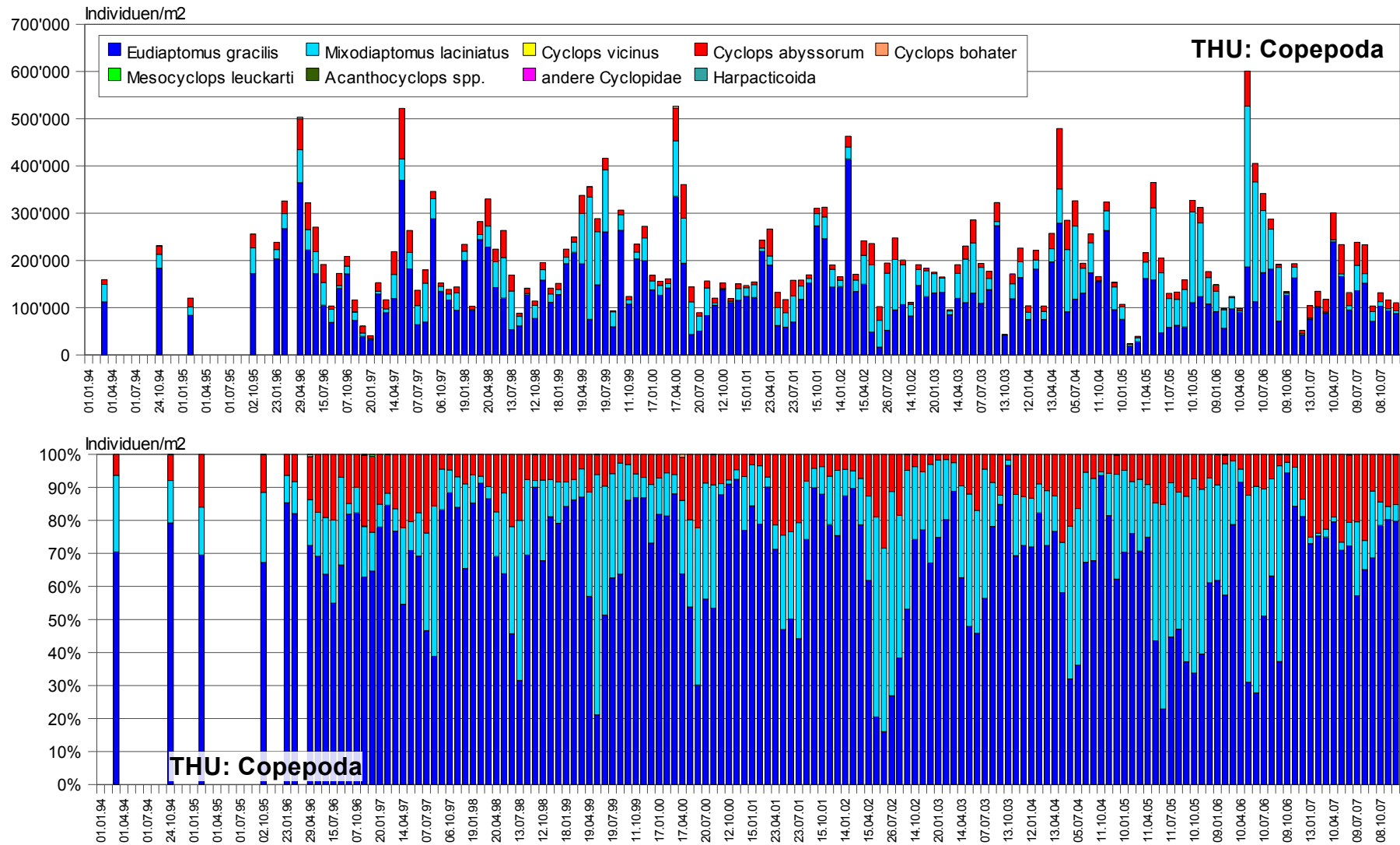


Abbildung 5.2.4: Thunersee - Copepoda (Individuen pro m², 0 - 100 m, 1994 und 1995 nur 2 Probenahmen)

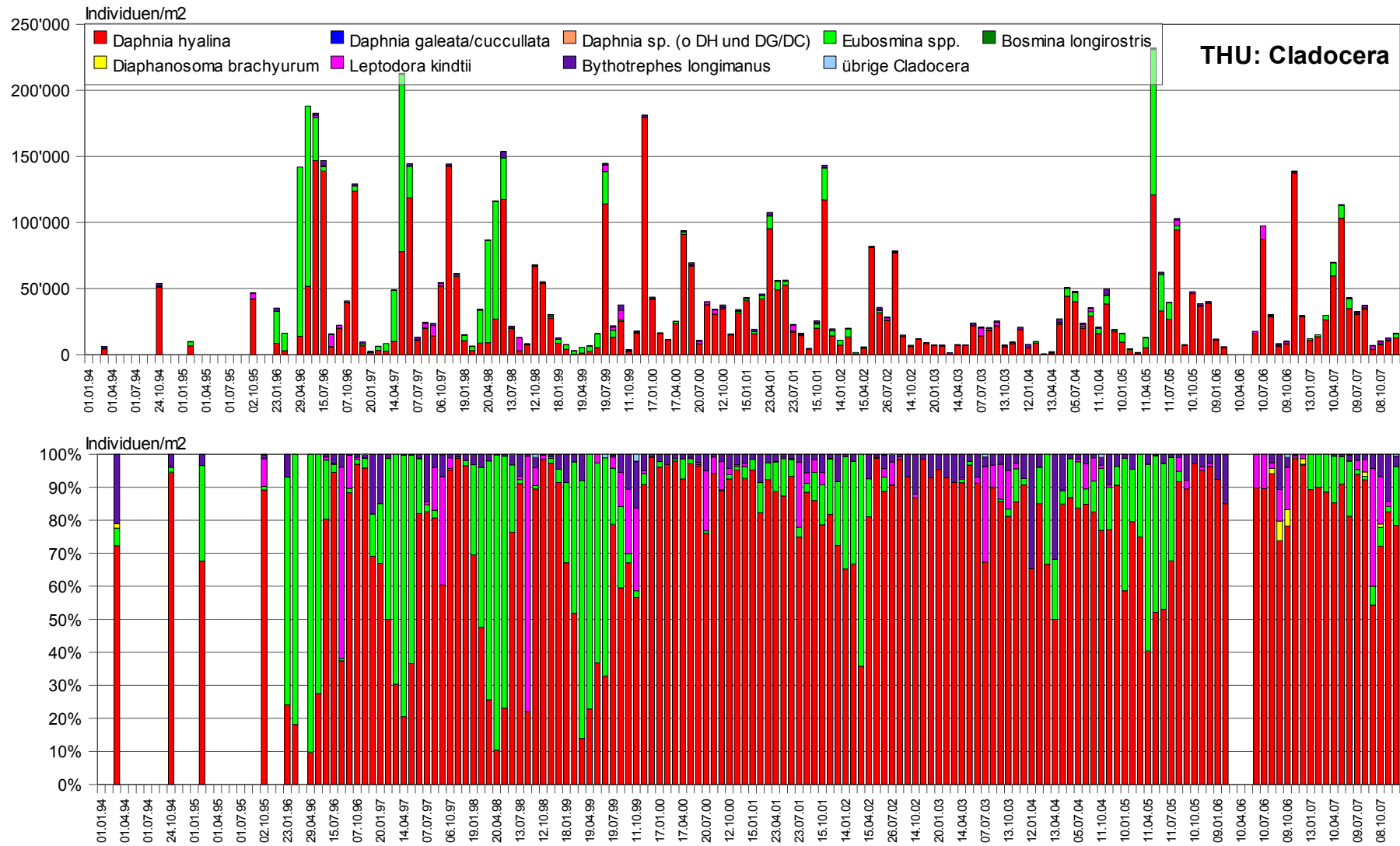


Abbildung 5.2.5: Thunersee - Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 100 m, 1994 und 1995 nur 2 Probenahmen). Von März bis Mai 2006 waren keine Cladocera in den Untersuchungsproben vorhanden.

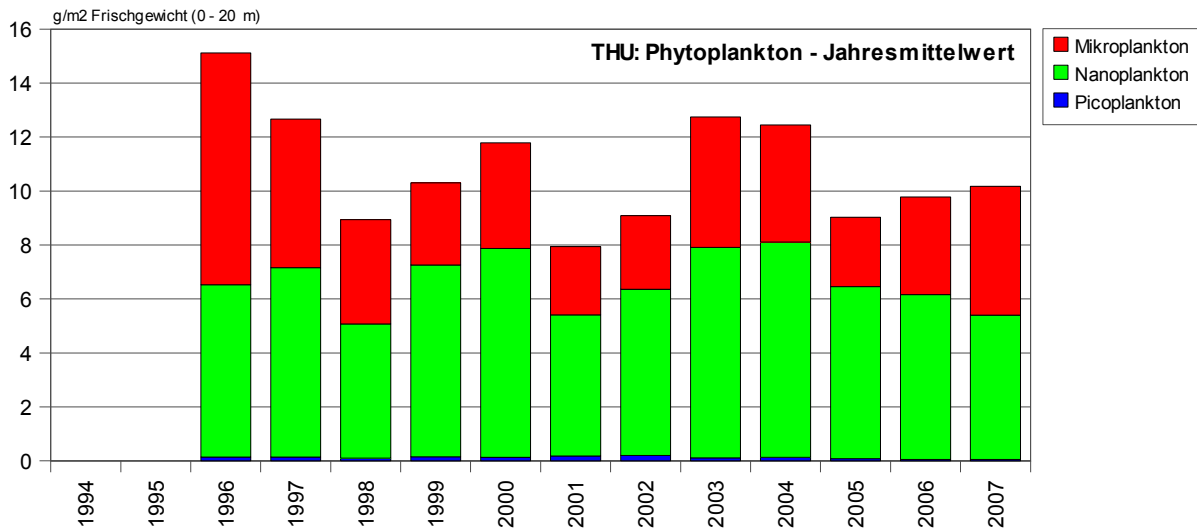


Abbildung 5.2.6: Thunersee - Phytoplankton Jahresmittel

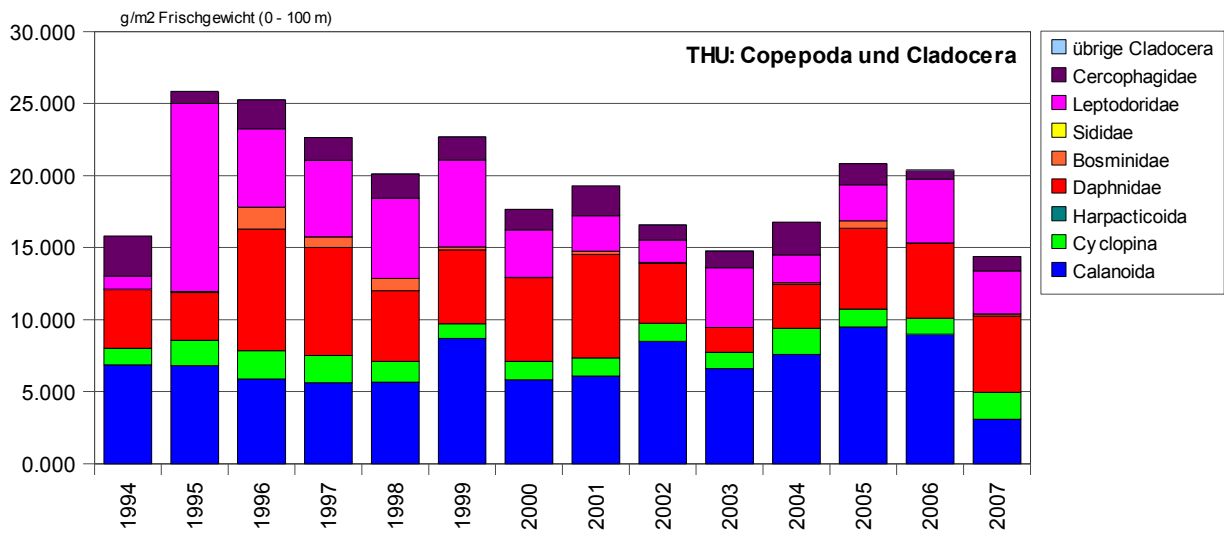


Abbildung 5.2.7: Thunersee - Copepoda und Cladocera - Biomasse Jahresmittel (g FG/m², 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).

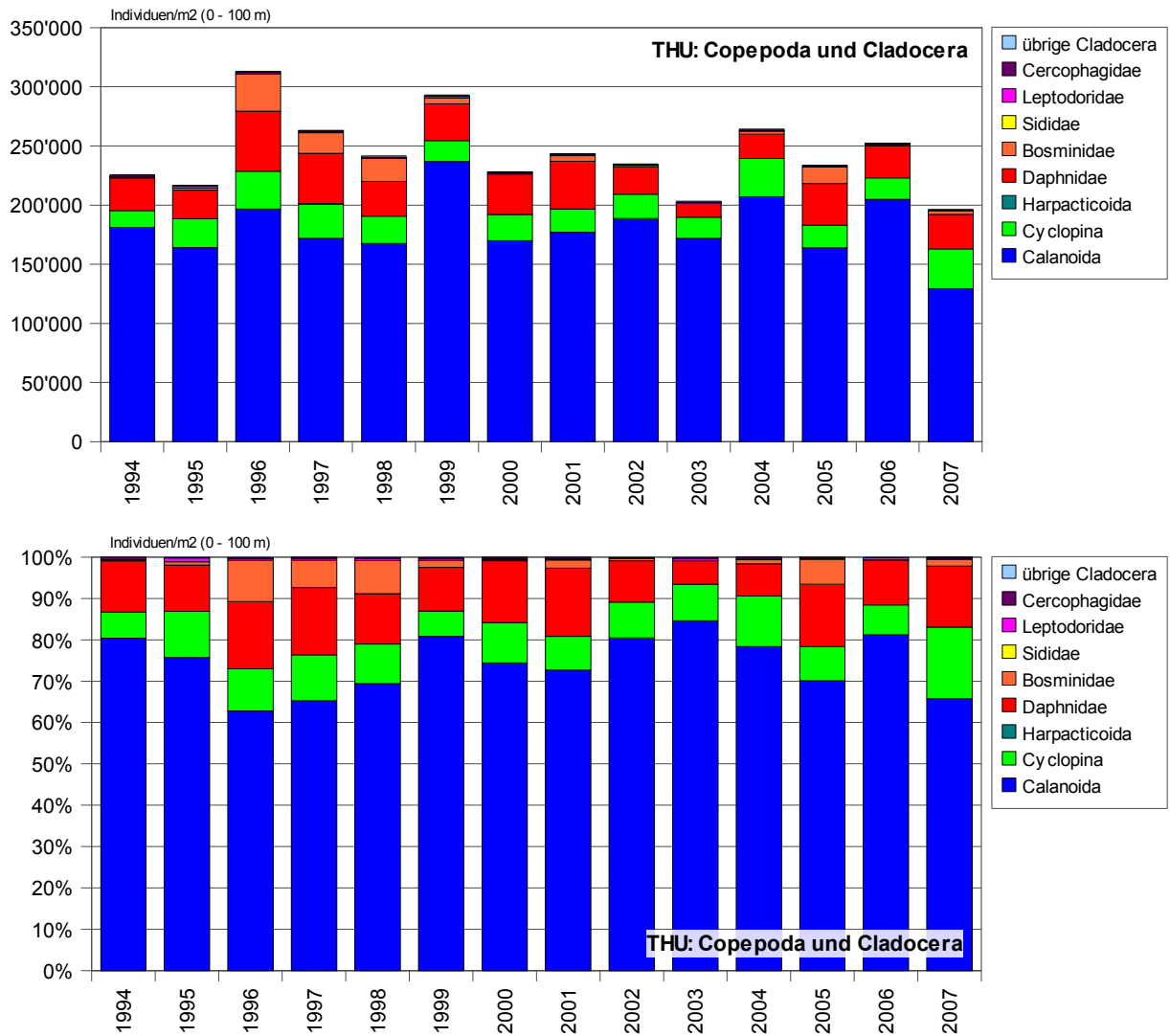


Abbildung 5.2.8: Thunersee - Copepoda und Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).

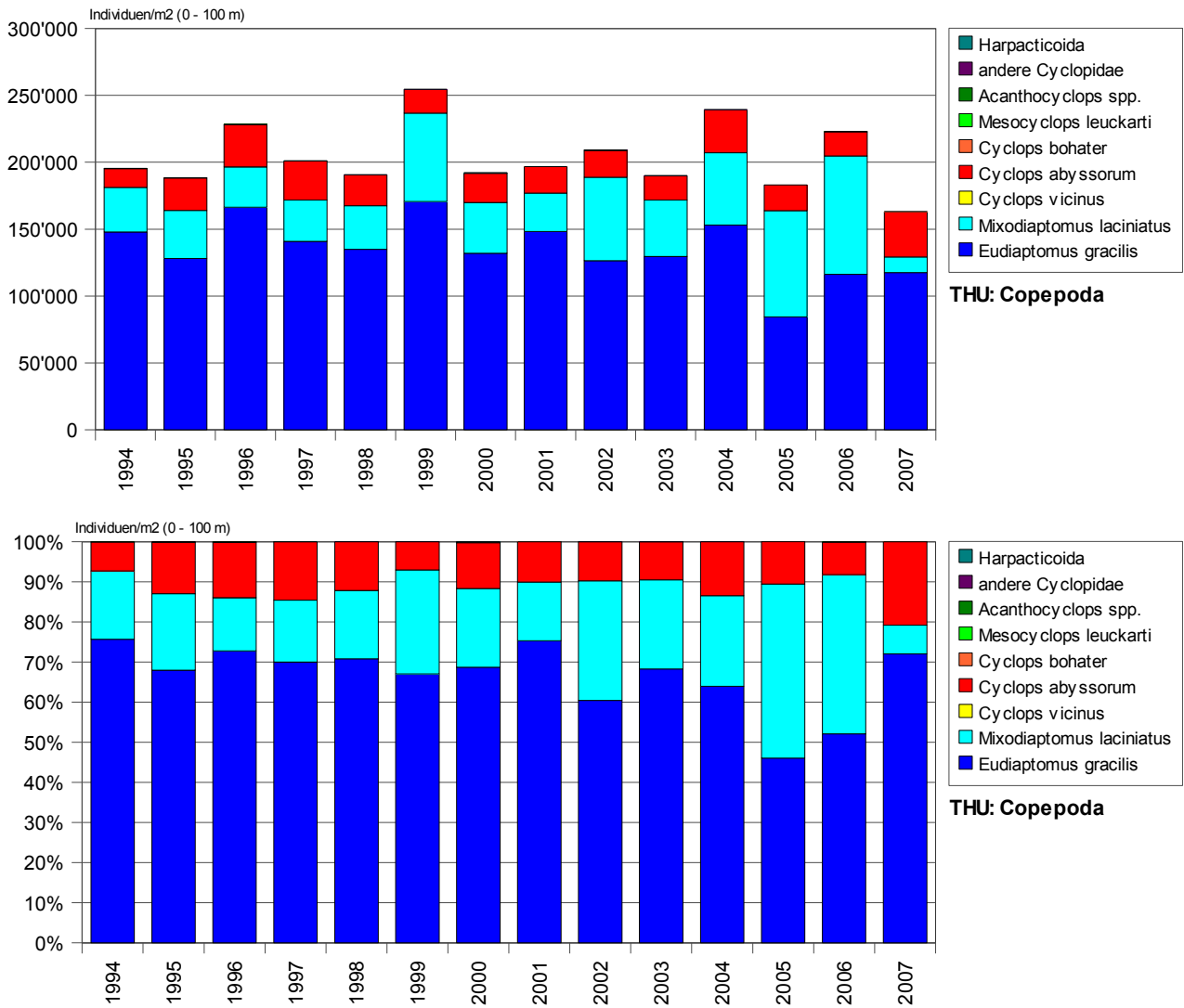


Abbildung 5.2.9: Thunersee - Copepoda - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).



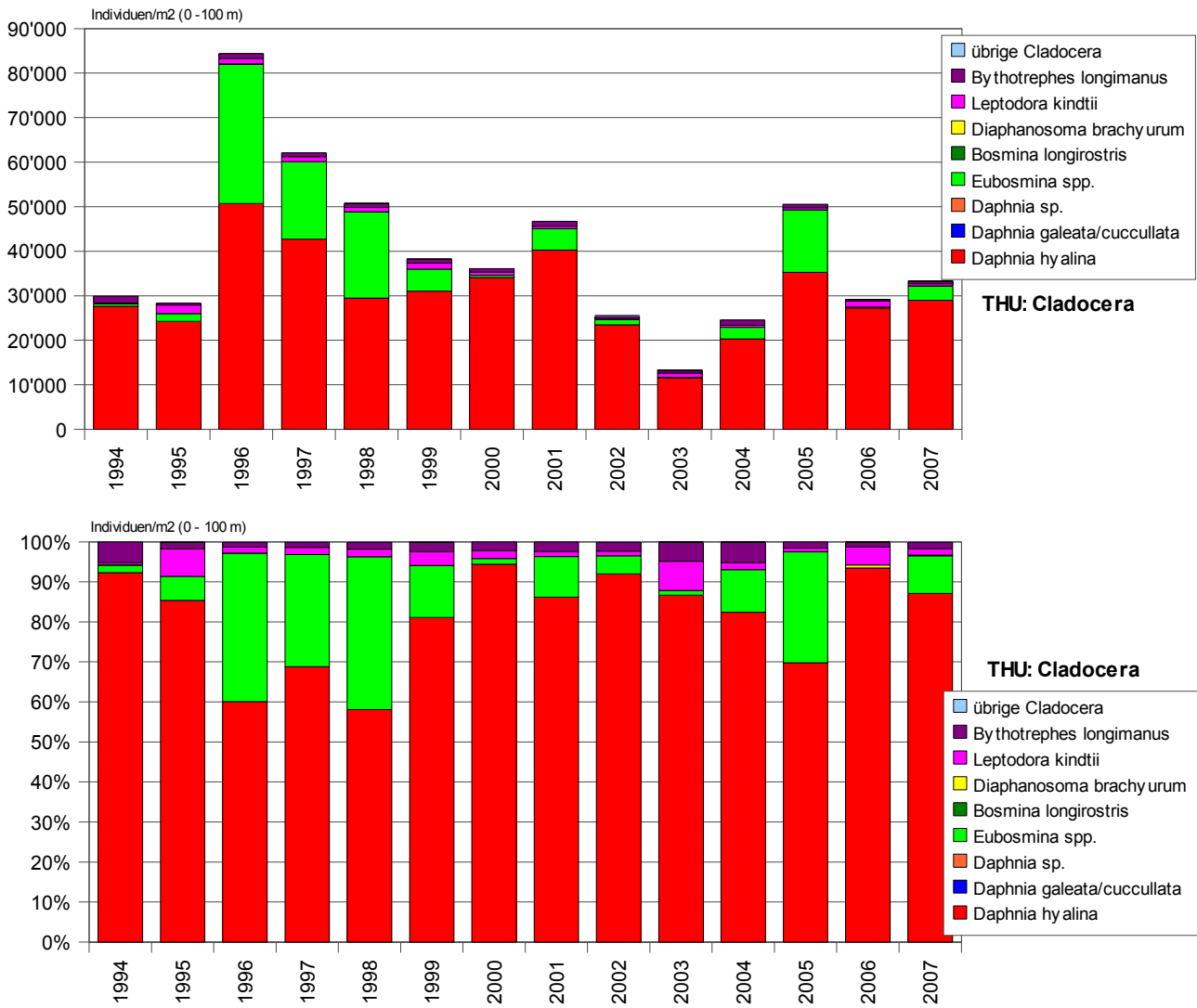


Abbildung 5.2.10: Thunersee - Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).

## Entwicklung einzelner Arten im Thunersee

*Mixodiaptomus laciniatus* (Abb. 5.2.11) zeigte bis 2001 ein konstantes Jahresmittel (Ausnahme 1999), dann aber eine klare Zunahme bis 2006. Damit einher ging auch eine Erhöhung des Anteils an der Copepoden-Abundanz. Die Werte 2005/2006 entsprachen etwa dem Jahresmittel von 1985. Der Zusammenbruch 2007 kann im Moment noch nicht eingeordnet werden.

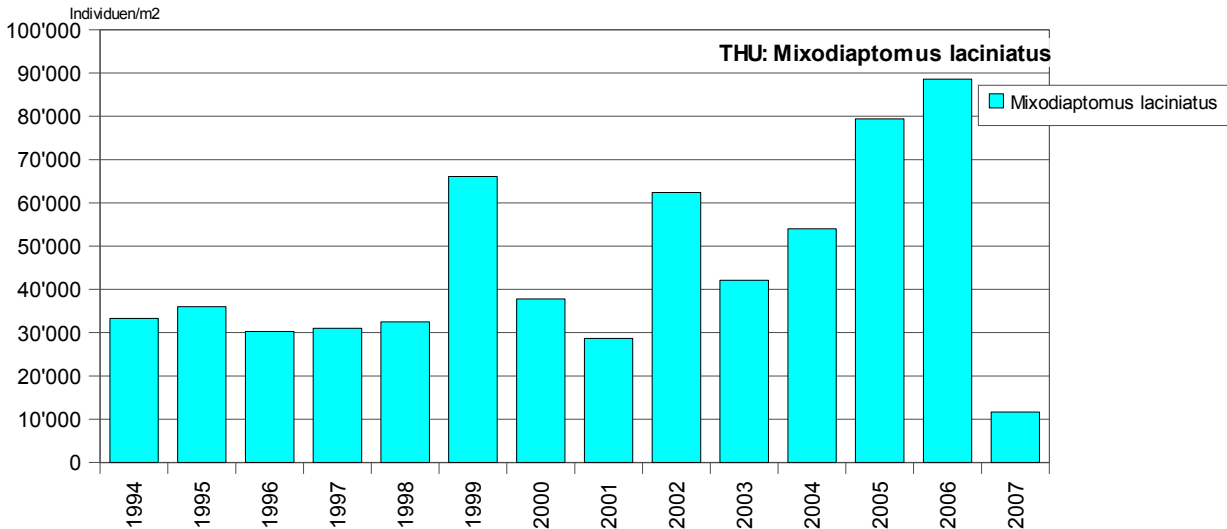


Abbildung 5.2.11: Thunersee - *Mixodiaptomus laciniatus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).

*Daphnia hyalina* (Abb. 5.2.12) zeigte im Thunersee eine sehr unregelmässige Entwicklung, das Jahresmittel pendelte aber immer um 30'000 Ind./m<sup>2</sup>. Die maximalen Werte 1996/1997 entsprachen etwa den Werten von 1985. Längerfristig ist eine leichte Reduktion der Daphnien-Abundanz wahrscheinlich. 2002 bis 2004 war ein sehr deutlicher Rückgang zu verzeichnen, wo auch im Jahresverlauf nur sehr tiefe Maxima auftraten.

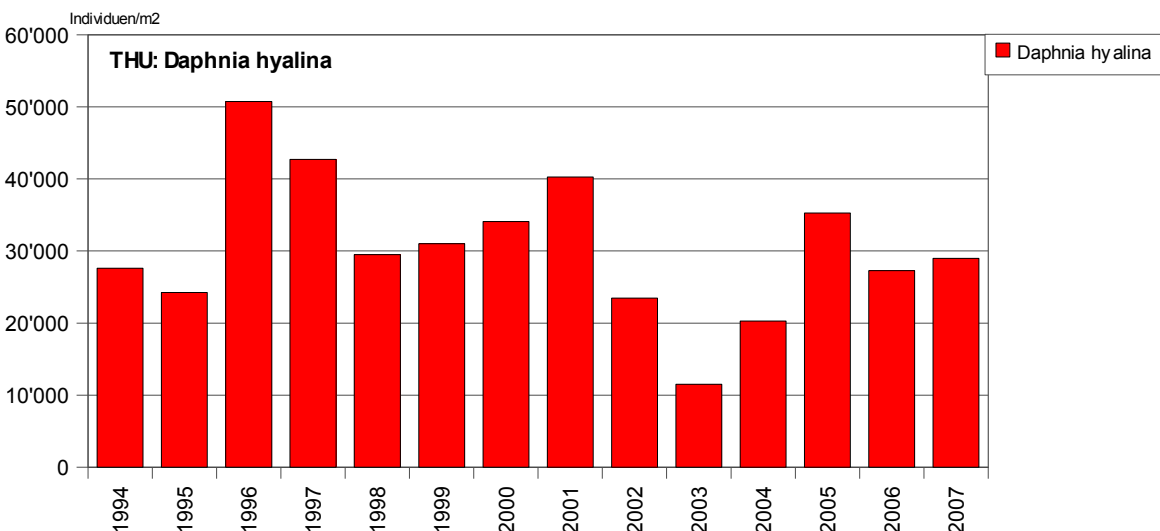


Abbildung 5.2.12: Thunersee - *Daphnia hyalina* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).

*Eubosmina* spp. (Abb. 5.2.13) bildete früher (1985, aber auch 1996 bis 1999) einen wesentlichen Bestandteil des Frühlingsplanktons (1994/1995 wegen nur 2-maliger Probenahme nicht relevant). Der Rückgang war aber sehr deutlich, *Eubosmina* spp. trat nur sehr unregelmässig auf. Erst 2005 und 2007 wurden wieder etwas höhere Bestände beobachtet.

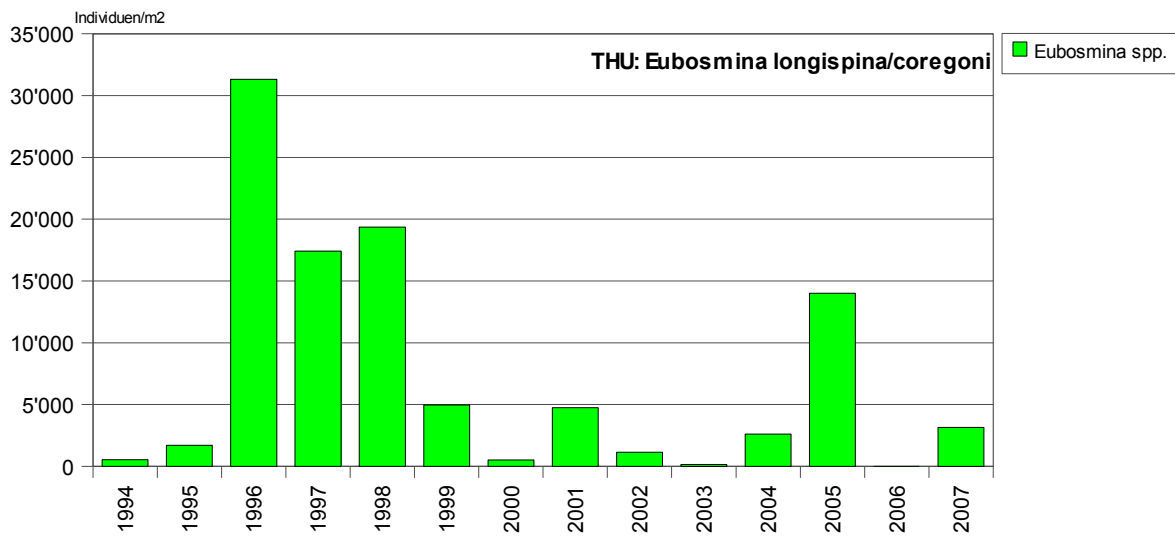


Abbildung 5.2.13: Thunersee - *Eubosmina longispina* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).

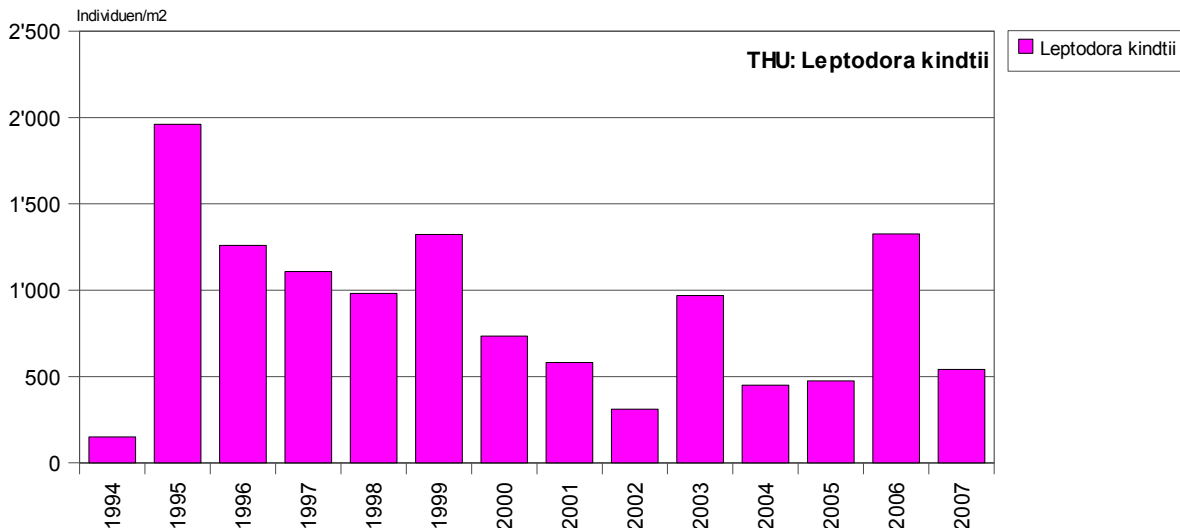


Abbildung 5.2.14: Thunersee - *Leptodora kindtii* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).

Die Jahresmittelwerte der Abundanz von *Leptodora kindtii* (Abb. 5.2.14) und *Bythotrephes longimanus* (Abb. 5.2.15) zeigten einen tendenziellen Rückgang, allerdings immer wieder unterbrochen durch einzelne höhere Werte. Die Jahresmittelwerte von 1985 entsprachen bei beiden Arten den höchsten in der Untersuchungsperiode festgestellten Werten.

Wegen den generell tiefen Abundanzwerten dieser beiden grossen Arten und den damit relativ wenigen in einer Probe erfassten Individuen kombiniert mit dem weiten Probenahmeraster (erfassen eines Maximums eher zufällig), sind sichere Aussagen über den Rückgang noch nicht möglich.

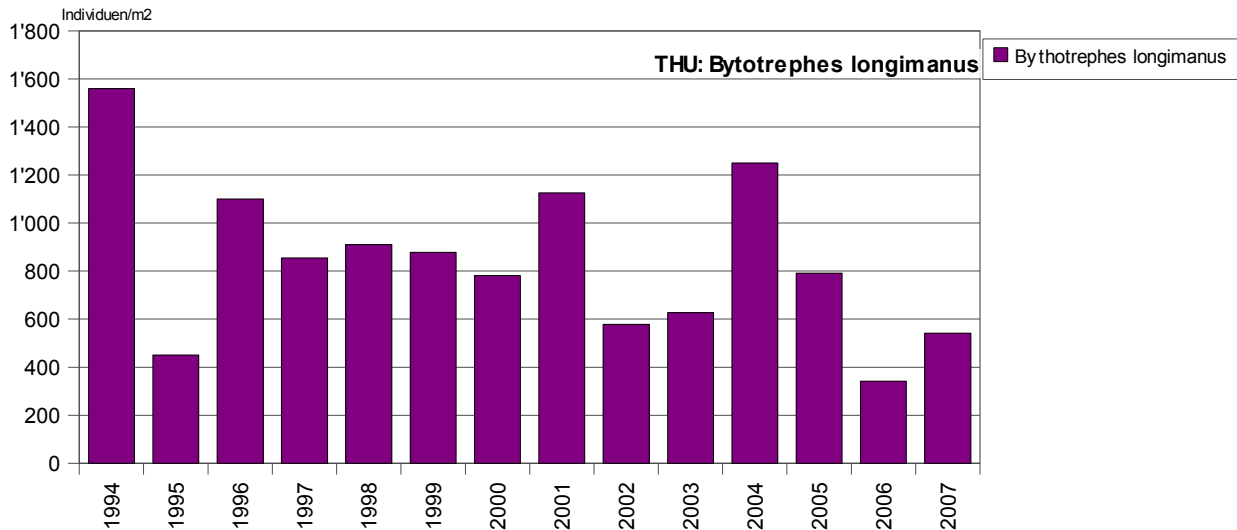


Abbildung 5.2.15: Thunersee - *Bythotrephes longimanus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 100 m). 1994 und 1995 nur 2 Proben (Februar/März und Oktober).

### 5.3 Bielersee

Das **Phytoplankton** (Abb. 5.3.1 und 5.3.6) zeigte im Bielersee wesentlich höhere Biomassen als in den Voralpenseen. Nach den hohen Werten 1994/1995 lagen die Jahresmittelwerte um 20 mg/m<sup>2</sup> und blieben mehr oder weniger konstant.

Die **Nauplien** (Abb. 5.3.2) zeigten einen sehr unregelmässigen Jahresverlauf mit zwei bis mehreren Maxima. Dies ist sicher darauf zurückzuführen, dass in dieser Sammelgruppe verschiedene Taxa der Copepoden mit sehr unterschiedlichen Lebenszyklen vertreten sind. Generell liess sich eine abnehmende Tendenz bis 2003 und anschliessend eine Stabilisierung mit wieder etwas höheren Spitzenwerten beobachten.

Bei der **Gesamtabundanz der Crustaceen** (ohne Nauplien, Abb. 5.3.3, 5.3.7 und 5.3.8) war während der ganzen Untersuchungsperiode ein sehr regelmässiger Jahresverlauf zu beobachten, dies insbesondere auch bei der Betrachtung der %-Anteile der systematischen Gruppen. Im Winter und frühen Frühling dominieren ganz klar die *Calanoida* und teilweise die *Cyclopida*. Unter den *Cladocera* treten in dieser Zeit die *Bosminidae* in Erscheinung. Ab April treten *Daphnia spp.* auf und sind oft wesentlich mitverantwortlich für das erste Maximum. Im Sommer treten dann zusätzlich die *Cyclopidae* (vor allem *Mesocyclops l.*) und *Diaphanosoma b.* in grosser Zahl auf und können zusammen mit *Daphnia spp.* ein zweites Maximum bilden.

Die Abundanz-Maxima nahmen von 1994 bis 1998 deutlich zu, ab 1999 lagen sie wie auch die Jahresmittelwerte deutlich tiefer mit tiefsten Werten 1999 und 2002/2003. In den früheren Untersuchungen lagen die Jahresmittel im Bereich von 1994 bis 1998 bzw. 2002/2003. Hier kann also von einer leicht reduzierten Gesamtabundanz der Crustaceen gegenüber früheren Jahren ausgegangen werden.

Die Abundanz der **Copepoda** (ohne Nauplien, Abb. 5.3.4 und 5.3.9) zeigte meistens ein kleineres Maximum im frühen Frühling mit Hauptanteil von *Eudiaptomus gracilis* und *Cyclops abyssorum*. Diese werden dann während des Sommerminimums abgelöst durch *Mixodiaptomus laciniatus*. Im Spätsommer/Herbst bildet *Mesocyclops leuckarti* (und in geringerem Mass *Acanthocyclops robustus*) ein hohes Maximum. Der Jahresablauf blieb während der Untersuchungsperiode im wesentlichen gleich, die Maxima fielen ab 2002 geringer aus, was sich auch in den Jahresmittelwerten niederschlug. Grundsätzlich ist eine leichte Tendenz zu tieferen Copepoden-Abundanzen ab etwa 2002 festzustellen bei weitgehend gleichbleibender Artenzusammensetzung.

Der Bestand der **Cladocera** (Abb. 5.3.5 und 5.3.10) zeigte jeweils zwei Maxima im Frühsommer und im Spätsommer. Im Winter und Frühling, bei tiefen Abundanzen dominierte *Eubosmina longispina*, meistens ab April trat *Daphnia hyalina* auf und bildete zusammen mit beiden *Bosminiden*-Arten ein Maximum. Im Sommer traten dann zusätzlich *Daphnia galeata* und *D. cucullata* sowie *Diaphanosoma brachyurum* auf. Im Spätherbst dominierte dann meistens wieder *D. hyalina*.

Die Maxima stiegen ab 1994 bis 1998 sehr stark an (insbesondere durch die *Bosminidae* verursacht), fielen 1999 abrupt auf ein sehr tiefes Niveau und blieben dann mit Schwankungen auf einem mittleren Niveau erhalten. Diese Entwicklung zeigte sich auch in den Jahresmittelwerten. Nach einem deutliche Rückgang von *Daphnia galeata/cucullata* im Vergleich zu den Untersuchungen 1987/88 und ab 1994 nahm deren Anteil ab 1999 wieder deutlich zu.

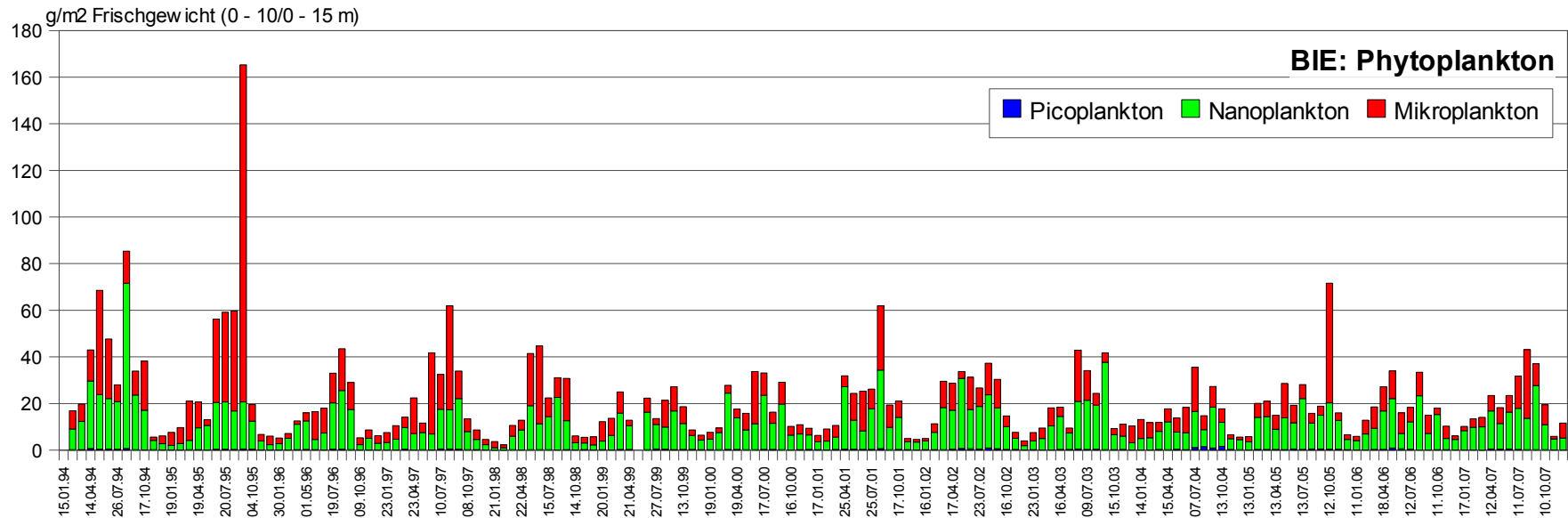


Abbildung 5.3.1: Bielsee - Phytoplankton (mg/m<sup>2</sup> Frischgewicht, Mai 1999 keine Probe)

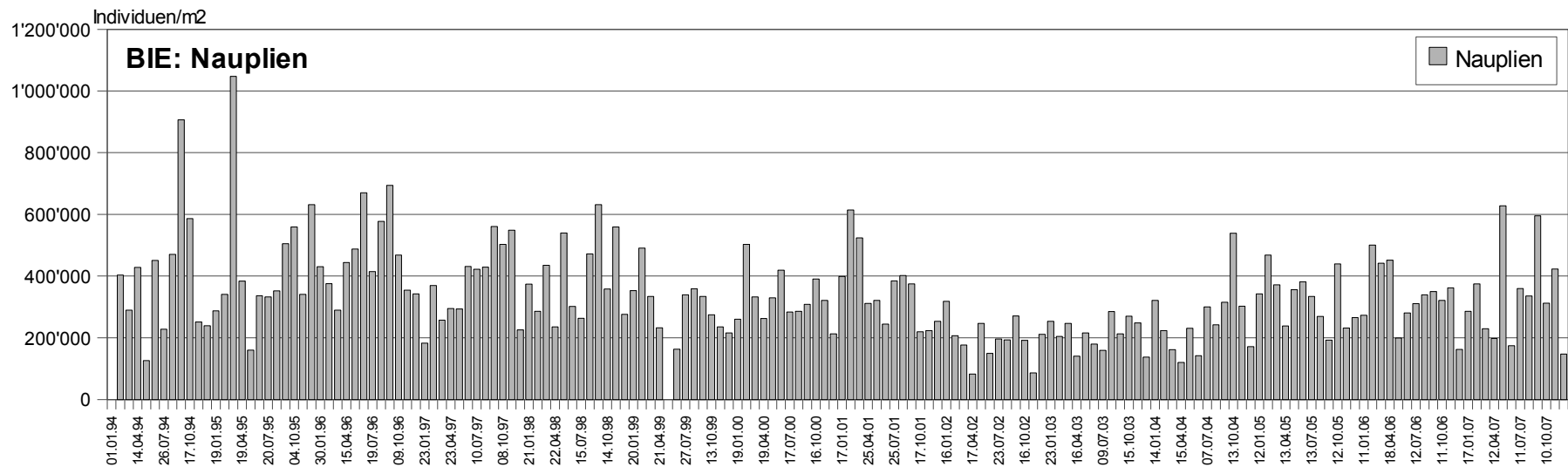


Abbildung 5.3.2: Bielsee - Nauplien (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m, Mai 1999 keine Probe)

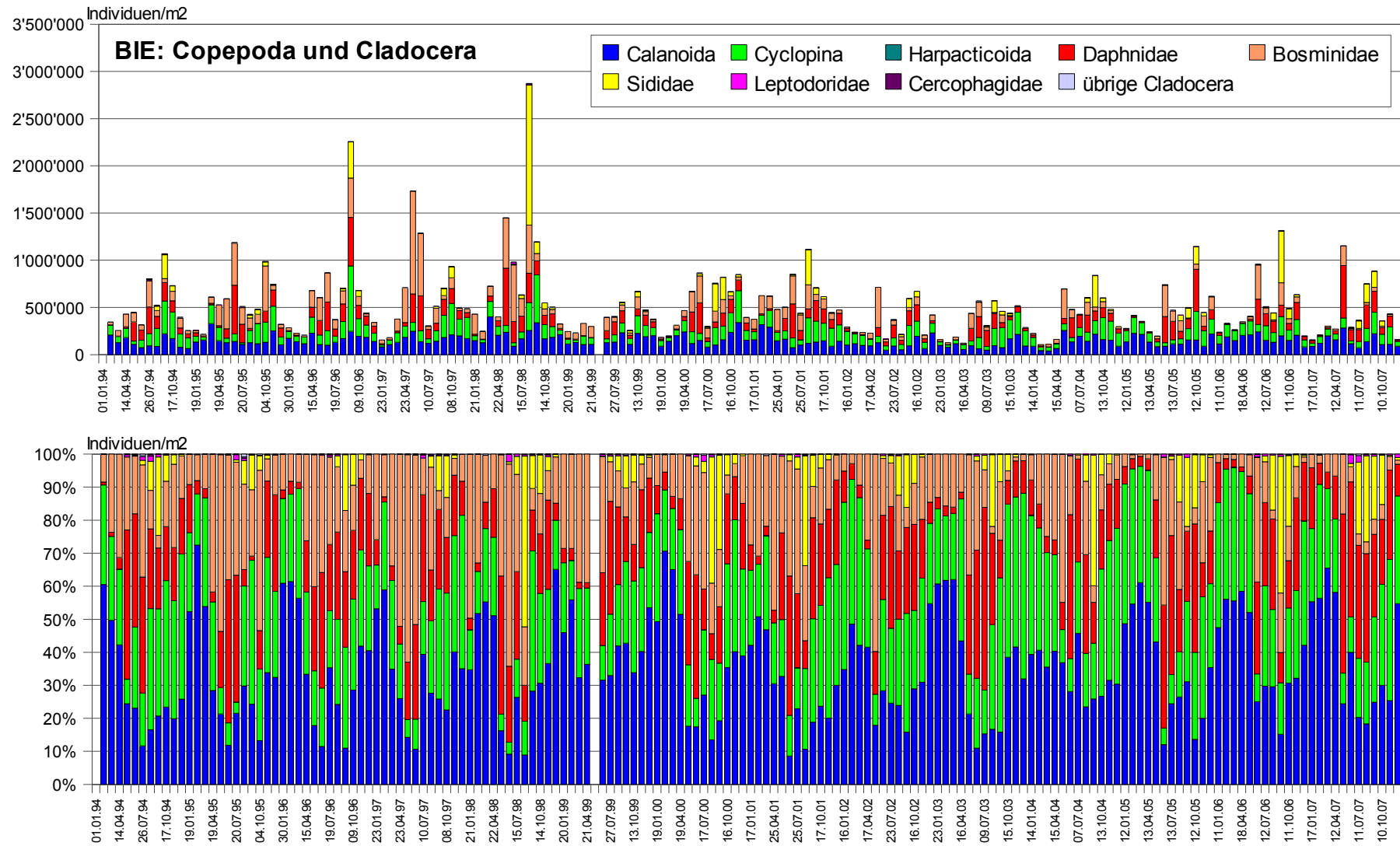


Abbildung 5.3.3: Bielersee - Copepoda und Cladocera (Unterordnungen, Familien, Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m, Mai 1999 keine Probe)

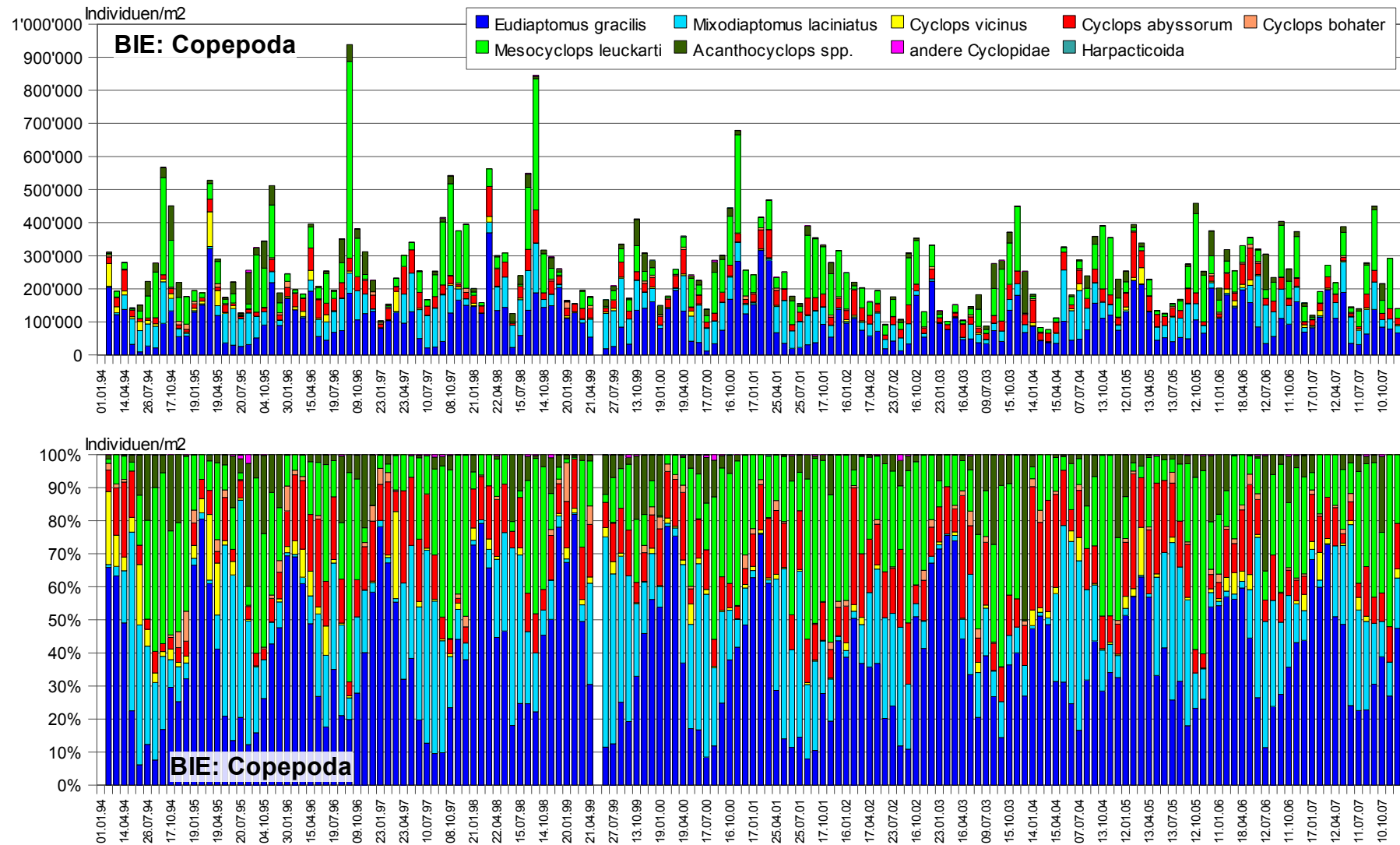


Abbildung 5.3.4: Bielersee - Arten der Copepoda (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m, Mai 1999 keine Probe)



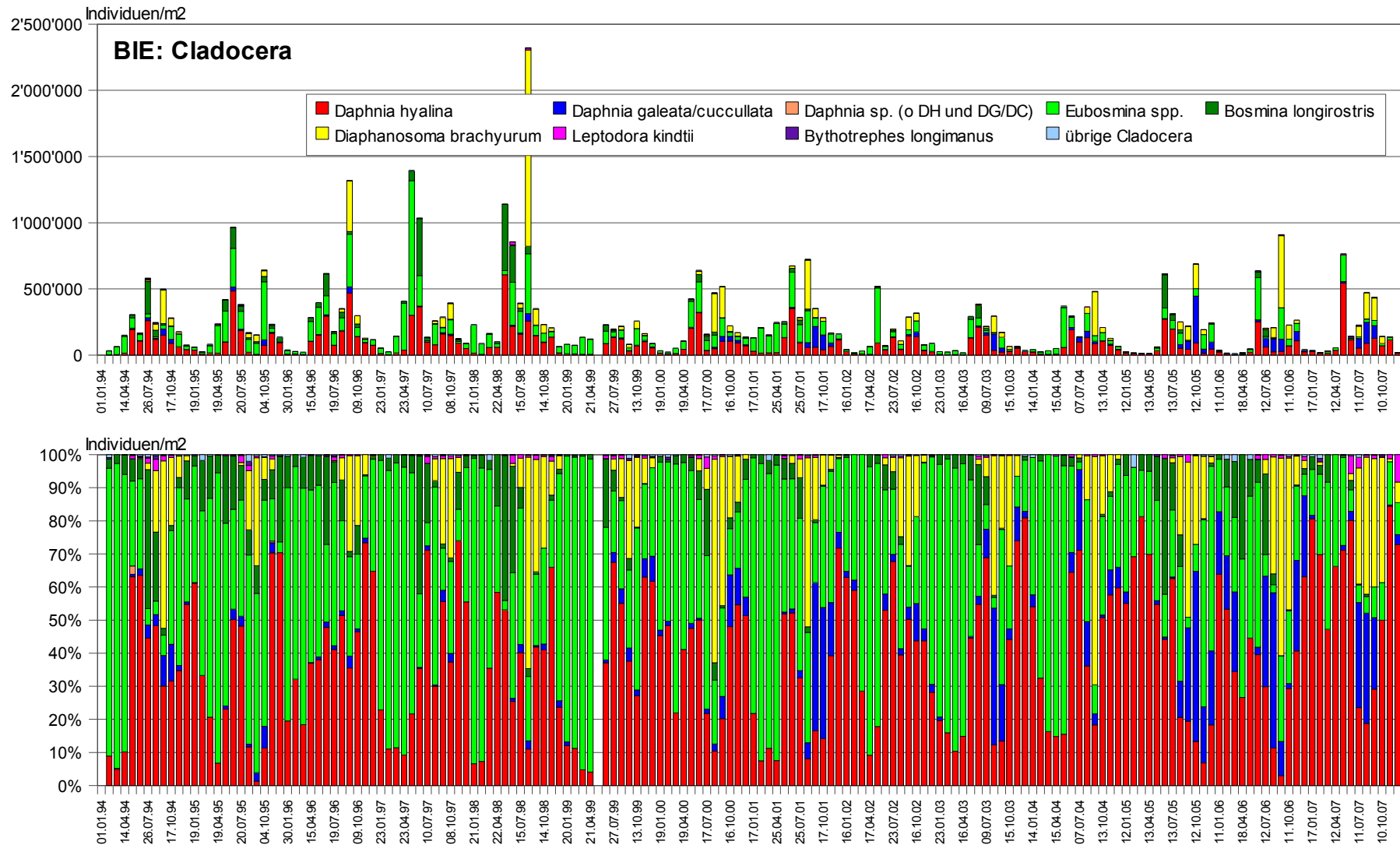


Abbildung 5.3.5: Bielsee - Arten/Gattungen der Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 70 m, Mai 1999 keine Probe)

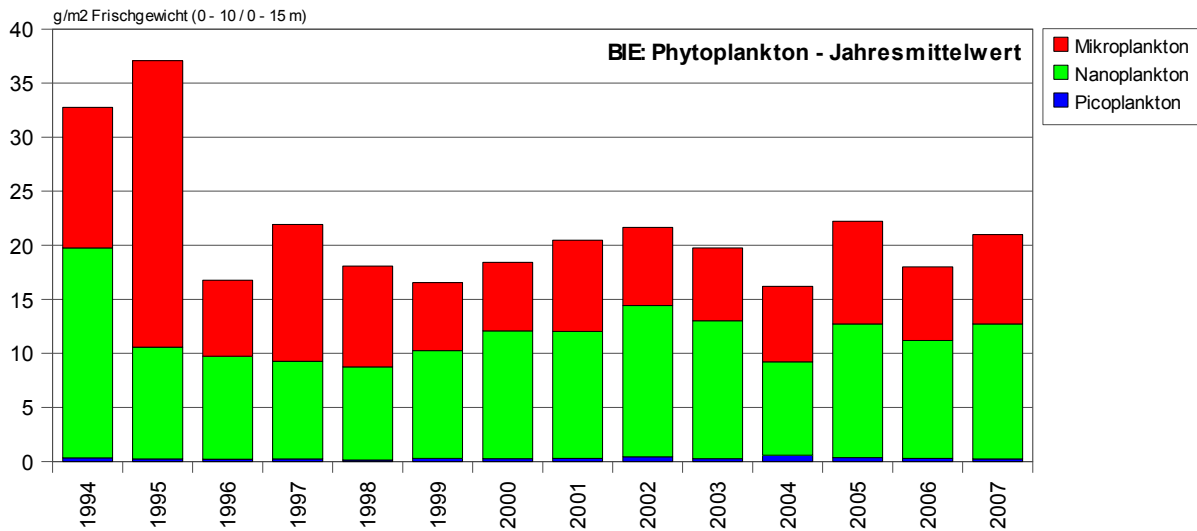


Abbildung 5.3.6: Bielersee - Phytoplankton

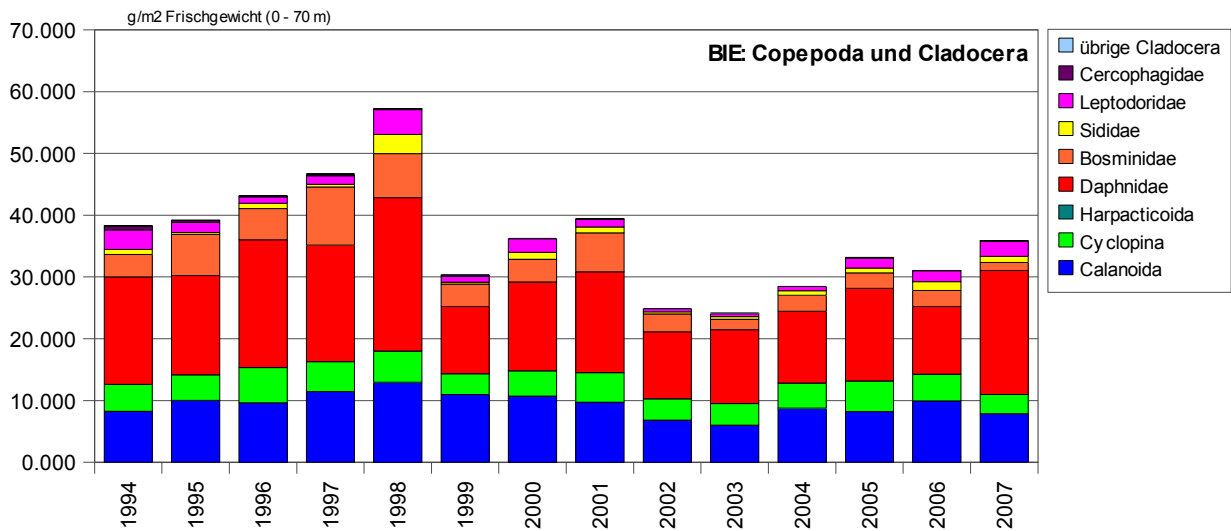


Abbildung 5.3.7: Bielersee - Copepoda und Cladocera - Biomasse Jahresmittel (g/m<sup>2</sup> FG, 0 - 70 m)

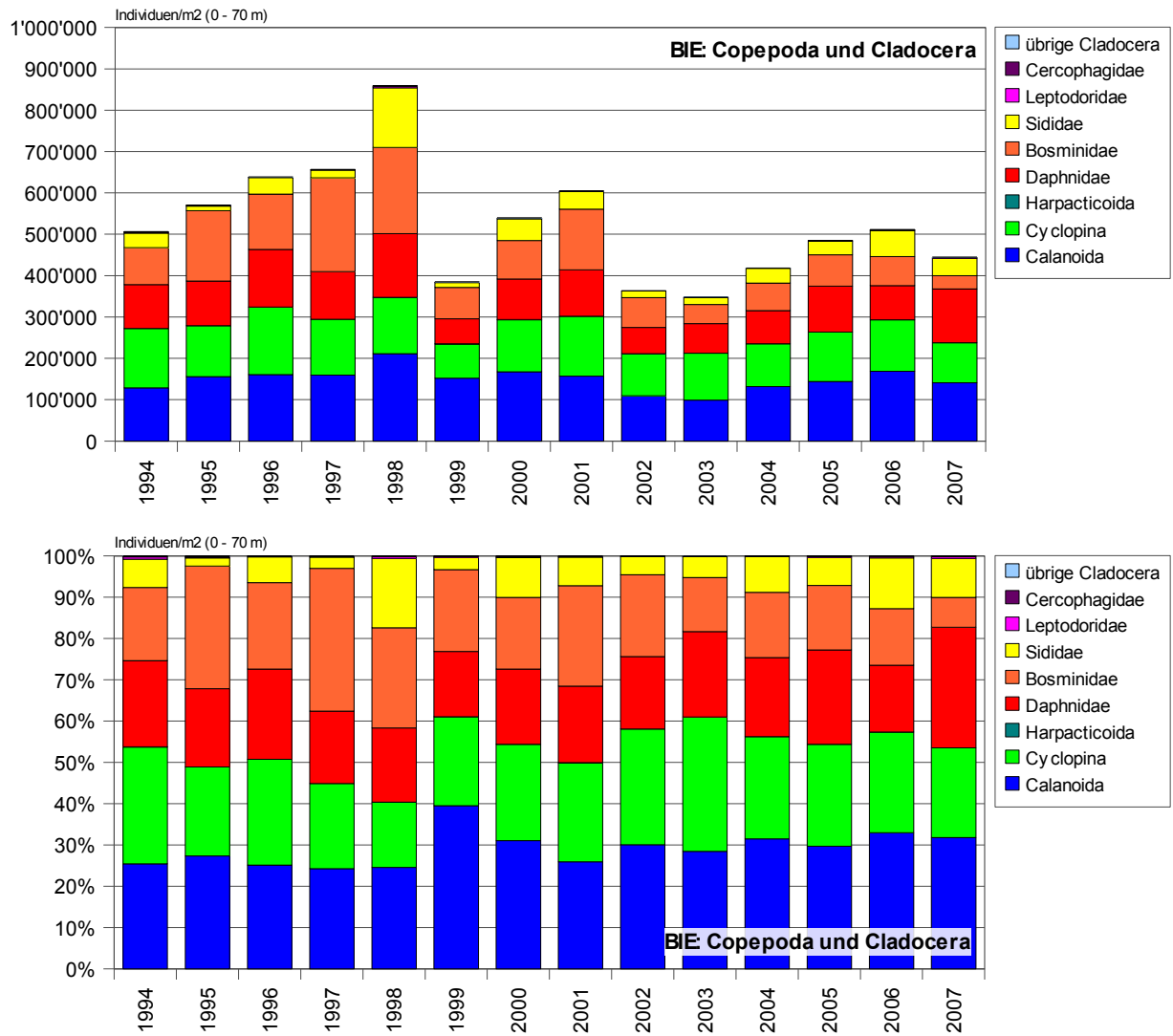


Abbildung 5.3.8: Bielsee - Copepoda und Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

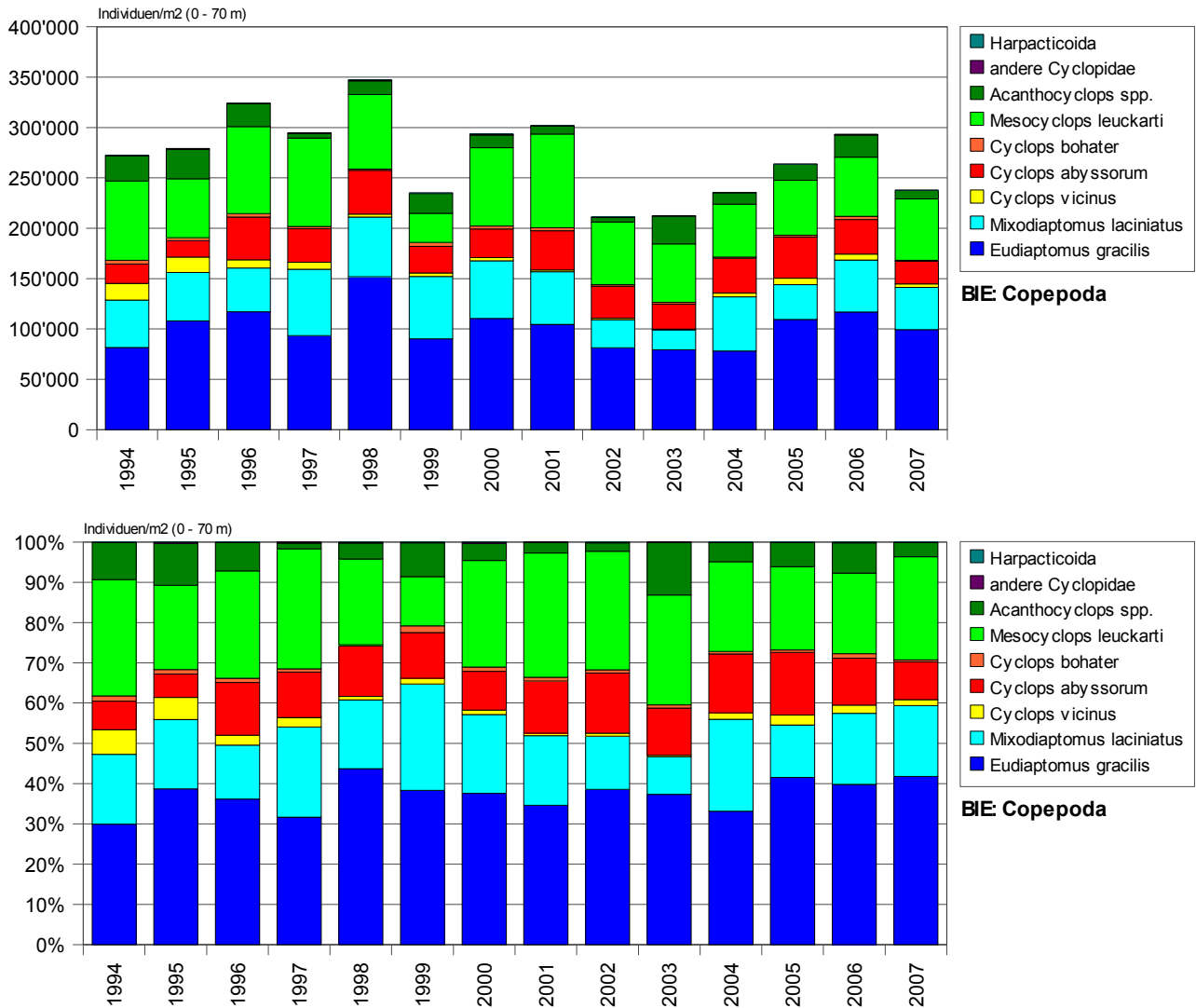


Abbildung 5.3.9: Bielersee - Copepoda-Arten - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 70 m)

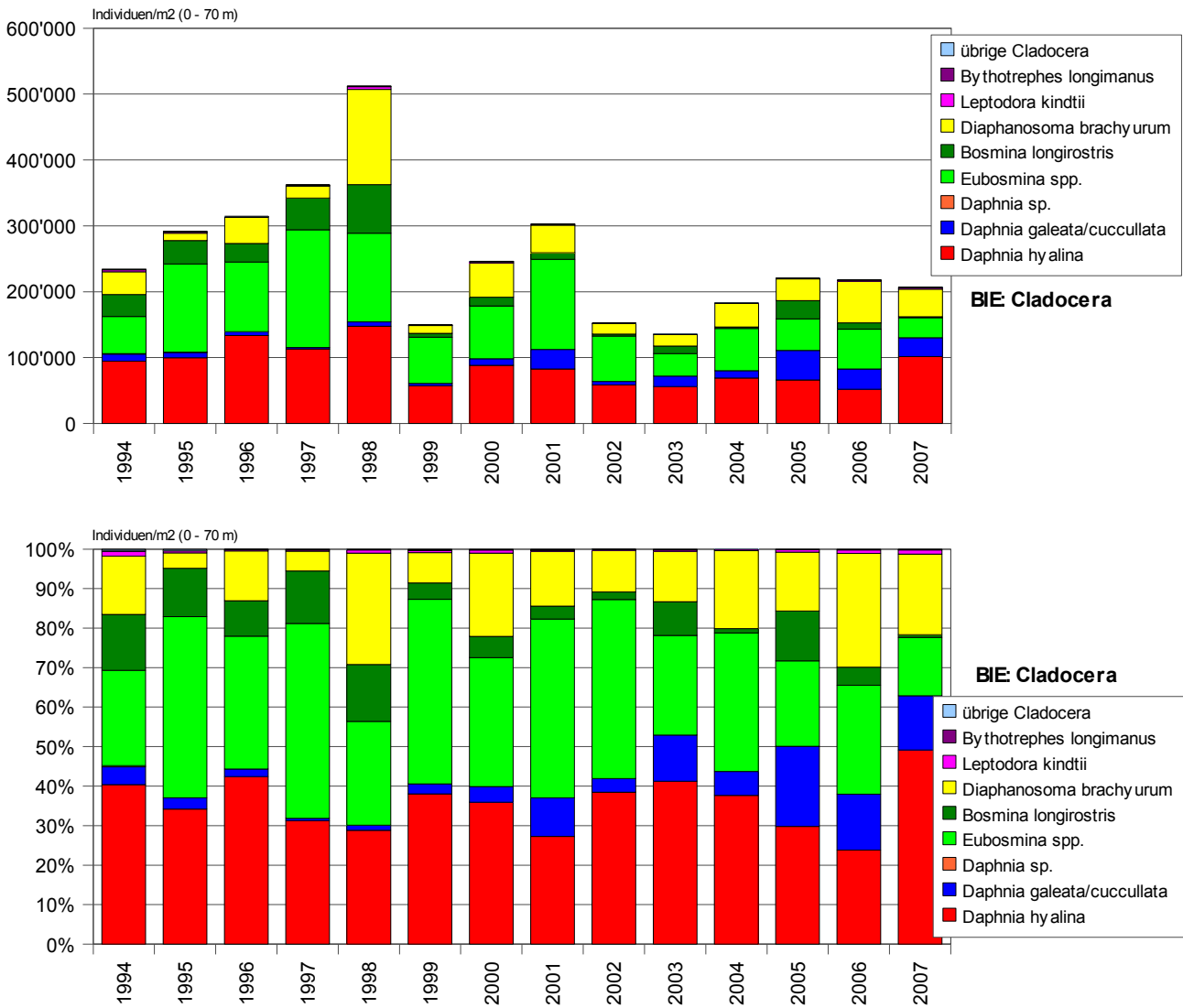


Abbildung 5.3.10: Bielsee - Cladocera-Arten/Gattungen - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 70 m)

### Die Entwicklung einzelner Arten im Bielersee

*Eudiaptomus gracilis* (Abb. 5.3.11) zeigte im Bielersee einen stark schwankenden, aber längerfristig konstanten Bestand. Dabei entsprachen seine Schwankungen auch weitgehend den Schwankungen der Gesamtabundanz der Crustaceen.

Die Abundanz von *Cyclops vicinus* (Abb. 5.3.12) zeigte von 1994 bis 2003 einen ganz klaren Rückgang, nahm dann aber wieder leicht zu. Im Vergleich zu den früheren Untersuchungen (1974 Jahresmittel 117'000 Ind./m<sup>2</sup>, 1978 109'000 Ind./m<sup>2</sup> und 1987/88 27'000 bzw. 55'000 Ind./m<sup>2</sup>) lagen die Bestände in der Untersuchungsperiode aber sehr viel tiefer.

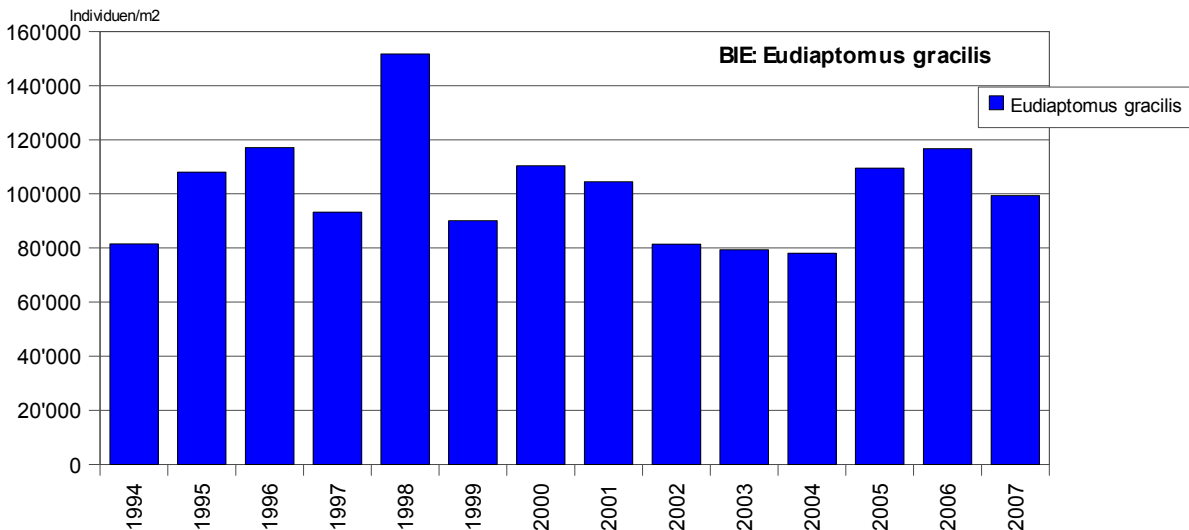


Abbildung 5.3.11: Bielersee - *Eudiaptomus gracilis* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

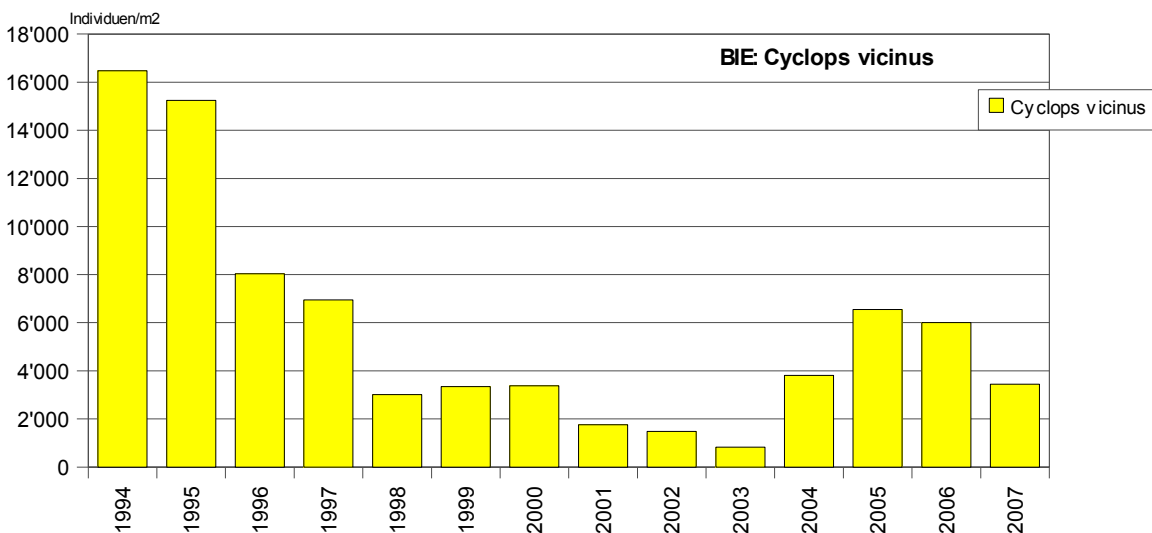


Abbildung 5.3.12: Bielersee - *Cyclops vicinus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

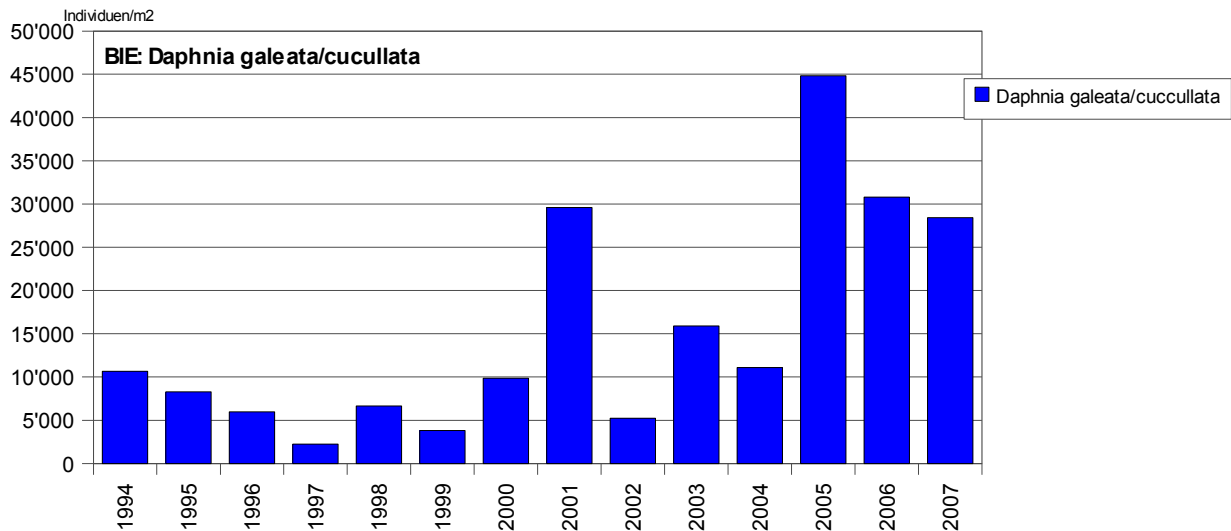


Abbildung 5.3.13: Bielsee - *Daphnia galeata/cucullata* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 70 m)

Bei *Daphnia galeata/cucullata* (Abb. 5.3.13) lagen die Jahresmittelwerte am Anfang der Untersuchungsperiode noch sehr tief, stiegen dann aber 2001 und ab 2005 auf hohe Werte, die denjenigen von 1987/88 entsprachen.

*Bosmina longirostris* (Abb. 5.3.14) erreichte 1994 bis 1998 hohe Jahresmittelwerte, ging dann aber abrupt zurück auf sehr tiefe Werte. Dieser Rückgang war viel deutlicher als bei der wesentlich häufigeren *Eubosmina longispina*. Im Vergleich zu 1987/88 lagen die Abundanzen aber schon 1994-98 wesentlich tiefer.

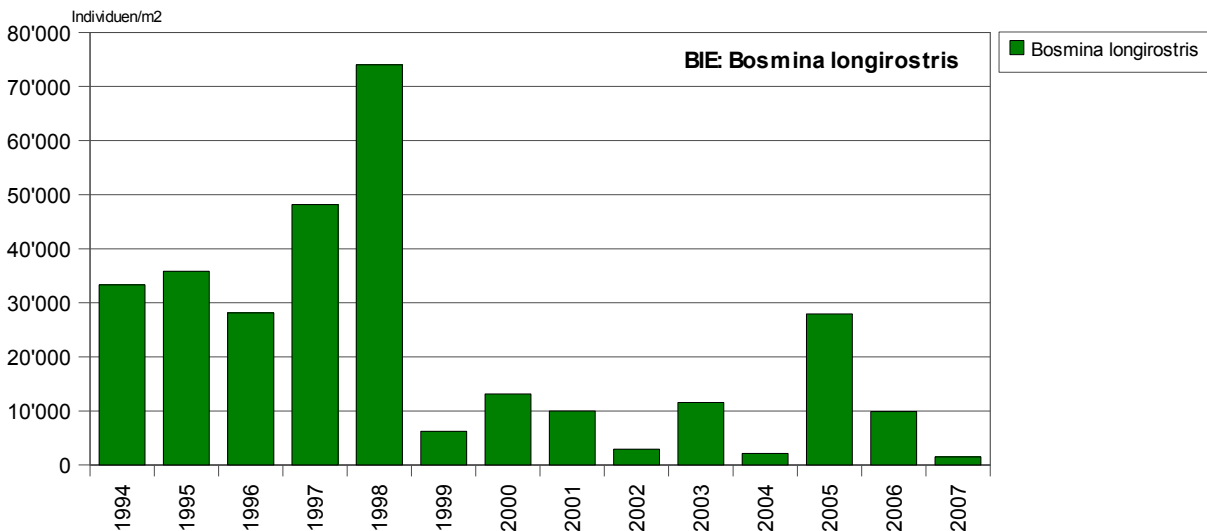


Abbildung 5.3.14: Bielsee - *Bosmina longirostris* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 70 m)

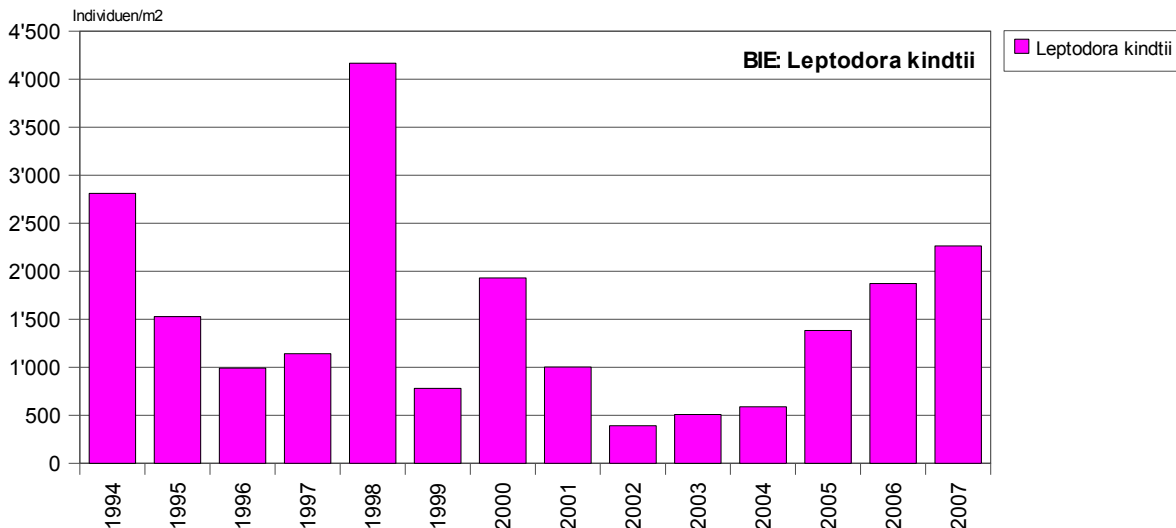


Abbildung 5.3.15: Bielersee - *Leptodora kindtii* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

Die Jahresmittelwerte der Abundanz von *Leptodora kindtii* (Abb. 5.3.15) lagen im Bielersee deutlich höher als im Brienersee und leicht höher als im Thunersee. Im Bielersee wurden insbesondere 2002 bis 2004 sehr tiefe Werte beobachtet, ab 2005 erfolgte wieder ein Anstieg.

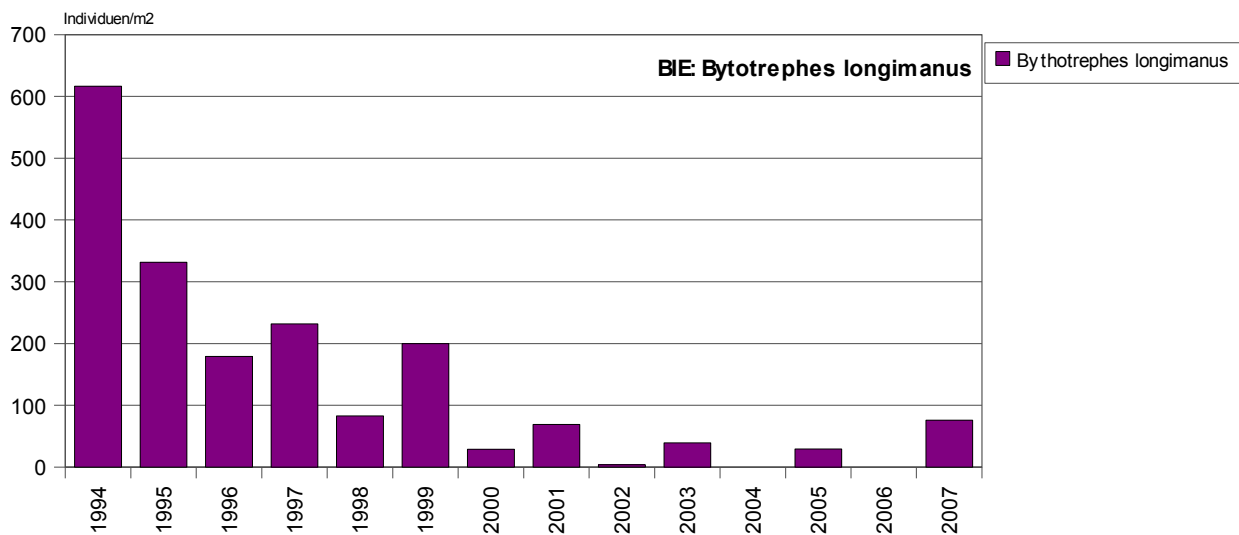


Abbildung 5.3.16: Bielersee - *Bythotrephes longimanus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 70 m)

Bei *Bythotrephes longimanus* (Abb. 5.3.16) konnte wie im Brienersee ein ganz klarer Rückgang beobachtet werden, allerdings wurden doch auch noch 2007 einzelne Individuen erfasst.



## 5.4 Neuenburgersee

Das **Phytoplankton** (Abb. 5.4.1 und 5.4.6) zeigte im Neuenburgersee meist mehrere Maxima im Jahresverlauf. Häufig trat ein Frühlingsmaximum auf. Die Biomasse wies eine leicht rückläufige Tendenz auf.

In den Grafiken der Jahresverläufe fehlen Daten für die folgenden Monate: 11/00, 11/01, 09/02, 12/02, 01/03, 05/03, 02/04, 07/05, 10/05, 12/05.

Die Abundanz der **Nauplien** (Abb. 5.4.2) zeigte wesentlich höhere Werte als im Bielersee. Meistens trat ein deutliche Maximum im Frühsommer auf, manchmal auch kleinere im Frühling oder Spätsommer. Über die Untersuchungsperiode von 1999 bis 2007 schienen die Werte konstant zu bleiben.

Auch für die **Gesamtabundanz der Crustaceen** (ohne Nauplien, Abb. 5.4.3, 5.4.7 und 5.4.8) zeigte der Neuenburgersee deutlich höhere Werte als der Bielersee. Die Jahresverläufe waren sehr uneinheitlich, oft traten mehrere Maxima auf. Die verschiedenen Arten erreichten in unterschiedlichen Jahren ihre Spitzenwerte.

Die Jahresmittelwerte variierten relativ moderat um einen Wert von 750'000 Ind./m<sup>2</sup>, eine Tendenz ist nicht festzustellen. Allerdings nahm die Bedeutung der *Cyclopidae* (insbesondere von *M. leuckarti*) sehr stark zu, während *Diaphanosoma brachyurum* leicht abnahm. Die Anteile der *Daphnidae* und *Bosminidae* schwankten deutlich und zeigten eine leicht abnehmende Tendenz.

Auch der Jahresverlauf der Abundanz der **Copepoda** (ohne Nauplien, Abb. 5.4.4 und 5.4.9) zeigte ein unregelmässiges Bild. *Eudiaptomus gracilis* weist fast ganzjährig hohe Anteile auf, *Mixodiaptomus laciniatus* und *Cyclops abyssorum* im Sommer und *Mesocyclops leuckarti* eher im Herbst und Winter.

Die Jahresmittelwerte deuten auf eine weitgehend konstante Entwicklung hin, mit abnehmender Bedeutung von *Cyclops abyssorum* und *Mixodiaptomus laciniatus* sowie zunehmender Abundanz von *Mesocyclops leuckarti*.

Die Jahresverläufe der **Cladocera** (Abb. 5.4.5 und 5.4.10) waren einheitlicher in der Abfolge der Arten und Maxima. Im Winter und frühen Frühling dominierte *Eubosmina spp.* und bildete of ein Frühlingsmaximum. Dann folgte *Daphnia sp.* mit Maxima im Frühsommer und gelegentlich auch im Herbst. Im Sommer erreichte auch *Leptodora kindtii* die höchsten Abundanzen, bei sehr tiefer Gesamtabundanz auch hohe Anteile. Im Herbst erreichte dann *Diaphanosoma brachyurum* ihre höchsten Abundanzen.

Die Jahresmittelwerte zeigten eine leicht abnehmende Tendenz, allerdings unterbrochen durch einen sehr hohen Wert 2004 (längerdauerndes *Bosminiden*-Frühlingsmaximum).

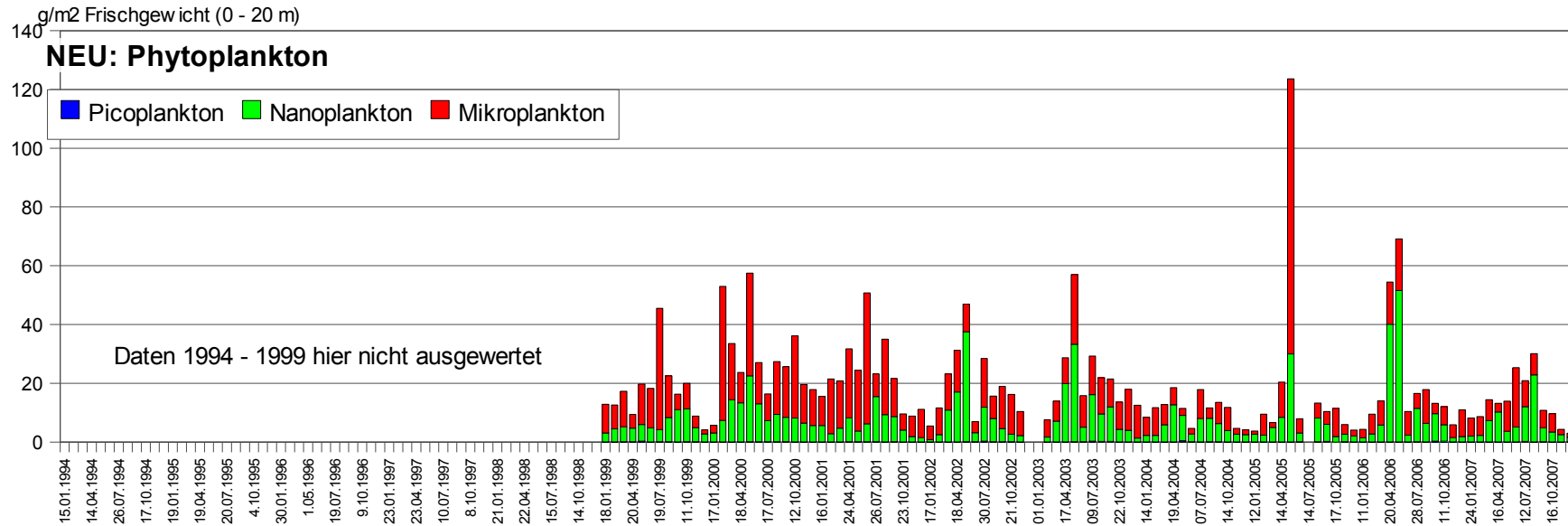


Abbildung 5.4.1: Neuenburgersee - Phytoplankton (g/m<sup>2</sup> Frischgewicht, 1999 - 2007)

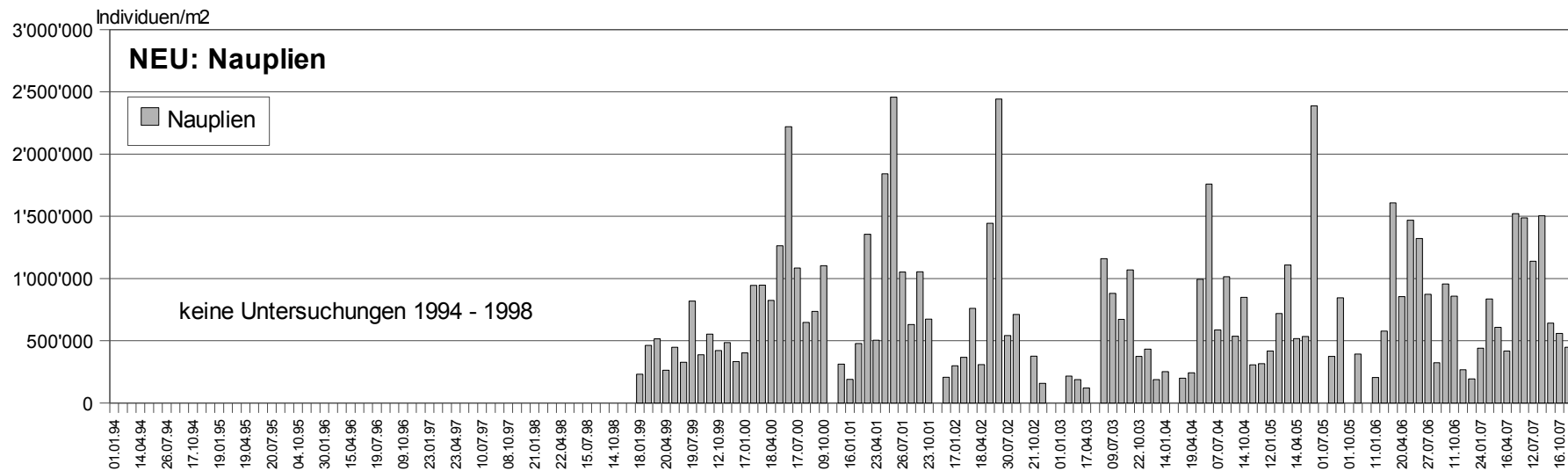


Abbildung 5.4.2: Neuenburgersee - Nauplien (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

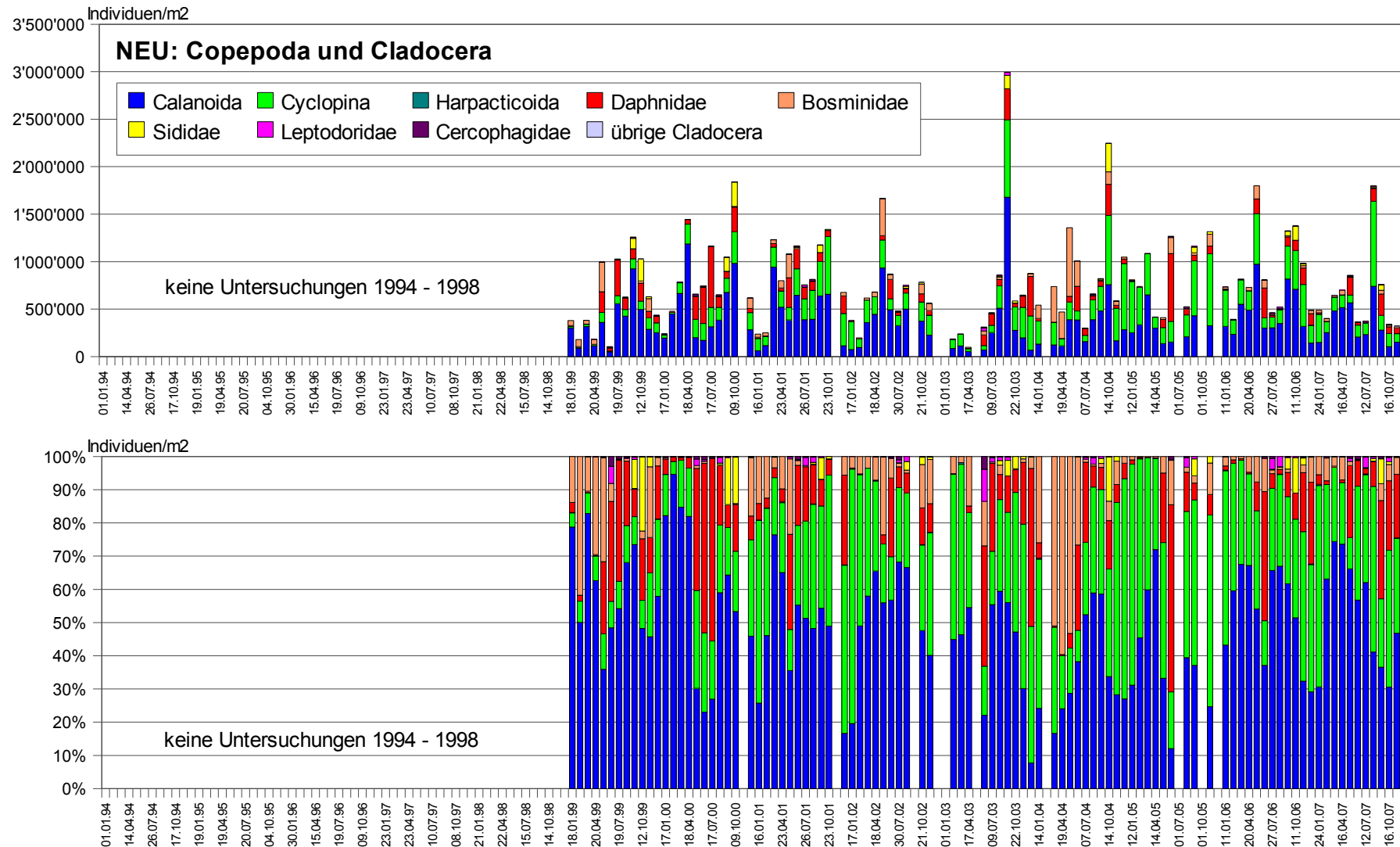


Abbildung 5.4.3: Neuenburgersee - Copepoda und Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

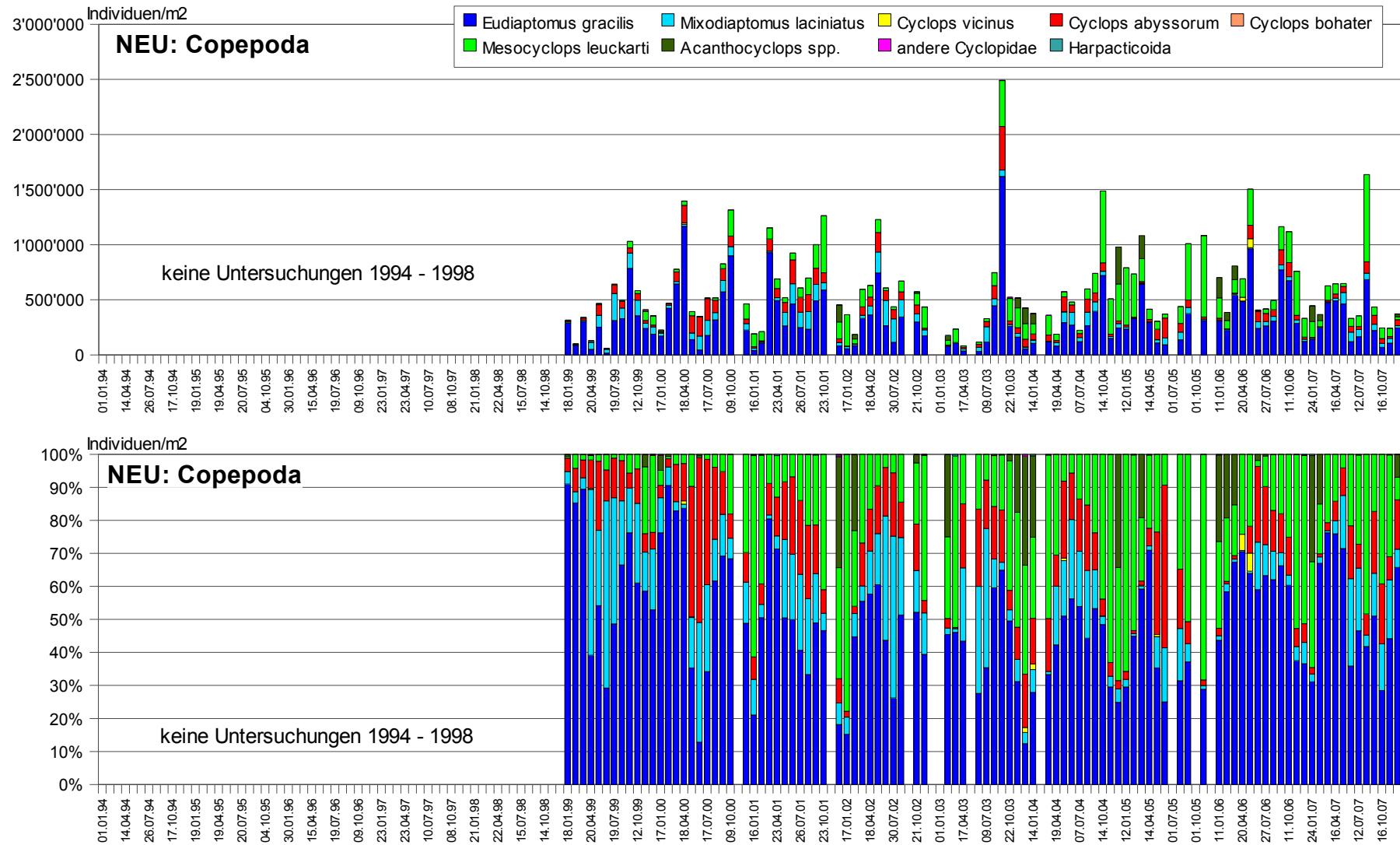


Abbildung 5.4.4: Neuenburgersee - Copepoda (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

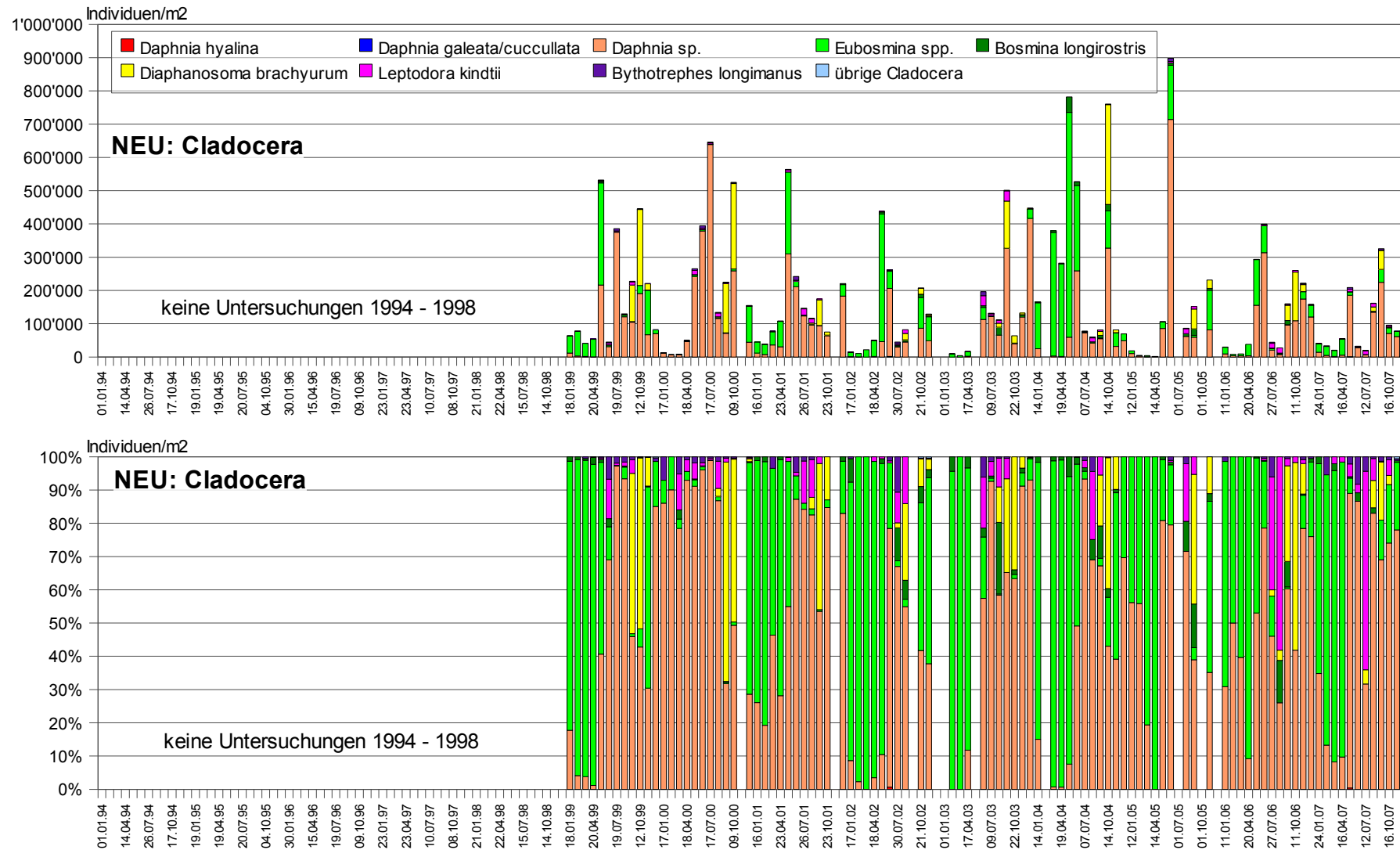


Abbildung 5.4.5: Neuenburgersee - Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

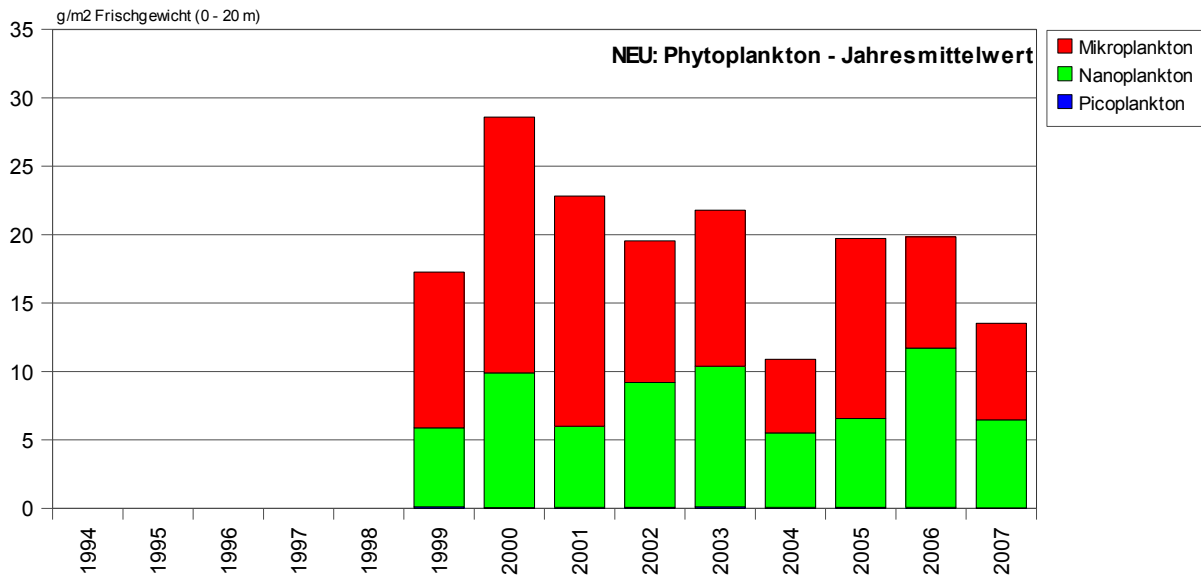


Abbildung 5.4.6: Neuenburgersee - Phytoplankton (Jahresmittelwert in g/m<sup>2</sup> Frischgewicht)

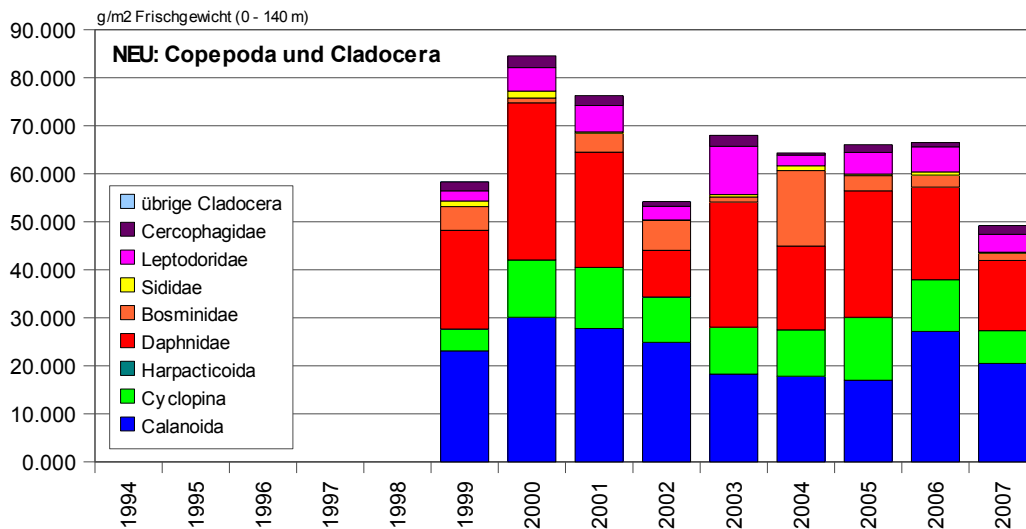


Abbildung 5.4.7: Neuenburgersee - Copepoda und Cladocera - Biomasse Jahresmittel (g FG/m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

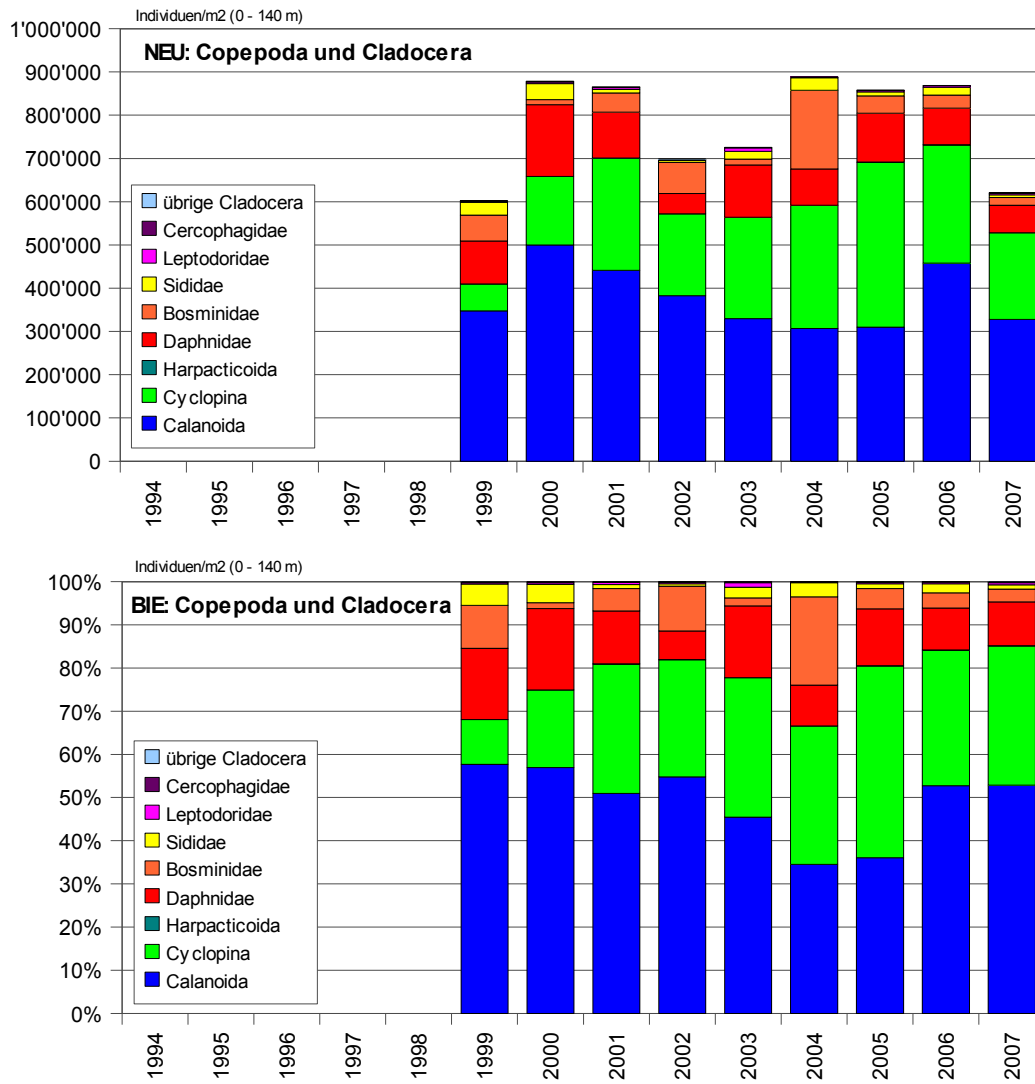


Abbildung 5.4.8: Neuenburgersee - Copepoda und Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

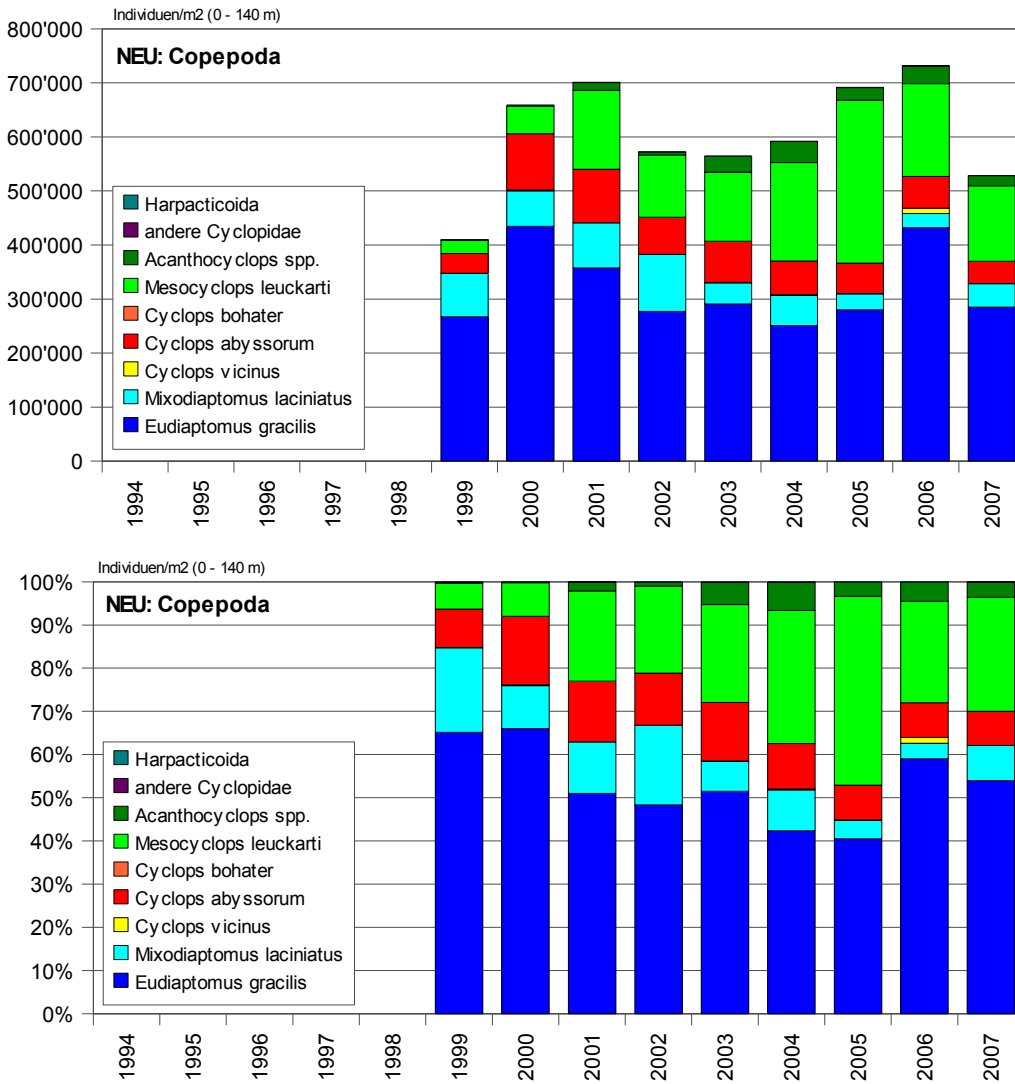


Abbildung 5.4.9: Neuenburgersee - Copepoda - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)



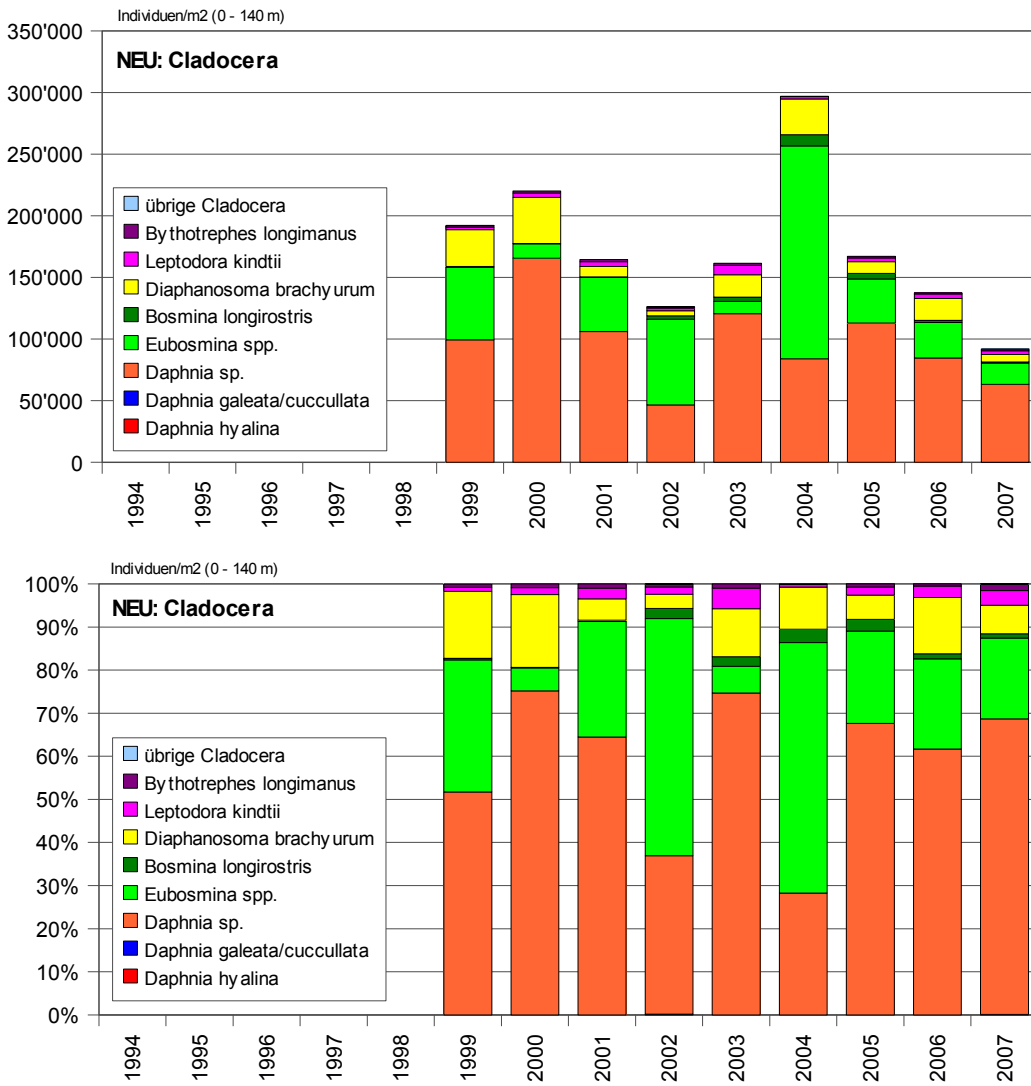


Abbildung 5.4.10: Neuenburgersee - Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

## Die Entwicklung einzelner Arten im Neuenburgersee

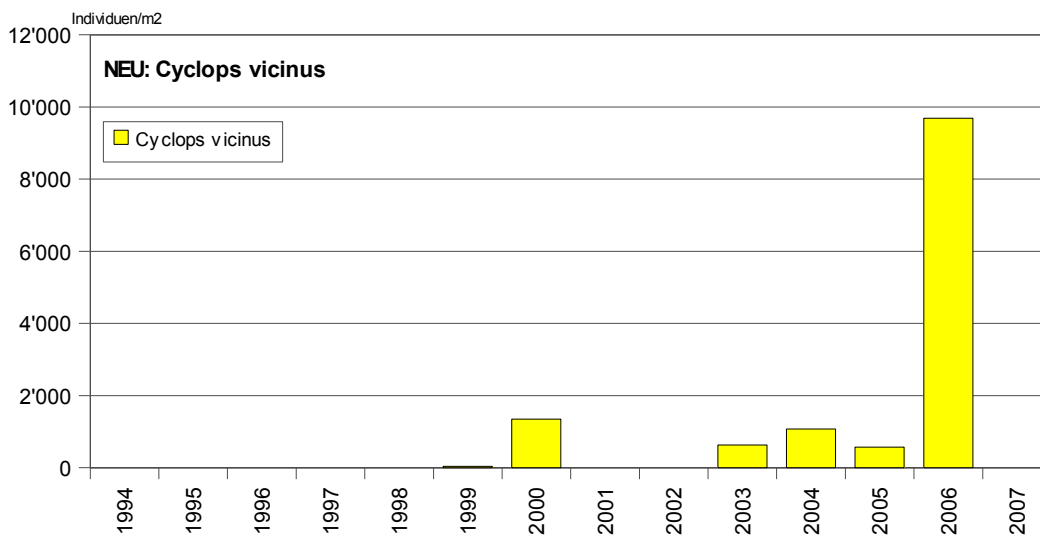


Abbildung 5.4.11: Neuenburgersee - *Cyclops vicinus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

*Cyclops vicinus* (Abb. 5.4.11) war 1987/88 noch die dominante *Cyclopiden*-Art mit Jahresmittelwerten von 151'000 bzw. 62'000 Ind./m<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu liegen die Jahresmittelwerte von 1999 bis 2004 extrem tief, auch der deutlich höhere Wert von 2006. *C. v.* hat seine Bedeutung verloren bzw. an *Mesocyclops leuckarti* abgegeben.

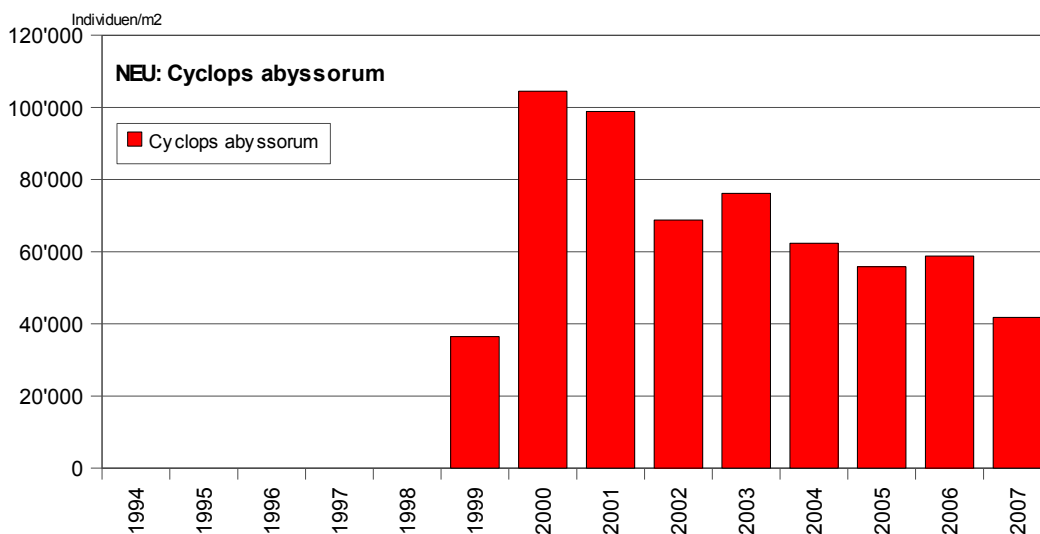


Abbildung 5.4.12: Neuenburgersee - *Cyclops abyssorum* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

*Cyclops abyssorum* (Abb. 5.4.12) wies ähnliche Abundanzen auf wie 1987/88. Ab 2000 scheint aber ein recht deutlicher Rückgang zu beginnen.

Im Gegensatz dazu steht der rasante Anstieg der Population von *Mesocyclops leuckarti* (Abb. 5.4.13) und *Acanthocyclops robustus* (Abb. 5.4.14). Die beiden kleinen Cyclopiden-Arten waren 1987/88 noch recht wenig abundant, während *M. l.* heute neben *Eudiaptomus gracilis* die zweitwichtigste Copepoden-Art im Neuenburgersee ist.

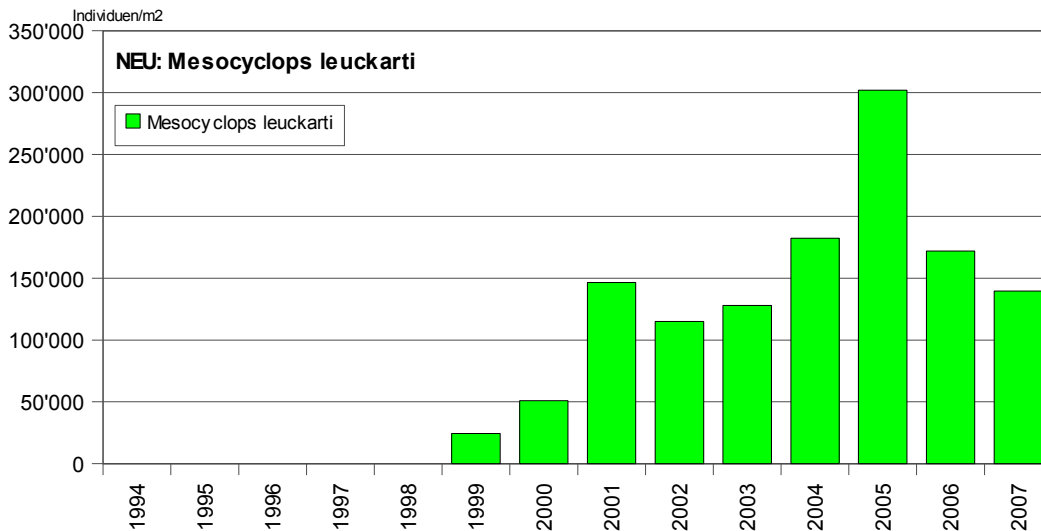


Abbildung 5.4.13: Neuenburgersee - *Mesocyclops leuckarti* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

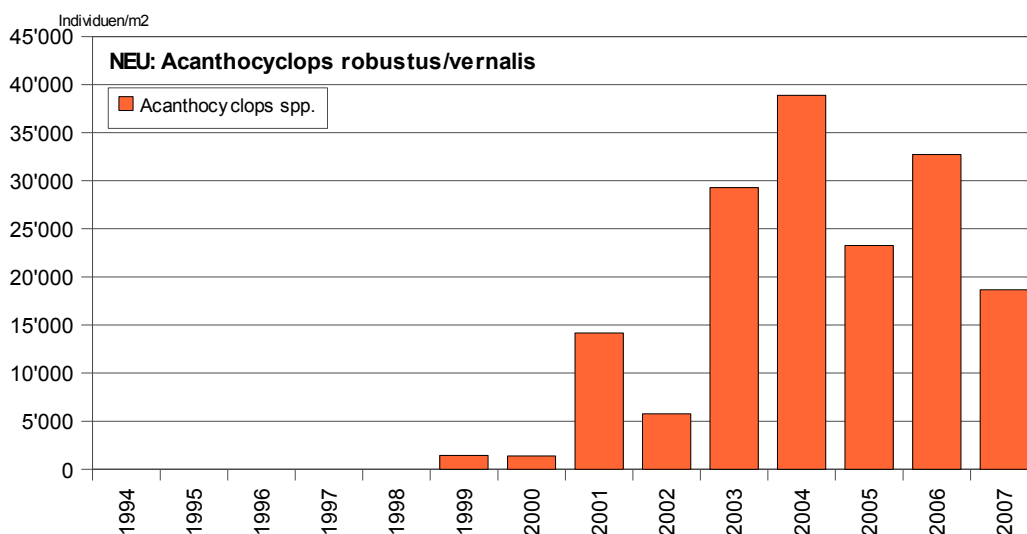


Abbildung 5.4.14: Neuenburgersee - *Acanthocyclops robustus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

Die Entwicklung der *Daphnien* (Abb. 5.4.15) zeigte im Neuenburgersee kein klares Bild. Die Jahresmittelwerte lagen in einem ähnlichen Bereich wie 1987/88. Sie variierten deutlich von Jahr zu Jahr. Ausgehend vom hohen Wert 2000 ist ein leichter Rückgang möglich.

Auch bei *Eubosmina* spp. (Abb. 5.4.16) ist die Tendenz noch nicht klar. Ausgehend von Jahresmittelwerten wie 1987/88 variierten die Bestände deutlich und fielen nach einem extrem hohen Wert 2004 stark ab. Auch *Bosmina longirostris* zeigte eine Zunahme bis 2004, allerdings auf einem viel tieferen Niveau.

*Diaphanosoma brachyurum* (Abb. 5.4.17) nahm im Vergleich zu 1987/88 deutlich zu. Die Jahresmittelwerte schwankten aber 1999 bis 2007 sehr stark, so dass die Tendenz nicht zuverlässig zu erkennen ist.

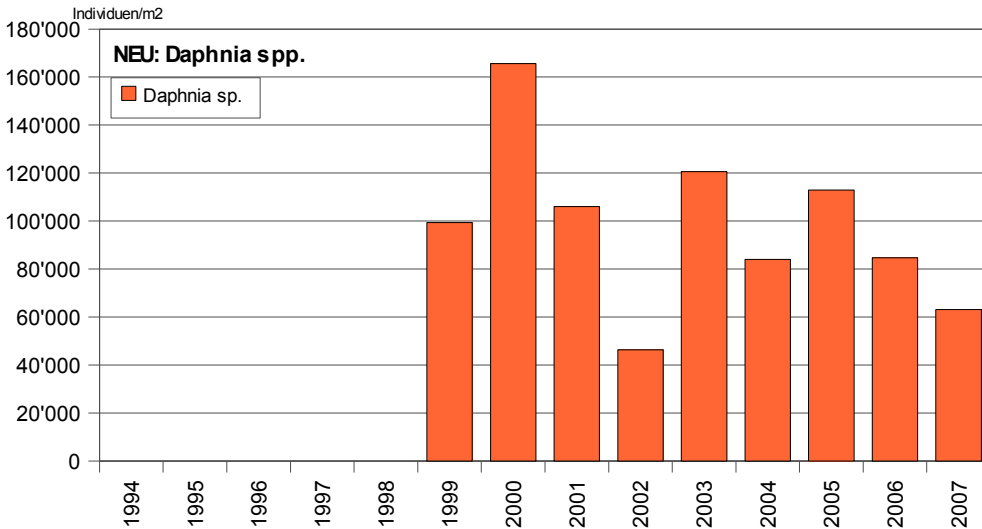


Abbildung 5.4.15: Neuenburgersee - *Daphnia* sp. - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

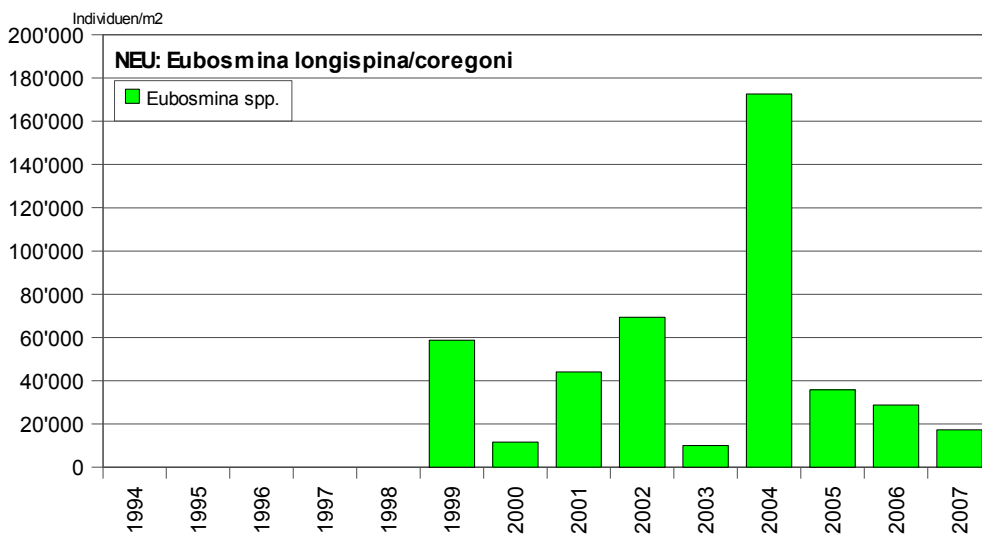


Abbildung 5.4.16: Neuenburgersee - *Eubosmina* spp. - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

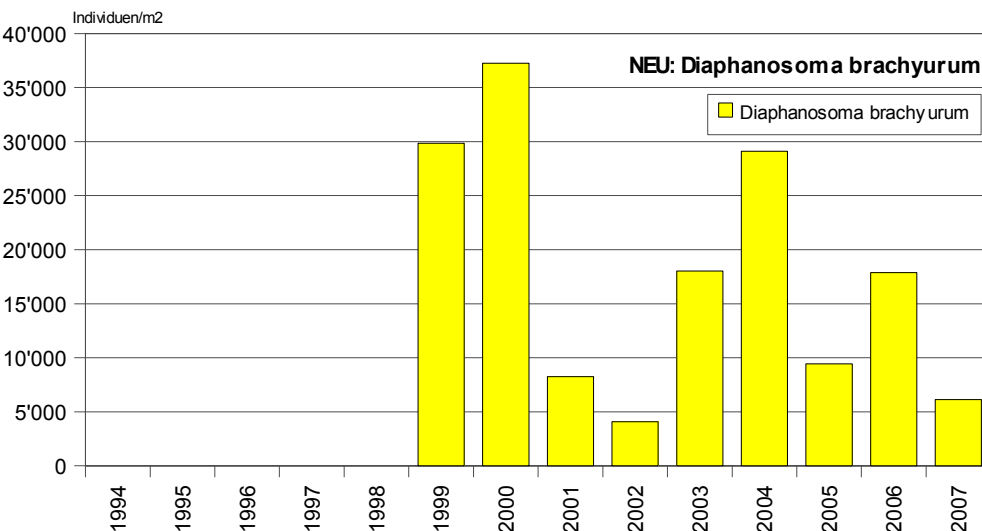


Abbildung 5.4.17: Neuenburgersee - *Diaphanosoma brachyurum* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

*Leptodora kindtii* (Abb. 5.4.18) erreichte im Neuenburgersee die höchste Abundanz von allen untersuchten Seen. Die Jahresmittelwerte lagen im gleichen Bereich wie 1987/88 und zeigten keine Tendenz zu Ab- oder Zunahme.

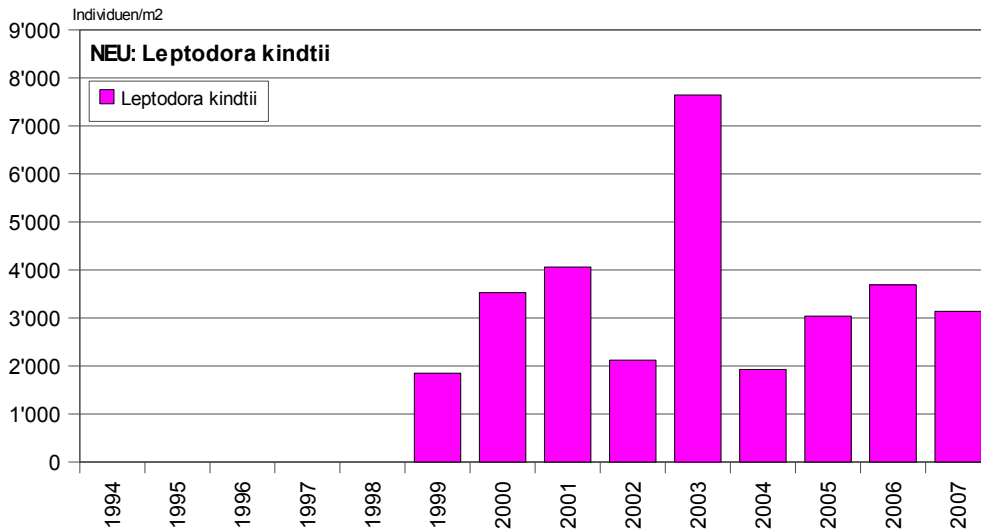


Abbildung 5.4.18: Neuenburgersee - *Leptodora kindtii* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

Die Jahresmittelwerte der Abundanz von *Bythotrephes longimanus* (Abb. 5.4.19) lagen leicht höher als im Thunersee und deutlich höher als im Bieler- und Brienersee. Trotz grossen Schwankungen von Jahr zu Jahr scheint der Bestand aber stabil zu bleiben.

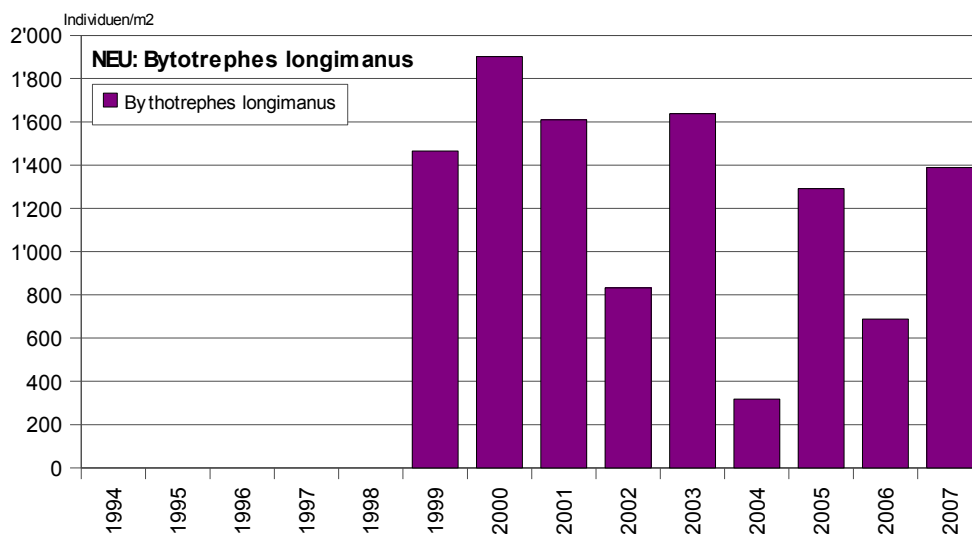


Abbildung 5.4.19: Neuenburgersee - *Bythotrephes longimanus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 140 m)

## 5.5 Murtensee

Das **Phytoplankton** (Abb. 5.5.1 und 5.5.6) zeigte im Murtensee eine leichte Zunahme bis 2003, dann einen Rückgang auf die Werte um 1999 mit Ausnahme des Maximums 2006.

Die **Nauplien** (Abb. 5.5.2) zeigten sehr regelmässige Jahresverläufe mit einem klaren Maximum im Frühsommer. Diese Maxima erreichten die höchsten Werte aller untersuchten Seen. Die Jahresmittelwerte der Abundanz zeigten in der Untersuchungsperiode einen sehr leichten Rückgang.

Die **Gesamtabundanz der Crustaceen** (ohne Nauplien, Abb. 5.5.3, und 5.5.8) brach nach sehr hohen Werten ab 2002 abrupt ein. Dies ist einerseits auf den sehr starken Rückgang der *Cladocera*, andererseits aber auch auf den Rückgang von *Mesocyclops leuckarti* zurückzuführen. Der Jahresverlauf wurde weitgehend durch die *Copepoden* bestimmt, wobei meistens *Mesocyclops leuckarti* für die Maxima verantwortlich war. 1999 und 2000 trugen auch noch die *Cladocera* einen wesentlichen Anteil zum Frühsommermaximum bei, ab 2003 erreichten sie noch maximal etwa 30% Anteil.

Die Jahresmittelwerte zeigten in der Entwicklung das gleiche Bild: hohe Abundanzen und Biomasse bis 2001, dann klarer Rückgang auf etwa die Hälfte. Bei der Biomass war der Anteil der *Cladocera* vor allem 1999 bis 2001 wesentlich höher als bei der Abundanz, da die *Daphnien* als wichtigste *Cladoceren*-Art weit höhere Individualgewichte aufwiesen als die kleinen *Mesocyclops leuckarti*.

Die Abundanz der **Copepoda** (ohne Nauplien, Abb. 5.5.4 und 5.5.9) zeigte auch einen Rückgang nach 2001, aber weit weniger deutlich als die Gesamtabundanz der Crustaceen. Viel auffälliger ist die Veränderung der Artenzusammensetzung ab 2001. 1999 und 2000 wurde das Frühlingmaximum der Copepoden neben *Eudiaptomus gracilis* durch *Cyclops vicinus* gebildet, während im Sommer und Herbst *Mesocyclops leuckarti* dominierte. Beginnend 2001 und ab 2002 sehr deutlich ging dann die Bedeutung von *C. vicinus* zurück. *C. abyssorum* wurde viel dominanter. Seine Entwicklungszeit erstreckte sich aber fast über den ganzen Sommer. Die extremen Herbstmaxima von *M. leuckarti* gingen stark zurück, vor allem 2007 bildete dann *Acanthocyclops robustus* ein deutliches Herbstmaximum.

Die Jahresmittelwerte vermitteln das gleiche Bild, der Rückgang ab 2002 wird hier aber viel klarer sichtbar.

Der Bestandeseinbruch bei den **Cladocera** (Abb. 5.5.5 und 5.5.10) wurde dank den hohen Abundanzen von *Bosmina longirostris* und *Diaphanosoma brachyurum* in den Jahren 2002 und 2003 noch etwas verzögert. Die Reduktion war aber im Vergleich zu den *Copepoda* wesentlich stärker. 1999 und 2000 beobachtete man noch grosse Frühsommer- und Herbstmaxima von *Daphnia sp.* kombiniert mit hohen Abundanzen der *Bosminidae*. *Eubosmina sp.* war noch im Herbst/Winter 2000/2001 gut vertreten, dann fast vollständig verschwunden. *Bosmina longirostris* trat jeweils im August 2002 und 2003 mit hoher Abundanz auf. Ab 2004 blieben nur noch *Daphnia sp.* und *Diaphanosoma brachyurum* (im Spätsommer) mit grösserer Abundanz übrig.

Die Beurteilung der Jahresmittelwerte bestätigt diese Entwicklungstendenz. Die Gesamtwerte fielen auf etwa 25% im Vergleich zu 1999/2000. Als wichtige Arten blieben nur noch *Daphnia sp.* und *Diaphanosoma brachyurum*.

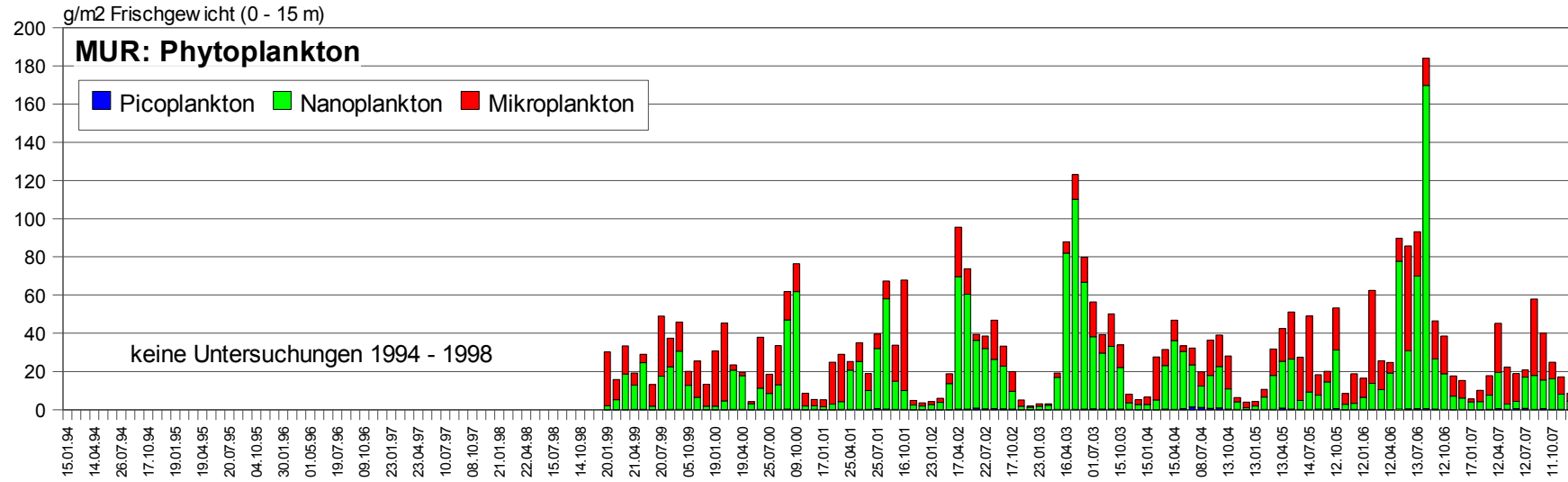


Abbildung 5.5.1: Murtensee - Phytoplankton Biomasse

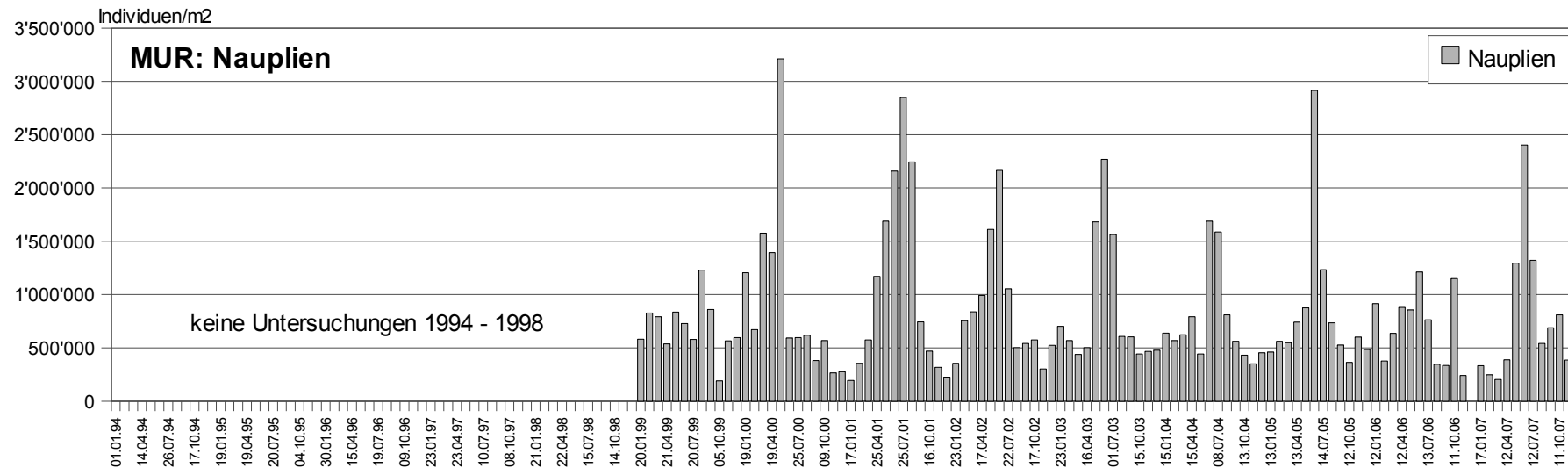


Abbildung 5.5.2: Murtensee - Nauplien (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

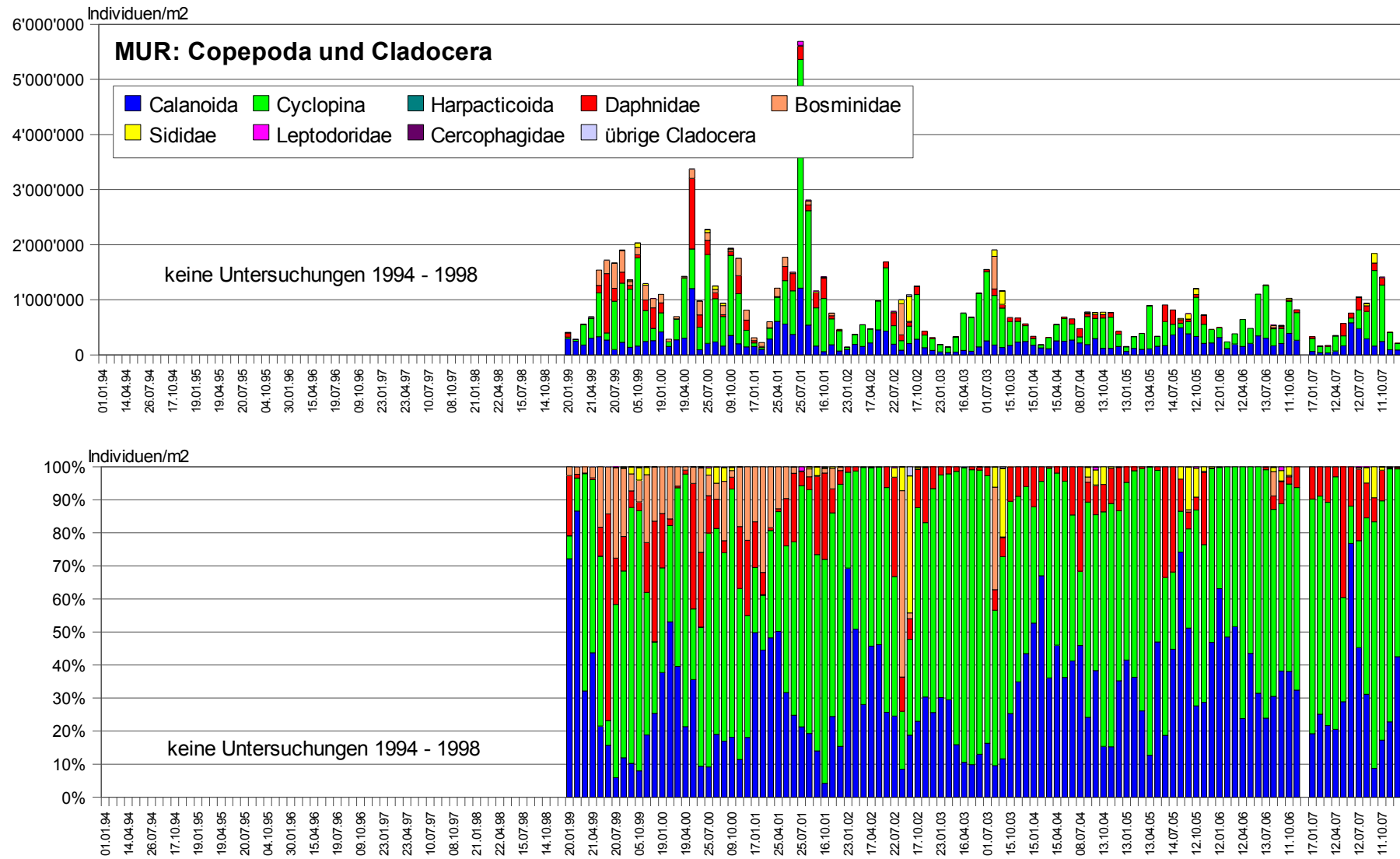


Abbildung 5.5.3: Murtensee - Copepoda und Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)



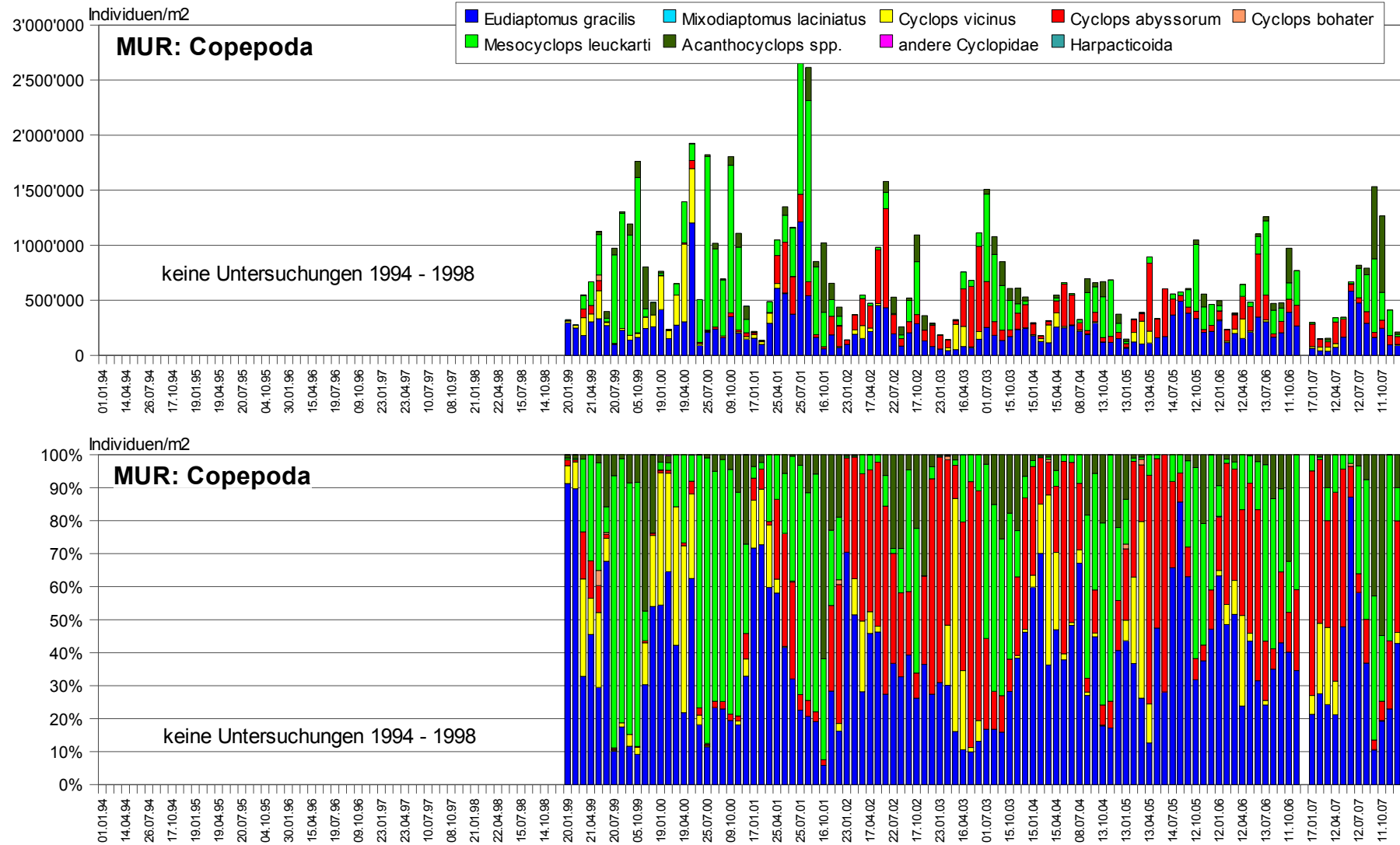


Abbildung 5.5.4: Murtensee - Copepoda (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

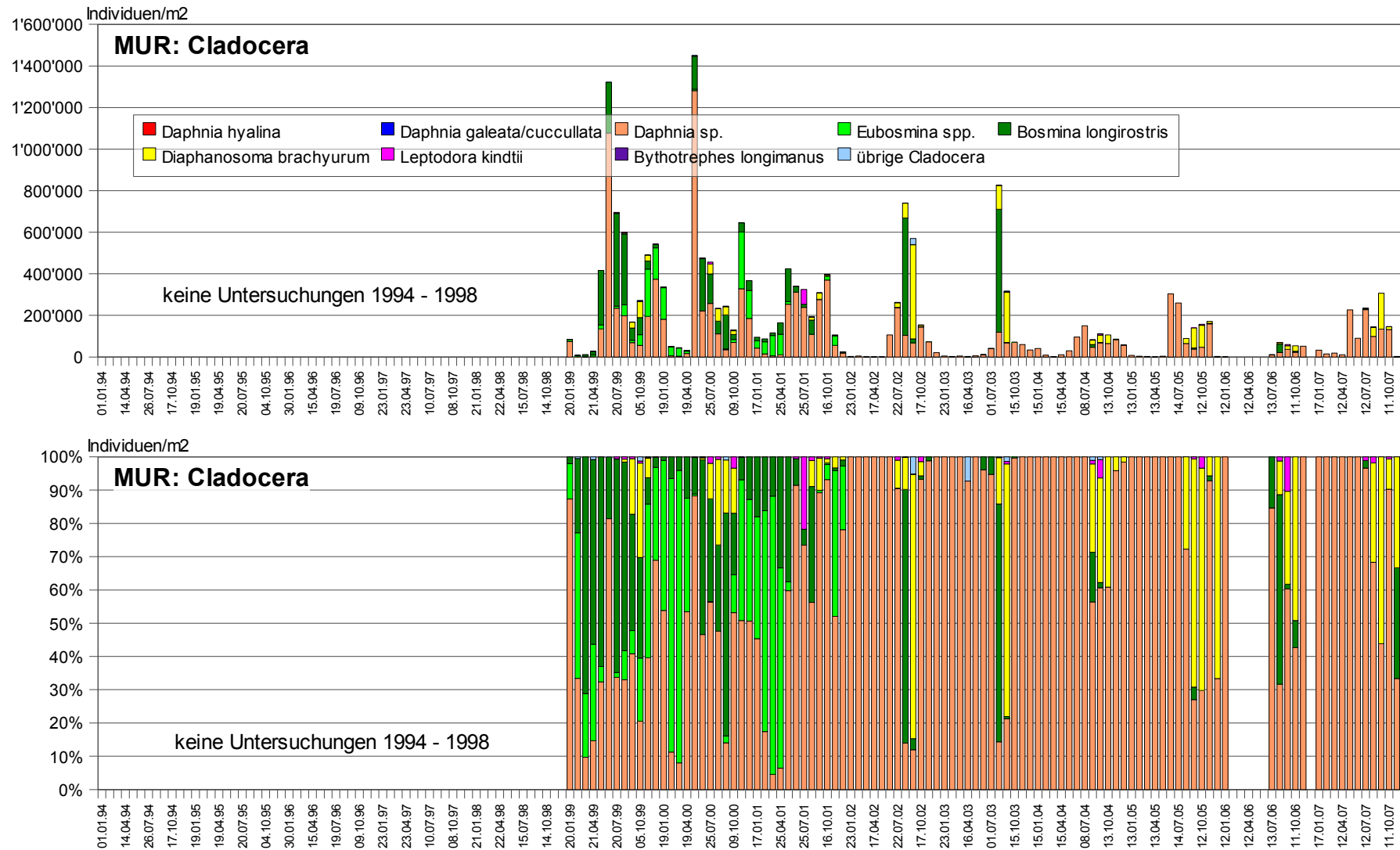


Abbildung 5.5.5: Murtensee - Cladocera (Individuen pro m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

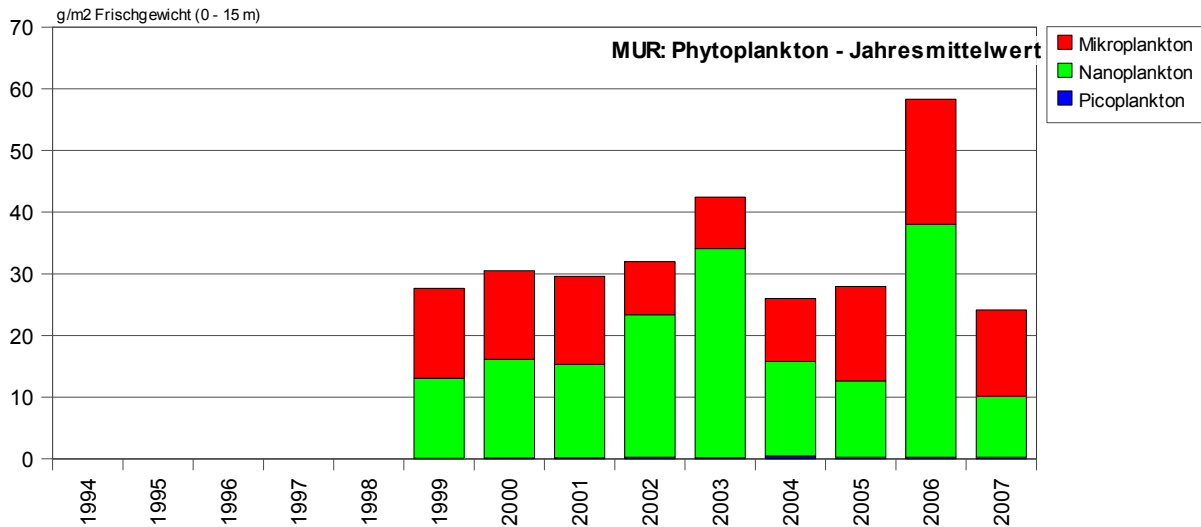


Abbildung 5.5.6: Murtensee - Phytoplankton Jahresmittel 1999 - 2007

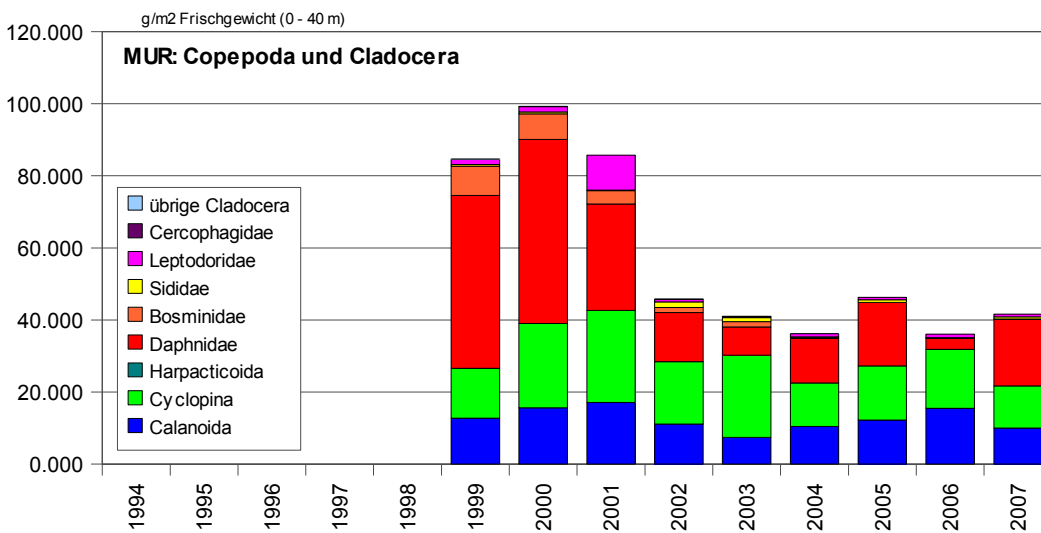


Abbildung 5.5.7: Murtensee - Copepoda und Cladocera - Biomasse Jahresmittel 1999 - 2007 (g FG/m², 0 - 40 m)

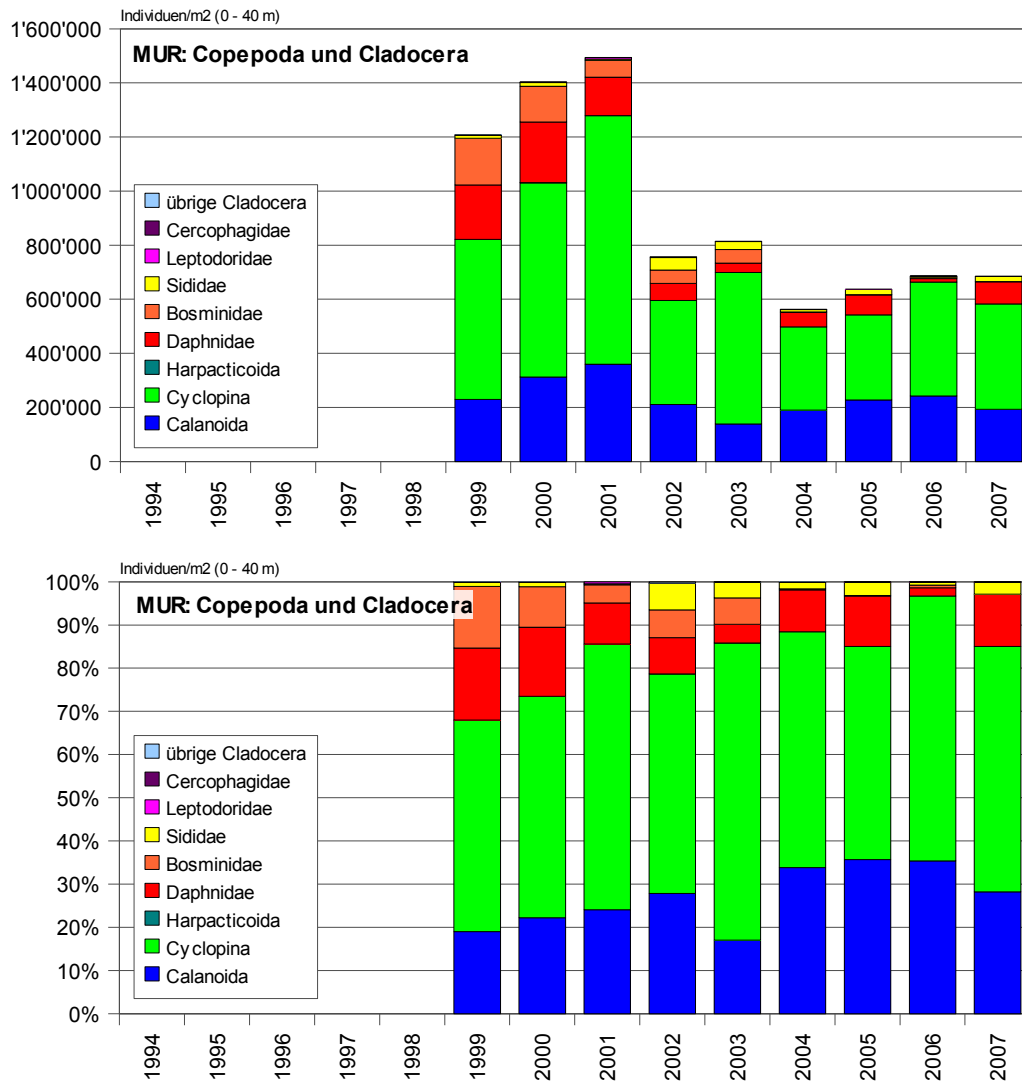


Abbildung 5.5.8: Murtensee - Copepoda und Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

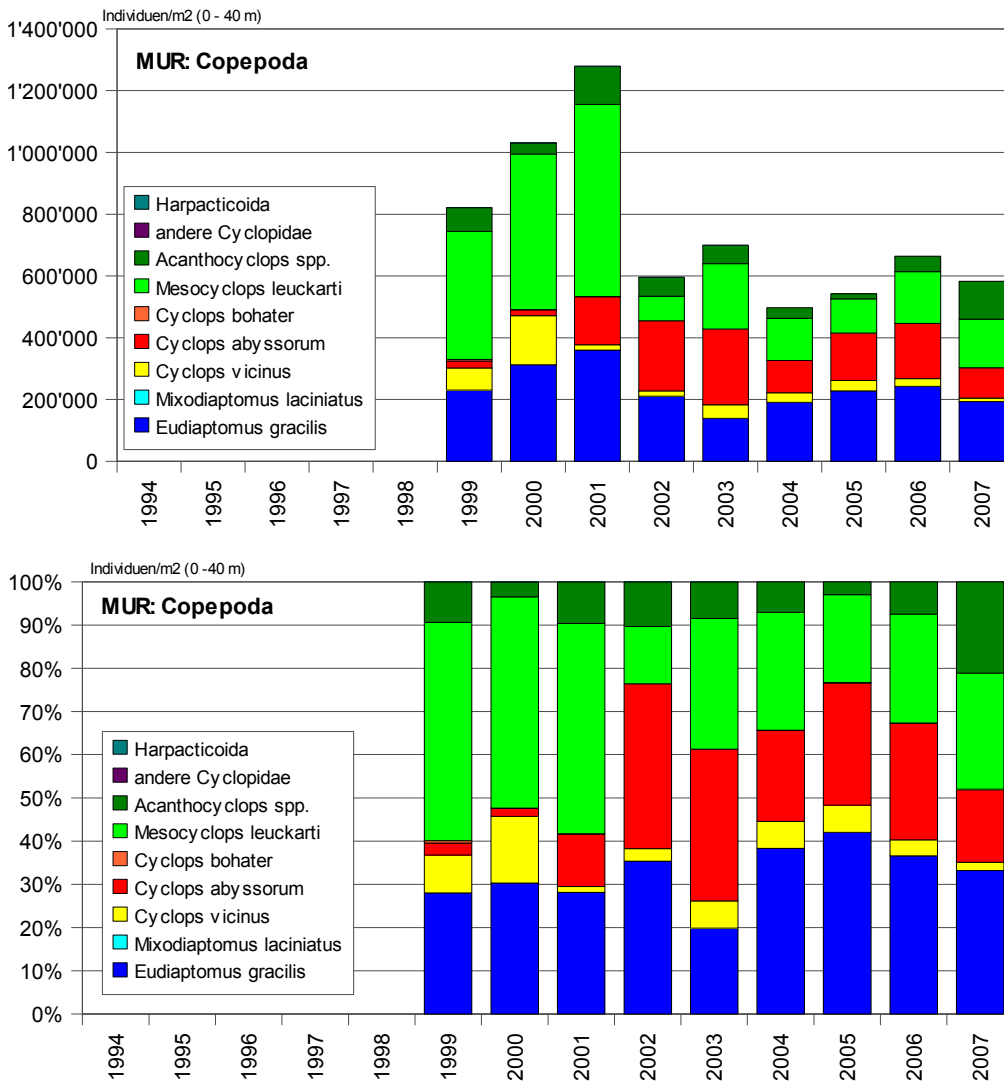


Abbildung 5.5.9: Murtensee - Copepoda - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

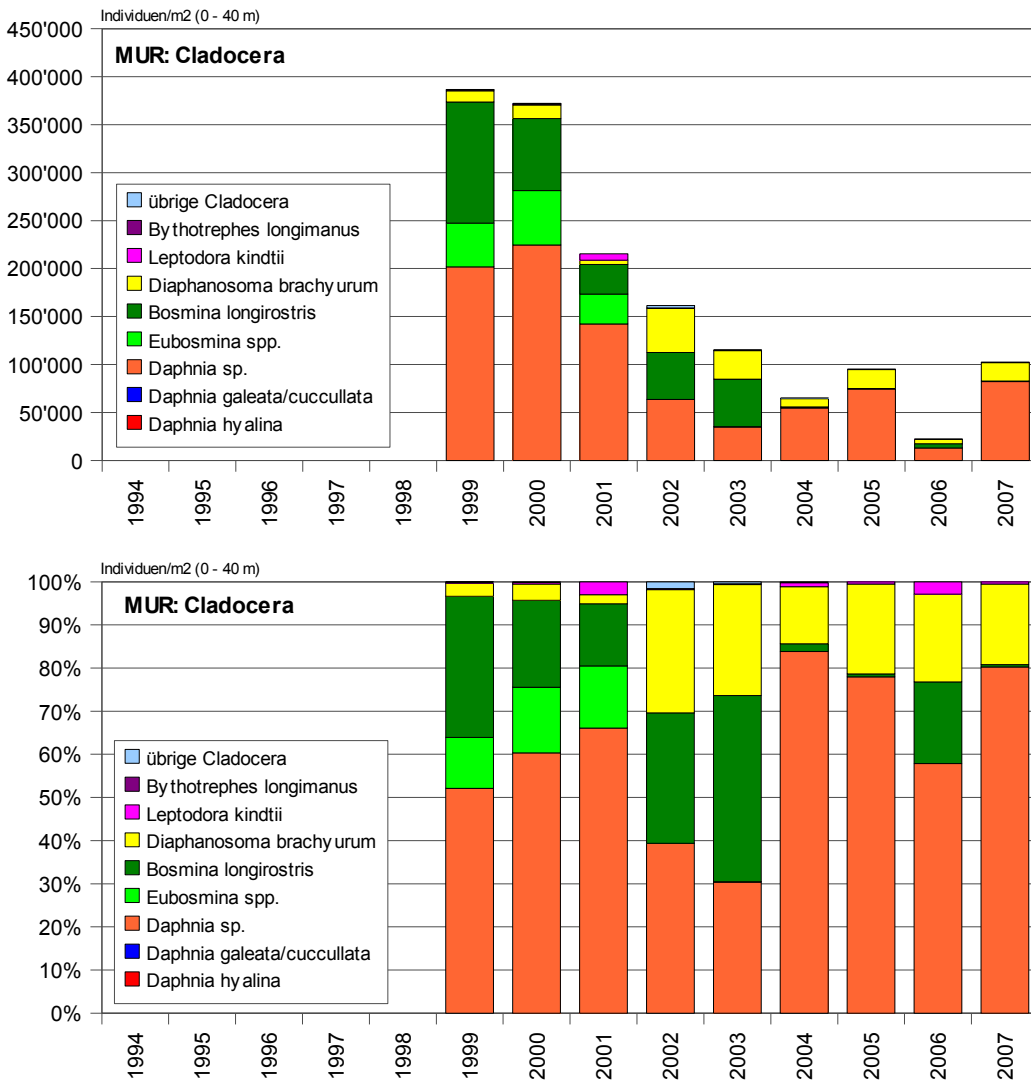


Abbildung 5.5.10: Murtensee - Cladocera - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

## Die Entwicklung einzelner Arten im Murtensee

Bei der Beurteilung der Entwicklung der einzelnen Arten im Murtensee fällt auf, dass viele Arten bis ins Jahr 2001 sehr hohe Jahresmittelwerte aufweisen, dann aber einen sehr abrupten oder etwas langsameren Bestandeseinbruch erleiden.

Bei *Cyclops vicinus* (Abb. 5.5.11) trat der Zusammenbruch schon 2001 auf, der Bestand erholte sich 2003 noch etwas ging dann aber kontinuierlich zurück. Im Gegensatz dazu nahm *Cyclops abyssorum* ab 2001 deutlich zu, blieb dann aber weitgehend konstant auf dem höheren Niveau.

Bei *Mesocyclops leuckarti* (Abb. 5.5.12) und auch bei *Acanthocyclops robustus* erfolgte der Rückgang abrupt ab 2002, bei *A.r.* aber wesentlich weniger drastisch.

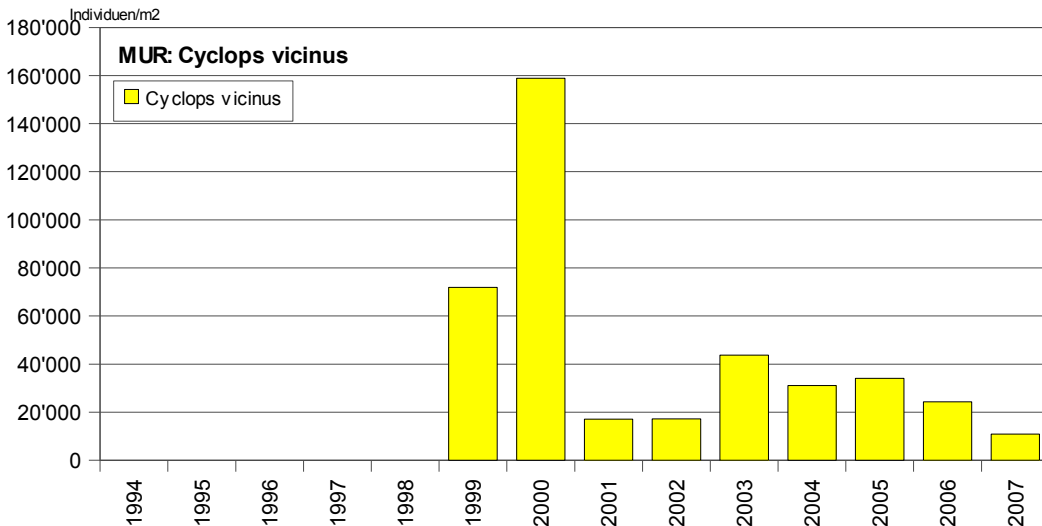


Abbildung 5.5.11: Murtensee - *Cyclops vicinus* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

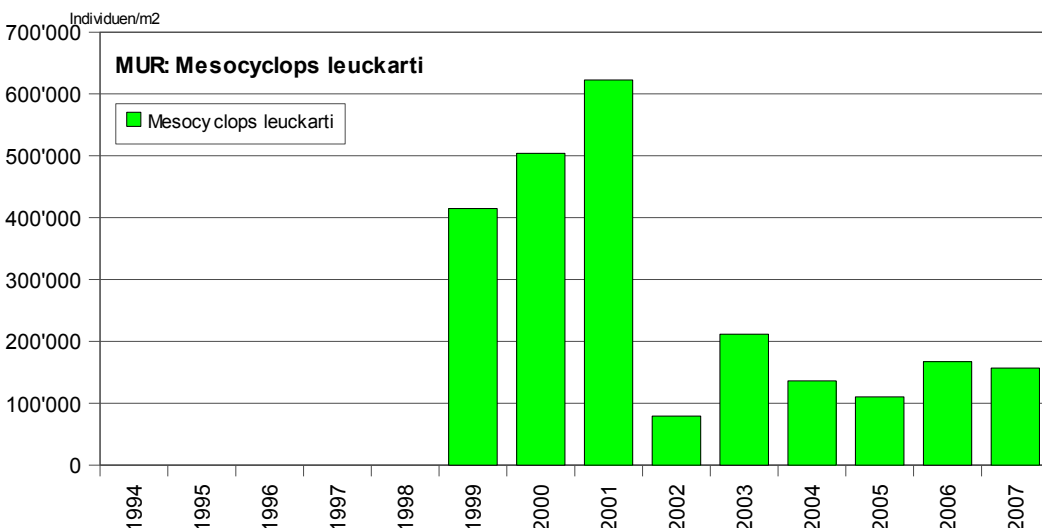


Abbildung 5.5.12: Murtensee - *Mesocyclops leuckarti* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m<sup>2</sup>, 0 - 40 m)

Bei *Daphnia sp.* (Abb. 5.5.13) begann der Rückgang 2001 von den höchsten Abundanzen aller Seen auf Werte, die deutlich unter denjenigen von Bieler- und Neuenburgersee liegen. *Eubosmina sp.* (Abb. 5.5.14) verschwand ab 2002 fast völlig, der Rückgang von *Bosmina longirostris* (Abb. 5.5.15) dauerte noch bis 2003, dann war auch diese Art weitgehend verschwunden.

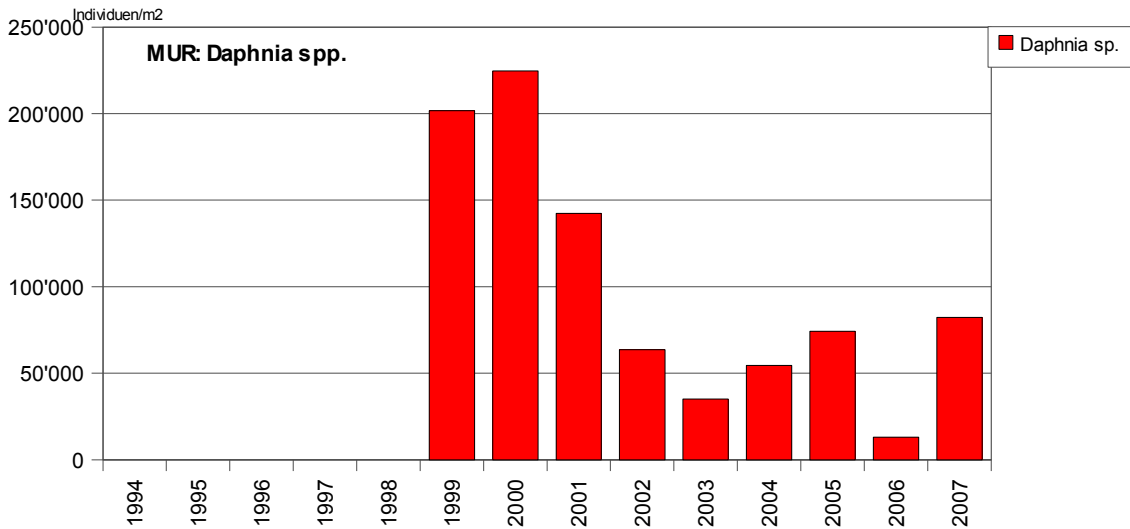


Abbildung 5.5.13: Murtensee - Daphnia sp. - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 40 m)

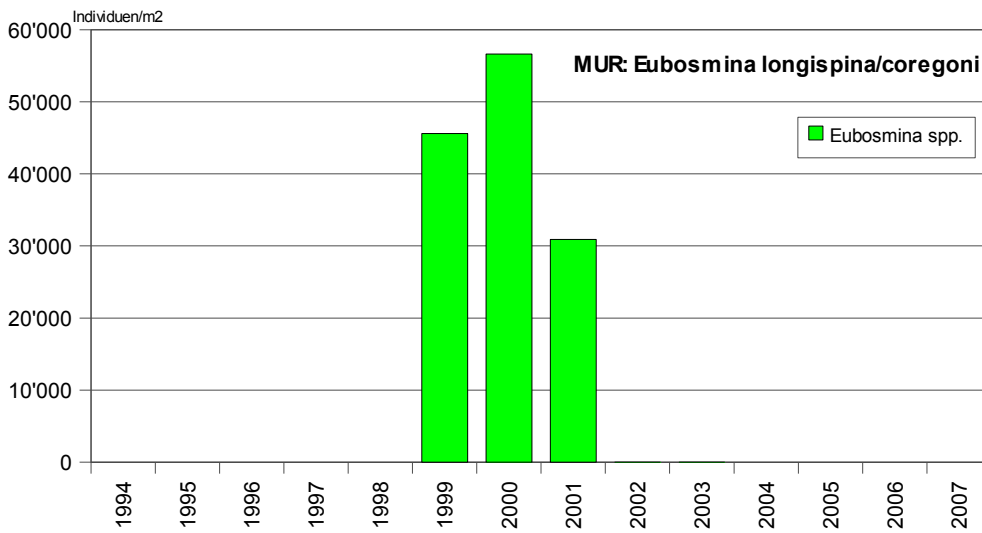


Abbildung 5.5.14: Murtensee - Eubosmina longispina/coregoni - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 40 m)

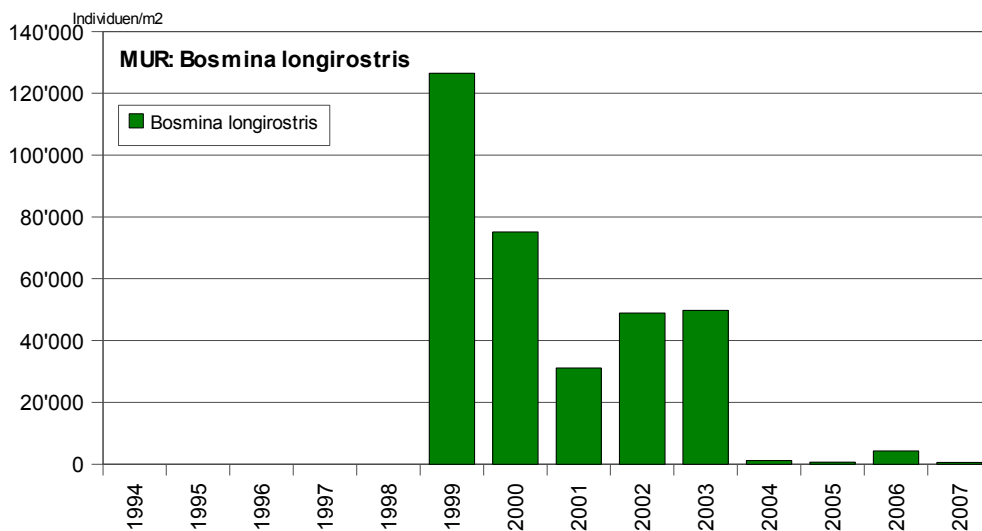


Abbildung 5.5.15: Murtensee - Bosmina longirostris - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 40 m)



*Diaphanosoma brachyurum* (Abb. 5.5.16) nahm ab 2002 deutlich zu, allerdings mit sehr grossen Schwankungen von Jahr zu Jahr.

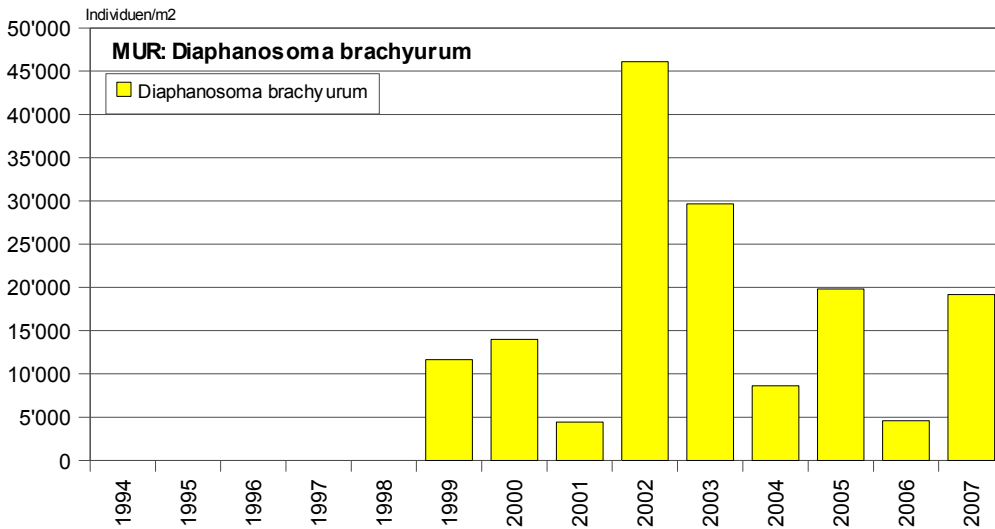


Abbildung 5.5.16: Murtensee - *Diaphanosoma brachyurum* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 40 m)

Auffällig ist die extrem hohe Abundanz von *Leptodora kindtii* (Abb. 5.5.17) im Jahr 2001, während sich ihre Abundanz sonst weitgehend konstant etwas unter dem Niveau von Thuner- und Bielersee bewegte.

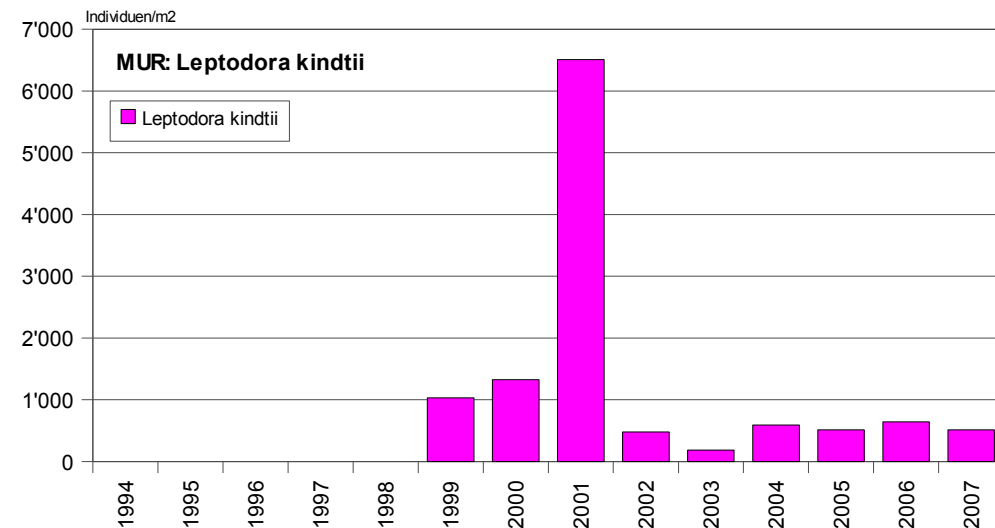


Abbildung 5.5.17: Murtensee - *Leptodora kindtii* - Abundanz Jahresmittel (Ind./m², 0 - 40 m)

## 6. Vergleich zwischen den Seen

Als Basis für den Vergleich des Crustaceen-Planktons zwischen den 5 Seen und dessen Entwicklung dienen Abbildung 6.1 (Jahresmittelwerte der Abundanz) und Tabelle 6.1 (Entwicklungstendenzen der wichtigen Crustaceen-Arten).

**Brienzer- und Thunersee** weisen beide ein sehr ähnliches Crustaceen-Plankton auf. Die Jahresmittelwerte der Abundanz liegen recht tief, im Brienzersee unter 200'000 Ind./m<sup>2</sup>, im Thunersee leicht darüber. In beiden Seen bilden nur wenige Arten den Hauptteil des Bestandes (BRZ: 6 bis 7, THU: 7). Die *Calanoida* sind die dominante Gruppe mit Anteilen von 60 - 90%. Einen wesentliche Anteil hat auch *Cyclops abyssorum*, während andere *Cyclopiden*-Arten nur sehr vereinzelt vorkommen.

Die *Cladocera* erreichten in beiden Seen am Anfang der Untersuchungsperiode und in früheren Untersuchungen einen Anteil leicht über 20%. Im Brienzersee war ausschliesslich *Daphnia hyalina* vorhanden, im Thunersee zusätzlich *Eubosmina sp.* Im Brienzersee zeigte *Daphnia hyalina* nach dem Zusammenbruch 1999 (im Zusammenhang mit dem Hochwasser) einen deutlichen Rückgang und insbesondere auch einen Rückgang der Frühsommerpopulation. Auffällig war auch der Neuauftritt von *Diaphanosoma brachyurum* im Pelagial des Brienzersees ab 2005 mit einzelnen Individuen und ab 2006 mit einer grossen Population im Spätsommer und Herbst. So ging mit dem Rückgang des gesamten *Cladoceren*bestandes auch eine deutlich Veränderung in deren Artenzusammensetzung einher.

Nicht sichtbar in den Abundanzgrafiken wird der klare Rückgang von *Bytotrephes longimanus* im Brienzersee, der ab 2004 nicht mehr in den Planktonproben vorhanden war.

Im Thunersee war der Rückgang der *Cladocera* weniger deutlich. Nur *Eubosmina sp.*, die noch 1996 - 1998 recht hohe Abundanzen erreichte, ging sehr stark zurück. Allerdings sind bei *Eubosmina sp.* grosse Bestandesschwankungen zwischen einzelnen Jahren möglich. Auch im Thunersee gingen *Bytotrephes longimanus* und *Leptodora kindtii* zurück, allerdings nicht so deutlich wie im Brienzersee.

Der **Bielersee** wies ein sehr vielfältiges Crustaceenplankton auf mit wesentlich mehr wichtigen Arten als in den beiden Oberländer Seen. Im Vergleich zum Neuenburger- und Murtensee war die Artenverteilung gleichmässiger, d.h. keine einzelne Art erreichte in den Jahresmittelwerten mehr als 25% Anteil. Charakteristisch für den Bielersee ist auch eine sehr regelmässige Abfolge der Arten im Jahresverlauf während der ganzen Untersuchungsperiode (Abb. 5.3.3 bis 5.3.5).

Die Gesamtabundanz im Bielersee lag meistens zwischen 400'000 und 600'000 Ind./m<sup>2</sup> (Jahresmittelwerte). Sie zeigte interessante Schwankungen: Zunahme bis 1998, Zusammenbruch 1999, Erholung bis 2001, Zusammenbruch und leichte Erholung bis 2006 auf einem leicht tieferen Niveau als vor 1998. Dies deutet auf einen leichten Rückgang insgesamt hin.

Im Bielersee zeigten 3 Arten einen starken Rückgang: *Cyclops vicinus* sehr deutlich im Vergleich zu 1974, 1978, 1987/88, aber auch innerhalb des Untersuchungszeitraumes; *Bosmina longirostris* ab 1999 und *Bytotrephes longimanus* ab 1994. Er kam ab 2000 nur noch vereinzelt vor. Die *Daphnia galeata/cuccullata*-Gruppe verzeichnete einen Rückgang von 1987/88 bis ca. 2000, nahm dann aber wieder deutlich zu auf ähnliche Jahresmittelwerte wie 1987/88.

Der **Neuenburgersee** wies den stabilsten Crustaceen-Bestand auf mit einer leichten Zunahme ab 1987/88 bis 2000 auf etwas über 800'000 Ind./m<sup>2</sup> und zwei kleineren Rückgängen 2002/2003 sowie 2007. *Eudiaptomus gracilis* war hier sehr dominant mit 30 - 50% Anteil an der Gesamtabundanz. Zunehmend wichtig wurde *Mesocyclops leuckarti* von 1999 bis 2005, während *Mixodiaptomus laciniatus* und *Cyclops abyssorum* leicht zurückgingen. Bei den *Cladocera* verzeichneten *Daphnia sp.*, *Eubosmina sp.* mit Ausnahme von 2004 und auch *Diaphanosoma brachyurum* einen leichten bzw. sehr leichten Rückgang, was insgesamt zu einem rückläufigen Anteil der *Cladocera* führte.

	Brienzersee	Thunersee	Bielersee	Neuenburgersee	Murtensee
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	0	0	0	0	0
<i>Mixodiaptomus laciniatus</i>	0	+	0	-	x
<i>Cyclops vicinus</i>	x	x	--*	-	--
<i>Cyclops abyssorum</i>	0	0	0	-	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	x	x	0	+	--
<i>Acanthocyclops robustus</i>	0	0	0	+	-
<i>Daphnia hyalina/ D. sp.</i>	--	0	0	-	--
<i>D. galeata</i> <i>D. cucullata</i>	x	x	+		
<i>Eubosmina sp.</i>	x	--	-	+/-	--
<i>Bosmina longirostris</i>	x	x	--	0	--
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	++	x	0	0	+/-
<i>Leptodora kindtii</i>	0	-	-+	0	0
<i>Bytotrephes longimanus</i>	--	-	--	0	x

Tabelle 6.1: Zeitliche Entwicklung der wichtigen Crustaceenarten des Planktons der 5 Seen (während der Untersuchungsperiode 1994/1999 - 2007, \* mit Berücksichtigung der früheren Untersuchungen).

++ deutliche Zunahme, + leichte Zunahme, 0 stabil, +/- Zu- und Abnahme, -+ Ab- und Zunahme, - leichte Abnahme, -- deutliche Abnahme, x kommt nicht vor.

Der **Murtensee** wies 1999 bis 2001 mit Jahresmittelwerten über 1.2 Mio. Ind./m<sup>2</sup> die absolut höchste Abundanz der 5 Seen auf. innerhalb der Jahresverläufe wurden sogar Maxima von 3.5 (2000) und 5.5 Mio. Ind./m<sup>2</sup> (2001) beobachtet. Ab 2002 brach dann die Abundanz zusammen auf Jahresmittelwerte unter 800'000 Ind./m<sup>2</sup>. Dies war auf den abrupten Rückgang gleich mehrerer Arten zurückzuführen: *Cyclops vicinus* ab 2001 (teilweise ersetzt durch *C. abyssorum*), *Mesocyclops leuckarti*, *Daphnia sp.* und *Eubosmina sp.* ab 2002, *Acanthocyclops robustus* ab 2003 und *Bosmina longirostris* ab 2001 und 2004. Die *Bosminidae* sind damit weitgehend aus den Planktonproben verschwunden. Der Rückgang war damit auch mit einer deutlichen Veränderung der Artenzusammensetzung verbunden, die *Cladocera* erreichten nur noch einen Anteil von ca. 15% am Jahresmittelwert der Abundanz.

Auffallend ist auch das Fehlen von *Mixodiaptomus laciniatus* und *Bytotrephes longimanus* im Murtensee. Bei der typischen Tiefwasserart *Mixodiaptomus laciniatus* könnte eine Ursache in der geringen Tiefe des Murtensees liegen. Bei *Bytotrephes* ist die Ursache nicht klar.

Bei der **Betrachtung der einzelnen Arten** zeigten die *Calanoida* mit *Eudiaptomus gracilis* und *Mixodiaptomus laciniatus* eine sehr stabile Entwicklung. Einzig auffallend ist das Fehlen von *Mixodiaptomus* im Murtensee.

*Cyclops vicinus*, eine typische Art eutropher Gewässer, fehlte in Briener- und Thunersee, und ging in den andern Seen sehr stark zurück. *C. abyssorum* blieb in allen Seen weitgehend stabil. Die kleinen Arten *Mesocyclops leuckarti* und *Acanthocyclops robustus* kamen nur in den Jurarandseen vor, wo sie im Neuenburgersee zu- und im Murtensee stark abnahmen.

Die *Cladocera* zeigten generell eine abnehmende Entwicklung. *Daphnia sp.* ging im Briener- und Murtensee stark und im Neuenburgersee leicht zurück. Die *Bosminiden* verschwanden im Thuner- und Murtensee weitgehend und zeigten im Bielersee einen starken Rückgang. Einzig *Diaphanosoma brachyurum* konnte im Brienersee einen „spektakulären“ Neustart beginnen und löste *Daphnia sp.* im Herbstplankton weitgehend ab.

Bei den grossen Raubcladoceren blieben die Bestände von *Leptodora kindtii* mehr oder weniger stabil, während *Bythotrephes longimanus* im Brienersee verschwand, im Bielersee nur noch sporadisch auftrat und auch im Thunersee einen leichten Rückgang verzeichnete. Einzig im Neuenburgersee blieb der Bestand stabil.

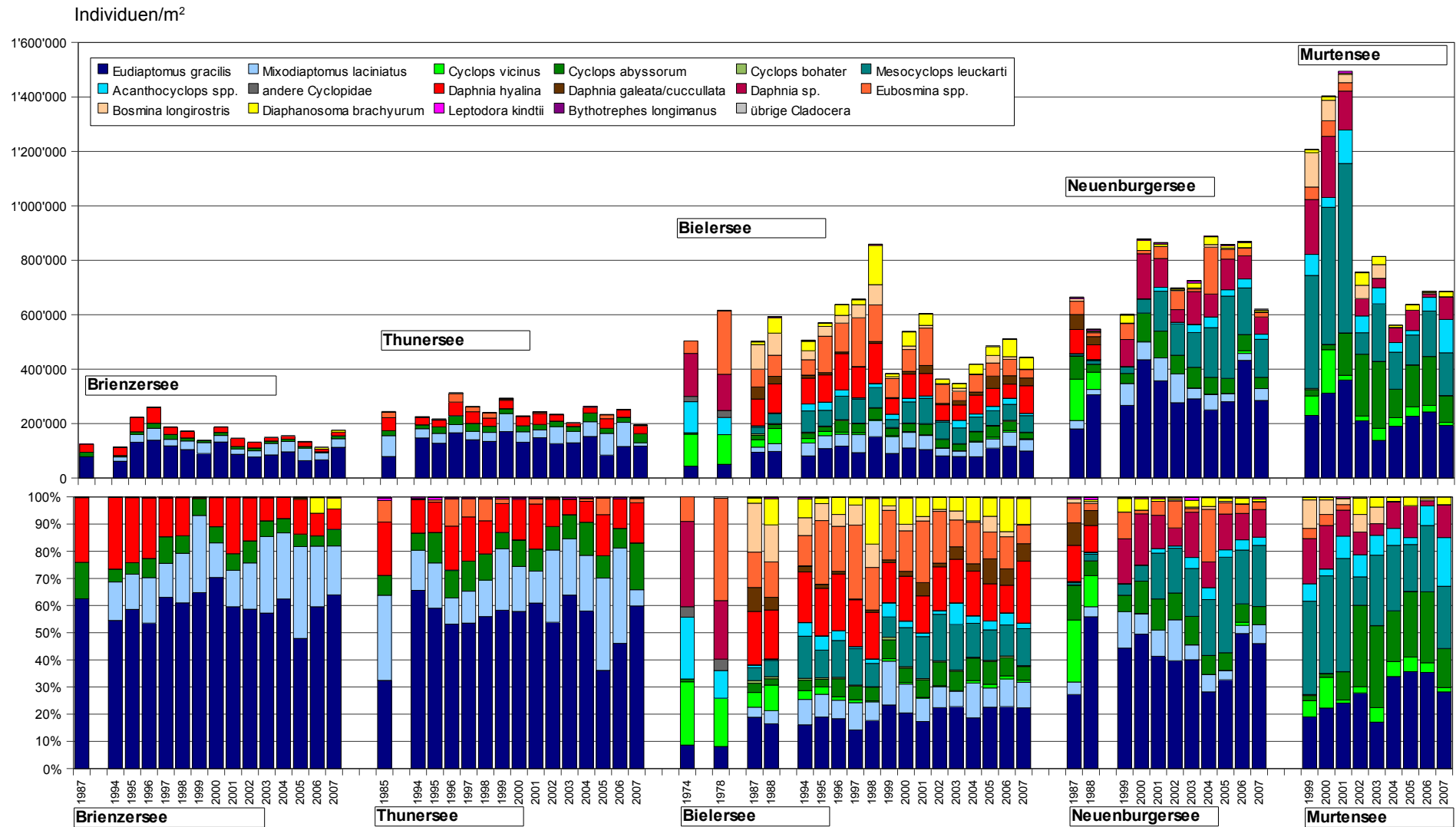


Abbildung 6.1: Abundanz und Anteile der wichtigen Crustaceenarten in den 5 Seen (Ind./m<sup>2</sup> für Probenahmetiefe, Jahresmittel). Eingetragen sind auch die Auswertungen früherer Untersuchungen. Datentabelle siehe Anhang (Tab. 7.1.5).

## 7. Anhang

### 7.1 Anhang A1: Auswertungsunterlagen

Tabelle 7.1.1: Auszählprotokoll HYDRA

See:	Datum:	Tiefe:	Parallele:		
Probeteil:	Meter:	Netz-Ø:	Anz. Netze:		
Auszählen:	Datum:	Zeit:	Nauplien:		
Art	C1-C3	C4+C5	F	FOV	M
EG	Diatomidae C1-C3	Eudiaptomus gracilis			
ML		Mixodiatomus laciniatus			
CV	Cyclops/ Megacyclops C1-C3	Cyclops spp.	C. vicinus		
CA			C. abyssorum		
CB			C. bohater		
MG		Megacyclops spp.	M. gigas		
MV			M. viridis		
AR		kleine Cyclopidae	kleine Cyclopidae	Acanthycyclops robustus	
ML	Mesocyclops leuckarti				
Art	Klein	gross, ohne Eier	gross, mit Eier	mit Epphip.	
DH	Dahnia spp. kleiner 0.8 mm	D. hyalina			
DG		D. galeata		<b>Männchen</b>	
DC		D. cucullata			
				<b>Embryos</b>	
BS	Bosminidae kleiner als 0.4 mm	Eubosmina longispina		<b>Männchen</b>	
BC		Eubosmina coregoni			
BR		Bosmina longirostris		<b>Embryos</b>	
BY	Bytotrephes longimanus				
LK	Leptodora kindtii				
SC	Sida cristallina				
DB	Diaphanosoma brachyurum < 0.6 mm			<b>M</b>	
<b>DREISSE</b>	Dreissena-Larven				

Bielersee	von:	bis:		Netz: [m]	Anz. Netze:	Probeteil:	Algen:		
BIE4	0	70	Ganze Seetie	0.12	2	0.25			
17.01.2007	Faktor:	70		0.011310	0.25				
Name	Nr.	Individuen	Biomasse	Frischgew.	Anzahl	Bio Syst.			
		l/m3	g/m3	ug/Ind.	gezählt	Qu	O	F	
Nauplien		7022	4085	0.01083	2.65	1617	Bi	Co	Di
Diaptomidae		6901	0	0.00000	0.00	0	Bi	Co	Di
Diaptomidae	C1-C3	6920	634	0.00892	14.07	251	Bi	Co	Di
Eudiaptomus	C1-C5	6903	0	0.00000	0.00	0	Bi	Co	Di
Eudiaptomus	C1-C3	6902	0	0.00000	0.00	0	Bi	Co	Di
Eudiaptomus	C4+C5	6904	93	0.00394	42.32	37	Bi	Co	Di
Eudiaptomus gracilis	F	6914	144	0.01470	102.09	57	Bi	Co	Di
Eudiaptomus gracilis	FOV	6922	124	0.01877	151.36	49	Bi	Co	Di
Eudiaptomus gracilis	M	6905	184	0.01315	71.45	73	Bi	Co	Di
Mixodiaptomus	juv	6911	0	0.00000	0.00	0	Bi	Co	Di
Mixodiaptomus	C4+C5	6921	0	0.00000	127.64	0	Bi	Co	Di
Mixodiaptomus laciniatus	F+FOV	6913	25	0.00544	217.50	10	Bi	Co	Di
Mixodiaptomus laciniatus	M	6912	28	0.00384	137.27	11	Bi	Co	Di
			0	0.00000		0		Co	Di
			0	0.00000		0		Co	Di
			0	0.00000		0		Co	Di
			0	0.00000		0		Co	Di
Cyclops sp.		7001	0	0.00000	0.00	0		Co	Cy
Cyclops	C1-C3	7006	0	0.00000	0.00	0		Co	Cy
Cyclops / Megacyclops	C1-C3	7050	169	0.00378	22.36	67	Bi	Co	Cy
Cyclops	C4+C5	7007	58	0.00479	82.64	23	Bi	Co	Cy
Cyclops vicinus	F	7024	5	0.00076	151.18	2	Bi	Co	Cy
Cyclops vicinus	FOV	7005	3	0.00065	217.36	1	Bi	Co	Cy
Cyclops vicinus	M	7004	3	0.00016	53.82	1	Bi	Co	Cy
Cyclops bohater	F	7025	3	0.00099	329.09	1	Bi	Co	Cy
Cyclops bohater	FOV	7026	0	0.00000	447.27	0	Bi	Co	Cy
Cyclops bohater	M	7008	3	0.00036	120.73	1	Bi	Co	Cy
Cyclops abyssorum	F	7023	20	0.00383	191.27	8	Bi	Co	Cy
Cyclops abyssorum	FOV	7060	8	0.00196	245.36	3	Bi	Co	Cy
Cyclops abyssorum	M	7002	38	0.00271	71.27	15	Bi	Co	Cy
Megacyclops sp.	C4+C5	7051	0	0.00000	243.91	0	Bi	Co	Cy
Megacyclops gigas	juv	7012	0	0.00000	0.00	0		Co	Cy
Megacyclops gigas	ad	7011	0	0.00000	0.00	0		Co	Cy
Megacyclops sp.	F	7053	0	0.00000	611.55	0	Bi	Co	Cy
Megacyclops sp.	FOV	7059	3	0.00340	1131.73	1	Bi	Co	Cy
Megacyclops sp.	M	7052	0	0.00000	273.64	0	Bi	Co	Cy
Acantho- / Mesocyclops	C1-C3	7054	152	0.00061	4.00	60	Bi	Co	Cy
Acantho- / Mesocyclops	C4+C5	7055	30	0.00065	21.55	12	Bi	Co	Cy
Acanthocyclops robustus	F	7056	0	0.00000	79.55	0	Bi	Co	Cy
Acanthocyclops robustus	FOV	7058	0	0.00000	96.00	0	Bi	Co	Cy
Acanthocyclops robustus	M	7057	0	0.00000	22.18	0	Bi	Co	Cy
Mesocyclops	juv	7010	0	0.00000	0.00	0		Co	Cy
Mesocyclops leuckarti	F	7027	0	0.00000	50.45	0	Bi	Co	Cy
Mesocyclops leuckarti	FOV	7028	0	0.00000	56.55	0	Bi	Co	Cy
Mesocyclops leuckarti	M	7009	0	0.00000	21.00	0	Bi	Co	Cy
Eucyclops serrulatus	F	7061	0	0.00000	80.70	0	Bi	Co	Cy
			0	0.00000		0		Co	Cy
			0	0.00000		0		Co	Cy
			0	0.00000		0		Co	Cy
			0	0.00000	0.00	0		Co	Cy
Canthocamptus staph.		7101	0	0.00000	18.63	0	Bi	Co	Ha
			0	0.00000	0.00	0		Co	Ha

Tabelle 7.1.2: Excel-Tabelle für Dateneingabe (Teil 1)

Bielersee	von:	bis:		Netz: [m]	Anz. Netze:	Probeteil:	Algen:		
BIE4	0	70	Ganze Seetie	0.12	2	0.25			
17.01.2007	Faktor:		70	0.011310	0.25				
Name		Nr.	Individuen	Biomasse	Frischgew.	Anzahl	Bio Syst.		
			/m3	g/m3	ug/Ind.	gezählt	Qu	O	F
Leptodora kindtii	juv	6802	0	0.00000	546.15	0	Bi	Cl	Le
Leptodora kindtii	ad	6801	0	0.00000	1590.77	0	Bi	Cl	Le
Sida cristallina	klein	6566	0	0.00000	58.77	0	Bi	Cl	Si
Sida cristallina	gro,oE	6539	0	0.00000	632.15	0	Bi	Cl	Si
Sida cristallina	gro,mE	6565	0	0.00000	1024.46	0	Bi	Cl	Si
Diaphanosoma br.	klein	6554	0	0.00000	12.31	0	Bi	Cl	Si
Diaphanosoma br.	gro,oE	6529	0	0.00000	31.38	0	Bi	Cl	Si
Diaphanosoma br.	gro,mE	6555	0	0.00000	47.69	0	Bi	Cl	Si
Diaphanosoma br.	m	6528	0	0.00000	31.38	0	goE	Cl	Si
Daphnia sp.	klein	6517	184	0.00500	27.20	73	Bi	Cl	Da
Daphnia sp.	gro,oE	6552	0	0.00000	210.20	0	Bi	Cl	Da
Daphnia sp.	gro,mE	6567	0	0.00000	282.60	0	Bi	Cl	Da
Daphnia mit Ephippien		6527	3	0.00085	282.60	1		Cl	Da
Daphnia sp.	m	6551	0	0.00000	66.00	0	Bi	Cl	Da
Daphnia hyalina	klein	6523	0	0.00000	0.00	0		Cl	Da
Daphnia hyalina	gro,oE	6522	152	0.03748	246.60	60	Bi	Cl	Da
Daphnia hyalina	gro,mE	6518	68	0.02379	349.80	27	Bi	Cl	Da
Daphnia galeata	klein	6521	0	0.00000	0.00	0		Cl	Da
Daphnia galeata	gro	6520	3	0.00058	194.50	1	Bi	Cl	Da
Daphnia cucullata	gro	6519	0	0.00000	173.60	0	Bi	Cl	Da
Daphnia longispina	gro	6524	0	0.00000	246.60	0	Bi	Cl	Da
Ceriodaphnia sp.		6512	0	0.00000	61.38	0	Bi	Cl	Da
Scapholeberis mucronata		6538	0	0.00000	138.39	0	Vm	Cl	Da
			0	0.00000		0		Cl	Da
			0	0.00000		0		Cl	Da
			0	0.00000		0		Cl	Da
Bosmina sp.	klein	6543	66	0.00116	17.60	26	Bi	Cl	Bo
Bosmina sp.	gro,oE	6542	0	0.00000	49.40	0	Bi	Cl	Bo
Bosmina sp.	gro,mE	6553	0	0.00000	68.40	0	Bi	Cl	Bo
Bosmina sp.	m	6550	0	0.00000	17.60	0	Bi	Cl	Bo
Bosmina longispina	klein	6547	0	0.00000	0.00	0	Bi	Cl	Bo
Bosmina longispina	gro,oE	6562	15	0.00104	69.00	6	Bi	Cl	Bo
Bosmina longispina	gro,mE	6546	3	0.00031	102.20	1	Bi	Cl	Bo
Bosmina coregoni	klein	6545	0	0.00000	0.00	0	Bi	Cl	Bo
Bosmina coregoni	gro,oE	6563	0	0.00000	69.00	0	Bi	Cl	Bo
Bosmina coregoni	gro,mE	6544	0	0.00000	102.20	0	Bi	Cl	Bo
Bosmina longirostris	klein	6549	0	0.00000	0.00	0	Bi	Cl	Bo
Bosmina longirostris	gro,oE	6564	5	0.00015	29.60	2	Bi	Cl	Bo
Bosmina longirostris	gro,mE	6548	0	0.00000	34.60	0	Bi	Cl	Bo
			0	0.00000		0		Cl	Bo
			0	0.00000		0		Cl	Bo
Bythotrephes	juv	6804	0	0.00000	215.38	0	Bi	Cl	Ce
Bythotrephes	ad, oE	6803	0	0.00000	730.77	0	Bi	Cl	Ce
Bythotrephes	ad, mE	6809	0	0.00000	1396.92	0	Bi	Cl	Ce
Polyphemus pediculus	juv	6805	0	0.00000	1800.00	0	Pf	Cl	Po
Alonella sp.		6507	0	0.00000	71.20	0	Bi	Cl	Ch
Alonella nana		6508	0	0.00000	71.20	0	Bi	Cl	Ch
Alona affinis		6505	3	0.00035	115.00	1	Bi	Cl	Ch
Chydorus sphaericus		6515	0	0.00000	43.80	0	Bi	Cl	Ch
Chydorus sp.		6514	0	0.00000	88.63	0	Bi	Cl	Ch
Leydigia quadrangularis		6568	0	0.00000	58.64	0	Bi	Cl	Ch
Camptocerus rectirostris		6511	0	0.00000	211.82	0	Bi	Cl	Ch
Macrothrix sp.		6600	0	0.00000	65.00	0	Sch	Cl	Ma
			0	0.00000		0		Cl	Ch
			0	0.00000		0		Cl	Ch
Dreissena polymorpha		5999	0	0.00000	0.00	0			
<b>Summen:</b>			<b>Ind./m3</b>	<b>g/m3</b>	<b>g/m2</b>				
Nauplien			4085	0.0108	0.7578				
Calanoida			1232	0.0688	4.8128				
Cylopoida			495	0.0246	1.7246				
Harpacticoida			0	0.0000	0.0000				
Copepoda (ohne Nauplien)			1727	0.0934	6.5373				
<b>Copepoda</b>			<b>5812</b>	<b>0.1042</b>	<b>7.2951</b>				
Daphniidae			410	0.0677	4.7394				
Bosminidae			89	0.0027	0.1856				
Leptodoridae			0	0.0000	0.0000				
Sididae			0	0.0000	0.0000				
Cercophagidae			0	0.0000	0.0000				
weitere Cladocera			3	0.0003	0.0242				
<b>Cladocera</b>			<b>502</b>	<b>0.0707</b>	<b>4.9491</b>				
Crustacea (ohne Nauplien)			2229	0.1641	11.4865				
<b>Crustacea</b>			<b>6314</b>	<b>0.1749</b>	<b>12.2442</b>	<b>2498</b>			

Tabelle 7.1.3: Exceltabelle für Dateneingabe (Teil 2, Bielersee)



		Tabellen							Taxa-Vorkommen											
		BIE																		
NR	Spalte	Art	See-Art	See-Fam.	BRZ	THU	BIE	NEU	MUR	NR	Spalte	Art	See-Art	See-Fam.	BRZ	THU	BIE	NEU	MUR	
5596	C	unbestimmte Ciliaten								6901	CO	Diaptomidae sp.								
5597	D	unbestimmte Ciliaten 15-30µm								6902	CP	Eudiaptomus C1-C3		(Q)	H					
5598	E	unbestimmte Ciliaten gross > 30µm								6903	CQ	Eudiaptomus C1-C5		(Q)	H					
5599	F	unbestimmte Ciliaten klein								6904	CR	Eudiaptomus C4+C5	AH*	Q*	H	X	X	X	X	X
5707	G	Epistylis rotans								6905	CS	Eudiaptomus gracilis m	AI	Q	H	X	X	X	X	X
5708	H	Vorticella sp.								6911	CT	Mixodiaptomus juvenil		(R)	H					
5712	I	Cothurnia sp. / annulata								6912	CU	Mixodiaptomus laciniatus m	AK	R	H	X	X	X	X	
5904	J	Strombidium wide								6913	CV	Mixodiaptomus laciniatus f	AK	R	H	X	X	X	X	
5910	K	Tintinnopsis lacustris								6914	CW	Eudiaptomus gracilis f	AI	Q	H	X	X	X	X	X
5912	L	Tintinnidium fluviatile								6916	CX	Eudiaptomus vulgaris juvenil			H					
5999	M	Dreissena polymorpha						X	X	6917	CY	Eudiaptomus vulgaris adult			H					
6503	N	Alona quadrangularis	-	AG	P					6919	CZ	Diaptomidae sp. C4+C5			H					
6504	O	Alona rectangula	-	AG	P	X				6920	DA	Diaptomidae sp. C1-C3	AH/AJ*	R/Q*	H	X	X	X	X	X
6505	P	Alona affinis	-	AG	P	X	X	X	X	6921	DB	Mixodiaptomus C4+C5	AJ*		H	X	X	X	X	
6506	Q	Acroperus harpae	-	AG	P					6922	DC	Eudiaptomus gracilis f. (m.E.)	AI	R	H	X	X	X	X	X
6507	R	Alonella sp.	-	AG	P			X		6923	DD	Acanthodiaptomus denticornis juvenil			H					
6508	S	Alonella nana	-	AG	P	X		X		6924	DE	Acanthodiaptomus denticornis adult			H					
6509	T	Alonella excisa	-	AG	P					6925	DF	Arctodiaptomus alpinus juvenil			H					
6511	U	Camptocercus rectirostris	-	AG	P	X		X		6926	DG	Arctodiaptomus alpinus adult			H	X				
6512	V	Ceriodaphnia sp.	-	AG	P			X	X	6927	DH	Heterocope saliens juvenil			H					
6514	W	Chydorus sp.	-	AG	P			X		6928	DI	Heterocope saliens adult			H					
6515	X	Chydorus sphaericus	-	AG	P	X	X	X	X	7001	DJ	Cyclops sp.			I					
6516	Y	Chydorus latus	-	AG	P			X	X	7002	DK	Cyclops abyssorum m	AP	T	I	X	X	X	X	X
6517	Z	Daphnia sp. juvenil	AV	*	K	X	X	X	X	7004	DL	Cyclops vicinus m	AN	S	I			X	X	X
6518	AA	Daphnia hyalina (gross m.E.)	AW	Y	K	X	X	X		7005	DM	Cyclops vicinus ad. (m.E.)	AN	S	I			X	X	X
6519	AB	Daphnia cucullata (gross)	AX	Z	K			X		7006	DN	Cyclops C1-C3			I					
6520	AC	Daphnia galeata (adult)	AX	Z	K			X		7007	DO	Cyclops C4+C5	1*	*	I	X	X	X	X	X
6521	AD	Daphnia galeata juvenil	AV	*	K					7008	DP	Cyclops bohater m	AR	U	I			X	X	X
6522	AE	Daphnia hyalina adult	AW	Y	K	X	X	X		7009	DQ	Mesocyclops leuckarti m	AT	V	I			X	X	X
6523	AF	Daphnia hyalina juvenil	AV	*	K					7010	DR	Mesocyclops juvenil			I					
6524	AG	Daphnia longispina	BS	AA	K					7011	DS	Megacyclops gigas		X	I					
6525	AH	Daphnia pulex (klein)	AV	AA	K					7012	DT	Megacyclops gigas juvenil		X	I					
6526	AI	Daphnia pulex adult	BS	AA	K					7020	DU	Diacyclops bicuspidatus adult		X	I			X		
6527	AJ	Daphnia mit Ephippien	AW	Y	K	X	X	X	X	7021	DV	Diacyclops bicuspidatus juvenil		X	I					
6528	AK	Diaphanosoma brachyurum m	BF	AD	M	X	X	X		7022	DW	Nauplien	E	E	E	X	X	X	X	X
6529	AL	Diaphanosoma brachyurum (o.E.)	BF	AD	M	X	X	X	X	7023	DX	Cyclops abyssorum f	AP	T	I	X	X	X	X	X
6531	AM	Eurycerus lamellatus	-	AG	P					7024	DY	Cyclops vicinus f	AN	S	I			X	X	X
6535	AN	Moina brachiata adult	-	AG	P					7025	DZ	Cyclops bohater f	AR	U	I			X	X	X
6536	AO	Monospiilus dispar	-	AG	P			X		7026	EA	Cyclops bohater ad. (m.E.)	AR	U	I			X	X	X
6537	AP	Pleuroxus uncinatus	-	AG	P			X		7027	EB	Mesocyclops leuckarti f	AT	V	I			X	X	X
6538	AQ	Scapholeberis mucronata	-	AG	K	X	X			7028	EC	Mesocyclops leuckarti ad. (m.E.)	AT	V	I			X	X	X
6539	AR	Sida crystallina (gross, o.E.)	-	AG	M	X	X	X		7030	ED	Cyclops strenuus juvenil		X	I					
6541	AS	Simocephalus vetulus	-	AG	K	X				7031	EE	Cyclops strenuus adult		X	I					
6542	AT	Bosmina sp. adult	BA	-	L					7050	EF	Cyclops / Megacyclops C1-C3	1*	*	I	X	X	X	X	X
6543	AU	Bosmina sp. juvenil	AZ	*	L	X	X	X	X	7051	EG	Megacyclops sp. C4+C5	1*	X	I			X	X	X
6544	AV	Bosmina coregoni adult	BA	AB	L			X	X	7052	EH	Megacyclops sp. m		X	I	X	X	X	X	X
6545	AW	Bosmina coregoni juvenil	AZ	AB	L					7053	EI	Megacyclops sp. f		X	I	X	X	X	X	X
6546	AX	Bosmina longispina (m.E.)	BA	AB	L	X	X	X	X	7054	EJ	Acanthocyclops / Mesocyclops C1-C3	AS	V/W*	I	X	X	X	X	X
6547	AY	Bosmina longispina juvenil (o.E.)	AZ	AB	L					7055	EK	Acanthocyclops / Mesocyclops C4+C5	AS	V/W*	I	X	X	X	X	X
6548	AZ	Bosmina longirostris adult (m.E.)	BB	AC	L			X	X	7056	EL	Acanthocyclops robustus f	AU	W	I	X	X	X	X	X
6549	BA	Bosmina longirostris juvenil (o.E.)	AZ	AC	L					7057	EM	Acanthocyclops robustus m	AU	W	I	X	X	X	X	X
6550	BB	Bosmina sp. m	BC	*	L			X	X	7058	EN	Acanthocyclops robustus f. (m.E.)	AU	W	I	X	X	X	X	X
6551	BC	Daphnia sp. m	AY	*	K	X	X	X		7059	EO	Megacyclops sp. f. (m.E.)		X	I			X		
6552	BD	Daphnia sp. ad. (o.E.)	BS	AA	K			X	X	7060	EP	Cyclops abyssorum f. (m.E.)	AP	T	I	X	X	X	X	X
6553	BE	Bosmina sp. (m.E.)	BA	-	L					7061	EQ	Eucyclops serrulatus f.		X	I	X	X	X	X	X
6554	BF	Diaphanosoma brachyurum juvenil	BD	AD	M	X	X	X	X	7062	ER	Cyclops vicinus juvenil		S	I					
6555	BG	Diaphanosoma brachyurum ad. (m.E.)	BE	AD	M	X	X	X	X	7063	ES	Cyclops bohater juvenil		U	I					
6556	BH	Bosmina longispina (gross, o.E.)	BA	AB	L	X	X	X	X	7064	ET	Cyclops abyssorum juvenil		T	I					
6557	BI	Bosmina coregoni (gross, o.E.)	BA	AB	L			X	X	7065	EU	Megacyclops vridis juvenil			I					
6558	BJ	Bosmina longirostris (gross, o.E.)	BB	AC	L			X	X	7066	EV	Megacyclops vridis adult			I					
6559	BK	Sida crystallina (gross, m.E.)	-	AG	M			X		7067	EW	Acanthocyclops robustus juvenil	AS	W	I					
6560	BL	Sida crystallina (klein)	-	AG	M			X		7068	EX	Acanthocyclops vernalis juvenil	AS	W	I		X			
6561	BM	Daphnia sp. (gross, m.E.)	BS	AA	K			X	X	7069	EY	Acanthocyclops vernalis adult	AU	W	I	X				
6568	BN	Leydigia quadrangularis	-	AG	P			X	X	7070	EZ	Eucyclops serrulatus juvenil		X	I				X	
6569	BO	Daphnia cucullata juvenil	AV	-	K					7071	FA	Paracyclops fimbriatus juvenil		X	I				X	
6570	BP	Daphnia longispina (klein)	AV	AA	K					7072	FB	Paracyclops fimbriatus adult		X	I				X	
6571	BQ	Daphnia longispina (gross)	BS	AA	K					7073	FC	Thermocyclops crassus juvenil		X	I					
6572	BR	Daphnia rosea juvenil	AV	AA	K					7074	FD	Thermocyclops crassus adult		X	I			X		
6573	BS	Daphnia rosea adult	BS	AA	K					7075	FE	Thermocyclops dybowskii juvenil		X	I					
6574	BT	Ceriodaphnia quadrangula juvenil	-	AG	K					7076	FF	Thermocyclops dybowskii adult		X	I					
6575	BU	Ceriodaphnia quadrangula adult	-	AG	K					7077	FG	Macrocyclus albidus juvenil		X	I				X	
6576	BV	Daphnia pulicaria (klein)	AV	AA	K					7078	FH	Macrocyclus albidus adult		X	I			X		
6577	BW	Daphnia pulicaria adult	BS	AA	K					7079	FI	Tropocyclops prasinus juvenil		X	I					
6578	BX	Moina brachiata (klein)	-	AG	P					7080	FJ	Tropocyclops prasinus adult		X	I					
6579	BY	Alona guttata	-	AG	P					7088	FK	unbekanntes Tier								
6580	BZ	Disparalona rostrata	-	AG	P			X		7101	FL	Canthocamptus staphylinus adult			J	X	X	X	X	X
6581	CA	Peracantha truncata	-	AG	P					7102	FM	Canthocamptus staphylinus juvenil			J					
6582	CB	Chydorus gibbus	-	AG	P					7103	FN	Bryocamptus cf. minutus juvenil			J					
6583	CC	Camptocercus rectirostris	-	AG	P															

SeeID	Jahr	Eudiaptomus gracilis	Mixodiaptomus lachnatus	Cyclops vicinus	Cyclops abyssorum	Cyclops bohater	Mesocyclops leuckarti	Acanthocyclops spp.	andere Cyclopidae	Daphnia hyalina	Daphnia galeata/cucullata	Daphnia sp.	Eubosmina spp.	Bosmina longirostris	Diaphanosoma brachyurum	Leptodora kindtii	Bythotrephes longimanus	übrige Cladocera
BRZ	1987	78335			16831					29799						101	234	
	1994	61752	16088	0	5350	0	3	3	0	29895	0	0	0	0	0	0	250	0
	1995	131407	29043	0	9467	0	0	7	0	53808	0	0	0	0	0	203	208	145
	1996	139389	43613	0	18390	0	0	20	27	58248	0	0	57	0	7	382	358	38
	1997	118499	23581	0	18317	0	0	8	13	26768	0	0	13	0	0	262	385	183
	1998	104936	31321	0	11238	0	0	13	7	23997	0	0	33	0	0	208	67	232
	1999	90223	39614	0	8722	0	0	0	7	532	0	0	0	0	0	233	20	27
	2000	132282	23878	0	11183	0	3	3	0	20090	0	0	0	0	0	317	7	262
	2001	87028	19632	0	8957	0	0	0	0	30173	0	0	0	0	0	178	128	92
	2002	77391	22505	0	10658	0	2	3	0	20957	0	0	0	0	0	253	148	45
	2003	85342	41957	0	8657	0	10	28	2	12558	0	0	0	0	0	285	52	192
	2004	96714	37719	0	8183	0	8	17	0	12075	0	0	0	0	0	167	0	83
	2005	64346	45429	0	6158	0	0	0	0	17250	0	0	0	0	533	375	0	267
	2006	67244	25190	0	4200	0	25	50	8	9333	0	0	0	0	6533	175	0	108
	2007	112739	31702	0	10767	0	0	33	0	13217	0	0	0	0	7133	458	0	242
THU	1985	79309	76626	0	17888	0	0	0	0	47928			19387		0	2142	1135	7
	1994	147834	33306	0	14180	0	30	30	0	27610	0	0	550	0	40	150	1560	0
	1995	128013	35997	0	24195	135	0	0	0	24240	0	0	1700	0	0	1960	450	40
	1996	166362	30260	14	31473	327	47	15	0	50738	0	0	31315	0	7	1260	1100	25
	1997	140793	31042	0	29195	0	0	0	7	42717	0	0	17420	0	0	1108	855	3
	1998	134927	32481	0	23137	0	0	0	7	29482	0	0	19365	0	0	982	910	20
	1999	170733	66072	0	17754	0	0	0	21	31020	0	0	4972	0	0	1323	878	52
	2000	132044	37786	0	21936	384	0	0	0	34077	0	0	510	0	0	735	782	0
	2001	148227	28683	0	19808	7	0	0	0	40275	0	0	4737	0	0	582	1125	0
	2002	126355	62375	0	20313	15	0	0	15	23472	0	0	1140	0	0	312	578	8
	2003	129648	42112	0	18048	0	2	2	7	11500	0	0	160	0	0	968	627	15
	2004	153068	54007	0	32200	0	0	0	33	20283	0	0	2608	0	0	450	1250	17
	2005	84310	79415	0	19258	0	0	0	0	35267	0	0	14008	0	0	475	792	0
	2006	116198	88594	0	18169	23	25	25	0	27267	0	8	0	217	1325	342	17	
	2007	117485	11648	0	33863	28	0	0	0	28983	0	0	3150	0	50	542	542	17
BIE	1974	43416		117447	5068			114621	19416			158258	45463					0
	1978	50206		109255	0			63006	25968			132522	232423					3136
	1987	94892	18326	27452	16828	5128	23547	4574	777	98941	44242		65425	90332	9466	1131	247	810
	1988	97636	28686	55670	13911	4463	35734	2581	707	106574	27608		77266	81042	56883	3368	173	556
	1994	81500	47264	16473	19337	3704	78492	25268	216	94533	10650	704	56468	33306	34564	2811	616	710
	1995	108001	48044	15240	16308	3046	58343	29168	910	99703	8283	101	133801	35832	11243	1527	332	972
	1996	117110	43462	8037	42433	3354	86394	23091	255	133332	5972	0	105767	28146	39793	992	179	201
	1997	93250	65978	6945	33206	2431	87783	4276	788	113033	2251	0	178699	48177	18112	1141	232	412
	1998	151741	59319	3008	43504	1049	73960	13725	879	147563	6653	0	134540	73995	144461	4165	83	820
	1999	90024	62043	3344	26613	3957	28675	19754	471	56885	3796	0	69990	6252	11479	781	200	308
	2000	110337	57224	3374	28323	2939	77787	12585	831	88298	9853	0	80279	13133	51956	1930	29	468
	2001	104438	52262	1759	39158	2785	93205	7778	347	82577	29600	0	136979	9977	41916	1003	69	679
	2002	81395	27873	1481	31596	1725	62021	4499	406	58528	5212	0	69027	2926	15954	390	4	141
	2003	79296	19737	821	24788	1760	57997	27713	199	55979	15917	0	34230	11572	17291	588	39	242
	2004	78005	53829	3805	34449	1343	52529	11270	233	68978	11085	0	64225	2117	36138	509	0	88
	2005	109472	34367	6547	40930	1731	54552	15769	322	65862	44843	0	47858	27923	32883	1383	29	321
	2006	116667	51689	6002	34188	3305	58572	22144	558	51921	30801	0	60247	9882	62936	1873	0	414
	2007	99342	41854	3437	22452	1134	60918	8393	306	101616	28415	0	30500	1455	42099	2263	76	309
NEU	1987	180798	30681	151563	85343	303	6676	1225	689	88470	54826	0	48972	9846	0	3429	1282	133
	1988	305711	20016	62706	29667	114	13406	3107	1002	53590	30071	0	14029	4063	4055	4328	1048	101
	1999	267001	80433	36	36466	0	24287	1436	140	0	0	99383	58770	765	29835	1845	1465	57
	2000	434516	65637	1347	104518	0	50912	1384	173	0	0	165565	11658	307	37264	3527	1902	0
	2001	357400	83685	0	98863	0	146381	14180	228	0	0	106044	44063	439	8240	4056	1609	0
	2002	276805	105651	0	68758	0	115054	5766	96	172	0	46374	69422	2966	4086	2120	832	132
	2003	290795	39101	632	76186	0	127861	29275	365	0	0	120540	10027	3553	18018	7644	1638	0
	2004	250833	55983	1073	62359	0	182259	38878	229	0	0	84038	172560	9046	29107	1922	318	0
	2005	280123	29588	574	55815	0	301917	23272	0	0	0	112949	35829	4553	9427	3033	1291	0
	2006	432007	26166	9690	58793	0	172003	32712	0	0	0	84712	28763	1664	17873	3687	688	0
	2007	285150	43022	0	41790	0	139599	18671	0	73	0	63149	17290	863	6125	3138	1388	35
MUR	1999	229998	0	71875	22810	4836	414634	77121	0	0	0	201673	45603	126481	11661	1032	0	390
	2000	312323	0	158826	19307	645	503825	35839	57	0	0	224690	56620	75140	14000	1326	0	552
	2001	360068	0	17143	155031	818	622512	123352	0	0	0	142353	30923	31102	4433	6510	0	0
	2002	210670	0	17205	226985	0	79261	61387	0	0	0	63583	18	48852	46088	479	0	2505
	2003	138848	0	43781	245447	122	211368	59340	0	0	0	35058	19	49735	29659	184	0	565
	2004	190497	0	31151	104555	217	135901	35102	0	0	0	54560	0	1180	8617	590	0	147
	2005	227497	0	34115	153198	737	110097	16190	0	0	0	74283	0	660	19823	513	0	0
	2006	242745	0	24355	179378	107	167223	49799	0	0	0	13025	0	4258	4578	644	0	0
	2007	193480	0	10925	98174	498	156702	123058	0	0	0	82237	0	550	1			

## Struktur der Auswertungstabellen

Für alle 5 Seen wurde je eine OpenOffice-Calc-Tabelle (entspricht Excel) für die Abundanz (Ind./m<sup>2</sup>) und für die Biomasse (g/m<sup>2</sup> FG) zusammengestellt. Die Datei wurde für den Bielersee so aufgebaut, dass durch Ersetzen der Rohdatentabelle durch die Daten anderer Seen jeweils mit kleinen Anpassungen alle Auswertungen und Grafiken sofort zur Verfügung standen.

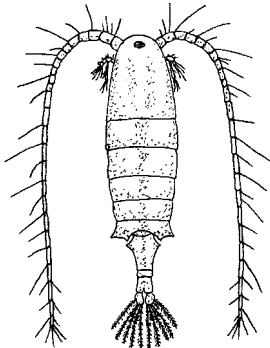
<b>Tabelle</b>	<b>Kommentar</b>
Ind_Roh	Rohdatenauswertung aus der Plankton-Datenbank des GBL: SeelD Datum: immer 12 Werte pro Jahr 1994 - 2007 Taxa-Nummern (gemäss Tab.7.1.4): aufsteigend sortiert. Diese Tabelle muss bei allen Seen die gleiche Struktur aufweisen, damit die Auswertungstabellen die richtigen Spalten in die Berechnungen einbeziehen.
Summen	Summenberechnungen für die Jahresverläufe der einzelnen Stadien, Arten und höheren Gruppierungen. SeelD Datum: immer 12 Werte pro Monat, entspricht Rohdatentabelle Jahr, Monat Systematische Gruppen, Taxa: Summenbildung für die einzelnen Taxa basierend auf „Ind_Roh“ und Zwischenergebnissen in „Summen“. Die Beziehungsspalten sind in Tab. 7.1.4 dargestellt. Für einzelne Juvenilstadien mussten die Rohdaten aufgeteilt werden entsprechend der Adultstadien.
Jahre	Struktur entspricht „Summen“. Jahres- und Quartalsmittelwerte der einzelnen Taxa und systematischen Gruppen. Arithmetisches Mittel basierend auf der Anzahl ausgewerteter Proben (2 bis 12).
Monate	Struktur entspricht „Summen“. Auszug aus Summen für einzelne Monate zur Beurteilung von Verschiebungen und Entwicklungstendenzen in einzelnen Jahreszeiten.
Grafiken_Arten	Jahresverläufe der einzelnen wichtigen Arten basierend auf „Summen“
Grafiken_Gruppen	Jahresverläufe der systematischen Gruppen basierend auf „Summen“
Grafiken_Jahresmittelwerte	Jahresmittelwerte der systematischen Gruppen und der einzelnen Arten basierend auf „Jahre“

Tabelle 7.1.6: Struktur der Auswertungstabellen

## 7.2 Zeichnungen der Crustaceen

### Copepoda

#### Calanoida (Schwebekrebschen)

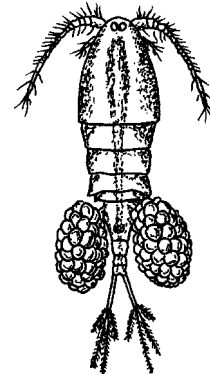


*Eudiaptomus gracilis* (bis 1.5 mm)



*Mixodiaptomus laciniatus* (ca. 1.5 mm)

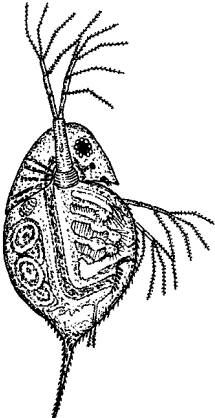
#### Cyclopidae (Hüpfertinge)



*Cyclops vicinus* (ca. 1.5 mm)

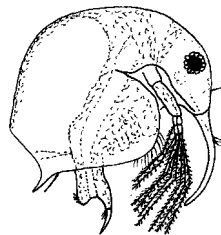
### Cladocera (Blattfusskrebse)

#### Daphnidae (Wasserfloh)



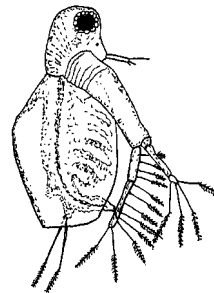
*Daphnia* sp. (ca. 2.5 mm)

#### Bosminidae (Rüsselkrebs)



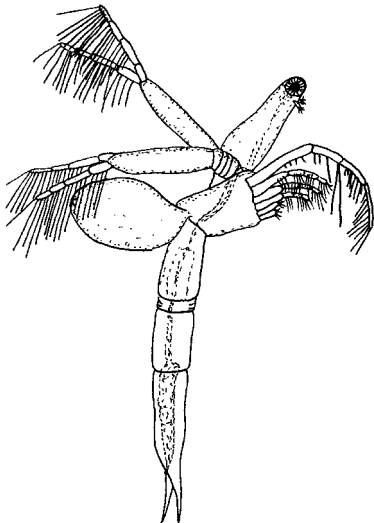
*Bosmina longirostris* (ca. 0.5 mm)

#### Sididae



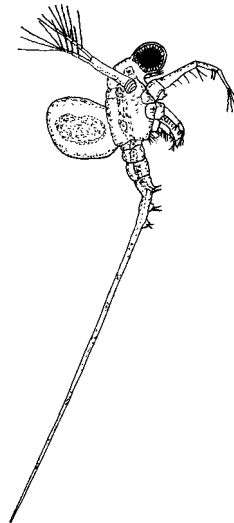
*Diaphanosoma brachyurum*  
(ca. 1.5 mm)

#### Leptodoridae (Glaskrebs)



*Leptodora kindtii* (ca. 10 mm)

#### Cercophagidae (Langschwanzkrebs)



*Bytotrephes longimanus* (ca. 10 mm mit Stachel)