



Die Mikrofauna und Mikroflora der Giglachseen als  
Indikatoren für das Verschwinden oder das Neuauftreten  
von den Arten, die anthropogenen Einflüsse und den  
Klimawandel

Aus dem Fachbereich: Mikrobiologie – Labor

Eingereicht von:

Gimpl Anton und Schindlegger Lisa

Außerschulische BetreuerInnen:

Dr. Rainer Kurmayer

Dr. Sabine Wanzenböck

Mag.Dr. Christian Jersabek

Innerschulische Betreuerin:

MMag.Dr. Edith Oberkofler

Elixhausen, am 3.5.2011

## Eidesstattliche Erklärung:

Wir erklären, dass wir die vorliegende Diplomarbeit selbst verfasst haben und dass wir dazu keine anderen als die hier angeführten Behelfe verwendet haben.

Außerdem haben wir die Reinschrift der Diplomarbeit einer Korrektur unterzogen und ein Belegexemplar verwahrt.

---

Ort und Datum

Anton Gimpl

---

Ort und Datum

Lisa Schindlegger

## Danksagung:

In erster Linie wollen wir uns bei unseren außerschulischen Betreuern Dr. Rainer Kurmayer und Dr. Sabine Wanzenböck vom Institut für Limnologie bedanken, zum einen für die tolle Betreuung während der Probennahme an den Giglachseen, zum anderen für die tatkräftige Unterstützung bei der Auswertung. Auch für die geduldige Beantwortung unserer vielen Fragen wollen wir uns herzlich bedanken und für die Chance, am „DETECTIVE“-Projekt teilnehmen zu dürfen.

Unser besonderer Dank gilt Mag. Dr. Christian Jersabek, Professor für organismische Biologie an der Universität Salzburg, für seine Hilfe bei der genauen Bestimmung der Arten, da die Kenntnisse für eine derart genaue Ausarbeitung nicht in so kurzer Zeit zu erlangen waren.

Besonders bedanken wollen wir uns auch bei unserer innerschulischen Betreuerin, MMag. Dr. Edith Oberkofler, für ihre Unterstützung und unendliche Geduld.

Auch Herrn Dr. Winfrid Herbst gilt unser Dank, da er für uns den Kontakt zum Institut für Limnologie in Mondsee herstellte und uns somit die Chance gab, diese Arbeit verfassen zu können.

# Vorwort Anton Gimpl

Schon seit langem habe ich mich für Limnologie und besonders für die Wasseranalytik interessiert. Das Wasser und vor allem seine Bewohner haben mich schon als Kind fasziniert. Berichte über Wasser werden sich außerdem auch in der Zukunft noch in den Medien anhäufen, denn es hat für uns Menschen ein enormes Potenzial. Egal, ob es sich um das Trinkwasser, um die Fischerei oder um die Energieversorgung dreht, Wasser deckt die meisten Grundbedürfnisse des Menschen ab. Wasser gehört zu den überlebenswichtigsten Elementen für alle Lebensformen auf unserem Planeten. Deshalb möchte ich im späteren Leben einen Beruf, der sich mit der Wasseranalytik auseinandersetzt, erlangen. Im Jahr 2008 habe ich durch meinen Abfallwirtschaftsprofessor Dr. Herbst von einem Projekt erfahren, in welches auch Schüler involviert werden sollen. Prof. Herbst erklärte, es handle sich um ein Wasseruntersuchungsprojekt zusammen mit dem Institut für Limnologie – Mondsee und daraus könne sich ein Spitzenthema für eine Diplomarbeit ergeben. Ich habe mich gleich von Anfang an dafür entschlossen, diese Diplomarbeit zu schreiben und ließ mich vom Personal des Instituts ein wenig in das Projekteinweisen. Und die Entscheidung war schwer, welches Thema ich wählen sollte. Am Ende ergab sich der Titel meiner Arbeit: Die Mikrofauna und Mikroflora des Gögglachsees als Indikatoren für das Verschwinden und das Neuauftreten von Arten, die anthropogenen Einflüsse und den Klimawandel. Ich möchte mich schon jetzt im Voraus bei Herrn Prof. Dr. Winfrid Herbst und Frau Prof. MMag. Dr. Oberkofler sowie bei meinen externen Betreuern Frau Dr. Sabine Wanzenböck, Herrn Dr. Rainer Kurmayer und bei Herrn Mag. Dr. Christian Jersabek bedanken, da sie mir diese Diplomarbeit ermöglicht haben und mich tatkräftig unterstützt haben bzw. mich unterstützen werden.

Gimpl Anton



# Vorwort Lisa Schindlegger

Da Wasser, wie ich finde, ein äußerst faszinierendes Element ist und seine Bewohner nicht minder interessant sind, habe ich die Chance, eine Arbeit darüber schreiben zu können, sofort ergriffen als sie sich mir bot. Wasser ist sehr wichtig und seine Wichtigkeit wird wohl steigen, wenn man sich Prognosen über aktuelle und zukünftige Wasserknappheit ansieht. Gewässer haben auch einen Einfluss auf das Klima, also ein Thema, das auch für die Allgemeinheit relevant ist. Daher denke ich, dass wir ein sehr interessantes, zukunftsorientiertes Thema für unsere Arbeit gewählt haben. Als die Mitarbeiter des Institutes für Limnologie dieses vorgestellt hatten, war ich begeistert und erhoffte mir eine interessante, lehrreiche Zeit beim Verfassen dieser Arbeit. Diese Hoffnung wurde nicht enttäuscht, ich habe sehr viele persönliche Erfahrungen und wertvolles Wissen aus dieser Zeit mitnehmen dürfen und bin dafür sehr dankbar.

Lisa Schindlegger

## Zusammenfassung:

Unsere Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung des Zoo- und Phytoplanktons, zweier steirischer Gebirgsseen, dem Oberen und Unteren Giglachsee, in der Nähe von Schladming. Ziel dieser Arbeit ist es, eine aktuelle Erhebung der Arten und mit diesen Daten eine Vergleichsarbeit für zukünftige Untersuchungen zu erstellen. Die im Rahmen des „DETECTIVE“-Projektes (Decadal detection of biodiversity in alpine lakes) des Institutes für Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erstellte Untersuchung kann mit den Daten einer Erhebung vor 10 Jahren verglichen werden. Es wurden neben den Zoo- und Phytoplanktonproben auch chemische Parameter erfasst, da diese einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Seen geben und sehr gut zu vergleichen sind. Diese Daten können auch Rückschlüsse auf anthropogene Einflüsse wie die Almbewirtschaftung und Fischereiwirtschaft geben. Durch das Auftreten oder Verschwinden der verschiedenen, oft spezifisch angepassten, Plankter können Rückschlüsse auf etwaige Veränderungen gezogen werden. Planktonorganismen stellen aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen wie Temperaturveränderungen oder Nährstoffeintrag sehr gute Indikatoren in Gewässern dar, weil bereits geringe Änderungen der Umwelt auch eine Veränderung der vorkommenden Arten bedeuten. Im Falle der Giglachseen spielt dies allerdings kaum eine Rolle, da sich nur äußerst geringe Verschiebungen der untersuchten Parameter ergeben haben. Diese Thematik hat uns besonders interessiert, da Wasser einer der wichtigsten Faktoren für Leben auf der Welt ist, und Veränderungen im so sensiblen Bereich der Alpenseen besonders bedeutend sind.

## Abstract:

Our work deals with the study of the zoo- and phytoplankton in two Styrian alpine lakes near Schladming, the Upper and Lower Gögglachsee. The aim of this study is a recent survey of the species, and to provide a comparison of these data for future research. The data received within the "DETECTIVE" project (Decadal detection of biodiversity in alpine lakes) of the Institute for Limnology of the Austrian Academy of Sciences can be compared to those of a survey which was carried out 10 years ago. In addition to the zoo- and phytoplankton samples chemical parameters were also taken, because they provide insight in a possible influence on the development of the lakes and can be compared very well. These data may draw conclusions on anthropogenic influences such as the alpine pasture management and fisheries. By the appearance or disappearance of different, often specifically adapted plankton organisms conclusions can be drawn on possible changes. Plankton organisms present very good indicators in aquatic systems because of their sensitivity to environmental factors such as temperature changes or nutrients. Even small changes in the environment have an influence to the presence of species. However in the case of Gögglachsee this issue plays a minor role, because only marginal changes of the studied parameters have shown. This topic has interested us in particular because water is one of the most important factors for life on earth, and changes in the sensitive alpine lakes are of especial importance.

# Inhaltsverzeichnis

## 1.0 Aufgabenstellung

## 2.0 Methodik und Vorgehensweise

### 2.1 Probenahme

#### 2.1.1 Quantitative Proben

#### 2.1.2 Qualitative Proben

#### 2.1.3 Beim Phytoplankton

### 2.2 Probenaufbereitung

#### 2.2.1 Quantitative Probe

#### 2.2.2 Qualitative Probe

#### 2.2.3 Beim Phytoplankton

### 2.3 Auswertung

#### 2.3.1 Quantitative Proben

#### 2.3.2 Qualitative Proben

#### 2.3.3 Beim Phytoplankton

### 2.4 Die physikalischen und chemischen Parameter

#### 2.4.1 Die Umrechnung von Nitrat- und Ammoniumstickstoff auf Nitrat und Ammonium

#### 2.4.2 Die Berechnung der mittleren Monatswassertemperaturen

### 2.5 Die Messung der Sichttiefe

## 3.0 Systematischer Überblick über die Plankter

### 3.1 Domäne: Archaea – Urbakterien

### 3.2 Domäne: Bacteria – Bakterien

#### 3.2.1 Stamm: Cyanobacteria – Cyanobakterien oder Blaualgen

### 3.3 Domäne: Eucarya – Eukaryonten

#### 3.3.1 Reich: Fungi – Pilze

#### 3.3.2 Höhere Algen

## 4.0 Plankton und Umwelt

### 4.1 Die physikalische Umwelt im Wasser

#### 4.1.1 Die mechanischen Eigenschaften des Wassers

##### 4.1.1.1 Die Viskosität

##### 4.1.1.2 Die Dichte

##### 4.1.1.3 Die Oberflächenspannung

##### 4.1.1.4 Der Einfluss von Strömungen

#### 4.1.2 Die thermischen Eigenschaften des Wassers

##### 4.1.2.1 Die spezifische Wärmekapazität

##### 4.1.2.2 Die Wärmeleitfähigkeit

##### 4.1.2.3 Die Temperatur

##### 4.1.2.4 Die Einstrahlung auf ein Gewässer

- 4.2 Die Schichtung von Gewässern
  - 4.2.1 Die thermische Schichtung
  - 4.2.2 Die chemische Schichtung
  - 4.2.3 Die Gewässertypen nach der Schichtung
- 4.3 Die Chemie des Wassers
  - 4.3.1 Gelöste Gase im Wasser
    - 4.3.1.1 Sauerstoff
    - 4.3.1.2 Kohlendioxid
    - 4.3.1.3 Methan
    - 4.3.1.4 Stickstoff
  - 4.3.2 Gelöste Salze
  - 4.3.3 Nährstoffe im Wasser
  - 4.3.4 Gelöste organische Substanzen
  - 4.3.5 Die Pufferung des pH-Werts
- 4.4 Die Ernährungsgrundlagen beim Plankton
  - 4.4.1 Phytoplankter - Primärproduzenten
- 5.0 Daten und Fakten der Giglachseen
  - 5.1 Das Interview mit einem der Almbewirtschafter
  - 5.2 Sonstige Besonderheiten der Seen
- 6.0 Auswirkungen des Menschen auf das Plankton
  - 6.1 Eutrophierungen von Gewässern
    - 6.1.1 Was ist eine Eutrophierung?
    - 6.1.2 Die Selbstreinigung von Gewässern
    - 6.1.3 Das Saprobien- und das Trophiensystem
      - 6.1.3.1 Das Saprobiensystem bei Fließgewässern
      - 6.1.3.2 Das Trophiensystem bei Stillgewässern
        - 6.1.3.2.1 Der trophische IST-Zustand eines Sees
    - 6.1.4 Die Veränderungen der Parameter bei den Giglachseen
      - 6.1.4.1 Die Temperatur
        - 6.1.4.1.1 Oberer Giglachsee
        - 6.1.4.1.2 Unterer Giglachsee
      - 6.1.4.2 Der pH-Wert
        - 6.1.4.2.1 Kieselalgen als Indikatoren für Versauerung
      - 6.1.4.3 Die elektrolytische Leitfähigkeit
      - 6.1.4.4 Die Stickstoffverbindungen
        - 6.1.4.4.1 Das Ammonium
        - 6.1.4.4.2 Das Nitrat
      - 6.1.4.5 Die Phosphorverbindungen
      - 6.1.4.6 Das Chlorophyll
  - 6.2 Einflüsse der Fischereiwirtschaft auf die Seen

## 7.0 Auftreten und Verschwinden von Planktern

### 7.1 Aktuell vorkommende Plankter der Giglachseen

#### 7.1.1 Das Zooplankton

##### 7.1.1.1 Rotatoria – Rädertiere

##### 7.1.1.2 Copepoda – Ruderfußkrebse

##### 7.1.1.3 Cladocera – Blattfußkrebse

#### 7.1.2 Das Phytoplankton

##### 7.1.2.1 Chrysophyta

##### 7.1.2.2 Dinoflagellaten

##### 7.1.2.3 Kieselalgen

##### 7.1.2.4 Grünalgen

##### 7.1.2.5 Blaualgen

### 7.2 Veränderungen der Artenzusammensetzung

#### 7.2.1 Das Zooplankton

#### 7.2.2 Das Phytoplankton

##### 7.2.2.1 Fazit

## 8.0 Fotodatenbank der Plankter der Giglachseen

### 8.1 Das Zooplankton

### 8.2 Das Phytoplankton

#### 8.2.1 Cryptophyta

#### 8.2.2 Dinoflagellaten

#### 8.2.3 Kieselalgen

#### 8.2.4 Grünalgen

## 9.0 Anhang

### 9.1 Chemiedaten

#### 9.1.1 Chemiedaten (Durchschnittswerte) aus dem Jahr 1998

#### 9.1.2 Chemiedaten der Untersuchungen 2010

### 9.2 Artenliste des Phytoplanktons

### 9.3 Artenliste der Zooplankter

### 9.4 Berechnungen der quantitativen Proben – Phytoplankton

#### 9.4.1 Unterer See

#### 9.4.2 Oberer See

### 9.5 Die Berechnung der quantitativen Proben – Zooplankton

#### 9.5.1 Oberer See

#### 9.5.2 Unterer See

### 9.6 Die Wetterdaten während der Untersuchungen

### 9.7 Die Zählprotokolle des Phytoplanktons

## 10.0 Literaturverzeichnis

### 10.1 Texte

#### 10.1.1 Aufgabenstellung

10.1.2 Systematischer Überblick über die Organismen

10.1.3 Plankton und Umwelt

10.1.4 Daten und Fakten der Giglachseen

10.1.5 Auswirkungen des Menschen auf das Plankton

10.1.6 Auftreten und Verschwinden von Planktern

10.2 Bilder

10.2.1 Aufgabenstellung

10.2.2 Methodik und Vorgehensweise

10.2.3 Systematischer Überblick über die Organismen

10.2.4 Plankton und Umwelt

10.2.5 Daten und Fakten der Giglachseen

10.2.6 Auswirkungen des Menschen auf das Plankton

10.2.7 Auftreten und Verschwinden von Plankton

10.2.8 Fotodatenbank der Plankter der Giglachseen

# 1 Aufgabenstellung

Die Aufgabe dieser Arbeit besteht darin, die Algen- und Zooplanktonarten der Gíglachseen zu bestimmen und dadurch eine Vergleichsarbeit für zukünftige Untersuchungen zu schaffen. Vor zehn Jahren sind die Gíglachseen in den Niederen Tauern im Rahmen des Forschungsprojekts „DETECTIVE (Decadal detection of biodiversity in alpine lakes)“ vom ÖAW-Institut für Limnologie - Mondsee schon einmal untersucht worden. Dabei wurden biotische und abiotische Daten, zum Beispiel verschiedene chemische Parameter, erhoben. Diese Aufzeichnungen liefern die jene Daten, die Vergleiche mit den aktuellen Daten ermöglichen. Somit können auch die Einflüsse des Menschen durch Almbewirtschaftung und Fischereiwirtschaft näher behandelt werden. Außerdem lassen sich durch die Bestimmung von Planktonorganismen künftig mögliche Rückschlüsse auf den Klimawandel gezogen werden, denn Plankton ist aufgrund seiner einfachen Beprobbarkeit gut zu erforschen und reagiert noch dazu sehr empfindlich auf Umwelteinflüsse, wie zum Beispiel Veränderungen der Temperatur oder der chemischen Parameter im Wasser. So kann es zum Beispiel sein, dass im Gewässer starke Veränderungen in der Planktonverteilung durch klimatische Unterschiede auftreten. Es kann auch vorkommen, dass der Aufenthaltsbereich des Planktons expandiert oder schrumpft. Diese Entwicklungen sind besonders gut in marinen Gewässern erkennbar. In den letzten Jahrzehnten hat es dort erhebliche Veränderungen gegeben. Ein Beispiel dafür ist der Arktische Krill, marine Kleinkrebse, die einen Bestandteil des Zooplanktons bilden. Die Bestände sind stark geschrumpft, was wiederum auf die Verfügbarkeit der Algen im Sommer und im Winter zurückzuführen ist. Diese gehören nämlich zum Hauptbestandteil der Nahrung des Krills. Außerdem weiß man heute auch, dass warmwasserliebende Planktonorganismen in die Kaltwasserregionen der Weltmeere vordringen. Das ist vor allem auf Veränderungen durch den Klimawandel zurückzuführen. Weiters ist auch bekannt, dass die Phytoplanktonbestände im Meer die



Nahrungsgrundlage für viele Lebewesen, vom kleinen Zooplankton bis zum großen Wal, bilden.<sup>12</sup>

So wird in einem Artikel über eine Studie im Wissenschaftsmagazin „Nature“ zitiert:

Fakt ist auf jeden Fall, dass einer der Gründe für das Schwinden von Phytoplankton der Klimawandel ist. Die drei Autoren der Studie sehen ihn gar als die Hauptursache. Im Zuge der Erderwärmung erwärmt sich nämlich auch das Wasser an der Meeresoberfläche und das erschwert die Durchmischung mit den nährstoffreichen Kaltwasserschichten aus der Tiefe. Diese ist aber lebensnotwendig für Phytoplankton, das nun als Folge der fehlenden Nährstoffe immer weniger wird.<sup>34</sup>

Wahrscheinlich lassen sich ähnliche Effekte auch in den Giglachseen beobachten. Normalerweise herrschen ja extreme Bedingungen in Gebirgsseen vor, an die sich spezialisierte Arten angepasst haben. Wer weiß, vielleicht hat es auch dort in den letzten Jahrzehnten die eine oder andere Veränderung gegeben?

Auch die Einflüsse des Menschen durch Almbewirtschaftung und Fischereiwirtschaft sollen näher behandelt werden. Sogenannte Eutrophierungen von Gewässern sind vor allem aus der Landwirtschaft bekannt, wobei es zur Nährstoffanreicherung im Wasser kommt. Darauf reagieren photoautotrophe Lebewesen wie verschiedene Algen und Cyanobakterien (Blaualgen) besonders stark mit Massenvermehrung. Es kommt zu den berühmten Algenblüten. Besonders auf die Nährstoffe Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) und Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), welche überwiegend aus Abwässern und Einträgen aus der Landwirtschaft stammen, reagieren sie extrem stark. Natürliche Eutrophierung, die durch Anreicherung von Nährstoffen bei der Verlandung eines Gewässers zu Stande kommt, ist äußerst selten. Meist sind Eutrophierungen auf den Menschen zurückzuführen. Gleichzeitig mit der Masse der photoautotrophen Lebewesen steigt auch die Masse der Konsumenten und

---

<sup>1</sup> <http://www.cleanenergy-project.de/11228/> - 8.1.2011

<sup>2</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Krill> - 3.1.2011

<sup>3</sup> <http://www.nature.com/nature/journal/v466/n7306/full/nature09268.html> -27.4.2011

<sup>4</sup> <http://www.heise.de/bin/tp/issue/r4/dl-artikel2.cgi?artikelNr=20302&mode=html&zeilenlaenge=72> - 3.1.2011

Destruenten. Das ist der Grund, warum die Eutrophierung immer mit Sauerstoffzehrung im Wasser verbunden ist. In stehenden Gewässern ist der Anstieg der Organismenmasse besonders gut zu beobachten, da die Nährstoffe nicht so leicht weggeschwemmt werden wie in fließenden Gewässern. Die Almbewirtschafter des Gebietes rund um die Seen halten Rinder, Pferde und Schafe, welche 90 Tage im Jahr durchgehend auf der Alm bleiben. Die Tiere halten sich oft gern in Gewässernähe auf und ihre Exkremente werden aufgrund der steilen Uferböschungen in den See eingetragen. Das ist natürlich auch mit einem Nährstoffeintrag verbunden.<sup>5</sup>



Abbildung 1: Die steilen Hanglagen um die Giglacheen

Eine weitere Quelle für organische Substanz sind die großen Bestände an vielen Almrauschpflanzen, die jedes Jahr im Herbst gemäht werden.

Die Giglachseen sind auch beliebte Fischgewässer. Jährlich kommen viele Touristen, um in diesem Gebiet zu fischen. Laut Bewirtschafter des Gewässers werden pro Jahr 150kg

---

<sup>5</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Eutrophierung> - 3.1.2011

Bachsaiblinge an Fischbesatz zugekauft, damit die Fischbestände stabilisiert sind, und jedes Jahr werden ungefähr 100kg Bachsaiblinge von den Sportfischern entnommen. Daneben wurde auch die natürliche Vermehrung der Saiblinge in den Zu- und Abflüssen festgestellt. Als Futterfische konnten noch Elritzen und Koppen nachgewiesen werden. Der Bewirtschafter meint auch, es gebe auch heimische Bachforellen im See. Kapitale Bachforellenpräparate sind in der Almhütte zu betrachten, doch nach einer Fischerrunde um den ganzen See konnte ich selbst keine einzige Bachforelle erbeuten. Dafür habe ich aber heimische Seesaiblinge gefangen, welche wiederum nicht vom Bewirtschafter erwähnt wurden. Es wurde auch behauptet, dass die Bachsaiblingbestände bereits natürlich vorhanden waren und auf den Besatz zu Zeiten des Erzbischofs im 14. Jahrhundert zurückzuführen sind. Dieser Theorie muss leider widersprochen werden, da der Bachsaibling erst um 1880 das erste Mal in Österreich eingeführt wurde, da er aus Amerika stammt. Die Futterfischarten Koppe und Elritze wurden aber nicht gleichzeitig mit den Saiblingen besetzt, weil sie schon natürlich vorhanden waren. Weiters sind Saiblinge extrem zahlreich vertreten und dafür ziemlich klein. Selten hat ein Exemplar mehr als 25cm Länge. Das ist dann das Phänomen der Verbutterung. Das bedeutet, die Individuenzahl steigt stark an und nebenbei ist die Zwergwüchsigkeit eine Begleiterscheinung, was auf der Nahrungsknappheit im Gewässer basiert. Die Verbutterung trifft hauptsächlich Fischbestände in isolierten Gewässern, wo keine Migration zwischen den Populationen möglich ist. Auch Verbutterung von Fischbeständen ist meist auf den Menschen zurückzuführen, da es auf natürlichem Weg kaum zu solchen Erscheinungen kommt. Für die Fische bildet das Seeplankton eine wichtige Nahrungsgrundlage.<sup>67</sup>

---

<sup>6</sup> Fische-Krebse-Muschel in heimischen Seen und Flüssen, Wolfgang Hauer, Verlag: Leopold Stocker

<sup>7</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Verbutterung> - 5.1.2011



Abbildung 2: Einer von zahlreichen Fischern

Darum lohnt es sich auch, die Auswirkungen der anthropogenen Einflüsse auf das Plankton zu untersuchen und in die Diplomarbeit mit einzubeziehen.

Außerdem soll die Diplomarbeit eine Fotodatenbank mit allen aktuell in den Seen festgestellten Planktonorganismen enthalten. Dazu werden noch genaue Beschreibungen der einzelnen Arten angehängt. Falls in Zukunft wieder eine Untersuchung an den Gíglachseen durchgeführt werden sollte, dann liefert diese Artenliste die nötigen Daten für die zukünftigen Forschungen.

## 2 Methodik und Vorgehensweise

Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Proben, die man bei Planktonuntersuchungen auswerten kann, die qualitative Probe und die quantitative Probe. Bei der qualitativen Probe steht nicht die Quantität, also die Menge, im Vordergrund, sondern es ist viel wichtiger zu untersuchen, was in der Probe enthalten ist. Mit dieser Methode wird das Artenspektrum des Sees untersucht. Dabei ist es wichtig, Kenntnisse über die Lebewesen zu haben, damit man eine Liste mit zu erwartenden Arten erstellen kann. Bei der quantitativen Probe ist hingegen die Menge wichtig. Man zählt die einzelnen Arten in einem genau definierten Volumen an Wasser aus. Wenn solche Proben in regelmäßigen Zeitabständen genommen werden, dann kann ein Bild erstellt werden, wann die einzelnen Arten besonders zahlreich vertreten sind oder umgekehrt besonders wenig.

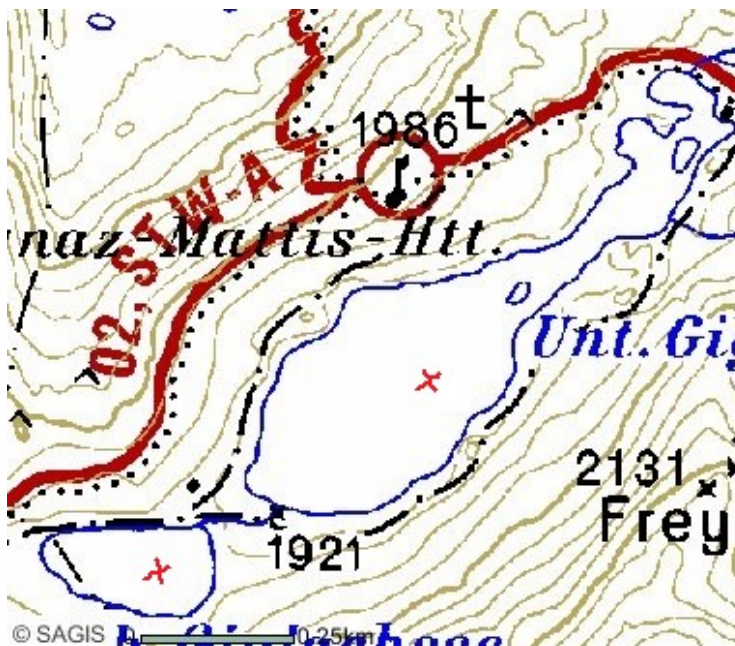


Abbildung 1: Um Planktonorganismen aus allen Wassertiefen für die Proben zu fangen, muss ein See an der tiefsten Stelle analysiert werden. Die maximale Tiefe des Unteren Giglachsees beträgt 18m und die des Oberen Giglachsees nur 10m. Auf der Karte soll verdeutlicht werden, wo die tiefsten Stellen in den Seen liegen.



## 2.1 Probenahme

### 2.1.1 Quantitative Probe

Aus Wassertiefen zwischen 1 – 16m Tiefe, werden immer 5dm<sup>3</sup> Wasser mit Hilfe eines Schöpfers, welcher an einem Seil mit Tiefenmarkierungen befestigt ist, entnommen. Der Schöpfer erfasst genau 5 Liter Wasser. Von 1m Wassertiefe arbeitet man sich immer schrittweise um 1m vor, bis man bei den 16m angelangt ist. Orientieren kann man sich an den Markierungen am Seil. Diese 5 Liter werden durch ein Planktonnetz mit einer Maschenweite von 30µm filtriert. Nach 16 Mal Filtrieren hat man schließlich ein Volumen von 80dm<sup>3</sup> filtriert. Ein Volumen dieser Menge liefert auch ein aussagekräftiges Ergebnis. Die Plankter, die sich in den Maschen verfangen haben, werden dann durch Spülen über die verschließbare Öffnung am Ende des Netzes in einen Kanister versetzt.

### 2.1.2 Qualitative Probe

Um eine qualitative Probe zu nehmen, wird ein Planktonnetz mit 30µm Maschendurchmesser, befestigt an einem Seil, vertikal durch den See gezogen. Dabei sucht man die tiefste Stelle des Sees auf, damit man auch alle Tiefenstufen erfasst. Das Netz beschwert man mit einem geeigneten Gewicht wie zum Beispiel einem Stein. Das bewirkt eine größere Sinkgeschwindigkeit. Wenn das Netz am Grund aufgetroffen ist, kann man es mit mittlerer Geschwindigkeit vertikal an die Oberfläche ziehen. Diesen Prozess wiederholt man ungefähr fünf Mal. Dabei spielt das erfasste Volumen keine Rolle, es geht um eine qualitative Untersuchung. Die erfassten Plankter werden wie bei der quantitativen Probenahme in einen Extrakanister gespült.

### 2.1.3 Beim Phytoplankton

Die Phytoplankter werden gleich wie die Zooplankter der qualitativen Probe mit dem Netz aus dem See entnommen und anschließend in den Kanister gespült.

## 2.2 Probenaufbereitung

### 2.2.1 Quantitative Probe

Die Probe aus dem Kanister wird komplett durch ein Planktonsieb filtriert. Es ist wichtig, alle Plankter zu erfassen. Die Plankter werden dann in ein Probenfläschchen gespült und anschließend mit kochend heißem Wasser übergossen. Dadurch werden sie sofort getötet und können sich nicht in ihre Schalen zurückziehen oder ihre Körperanhänge einziehen. Das vereinfacht die spätere Bestimmung der Organismen am Mikroskop. Das Probenfläschchen sollte am Ende zu 4/5 mit Wasser gefüllt sein. Als restliches Fünftel wird 37%iges Formalin (Formaldehyd) dazu gemischt, um ungefähr die gewünschte Konzentration von 8% zu erreichen. Das Formalin wirkt konservierend und die Organismen bleiben erhalten. Das Probenfläschchen wird dann noch entsprechend beschriftet.

### 2.2.2 Qualitative Probe

Die Schritte der Probenaufbereitung erfolgen gleich wie bei der quantitativen Probe. Es ist aber im Gegensatz zu dieser nicht zwingend notwendig, alle Plankter zu erfassen. Daher muss man nicht den ganzen Inhalt des Kanisters entleeren. Die Probe im Kanister sollte aber ausreichend geschüttelt werden, bevor man sie filtriert, damit die Organismen gleichmäßig verteilt sind. Am Ende muss die Probe noch entsprechend beschriftet werden.

### 2.2.3 Beim Phytoplankton

Man entnimmt nach ausreichendem Schütteln einen Teil der Probe, welcher für die qualitative Untersuchung vorgesehen ist, also den Rest im Kanister, und leert diesen in ein Probenfläschchen, das bereits mit einer Lugollösung präpariert ist. Diese Chemikalie hat denselben Effekt wie das Formalin. Danach muss wieder entsprechend beschriftet werden.

## 2.3 Auswertung

### 2.3.1 Quantitative Probe

Die Proben werden in ein Sieb geschüttet und mit destilliertem Wasser gespült, um vom giftigen Formaldehyd befreit zu werden. Anschließend werden die gereinigten Proben vom Sieb in eine Petrischale gespült, durch leichtes Schwenken gleichmäßig verteilt und unter einem Binokular ausgezählt. Um das Auszählen zu erleichtern, wird die Petrischale zur besseren Orientierung in gleichmäßige, abgemessene Bereiche unterteilt. Diese Sektoren werden am Boden mit einem wasserfesten Stift und mit einem Lineal aufgezeichnet.

### 2.3.2 Qualitative Probe – Zoo- und Phytoplankton

Bei der qualitativen Auswertung geht es um das Bestimmen der einzelnen Arten. Die genaue Artenbestimmung bei den Tieren hat der Zooplanktonexperte Mag. Dr. Christian Jersabek für uns übernommen, da die für diese Arbeit benötigten Kenntnisse nicht vorhanden waren und die Bestimmung ein sehr aufwendiger komplizierter Prozess ist.

Das Phytoplankton ist ähnlich schwierig zu bestimmen wie das Zooplankton. Die diversen Algen wurden in Zusammenarbeit mit dem Limnologen Dr. Rainer Kurmayer während der quantitativen Auswertung bis auf Gattungsniveau bestimmt.

### 2.3.3 Beim Phytoplankton

Die quantitative Auswertung des Phytoplanktons erfolgt unter einem sogenannten „umgekehrten Mikroskop“. Bei einer Zählung zählt man die Exemplare der einzelnen Arten und trägt diese in ein Zählprotokoll ein.

Das Okular des Mikroskops hat ein Zählraster. Es werden ungefähr 40 Raster pro Probe ausgezählt, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen. Es ist wichtig, dass man ungefähr 400 Exemplare der häufigsten Arten gezählt hat.



Die Proben müssen vor der Zählung aufbereitet werden. Dabei kommen sie in abgedeckte Sedimentierkammern. Diese werden in den Kühlschrank gegeben, damit die Strömungen in der Flüssigkeit geringer werden. Dort müssen sie 24 Stunden verweilen, damit alle Organismen zum Grund absinken. Mit einem Deckglas wird die Kammer abgeschoben. Nun bleibt der Boden mit den sedimentierten Organismen über. Wenn man die Kammer abgeschoben hat, dann sollte am Ende das Deckglas perfekt über dem Boden liegen. Außerdem sollten in der Probe keine Luftbläschen sein. Erst jetzt kann man mit der eigentlichen Auszählung beginnen.

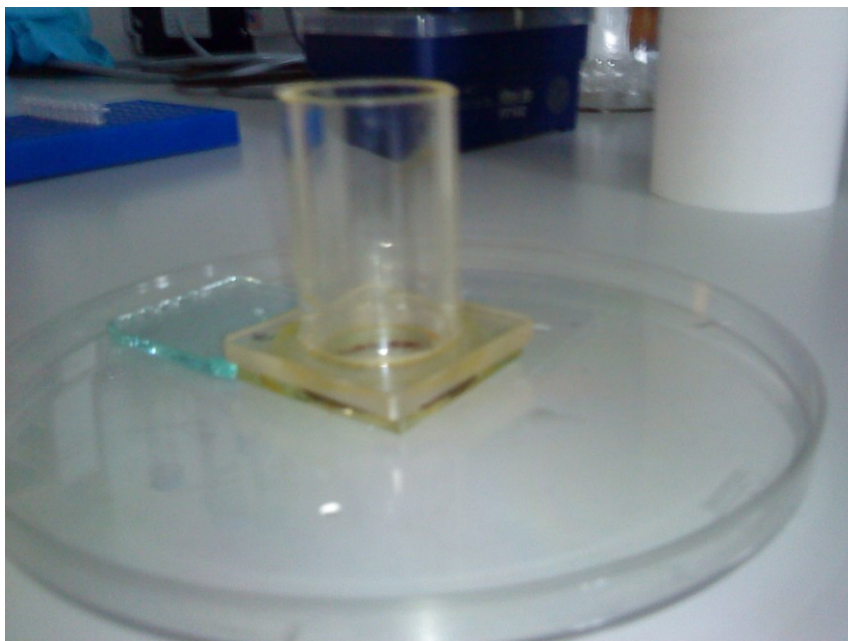


Abbildung 2: Eine Sedimentierkammer zur Aufbereitung der Lugolproben

Damit die Zählung Sinn macht, sollte man vorher noch kontrollieren, ob die Algen gleichmäßig über den Boden verteilt sind und nicht alle auf demselben Fleck liegen. Tritt dieser Fall ein, dann ist es ratsam, die Probe noch einmal in der Sedimentierkammer neu anzusetzen.

### 2.3.3.1 Die Berechnung der quantitativen Ergebnisse

Das Ziel dieser Berechnung ist es, die Zahl der verschiedenen Algen auf einen Milliliter zu beziehen.

Dabei muss man zuerst die Zählfläche ermitteln. Ich habe immer 40 Zählraster pro Probe ausgezählt. Ein Zählraster hat die Form eines Quadrates und die Seitenlänge entspricht bei 400-facher Vergrößerung 0,245mm.

Dann habe ich die Fläche eines Quadrates berechnet:  $A = a^2 = 0,245^2 = 0,060025\text{mm}^2$

Folglich haben 40 Zählraster die Fläche von 40 mal  $0,060025\text{mm}^2$ . Das heißt, dass die Zählfläche pro Probe immer  $2,401\text{mm}^2$  beträgt.

Als nächstes wird die Gesamtfläche des Bodens der Sedimentierkammer ermittelt. Man weiß, dass die Kammer einen Durchmesser von 24,5mm hat.

Dann gilt für die Fläche:

$$A = \pi r^2 = 12,25^2 \cdot \pi = 471,4352476\text{mm}^2$$

Der nächste Schritt ist es, die Zahl der gewünschten Algen mit einer einfachen Schlussrechnung auf die ganze Kammer hochzurechnen.

Wenn man zum Beispiel annimmt, dass auf den  $2,401\text{mm}^2$  zehn Kieselalgen zu finden sind, ist die Frage, wie viele sich auf den  $471,435\text{mm}^2$  befinden.

Der Rechenweg ist dann:

$2,401\text{mm}^2$	10 Kieselalgen
--------------------	----------------

$471,435\text{mm}^2$	x Kieselalgen
----------------------	---------------

Das wiederum bedeutet, auf der gesamten Fläche befinden sich 1963 Kieselalgen.

Am Ende müssen die Algen nur noch auf den Milliliter bezogen werden. Man weiß: die ganze Sedimentierkammer hat ein Volumen von 27ml und in der gesamten Kammer, also auf die 27ml verteilt, befinden sich laut Hochrechnung 1963 Kieselalgen. Die Anzahl der

Algen in der ganzen Kammer muss durch die 27ml dividiert werden, um die Zahl der Algen pro Milliliter zu erhalten.

Das heißt:

$1963 \text{ Kieselalgen} / 27\text{ml} = 72 \text{ Kieselalgen pro Milliliter}$

Damit man über die Proben einen besseren Überblick bekommt, wie sich die Algen entwickeln, werden die Ergebnisse im Tabellenkalkulationsprogramm *Excel* grafisch dargestellt. Für die Achsenbeschriftung der y-Achse, der Anzahl der Algen pro Milliliter, wird eine logarithmische Skalierung gewählt, damit man auf den ersten Blick schon sehen kann, welche Algen die dominanten Vertreter im Gewässer sind. Die x-Achse der Grafik stellt die Zeiten der Probennahmen dar.

## 2.4 Die physikalischen und chemischen Parameter

Die Proben für die diversen chemischen Parameter wurden nicht von uns selbst genommen, sondern von Simon Urschitz. An verschiedenen Stellen im See wurde regelmäßig eine Wasserprobe genommen, entsprechend aufbereitet und beschriftet und im Labor der Universität Innsbruck ausgewertet. Für die Parameter Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit wurden an denselben Stellen Data-Logger ausgelegt. Das sind technische Geräte, die die Werte in regelmäßigen Abständen automatisch messen und die Daten speichern. Simon hat uns seine Werte zur Verfügung gestellt, da diese einen starken Einfluss auf das Plankton haben und für unsere Arbeit wichtig sind.



Abbildung3: Die Karte zeigt die Stellen, an denen die Chemieproben genommen worden sind. Die Stellen 1 und 2 sind die tiefsten Stellen der beiden Seen. Bei den Stellen 3 und 4 befinden sich Zuflüsse in den See. Diese bahnen sich ihren Weg durch das Weidegebiet der Nutztiere. Bei der Probestelle 5 befindet sich der Abfluss des Sees.

#### 2.4.1 Die Umrechnung von Nitrat- und Ammoniumstickstoff auf Nitrat und Ammonium

Der Nitratstickstoff ist bei den Auswertungen in  $\mu\text{eq/l}$  angegeben. Die Einheit  $\mu\text{eq/l}$  bedeutet dasselbe wie  $\mu\text{mol/l}$ . Folglich heißt das, man muss die  $\mu\text{eq}$  auf  $\text{eq}$  umrechnen, indem man diese durch  $10^6$  dividiert und anschließend werden die  $\text{eq}$  mit der relativen Atommasse des Stickstoffs laut Periodensystem multipliziert. Nun hat man die Masse des Nitratstickstoffs in g, die den  $\mu\text{eq}$  entsprechen. Multipliziert man diese noch mit 1000, erhält man den Anteil, den Stickstoff im Nitrat ausmacht, in mg.

1mol Nitrat entspricht laut Periodensystem 62g. Davon sind 14g Stickstoff.

$$= 14/62 \cdot 100 = 22,6 \text{ m\% Stickstoff}$$

Das heißt, der Stickstoff macht 22,6% der Masse des Nitrats aus.

Nun kann man die mg Nitratstickstoff durch die 22,6% dividieren und mit 100% multiplizieren, damit man die Masse des Nitrats erhält.

Der Ammoniumstickstoff ist bereits in  $\mu\text{g/l}$  angegeben und muss durch  $10^6$  dividiert werden, um auf g/l zu kommen.

Gleich wie beim Nitrat wird der prozentuelle Anteil der Masse des Stickstoffs im Ammonium berechnet.

1mol Ammonium hat eine Masse von 18g, davon sind 14g Stickstoff.

$$= 14/18 \cdot 100 = 77,8 \text{ m\% Stickstoff}$$

Die 77,8% sind die Masse des Stickstoffs im Ammonium.

Nun wird der Ammoniumstickstoff durch die 77,8% dividiert und mit 100% multipliziert, um die Masse des Ammoniums zu erhalten.

Das Ergebnis ist nun g Ammonium und um dieses zu verschönern kann man es mit 1000 multiplizieren und somit auf mg umwandeln.

## 2.4.2 Die Berechnung der mittleren Monatswassertemperaturen

Die Wassertemperaturen des Oberen und Unteren Sees wurden alle 2 Stunden am Tag in 2,5m Wassertiefe von einer Messsonde aufgezeichnet und gespeichert. Aus diesen Werten berechnet man den Tagesdurchschnitt von jedem Tag im Monat. Mit Hilfe dieser Tagesmittelwerte lassen sich die Monatsmittelwerte berechnen. Aus den Monatsmittelwerten kann man nun eine Grafik in Excel erstellen, um so den Temperaturverlauf in einem Jahr darzustellen.

## 2.5 Die Messung der Sichttiefe

Die Messung der Sichttiefe des Sees erfolgt mittels einer Secchischeibe. Die Secchischeibe ist eine weiße, tellerförmige Scheibe mit einem Durchmesser von 25 bis 50cm, die an einem Seil mit Längenmarkierungen befestigt wird und dann mitten im See über seiner tiefsten Stelle hinabgelassen wird, bis man sie gerade noch erkennt. Die Trübung des

Wassers hängt von den Stoffen im Wasser ab und je mehr von ihnen im Wasser schweben, desto schlechter sieht man die Scheibe mit zunehmender Tiefe.

### 3 Systematische Überblick über die Organismen

Alle zellulären Lebewesen werden allgemein systematisch sogenannten Domänen zugeordnet. Domänen sind die höchsten Klassifizierungsstufen und werden unterteilt in Archaea, Bacteria und Eucarya. Die Zuordnung von Lebewesen erfolgt nach der Struktur der ribosomalen Ribonukleinsäuren (rRNA), der RNA, die in den Ribosomen enthalten ist. Archaeae und Bacteria werden in Stämme beziehungsweise in Abteilungen unterteilt, die Eucarya in Reiche. Weiters können die Domänen Archaea und Bacteria hinsichtlich ihrer Zellstruktur noch den Prokaryonten zugeteilt werden und die Eucarya den Eukaryonten. Als Unterscheidungsmerkmal wäre der Zellkern zu erwähnen, welcher den Prokaryonten fehlt. Viren, Viroide und Prionen werden zu keiner Domäne gezählt und gelten somit nicht als Lebewesen. Für diese gibt es eine eigene Klassifikation.<sup>8910</sup>

---

<sup>8</sup> Das Leben im Wassertropfen, Streble und Krauter, Verlag: Kosmos

<sup>9</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%A4ne\\_\(Biologie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%A4ne_(Biologie)) – 26.12.2010

<sup>10</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Ribosomale\\_RNA](http://de.wikipedia.org/wiki/Ribosomale_RNA) - 26.12.2010

# Phylogenetic Tree of Life

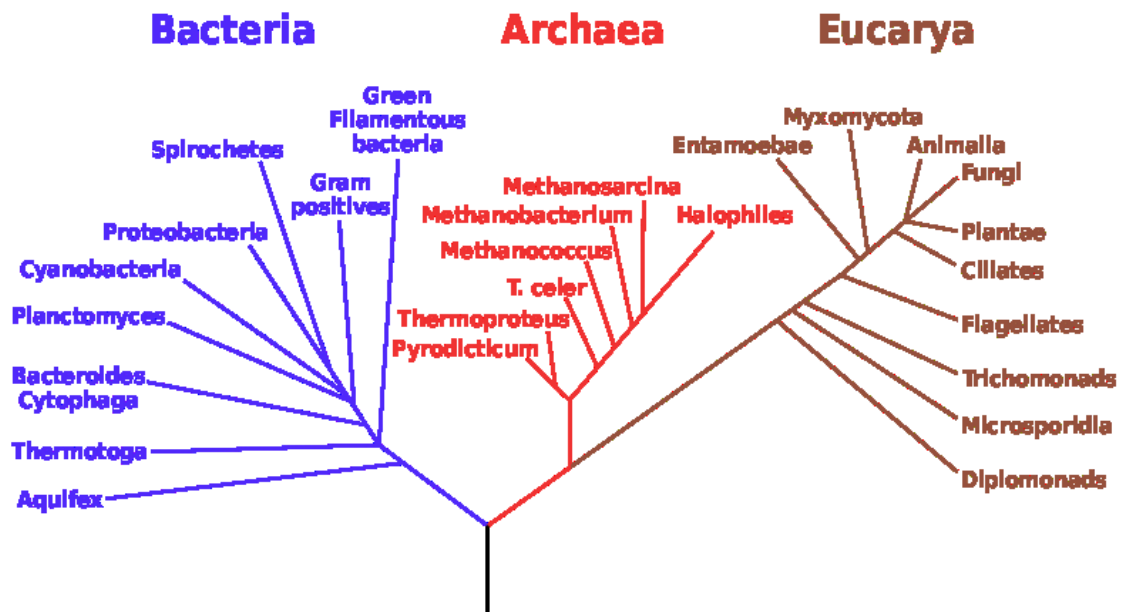


Abbildung1: Die Abbildung zeigt die drei Domänen, denen alle Lebewesen allgemein zugeordnet werden können, im Überblick. Die Namen vieler Archaea sagen bereits aus, dass diese Methanogenese betreiben oder in extremen Habitaten vorkommen. Unter den Eucarya sind alle höheren Tiere und Pflanzen sowie die diversen, eukaryontischen Protisten (Wimperntierchen, Geißeltierchen, usw.) vertreten. Zu den Bacteria gehören unter anderem Blaualgen und alle Prokaryonten, die Merkmale der Bacteria aufweisen.

## 3.1 Domäne: Archaea – Urbakterien

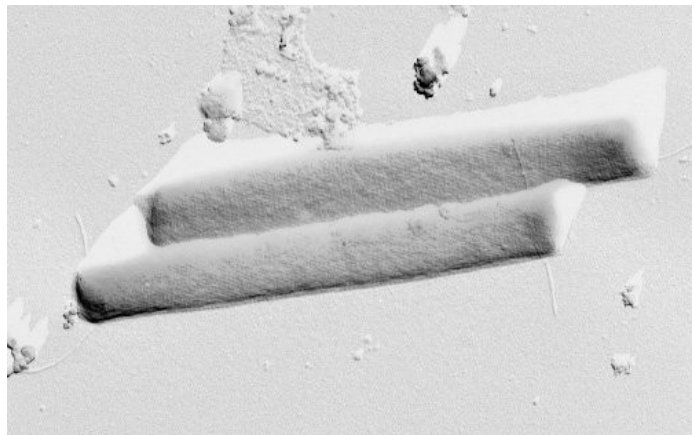
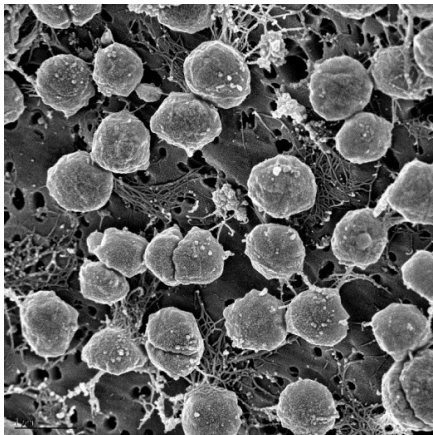
Die Archaea sind eine junge Domäne, denn sie wurden noch bis 1990 zusammen mit den Bacteria der Domäne Eubacteria zugeordnet. Der Unterschied zu anderen Prokaryonten liegt in der Sequenz der ribosomalen Ribonukleinsäure. Es gibt aber auch einige genetische, physiologische und strukturelle Unterschiede zu den Bacteria. Archaea besitzen unter anderem kein Cytoskelett und keinen Zellkern. Der Aufbau der Zellwand kann auch stark variieren. Urbakterien können an die verschiedensten Lebensräume angepasst sein. Es gibt extremophile Arten, die hohe Temperaturen tolerieren, mit hohen



Salzkonzentrationen zurechtkommen oder extreme pH-Werte bevorzugen. Unter den Urbakterien gibt es anaerobe und aerobe Formen. Stoffwechselformen sind so ziemlich alle vertreten: Autotrophie, Heterotrophie und Chemotrophie. Eine besondere Form des Stoffwechsels ist die Methanogenese. Hierbei fällt Methan als Stoffwechselprodukt an. Urbakterien spielen also auch bei der Biogaserzeugung eine erhebliche Rolle. Spirillen, Kokken, Stäbchen und sogar quadratische Formen sind wesentliche morphologische Erscheinungsformen. Manche Arten haben noch zusätzlich Geißeln zur Fortbewegung oder fadenartige Anhängsel (Pili) zum Anheften an Oberflächen.<sup>11</sup>

Abteilungen:

- Euryarchaeota
- Crenarchaeota
- Nanoarchaeota
- Korarchaeota



Abbildungen 2 und 3: Hier sind zwei Vertreter der Archaea zu sehen. Auf dem linken Foto sind methanogene Bakterien sogenannte Methanokokken (*Methanococcus jannischii*) zu sehen, auf dem rechten Bild sieht man ein extremophiles Bakterium (*Thermoproteus* sp.), welches bei Temperaturen von 95°C noch gut gedeiht.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Archaeen> - 26.12.2010

<sup>12</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoproteus> - 28.12.2010

## 3.2 Domäne: Bacteria – Bakterien

Die ersten Bakterien sind vor über 1Mrd. Jahren auf unserem Planeten erschienen und gehören somit zu den ältesten Lebensformen. Bacteria sind ubiquitär, kommen also in allen denkbaren Lebensräumen vor. Fast in jeder Gewässerprobe lassen sich Bakterien nachweisen, viele Bakterien in verschmutzten Gewässern, weniger in sauberen, mit wenig organischen Substanzen belasteten Gewässern. Eine Gemeinsamkeit mit den Archaea ist das Fehlen eines echten Zellkerns. Die DNA ist also nicht von einer Zellkernhülle umgeben. Bei Bakterien gibt es viele morphologische Formen. Von Stäbchen bis Kokken sind alle vertreten. Bakterien vermehren sich genau wie die Archaea durch Zweiteilung und manche Arten können unter ungünstigen Umweltbedingungen sehr resistente Sporen zum Überdauern ausbilden. Die meisten Bakterien sind Saprophyten, das heißt sie ernähren sich von abgestorbener, organischer Substanz, mineralisieren diese und bringen somit wieder wichtige Nährelemente für Pflanzen in den Stoffkreislauf zurück. Der Stoffwechsel bei Bakterien ist sehr effizient, da die Körperoberfläche im Verhältnis zur Körpermasse sehr groß ist. Wie bei den Archaea gibt es die unterschiedlichsten Stoffwechselformen. Wenige Bakterien sind autotroph, die meisten hingegen heterotroph. Unter ihnen sind auch anaerobe und aerobe Arten vertreten. Die Gärung ist eine weit verbreitete Ernährungsform. Gärende Bakterien bauen energiereiche Verbindungen zu energieärmeren ab und als Stoffwechselprodukte bleiben zum Beispiel Alkohol, Buttersäure und Methan über. Das ist einer von vielen Gründen, warum Bakterien in der Industrie von großer Bedeutung sind.<sup>13 14 15</sup>

Stämme:

- Chlamydiae
- Cyanobacteria
- Chlorobi

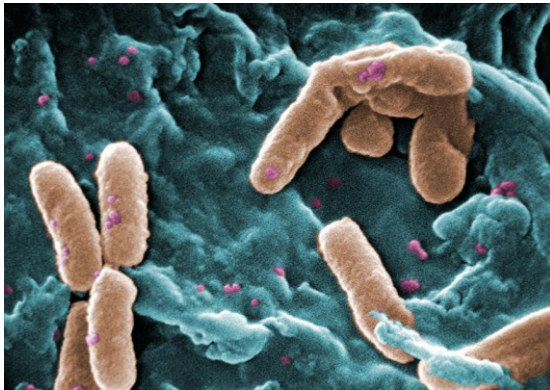
---

<sup>13</sup> Das Leben im Wassertropfen, Streble und Krauter, Verlag: Kosmos

<sup>14</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Bacteria> - 29.12.2010

<sup>15</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Bakterien> -28.12.2010

- Planctomycetes
- Proteobacteria
- Firmicutes
- Spirochaetes



Abbildungen 4 und 5: Auf dem linken Bild sieht man *Pseudomonas aeruginosa*, einen Boden- und Wasserkeim. Das rechte Bild zeigt *Sphaerotilus natans*, ein Bakterium, das fälschlicherweise auch als Abwasserpilz bezeichnet wird. Es ist ein Indikator für Wassergüteklasse 3-4.<sup>16 17</sup>

### 3.2.1 Stamm: Cyanobacteria – Blaualgen oder Cyanobakterien

Auch die Cyanobacteria oder Blaualgen gehören zu den Prokaryonten. Sie haben genau wie die Bacteria und Archaea keinen echten Zellkern. Sie besiedeln die Erde bereits seit 3,5Mrd. Jahren und gehören daher zu den ältesten Lebensformen überhaupt. Cyanobakterien sind entweder einzellig oder einzelne Zellen schließen sich zu Fäden zusammen. Die Fäden sind zum Teil so groß, dass sie mit freiem Auge erkennbar sind. Zellen innerhalb der Fäden sind miteinander durch Plasmodesmen verbunden und mit einer gallertartigen Hülle umgeben. Durch die Plasmodesmen erfolgt Stofftransport von Zelle zu Zelle. Cyanobakterien sind stets unbegeißelt und in Hinsicht auf ihre

<sup>16</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Abwasserpilz> - 28.12.2010

<sup>17</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas\\_aeruginosa](http://de.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_aeruginosa) - 28.12.2010

Bewegungsfähigkeit stark eingeschränkt. Nur wenige Arten können sich kriechend fortbewegen. Außerdem sind Cyanobakterien in der Lage Fotosynthese zu betreiben. Das heißt sie nutzen die Energie des Lichtes, um aus anorganischen Verbindungen (Wasser und Kohlendioxid) ihre Assimilate (Glukose) aufzubauen. Bei diesem Prozess wird nebenbei Sauerstoff freigesetzt. Vermehrung geschieht entweder durch Zweiteilung oder bei fadenbildenden Arten werden einzelne Zellen oder Fäden abgetrennt, die als Vermehrungskörper dienen. Bei Cyanobakterien ist auch Sporenbildung in ungünstigen Zeiten bekannt. Bei den Zellen innerhalb der Fäden kommt es auch zur Zelldifferenzierung. Es gibt Zellen, deren Aufgabe es ist, Fotosynthese zu betreiben und es gibt die sogenannten Heterocysten. Diese Zellen können bei Bedarf atmosphärischen Stickstoff aus der Luft binden. Die Fähigkeit der Fotosynthese haben sie aber nicht. Die Verbreitung der Cyanobakterien umfasst viele Lebensräume. So gibt es marine und limnische Arten. Außerdem bevorzugen manche Arten feuchte Habitate wie Boden, Hauswände, Gletscher und extreme Lebensräume wie Thermalquellen. Für Aufsehen sorgen die Algenblüten der Cyanobakterien in manchen Gewässern. Eine Algenblüte deutet aber noch nicht auf Verunreinigung hin, da es auch Reinwasser-Arten unter den Cyanobakterien gibt. Cyanobacteria sind wichtige Produzenten organischer Stoffe und werden daher in der Teichwirtschaft oft gefördert. Für die Trinkwasseraufbereitung können Algenblüten aber ein erhebliches Problem darstellen.<sup>18 19</sup>

---

<sup>18</sup> Das Leben im Wassertropfen, Streble und Krauter, Verlag Kosmos

<sup>19</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Blualgen> - 26.12.2010



Abbildungen 6 und 7: Auf dem linken Foto ist eine fadenbildende Blaualge aus der Gattung *Nostoc* zu sehen. Die gelblichen Zellen innerhalb der Zellfäden sind die stickstoffbindenden Heterocysten. Das rechte Bild zeigt einen Vertreter der Gattung *Anabaena*.

### 3.3 Domäne: Eucarya

Bei Eukaryonten ist die DNA in einem Zellkern gesammelt. Das unterscheidet sie von den anderen Domänen. Die DNA liegt dort in Chromosomen, kleinen DNA-Strukturen, die mit Proteinen verpackt sind, vor. Fast alle Gene der Eukaryonten sind in den Chromosomen im Zellkern enthalten. Es gibt aber wenige Ausnahmen. So liegen manche Gene in Zellorganellen wie Mitochondrien oder bei Pflanzen in Plastiden vor. Aus DNA-Informationen können außerdem bei der Proteinbiosynthese durch Spleißen unterschiedliche Proteine hergestellt werden. Im Gegensatz zu den Prokaryonten haben Eukaryonten ein struktur- und formgebendes Cytoskelett. Zu den Eukaryonten werden alle mehrzelligen Tiere und Pflanzen, Pilze und auch einzellige Protisten gezählt.<sup>20 21 22</sup>

<sup>20</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Eukaryoten> - 27.12.2010

<sup>21</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Chromosomen> - 27.12.2010

<sup>22</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Reich\\_\(Biologie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Reich_(Biologie)) - 29.12.2010

Reiche nach Woese (1977):

- Animalia
- Plantae
- Fungi
- Protista

### 3.3.1 Reich: Fungi – Pilze

Pilze ernähren sich heterotroph genau wie die meisten Bakterien, da ihnen die für die Fotosynthese wichtigen Chloroplasten fehlen. Pilze sind daher unerlässlich für die Mineralisierung organischer Substanz und spielen eine erhebliche Rolle in Nährstoffkreisläufen. Im Wasser sind überwiegend Bakterien für den Abbau organischer Stoffe verantwortlich, im Boden hingegen dominieren die Pilze. Nur wenige Pilze kommen im Süßwasser vor, im Meer dagegen sind sie noch viel seltener. Ein Großteil der Pilze bildet Hyphen aus, das sind längliche, dünne Fäden. Ein Lager von Hyphen wird als Mycel bezeichnet. Bei höheren Pilzformen können die Hyphen noch durch Querwände, sogenannte Septen, unterteilt sein. Diese sorgen für erhöhte Stabilität der Hyphen und sollen den Flüssigkeitsaustritt verhindern, falls eine Hyphe zu Bruch kommt. Die primitivsten Pilze sind zellwandlose, nackte Formen. Die Vermehrung erfolgt ungeschlechtlich durch begeißelte Schwärmer oder durch Konidien. Konidien sind unbewegliche Sporen, die außerhalb des Pilzes abgeschnürt werden. Bei Hefepilzen, zum Beispiel, tritt Vermehrung durch Knospung auf. Weiters gibt es aber auch geschlechtliche Vermehrungsarten durch Isogamie, Anisogamie, Eibefruchtung oder gar Kopulation ganzer Zellen.<sup>23</sup>

Weil Pilze im Plankton ziemlich selten sind, wird hier nicht näher darauf eingegangen.

---

<sup>23</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Konidien> - 28.12.2010

Unterreiche:

- Myxobionta – Schleimpilze
- Heterokontobionta – Zellulosepilze
- Mycobionta – Chitinpilze <sup>24</sup>

### 3.3.2 Reich: Protista

Die Protisten sind ein- oder wenigzellige Organismen, zu denen Algen, Schleimpilze sowie Protozoen zählen, die keine nähere Verwandtschaft aufweisen. Protisten bestehen aus in einer Zellmembran eingeschlossenem Cytoplasma, in dem auch der Zellkern, Mitochondrien und bei phototrophen Protisten ein bis mehrere Chloroplasten enthalten sind. Das stabilisierende, formgebende Cytoskelett kann Mikrotubuli-Aggregate (Proteinstrukturen) enthalten, welche beispielsweise den Heliozoen ihre typische Form geben oder das Fortbewegungssystem bei Euglenen und Ciliaten bilden. Diverse spezifische Außenskelette wie Schuppen, Schalen und Hüllen können aus organischem und anorganischem Material in Dictyosomen oder im endoplasmatischen Reticulum gebildet und ausgeschleust werden. Die Protisten haben sehr unterschiedliche Arten der Fortbewegung entwickelt, wie die Bildung von Pseudopodien (Scheinfüßchen) bei Amöben, in die durch koordinierte Kontraktion filamentärer Aktin-Myosin-Netze Cytoplasma gepumpt wird oder die Lokomotion mithilfe von Cilien und Flagellen. Protisten ernähren sich heterotroph, wobei saprobische, symbiontische und parasitäre Lebensformen auftreten können. Die Nahrungsaufnahme kann über die Endocytose (Einstülpung), Filtrierung oder Schlingen erfolgen. Die Saprobionten spielen infolge des Saprobien systems zur Bestimmung der Wassergüteklassen eine wichtige Rolle, während parasitäre Protisten Krankheiten wie die Amöbenruhr (*Entamoeba histolytica*), Malaria (*Plasmodium* sp.) oder die Schlafkrankheit (*Trypanosoma brucei*) auslösen. <sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Das Leben im Wassertropfen, Streble und Krauter, Verlag: Kosmos

<sup>25</sup> Quelle: Universität Salzburg (NAWI): Unterlagen von Prof. Walter Stoiber

### 3.3.3 Höhere Algen

Algen sind grundsätzlich einfach organisierte Pflanzen, die einzellige, koloniebildende und auch vielzellige Arten hervorgebracht haben. Algen sind in der Lage Fotosynthese zu betreiben, sich also autotroph zu ernähren. Alle höheren Algen haben daher Plastiden, teilungsfähige Teilchen mit Assimilationspigmenten, die exakt die gleiche Aufgabe verrichten wie die Plastiden der höheren Pflanzen. Diese können entweder in Form vieler kleiner Plättchen oder als einziges, großes Plastid vorliegen. In allen Plastiden sind das Chlorophyll, der für die Fotosynthese wichtige Farbstoff, und zusätzlich weitere Farbstoffe, die den grünen Grundton der Plastiden verändern, enthalten. Je nach Zusammensetzung der Plastidenfarbstoffe werden die Algen einem bestimmten Unterreich, einem bestimmten Stamm oder einer bestimmten Klasse zugeordnet. Außerdem werden Algen innerhalb der Stämme und Klassen nach „Organisationshöhe“ der Zellen einer morphologischen Organisationsstufe zugeteilt. Die einfachste Organisation zum Beispiel haben die Flagellaten. Diese sind einzellig und bilden selten Kolonien. Auch die Fortpflanzungszellen höherer Algenformen sind oft typische Flagellaten. Vertreter der rhizopodialen Stufe sind nackte, mit Scheinfüßchen versehene, bewegliche Zellen. Nach der rhizopodialen Stufe folgt die kapsale Organisationsstufe. Hier liegen unbewegliche Zellen in einem Gallertlager. Die kokkale Stufe umfasst Algen, welche eine Zellwand ausbilden und einzellig bleiben. In dieser Organisationsstufe kommt es höchstens zu Koloniebildung. Eine schon ziemlich hohe Organisationsstufe ist die trichale Stufe. Die Zellen bleiben nach der Teilung im Verband und bilden Zellfäden aus, wenn die Zellteilung in eine Richtung erfolgt. Sollte die Zellteilung jedoch in mehrere Richtungen erfolgen, kommt es zur Bildung von Thallien, Fadenlagern, die die thallöse Organisationsstufe charakterisieren. Die siphonale Organisationsstufe entsteht, wenn es in einer Zelle ständig zur Kernteilung kommt, die Zelle aber keine Querwände ausbildet. Das Resultat ist eine riesige Zelle mit vielen Zellkernen. Bei der Fortpflanzung gibt es geschlechtliche, ungeschlechtliche und gemischte Vermehrungsformen. Algen kommen im Süß- als auch im Salzwasser vor. Es gibt auch Luftalgen, die auf feuchten Stellen auf der Rinde von Bäumen gedeihen. Manche Algen sind auch an das Leben im Boden



spezialisiert, andere Arten wiederum wachsen sogar auf Schnee in Gebirgen und der Arktis. Luftalgen gehen auch Symbiosen mit Pilzen ein und bilden dann die bekannten Flechten, die auf Baumrinden und Felsen wachsen. In den Weltmeeren tragen Algen zur Fixierung des in der Luft vorkommenden CO<sub>2</sub> bei. Daher wird in der Forschung viel mit Algen experimentiert, um den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre zu minimieren und so der globalen Erwärmung entgegenzuwirken. Außerdem haben sie ökologisch eine sehr bedeutende Rolle, da sie dem Zooplankton eine Nahrungsquelle bieten. Vom Plankton sind wiederum die größeren Tiere wie Fische und Wale abhängig.<sup>26 27 28</sup>

- Stamm: Chrysophyta – Gelbalgen
  - Klasse: Chrysophyceae – Goldalgen
  - Klasse: Bacillariophyceae – Kieselalgen
  - Klasse: Xanthophyceae - Gelbgrünalgen
- Stamm: Euglenophyta – Augenflagellaten
- Stamm: Dinophyta – Dinoflagellaten
- Stamm: Cryptophyta – Kryptomonaden
- Stamm: Chlorophyta – Grünalgen
  - Klasse: Chlorophyceae – Grünalgen
  - Klasse: Ulvophyceae – Salatgrünalgen
  - Klasse: Trebouxiophyceae – Zweiggrünalgen
  - Klasse: Trentepohliophyceae – Luftgrünalgen
  - Klasse: Cladophyceae – Astalgen
  - Klassen: Conjugatophyceae und Zygnematophyceae – Jochalgen
  - Klasse: Klebsormidiophyceae - Fädchengrünalgen
- Stamm: Rhodophyta – Rotalgen
- Stamm: Phaeophyta – Braunalgen

---

<sup>26</sup> [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/Agatha\\_Alge\\_de\\_/ssss\\_Vermehrung\\_5vr.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/Agatha_Alge_de_/ssss_Vermehrung_5vr.html) - 28.12.2010

<sup>27</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Alge> - 28.12.2010

<sup>28</sup> Das Leben im Wassertropfen, Strebel und Krauter, Verlag: Kosmos

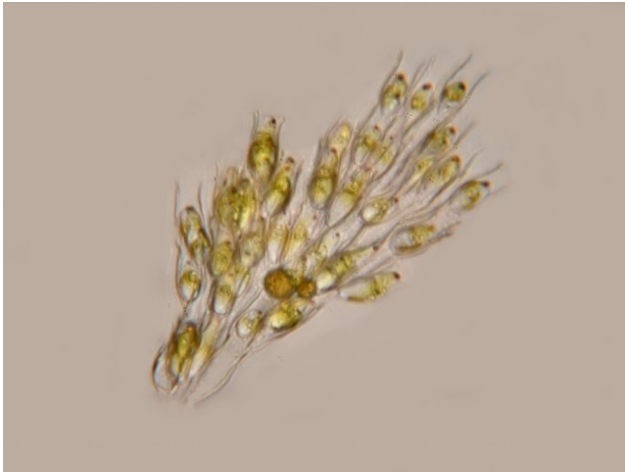


Abbildung 8: Goldbecherchen aus dem Stamm der Gelbalgen, Klasse der Goldalgen

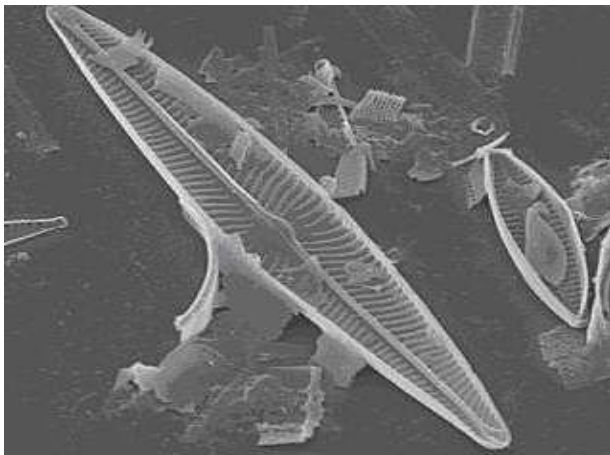


Abbildung 9: Kieselalgen aus dem Stamm der Gelbalgen, Klasse der Kieselalgen



Abbildung 10: Augenflagellat – *Euglena gracilis*



Abbildung 11: Dinoflagellat – *Ceratium hirundinella*



Abbildung 12: Grünalge – *Eudorina elegans*

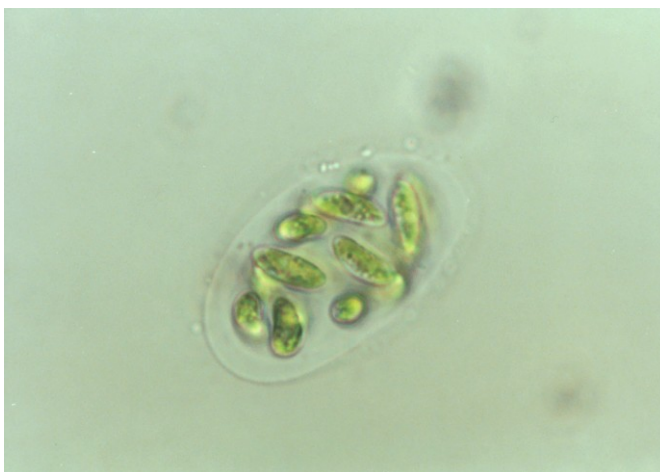


Abbildung 13: Grünalge – *Nephrochlamys agardhianum*

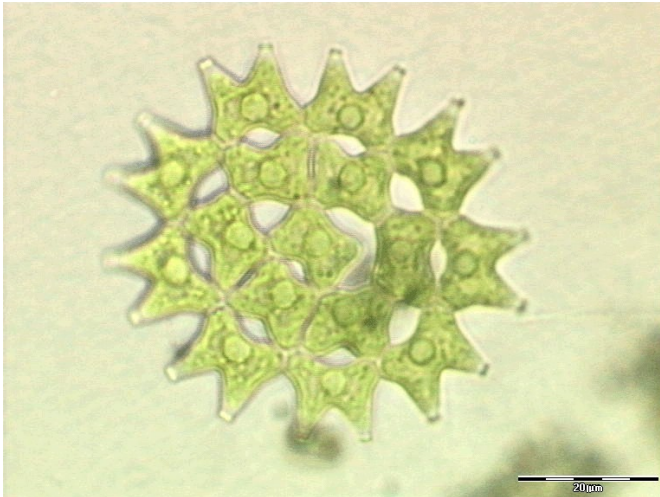


Abbildung 14: Grünalge – Pediastrum boryanum

### 3.3.4 Reich: Animalia

#### Metazoa /Vielzellige Tiere

- Stamm Porifera
  - Klasse Hydrozoa
  - Klasse Bryozoa
  - Klasse Turbellaria
- Stamm Nemertini-Schnurwürmer
  - Klasse Rotatoria-Rädertiere
  - Klasse Gastrotricha-Bauchhärlinge
  - Klasse Nematoda-Fadenwürmer
    - Ordnung Oligochaeta-Wenigborster
- Stamm Tardigrada-Bärttierchen
  - Ordnung Acarina-Milben
    - Unterklasse Phyllopoda
      - Ordnung Cladocera-Wasserflöhe
    - Unterklasse Ostracoda
    - Unterklasse Copepoda-Ruderfußkrebse, Copepoden
  - Klasse Rotatoria-Rädertiere

## 4 Plankton und Umwelt

Für die Lebensbedingungen des Planktons sind verschiedene Einflussfaktoren von Bedeutung, abiotische und biotische Umweltfaktoren. Zu den abiotischen Faktoren gehören die physikalischen und die chemischen Einflüsse, zu den biotischen hingegen jene, die aus der belebten Umwelt stammen wie zum Beispiel Fressfeinde. In den nächsten Unterkapiteln werden die wichtigsten Einflüsse erläutert.

### 4.1 Die physikalische Umwelt im Wasser

Zu den physikalischen Eigenschaften werden mechanische und thermische gerechnet.

#### 4.1.1 Die mechanischen Eigenschaften des Wassers

##### 4.1.1.1 Die Viskosität

Die Viskosität von Flüssigkeiten ist ein Maß für die Zähflüssigkeit. Die Viskosität des Wassers ist sehr klein, sprich Wasser ist im Gegensatz zu anderen Flüssigkeiten relativ dünnflüssig. Trotzdem stellt es für das Plankton aufgrund seiner geringen Größe einen zähen Lebensbereich dar.

##### 4.1.1.2 Die Dichte

Das spezifische Gewicht jeder Flüssigkeit ist abhängig von der Temperatur und den darin gelösten Substanzen. Das ist auch der Grund, warum Salz- und Süßwasser unterschiedliche Dichte haben. Mit anwachsender Temperatur vom Gefrierpunkt weg, steigt auch die Dichte des Wassers, wobei bei 4°C ein Maximum erreicht wird. Von diesem Punkt an nimmt die Dichte mit steigender Temperatur wieder ab. Wenn ein Dichtemaximum beim Gefrierpunkt in Erscheinung tritt, dann nennt man das Dichteanomalie. Das Dichtemaximum kann wiederum vom Gehalt an gelösten Stoffen im Wasser beeinflusst werden. Je mehr Salz zum Beispiel im Wasser gelöst ist, desto weiter wird die Temperatur, bei der das Dichtemaximum erreicht wird, gesenkt. Nicht nur die

entsprechende Temperatur zum Dichtemaximum, sondern auch der Gefrierpunkt wird gesenkt und kann so auch unter 0°C liegen.

#### 4.1.1.3 Die Oberflächenspannung

Wasser hat eine sehr hohe Oberflächenspannung. Diese bewirkt, dass sich an der Oberfläche zum Teil eigene Lebensgemeinschaften bilden, da die kleinen Organismen nicht einsinken.

#### 4.1.1.4 Der Einfluss von Strömungen

Strömungen in einem Gewässer werden durch Wind und Erdrotation verursacht. Der Wind ist nicht nur für die vertikale Durchmischung in einem Gewässer verantwortlich, sondern auch für horizontale Verlagerung von Wasser und somit auch für die Verlagerung von Stoffen und Plankton. Darum sind die Strömungen auch für die Lebensbedingungen des Planktons von großer Bedeutung.

### 4.1.2 Die thermischen Eigenschaften des Wassers

#### 4.1.2.1 Die spezifische Wärmekapazität

Wasser hat mit ungefähr 4182J/kg\*K die höchste spezifische Wärmekapazität aller Flüssigkeiten. Das bedeutet, es dauert lange, um die Temperatur von 1kg Wasser um 1K zu erhöhen und benötigt auch viel Energie. Dementsprechend langsam wird die Wärme später wieder an die kühlere Umgebung abgegeben. So werden geringe Temperaturschwankungen im Wasser ausgeglichen. Außerdem wirkt sich das Vorhandensein von Großgewässern auch auf das Klima des Umfelds aus.

#### 4.1.2.2 Die Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit des Wassers ist von allen Flüssigkeiten am besten. Primär verantwortlich für Temperaturveränderungen sind die Wärmestrahlung der Sonne und Durchmischungsvorgänge.

Die Lebewesen im Wasser sind also demnach nie großen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Außerdem verändert sich die Temperatur auch deutlich langsamer als die der Luft. Größere Temperaturschwankungen über den Tag hinweg treten höchstens in flachen Gewässern auf.

#### 4.1.2.3 Die Temperatur

Im Allgemeinen hat die Temperatur einen wesentlichen Einfluss auf die physiologische Leistung der Wasserorganismen. Mit steigender Temperatur nehmen auch die Stoffwechselraten zu. Das gilt aber nur bis zum Temperaturoptimum. Wird eine bestimmte Temperatur überschritten, kann das wieder zur Senkung der biologischen Aktivität führen. Die Verdauungsenzyme der Plankter arbeiten nur in einem bestimmten Temperaturspektrum, welches nicht über- und unterschritten werden sollte, optimal. Mit steigender Temperatur nehmen auch die chemischen Reaktionen zu, wie beispielsweise Redoxreaktionen.

#### 4.1.2.4 Die Einstrahlung auf ein Gewässer

Die Einstrahlung hängt vor allem von der Atmosphäre und von der Sonne ab. Mit zunehmender Bewölkung nimmt sie ab, da ein Teil der Strahlung schon von den Wolken reflektiert wird. Außerdem wird die Einstrahlung auch wesentlich vom Stand der Sonne beeinflusst. Für den Wärmehaushalt der Gewässer und für die Produktionsleistungen der autotrophen Lebewesen ist die Sonneneinstrahlung äußerst wichtig. Das Licht nimmt mit der Tiefe im Gewässer ab. Ein Teil wird schon an der Oberfläche reflektiert. Außerdem kommt es im Wasser zur Absorption des Lichtes durch das Wasser selbst und den darin gelösten Substanzen. Die Intensität des Lichts nimmt exponentiell mit der Tiefe des Gewässers ab. Auch die Dichte des Phytoplanktons hat einen Einfluss auf das Licht. Je mehr Phytoplankton sich an der Oberfläche ansammelt, desto weniger tief kann das Licht in tiefere Schichten vordringen. Das bedeutet auch eine schlechtere Entwicklung des Phytoplanktons in der Tiefe.

## 4.2 Die Schichtung von Gewässern

Die Schichtung des Wassers wird von der Temperatur und von den im Wasser gelösten Stoffen bestimmt. Darum unterscheidet man zwischen thermischer und chemischer Schichtung.

### 4.2.1 Die thermische Schichtung

Die thermische Schichtung gilt für chemisch homogenes Wasser. Die Schichtung ist temperaturabhängig. Wärmeres Wasser mit einer geringeren Dichte schwimmt förmlich auf dem Kaltwasser. Die Schwerkraft alleine kann daher keine Durchmischung des Wassers hervorrufen. Dazu sind die Einwirkungen kinetischer Energien von Wind, Strömungen sowie die von Flut und Ebbe erforderlich, um eine vertikale Durchmischung zu verursachen. Die vom Wind erzeugten Turbulenzen reichen aber auch nur bis zu einer bestimmten Tiefe, in der dann eine Durchmischung stattfindet. Bis zu dieser bestimmten Tiefe erfährt das Wasser eine einheitliche Temperatur und Dichte. Diese durchmischte Schicht nahe der Oberfläche wird als Epilimnion bezeichnet. Unterhalb dieser Schicht sind die Temperaturunterschiede und so auch die Unterschiede der Dichten wesentlich größer und das Wasser schichtet aus. Kälteres Wasser mit höherer Dichte sammelt sich weiter unten an und wärmeres mit geringerer Dichte schwimmt darauf. In der Nacht hingegen kühlt das am Tag erwärmte Wasser an der Oberfläche aus und wird aufgrund der steigenden Dichte schwerer. Es sinkt ab und leichteres Wasser aus unteren Schichten steigt auf. Dabei kommt es zu einer Durchmischung des Wassers. Dieses Phänomen wird als Konvektion bezeichnet. Diese kann zusätzlich durch Windeinwirkung verstärkt werden. Im Winter wenn Eis den See bedeckt, kann es wegen der fehlenden Windeinwirkung zu einer inversen Schichtung kommen. Bei inversen Schichtungen schwimmt weniger dichtes Wasser auf dichterem Wasser, also Wasser mit einer Temperatur größer als 4°C auf dem Wasser mit dem Dichtemaximum. Bei jahreszeitlichen, größeren Temperaturunterschieden kühlt das Wasser an der Oberfläche stärker aus und so kommt es auch zu einer stärkeren, tiefer reichenderen Durchmischung durch die Konvektion als bei der nächtlichen Konvektion.



## 4.2.2 Die chemische Schichtung

Ist das Wasser nicht chemisch homogen, dann überwiegt die chemische Schichtung die thermische. So kann es sein, dass wärmeres Wasser trotz eigentlich geringerer Dichte wegen eines höheren Salzgehaltes eine höhere Dichte hat als kälteres Wasser. Da die chemische Schichtung in Binnengewässern nur eine geringere Rolle spielt, wird hier nicht näher darauf eingegangen. Eine solche Schichtung wird in Gebirgsseen höchstens durch den Zufluss von salzhaltigen Quellen verursacht.

## 4.2.3 Die Gewässertypen nach der Schichtung

### **Amiktische Gewässer**

Diese Gewässer werden praktisch nie durchmischt und sind permanent geschichtet. Dazu gehören Gewässer die dauerhaft mit Eis bedeckt sind und somit keine Einwirkung von Wind erfahren.

### **Kalte, monomiktische Gewässer**

Diese sind nur während der kalten Jahreszeit geschichtet, wenn durch eine Eisdecke der Wind von der Wasseroberfläche getrennt ist. Im Sommer findet aber eine saisonale Durchmischung statt. Diese Form der Schichtung ist für Seen der subpolaren Zone sowie für Hochgebirgsseen typisch. Darunter fallen auch die Giglachseen.

### **Dimiktische Gewässer**

Diese Gewässer haben im Winter als auch im Sommer eine Schichtung. Es gibt lediglich zwei Durchmischungsphasen: Eine findet im Frühling statt, wenn Schmelzwasser zuströmt, die andere im Herbst, wenn die Oberflächenschicht abkühlt und somit das schwerer gewordene Wasser absinkt.

### **Warme, monomiktische Gewässer**

Diese Gewässer haben im Winter keine Eisdecke und daher kann es im Winter zur Durchmischung kommen. Das ist auch die einzige, die über ein Jahr hinweg stattfindet. Im

Sommer ist die übliche Schichtung typisch. Gewässer des gemäßigten Klimas sowie Seen des subtropischen Klimas fallen unter diese Kategorie.

### **Oligomiktische Gewässer**

Diese weisen aufgrund geringer Abkühlungen im Winter oder wegen geringen Winderscheinungen im Sommer nicht jedes Jahr eine Durchmischung auf. Die Chance auf eine biologisch verursachte Schichtung ist groß, da die Konzentration der durch Organismen abgebauten, gelösten Stoffe relativ hoch werden kann.

### **Polymiktische Gewässer**

Diese haben keine stabile Schichtung. Sie treten bei flachen Seen und Weihern auf, wo die Energie des Windes für eine Volldurchmischung bis zum Grund ausreicht. Die Durchmischungen treten daher sehr unregelmäßig und häufig auf. Es kommt fast täglich zu einer Umwälzung.

## **4.3 Die Chemie des Wassers**

Die Chemie des Wassers ist sehr entscheidend für die Lebensbedingungen der Plankter. Das Wasser ist ein Lösungsmittel für polare Substanzen, zu denen viele für Plankter wichtige Nährstoffe gehören. Außerdem sind im Wasser gelöste Gase wie Sauerstoff und Kohlendioxid für den aeroben Abbau organischer Stoffe und für die Photosyntheseaktivität der Algen wichtig. Der Salzgehalt im Wasser bestimmt zum Beispiel den osmotischen Druck, dem die Organismen ausgesetzt sind. Andere Stoffe wirken sich auch negativ auf das Leben im Wasser aus und können ungünstige Konditionen schaffen.

### **4.3.1 Gelöste Gase im Wasser**

Der Gasaustausch von Atmosphäre und Luft geschieht an der Wasseroberfläche. Die wichtigsten Gase im Wasser sind Sauerstoff und Kohlendioxid. Die Sättigung mit Sauerstoff kann prozentuell als relative Sättigung ausgedrückt werden. Sie ist das Verhältnis aus der im Wasser aktuell vorhanden Sauerstoffkonzentration und der Sättigungskonzentration bei der entsprechenden Temperatur.

Findet im Wasser keine biologische Abbauproduktivität statt, dann stellt sich eine Gleichgewichtskonzentration ein, die vom Partialdruck des Gases abhängig ist. Ist die aktuelle Konzentration höher als die Gleichgewichtskonzentration, dann gibt das Wasser Gas an die Atmosphäre ab, ist sie jedoch kleiner, dann kann es das Gas aufnehmen.

Das Lösungsvermögen eines Gases im Wasser ist temperaturabhängig. Grundsätzlich gilt, je höher die Temperatur, desto weniger Sauerstoff kann im Wasser gelöst werden. So kann Wasser bei einer Temperatur von 20°C maximal 9,09mg O<sub>2</sub>/l lösen. Würde jetzt die Temperatur steigen und der Sauerstoff nicht an die Atmosphäre abgegeben werden, dann steigt die Sättigung auf über 100%, da das wärmere Wasser eine geringere Sättigungskonzentration hat. Man hat also mit Sauerstoff übersättigtes Wasser. Die Gleichgewichtskonzentration kann durch biologische Aktivität und chemische Reaktionen beeinträchtigt werden. Wenn im Wasser hohe biologische Aktivität und chemische Prozesse vorherrschen, dann kann die Gleichgewichtskonzentration je nach Verbrauch des Gases oder Freisetzen des Gases schnell unter- oder überschritten werden.

Eine wichtige Rolle spielen Sauerstoff und Kohlendioxid bei Abbauprozessen und bei der Photosynthese der Algen.

#### 4.3.1.1 Sauerstoff

Sauerstoff wird durch heterotrophen Stoffwechsel aufgebraucht und gleichzeitig wird Kohlendioxid freigesetzt. Bei der Photosynthese ist es umgekehrt. Ein Sauerstoffdefizit kann normalerweise nicht durch Quellen wie Photosynthese und Gasaustausch an der Oberfläche ausgeglichen werden. Das bedeutet der Sauerstoffgehalt im Wasser nimmt mit der Tiefe ab. Der abnehmende Sauerstoffgehalt in der Tiefe hängt aber auch mit der Biomasseproduktion des Gewässers zusammen. Bei hohen Biomassegehalten wird das abgestorbene, zum Grund gesunkene, organische Material unter aeroben Bedingungen abgebaut.

#### 4.3.1.2 Kohlendioxid

Kohlendioxid kommt neben der heterotrophen Umsetzung der Organismen im Wasser aus der Atmosphäre ins Wasser. Da dieses Gas mit Wasser zu Kohlensäure reagiert und zu

Carbonat dissoziiert, kann wieder neues Kohlendioxid aufgenommen werden. So kann im Wasser mehr Kohlendioxid vorhanden sein, als eigentlich möglich ist.

#### 4.3.1.3 Methan

Methan entsteht im Wasser hauptsächlich bei Gärungsprozessen in den Sedimenten am Grund. Dieses Treibhausgas hält sich nicht lange im Wasser und wird an die Atmosphäre abgegeben.

#### 4.3.1.3 Stickstoff

Stickstoff ist kaum an biologischen Umsetzungen beteiligt. Die zwei wichtigsten Quellen sind Blaualgen, welche bei Bedarf Stickstoff aus der Luft binden können und Nitrifikationsprozesse durch Bakterien.

### 4.3.2 Gelöste Salze

Die gesamten gelösten Salze im Wasser werden als Salinität bezeichnet. Im Süßwasser sind nur geringe Konzentrationen nachweisbar, durchschnittlich 120mg/l. Die Konzentrationen sind aber abhängig von Verwitterungsprozessen, den Gesteinen und vom Niederschlag. In Gebieten mit schwer verwitterbaren Gesteinen wie Gneis und Granit bildet sich weiches Wasser, welches einen niedrigeren Ionengehalt aufweist. In Regionen mit leicht verwitterndem Gestein entsteht Hartwasser. Dieses ist durch eine hohe Ionenkonzentration gekennzeichnet und wegen des Kohlensäurepuffersystems oft alkalisch.

### 4.3.3 Nährstoffe im Wasser

Bei den Nährstoffen unterscheidet man zwischen Massenelementen und Spurenelementen.

Massenelemente kommen praktisch unbegrenzt vor und können von jedem Organismus unlimitiert bezogen werden. Zu diesen Elementen gehören unter anderem Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der Wasserstoff wird aus  $H_2O$  bezogen, Kohlenstoff und

Sauerstoff stammen aus gelöstem  $\text{CO}_2$  und  $\text{HCO}_3^-$  - Ionen. Da ständig Kohlendioxid aus der Atmosphäre nachgeliefert wird, stehen diese Verbindungen ausreichend zur Verfügung.

Außerdem gibt es potentielle Massenelemente, zu denen Stickstoff und Phosphor gehören. Diese Verbindungen stammen aus gelösten Ionen wie Nitrat, Ammonium, Phosphat und Hydrogenphosphat. Wie häufig sie vorkommen, hängt von den Quellen ab. Zu möglichen Quellen zählen die Einträge aus der Landwirtschaft und Abwasser.

Silizium ist ein Element, welches von schalenbildenden Planktorganismen, wie zum Beispiel Kieselalgen, ausreichend benötigt wird.

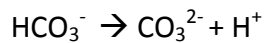
Weitere für Plankton essentielle, nur geringfügig vorkommende Elemente sind die Spurenelemente Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Bor, Molybdän, Vanadium und Kobalt. Weil diese oft nur in geringen Konzentrationen vorhanden sind, tritt häufig ein Mangel auf. In größeren Konzentrationen hingegen sind sie meist giftig.

#### 4.3.4 Gelöste organische Substanzen

Gelöste organische Substanzen gelangen durch Exkretion lebender Organismen, mikrobiellen Abbau organischer Substanz oder durch Autolyse abgestorbener organischer Masse ins Wasser. Sie sind die Nahrungsquelle für Bakterien und bilden mit Spurenelementen Komplexe aus. Außerdem gelangen organische Stoffe auch durch allochthonen Eintrag organischer Substanzen ins Wasser wie zum Beispiel Laub von Bäumen. Darauf bilden sich schnell Biofilme aus Bakterien, welche mit dem Abbau beginnen. Dabei entstehen Zwischenprodukte, wie zum Beispiel verschiedene Zuckerverbindungen. Weiters gehören auch Alkohole und organische Säuren zu den gelösten organischen Substanzen. Diese werden von den Mikroben schnell abgebaut und sind daher nur in geringen Konzentrationen vorhanden. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist der Aquahumus, welcher sich aus Fulvosäuren, Humussäuren und Huminstoffen zusammensetzt. Diese Verbindungen sind für eine gelb-braun Färbung des Wassers verantwortlich. Der aquatische Humus bindet auch im Wasser schwerlösliche Spurenelemente, welche ansonsten ausfallen und daher nicht verfügbar sein würden.

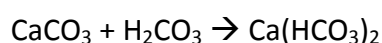
### 4.3.5 Die Pufferung des pH-Werts

Kohlensäure im Wasser dissoziiert gewöhnlich zu  $\text{H}^+$ -Ionen, Hydrogencarbonat und Carbonat.



Liegt der pH-Wert im sauren Bereich, das heißt, es sind viele freie  $\text{H}^+$  Protonen vorhanden, dann verschiebt sich das Gleichgewicht der Gleichung auf die linke Seite. Das heißt, es werden Protonen abgefangen. Bei höherem pH-Wert verlegt sich das Gleichgewicht auf die rechte Seite. Das bedeutet, die Kohlensäuremoleküle zerfallen zu Protonen. So hält sich der pH-Wert stets im Gleichgewicht. Das Puffersystem der Kohlensäure gehört daher zu den wichtigsten Puffersystemen im Wasser.

Kohlensäure ist auch wichtig für den gelösten, anorganischen Kohlenstoffgehalt. Kohlensäure reagiert mit schwerlöslichem Kalk zu Calciumdihydrogencarbonat, beziehungsweise mit Magnesium zu Magnesiumdihydrogencarbonat. Durch diese Reaktion wird neuer Platz für weiteres Kohlendioxid aus der Luft geschaffen und es entsteht neue Kohlensäure. Wenn durch die Photosynthese dem Wasser Kohlensäure entzogen wird, dann verschiebt sich die Gleichung auf die Seite des schwerlöslichen Kalks. Diesen Prozess nennt man biogene Entkalkung.



## 4.4 Die Ernährungsgrundlagen beim Plankton

Bei der Ernährung des Planktons spielt der phytoplanktische Teil die wichtigere Rolle. Das Phytoplankton bildet mit der Photosynthese die Basis der Biomasseproduktion, von der wiederum die Konsumenten abhängig sind. Zu diesen gehören die Feinde der Algen und wiederum deren Feinde. Man bezeichnet sie als Primär-, Sekundär- beziehungsweise als Tertiärkonsumenten. Abgestorbene organische Substanz wird von Bakterien und Pilzen, den Destruenten, wieder abgebaut und zu neuen Nährelementen, die wieder für die

Primärproduzenten relevant sind, mineralisiert. Das heißt, der Nährstoffkreislauf ist geschlossen.

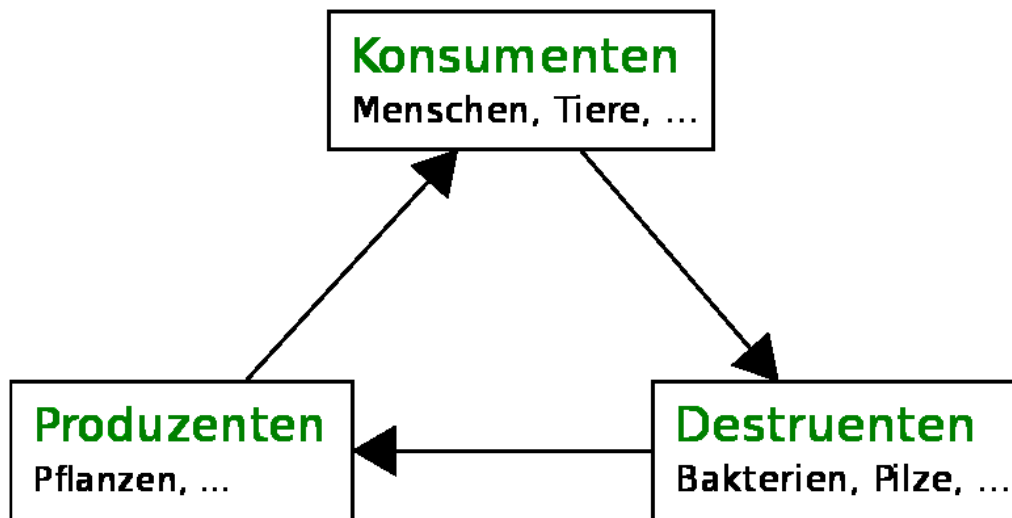


Abbildung 1: Eine kleine Übersicht des Nährstoffkreislaufs

Jedes Lebewesen braucht zur Aufrechterhaltung Energie und Stoffe. Diese werden der Umgebung entzogen und wieder an diese abgegeben. Die Aufnahme und Ausscheidung von Stoffen, deren Aufbau, Abbau oder Umbau im Körper bezeichnet man als Stoffwechsel. Beim Stoffwechsel unterscheidet man zwischen Baustoffwechsel und Betriebsstoffwechsel.

Der Baustoffwechsel dient dem Aufbau von Körpermasse. Die Energie und die Stoffe sind die wesentlichen Kriterien für den Aufbau, also der Produktion von Biomasse. Die Energie stammt aus den verschiedenen Stoffwechselarten wie zum Beispiel Photosynthese, Atmung, Gärung oder Chemosynthese. Organismen müssen aber auch Energie für physische Leistungen aufwenden, das heißt, um mechanische Arbeit zu verrichten oder für aktiven Stofftransport im Körper. Das fällt dann unter den Betriebsstoffwechsel.

#### 4.4.1 Phytoplankter – Primärproduzenten

Bei der Photosynthese, der Stoffwechselart des Phytoplanktons, wird die Energie des Lichts genutzt, um aus anorganischen Stoffen, dem Wasser und dem Kohlendioxid, den organischen Einfachzucker Glukose aufzubauen, nebenbei wird Sauerstoff freigesetzt. Die Photosynthese ist daher eine wichtige Sauerstoffquelle. Man unterscheidet zwei wesentliche Abläufe bei der Photosynthese: Die Lichtreaktion und die Dunkelreaktion.

Bei der Lichtreaktion wird das Licht in gespeicherte, chemische Energie, in Adenosintriphosphat (ATP), umgewandelt. Weiters wird Reduktionskraft für die Reduktion des Kohlendioxids aufgebaut, indem NADP-Moleküle mit Wasser zu NADPH<sub>2</sub> reduziert werden. Dieser Ablauf ist für die Sauerstofffreisetzung verantwortlich.

In der Dunkelreaktion werden die Energie aus dem ATP und das NADPH<sub>2</sub> zur Reduktion des Kohlendioxids und zum Einbau in die organischen Verbindungen genutzt.

Um das Licht zu fixieren werden sogenannte photosynthetische Pigmente wie zum Beispiel das Chlorophyll, gebraucht. Neben dem Chlorophyll gibt es noch andere Farbpigmente, die ebenfalls dem gleichen Zweck dienen. Es hängt von der taxonomischen Zugehörigkeit ab, welche Farbstoffe bei den Phytoplanktern auftreten. Unter den Algen herrscht im Gegensatz zu den höheren Pflanzen auch die größte Mannigfaltigkeit unter den Farbpigmenten. Das beweisen die vielen Farbtöne der Algen.<sup>29</sup>

#### 4.4.2 Die Ernährung des Zooplanktons

Grundsätzlich kann zwischen Herbivoren (Pflanzenfresser), Carnivoren (Fleischfresser), Omnivoren (Allesfresser) und Detritivoren (Detritusfresser), diese ernähren sich von abgestorbener organischer Masse) unterschieden werden. Allerdings wird die Nahrung der Zooplankter hauptsächlich nach der Größe als nach der funktionellen Zugehörigkeit ihres Futters unterteilt. Nach der Art der Nahrungsaufnahme werden weiters unterschieden:

---

<sup>29</sup> Ulrich Sommer: Planktologie, Verlag: Springer



- Greifer: Die in der Regel relativ großen Futterpartikel (lebende Tiere, bis zu zehn Prozent der eigenen Körperlänge) werden einzeln und gezielt ergriffen.
- Leimrutenfänger: Diese Plankter warten auf ein zufälliges Zusammentreffen mit ihren Futterorganismen und nutzen ebenfalls relativ große Partikel.
- Strudler: Ein selbsterzeugter Wasserstrom führt ihnen ihre Nahrung zu. Im Vergleich zu ihrer Körpergröße werden die kleinsten Partikel (Größenverhältnis circa  $1:10^4$  bis  $10^2$ ) verwertet.

Strudler werden häufig als Filtrierer bezeichnet, allerdings sind nur wenige von ihnen echte Filtrierer, die ihr Futter dem Wasser mithilfe einer Art Sieb entnehmen.

Siebähnliche Strukturen wie etwa Borstenkämme reichen nicht aus, um einen Zooplankter als Filtrierer zu klassifizieren. Filtrierer sind nicht in der Lage, gezielt auf Futtersuche zu gehen, die Auswahl der Futterpartikel wird nach mechanischen Gesichtspunkten bestimmt und ist im Wesentlichen größenabhängig. Filtrierer nehmen Futterpartikel gleicher Größe, aber unterschiedlicher Qualität auf, selbst wenn diese unbrauchbar sind wie beispielsweise Kunststoffpartikel. Greifende Zooplankter, wie Copepoden, sind in der Lage ihr Futter an chemischen Qualitäten („Geschmack“) zu erkennen. Des Weiteren sind sie in der Lage, zwischen lebendigen und toten Organismen zu unterscheiden, wobei die lebenden Zellen eindeutig bevorzugt werden.<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> Ulrich Sommer: Planktologie, Verlag: Springer

## 5 Daten und Fakten der Giglachseen

Die Giglachseen sind Gebirgsseen, welche im steirischen Teil der Niederen Tauern lokalisiert sind. Der Untere Giglachsee befindet sich auf einer Seehöhe von 1621m und erstreckt sich, mit einer Länge von ungefähr 1000m, diagonal von Südwesten nach Nordosten. Die Breite des Sees variiert zwischen 100 und 250m. Die maximale Tiefe beträgt 18m. Der Obere Giglachsee liegt nur wenige Seehöhenmeter höher und ist wesentlich kleiner. Bei der Tiefenmessung haben sich maximal 10m ergeben.



Abbildung 1: Der Obere (rechts) und der Untere Giglachsee (links)

Geologisch betrachtet, sind die Hauptbestandteile der Niederen Tauern Glimmerschiefer, Granitgneise und Schiefergneise, also Silikatgesteine. Im Tauernfenster, vor allem in den Radstädter und in den Schladminger Tauern, treten vermehrt auch kalkige Gipfel hervor.

In der Eiszeit waren die Niederen Tauern stark vergletschert und die vielen Gebirgsseen blieben nach dem Rückzug der Gletscher übrig.

Von Mai bis Oktober sind die Seen beliebte Ausflugsziele für Wanderer und Mountainbiker.<sup>31 32 33</sup>

## 5.1 Das Interview mit einem der Almbewirtschafter

Um mehr Informationen über die Landwirtschaft, die Fischereiwirtschaft, die Jagd, den Bergbau, den Tourismus und die Müllsituation zu erhalten, haben wir ein Interview mit einem der Bewirtschafter gemacht:

### Landwirtschaft und Jagd

*Welche Nutztiere gibt es auf der Alm?*

Es gibt Rinder, Schafe und Pferde.

*Wann werden diese auf die Alm getrieben und wie lange bleiben sie dort?*

Sie bleiben für 90 Tage auf der Alm, für eine Subvention sind mindestens 63 Tage notwendig.

*Wie sieht es mit den Grundstücksgrenzen aus?*

Das Gebiet um den See wird insgesamt von vier Grundbesitzern bewirtschaftet und bezüglich Vieh, Fischerei und Jagd gibt es keine Grundstücksgrenzen.

*Welches Wild wird hier bejagt?*

Gämsen, Rehe, Rotwild und Murmeltiere

*Gibt es sonst noch Besonderheiten auf der Alm?*

Ja, die Almrosen werden jeden Herbst gemäht, damit die Almflächen erhalten bleiben.

---

<sup>31</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Niedere\\_Tauern#Geologie\\_und\\_Entstehung](http://de.wikipedia.org/wiki/Niedere_Tauern#Geologie_und_Entstehung) -26.2.2011

<sup>32</sup> <http://www.wissenswertes.at/index.php?id=giglachseen> -26.2.2011

<sup>33</sup> Eigene Messungen



Abbildung 2: Viehbewirtschaftung bei den Seen

### Fischerei

*Wie viel kg werden jährlich an Fischbesatz (trotz natürlicher Vermehrung) für den See gekauft?*

150kg Bachsaiblinge werden jedes Jahr für eine Aufstockung des Fischbestandes gekauft, davon werden ungefähr 100kg pro Jahr von Fischern entnommen.

*Wann wurde das erste Mal mit Bachsaiblingen besetzt?*

Ich bin mir nicht sicher, glaube aber, dass die Saiblinge möglicherweise über Wasservögel eingeschleppt wurden oder der Erzbischof im 14. Jahrhundert Saiblinge für die Ausübung der Fischerei eingeführt hat.

*Gab es schon von Natur aus Fische in den Seen und wenn ja, welche?*

Ja, die Futterfische Elritzen und Koppen waren bereits vorhanden.

*Gibt es neben den Saiblingen noch weitere Fische, die eine fischereiwirtschaftliche Bedeutung haben?*



Ja, die Bachforelle



Abbildung 3: Bachsaibling, selbst gefangen, aus dem Unteren Giglachsee

### Tourismus und Abfallprobleme

*Ist der Tourismusdruck in den letzten Jahren stärker angestiegen?*

Nein, von einem Anstieg kann man nicht reden, jedoch gibt es Veränderungen bei den Altersgruppen. Jüngere Leute sind heutzutage zahlreicher vertreten als früher.

*Verursachen die Touristen schwerwiegende Abfallprobleme im Gebiet rund um die Seen?*

Eigentlich nicht, denn vom Österreichischen Alpenverein gibt es jährlich die Aktion „Saubere Berge“. Dabei wird die Gegend von jeglichem Müll gesäubert.



Abbildung 4: Zahlreiche Wanderrouen rund um die Seen

### Bergbau

*Wurde in der Gegend jemals Bergbau betrieben, wenn ja was wurde abgebaut?*

Ja, vom 13. Jahrhundert bis 1890 wurden 18 verschiedene Erze abgebaut, unter anderem Nickel, Kobalt, Blei, Kupfer und Silber.

## 5.2 Sonstige Besonderheiten der Seen

Der See weist einen ausgezeichneten Grasfroschbestand auf. Die Wiesen sind mit vielen Tümpeln und Lachen bereichert, in denen die Kaulquappen leben. Auch Bergmolche wurden nachgewiesen.





Abbildungen 5 und 6: Grasfrosch und Kaulquappen des Grasfrosches in einer Lachein unmittelbarer Nähe des Seeufers.

Außerdem kommt der Almrausch massenhaft vor.





Abbildung 7: Der Almrausch, eine typische Pflanze für diese Gegend.

Von den Hängen herab münden viele kleine Bäche in die Seen. Diese werden von den Saiblingen zum Ablaichen aufgesucht. Auch die Elritzen halten sich bei den Bächen auf, da möglicherweise Nährstoffe eingespült werden.



Abbildung 8: Junge Bachsaiblinge in einem der Zuflüsse des Unteren Sees



## 6 Auswirkungen des Menschen auf das Plankton

Dieses Kapitel soll speziell die anthropogenen Einflüsse auf das Plankton behandeln. Darunter fallen die vom Menschen verursachte Eutrophierung der Gewässer sowie die Fischereiwirtschaft.

### 6.1 Eutrophierung der Gewässer

#### 6.1.1 Was ist Eutrophierung?

Unter Eutrophierung versteht man die Überdüngung von Gewässern, die aus verschiedenen Gründen verursacht wird. Einige Beispiele sind Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft, der Industrie, dem Grundwasser und dem Niederschlag oder durch ständige Fütterung von Wasservögeln und Badetätigkeit. Eutrophierung kann auch natürliche Hintergründe, wie Gewässerverlandung, haben. Im Prinzip unterliegt jedes stehende Gewässer einer natürlichen Eutrophierung. In Gewässern mit natürlicher Belastung reicht für gewöhnlich die Selbstreinigungskraft aus. Im Wasser vorhandene Mikroorganismen oxidieren organische Verbindungen unter Sauerstoffanwesenheit zu stickstoff- und phosphorhaltigen Verbindungen, welche von Pflanzen wieder weiterverwertet werden können. Kommt es aber zu erhöhtem Eintrag von Stickstoff und Phosphor, dann dominieren rasch die Pflanzen. Algen und Cyanobakterien antworten mit starkem Wachstum, sogenannten Algenblüten, und die Biomasse im Gewässer steigt stark an.



Abbildung 1: Algenblüte, verursacht von Schwebalgen



Abbildung 2: Verkrautung, ein Resultat starken Nährstoffeintrags. Im Bild zu sehen, ein Graskarpfen, der aus Asien eingebürgert wurde, um dem Pflanzenwachstum entgegen zu wirken.

Dadurch wird sehr viel Sauerstoff verbraucht und das Resultat ist eine starke Sauerstoffzehrung. Bei starker Eutrophierung kann die Sauerstoffarmut zu schweren Schäden der Wasserfauna führen. Der Sauerstoffmangel hat zur Folge, dass es zum Tod der Gewässertiere kommen kann und außerdem kann die abgestorbene organische Substanz nicht mehr unter Sauerstoffpräsenz abgebaut werden, sondern anaerobe Fäulnisprozesse nehmen überhand. Dabei werden Methan und giftiger Schwefelwasserstoff freigesetzt, welche das Gewässer zum „Kippen“ verurteilen.<sup>34 35 36</sup>

### 6.1.2 Die Selbstreinigung von Gewässern

Grundsätzlich unterliegt jedes Wasser der Selbstreinigung. Nahezu überall sind Bakterien zur Stelle, um organische Stoffe abzubauen. So kann jedes Gewässer wieder von organischer Substanz befreit werden, solange keine weitere zugeführt wird. Die Bakterien zerlegen dabei die organischen Partikel zu Wasser, CO<sub>2</sub> und mineralischen Bestandteilen. Das Wasser wird dadurch wieder sauber und geruchsfrei. Die Endprodukte der Selbstreinigung sind aber noch immer vorhanden. Vor allem die mineralischen Stoffe dienen jetzt als Dünger für Algen und Pflanzen. Als Resultat der Selbstreinigung kommt es häufig zu Algenblüten oder Verkrautungen. Die Selbstreinigung läuft in anfangs aeroben Prozessen ab, wobei es zu einer Sauerstoffzehrung kommt, danach treten auch anaerobe Prozesse ein.<sup>37</sup>

---

<sup>34</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

<sup>35</sup> <http://www.marchettigasse.at/altedonau/eutrophierung.htm> - 8.1.2011

<sup>36</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Trophiesystem> -8.1.2011

<sup>37</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos



Bei der Trophie gibt es gewöhnlich vier Stufen von oligotroph bis polytroph. Von hypertroph spricht man bei extremen Belastungen.

Das Saprobiensystem wird zur Bewertung von Fließgewässern verwendet, das Trophiensystem zur Beurteilung von Stillgewässern.

SAPROBIE (Saprobität)	TROPHIE (Eutrophierung)
Gemessen wird: Abbau organischer Substanz	Gemessen wird: Aufbau organischer Substanz aus anorganische Nährstoffe
durch heterotrophe Organismen (Pilze, Protozoen, Tiere)	durch autotrophe Organismen Pflanzen (Algen, Makrophyten)
oligosaprob	oligotroph
β-mesosaprob	mesotroph
α-mesosaprob	eutroph
polysaprob	polytroph
	hypertroph

Abbildung 4: Diese Tabelle soll die Unterschiede zwischen Saprobie und Trophie darstellen. An oberster Stelle steht, nach welchen Messwerten beurteilt wird, darunter werden die Organismen angeführt, welche als Indikatoren dienen und ganz unten sind die Bezeichnungen der einzelnen Stufen aufgelistet.

Ein oligotrophes Gewässer entspricht „weitgehend“ der Oligosaprobie. Eutrophe Gewässer sind entweder alpha- oder beta-mesosaprob. Und ein polysaprobisches Gewässer trifft ziemlich sicher die Polytriebie. Das muss aber nicht gleich heißen, dass ein oligotrophes Gewässer auch oligosaprob ist oder umgekehrt. Saprobie und Trophie müssen sich nicht unbedingt decken.

### 6.1.3.1 Das Saprobienystem bei Fließgewässern

Ganz allgemein dient das Saprobienystem dazu, den biologischen Verschmutzungsgrad eines Fließgewässers, also die Belastung mit biologisch abbaubaren Stoffen zu ermitteln. Dabei ist es wichtig, Indikatororganismen, die sogenannten Saprobien, welche für ein Gewässer typisch sind, zu bestimmen. Die unterschiedlichen Arten stellen verschiedene Ansprüche an die Umwelt. Darum lassen sich Rückschlüsse auf die Wassergüte ziehen. Demnach lassen sich Fließwässer in vier Güteklassen, die Saprobienstufen einteilen.

Grundsätzlich kann man sagen, dass der Artenreichtum mit steigendem Verschmutzungsgrad abnimmt, da viele organische Stoffe abgebaut werden und somit die Sauerstoffzehrung zunimmt.

Wichtig ist es, dass man eine oder mehrere bestimmte Leitarten für ein Gewässer findet. Einzelfunde sagen wenig über die Wassergüte aus, da diese angeschwemmt sein könnten oder aus anderen Gründen zufällig im Wasser auftauchen. Dann gibt es noch das Problem mit den Ubiquisten. Ubiquisten sind jene Arten, die sich in allen Wassergüteklassen zurecht finden. Diese sagen ebenfalls wenig über die Wassergüte aus.<sup>38</sup>

Jedem Organismus kann ein bestimmter Saprobienwert (s), eine Häufigkeit (h) und ein Indikationsgewicht (g) zugeordnet werden.

Der Saprobienwert (s):

Die Saprobienwerte werden mit den Zahlen 1 bis 4 bezeichnet. Dieser Wert kennzeichnet die Gewässergüteklasse: oligosaprob (I), alpha-mesosaprob (II), beta-mesosaprob (III) und polysaprob (IV). Bis vor vier Jahrzehnten kam noch das vierstufige System nach KOLKWITZ UND MARSSON (1902); LIEBMANN (1947) zur Geltung. Inzwischen wurden Verbesserungen vorgenommen, um genauere Aussagen zu treffen. Zusätzlich sind noch drei Zwischenstufen der üblichen Klassen zu beachten: oligo/beta-mesosaprob, beta/alpha-mesosaprob und poly/alpha-mesosaprob.

---

<sup>38</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

Eine Liste mit den Saprobienwerten der wichtigsten Zeigerarten befindet sich im Buch „Das Leben im Wassertropfen“ auf Seite 396 bis 414.

Das Indikationsgewicht (g):

Es kann die Zahlen 1, 2, 4, 8 oder 16 annehmen und drückt aus, wie stark ein Organismus auf die Veränderung der Wassergüte reagiert. Je höher der Wert ist, desto spezifischer ist der Organismus als Indikator für eine bestimmte Wassergütekategorie.

Die Häufigkeit (h):

Diese kann von den Zahlen 1 bis 7 reichen und gibt an, wie häufig eine bestimmte Art an der untersuchten Gewässerstelle ist. Sie gibt also Auskunft, ob die Art bloß ein Einzelfund ist oder diese massenhaft auftritt. Die folgende Tabelle zeigt, wie nach der Anzahl der gefundenen Indikatoren eine Häufigkeitsstufe zugeordnet wird.<sup>39 40</sup>

Häufigkeitsstufe	Anzahl der gefundenen Organismen
1 = Einzelfund	1- 2 Tiere
2 = wenig	3-10 Tiere
3 = wenig bis mittel	11-30 Tiere
4 = mittel	31-60 Tiere
5 = mittel bis viel	61-100 Tiere
6 = viel	101-150 Tiere
7 = massenhaft	über 150 Tiere

<sup>39</sup> <http://www.lutter-leben.de/html/saprobienindex.html> - 14.2.2011

<sup>40</sup> <http://www.fischereiverein-friesoythe.de/gewaesserguete/saprobien.html> - 14.2.2011



Nach folgender Formel lässt sich dann der Saprobienindex des Gewässers berechnen:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot h_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n h_i \cdot g_i}$$

#### 6.1.3.2 Das Trophiensystem bei Stillgewässern

Für Seen wird aufgrund der verschiedenen Tiefen und Zonen, wie Uferregionen, Tiefenwasser, Mittelwasser und Oberflächenwasser <sup>41</sup>nicht das Saprobien-System mit den Güteklassen verwendet, sondern es kommen Trophiestufen zum Einsatz.

Grundsätzlich kann man Stillgewässer nach ihrem Nährstoffgehalt in vier Trophiestufen einteilen: oligotroph, mesotroph, eutroph und polytroph, auch hypertroph genannt. Bei der Bewertung spielen hauptsächlich die Nährelemente C, N, P und S sowie Huminsäuren eine Rolle. Um ein Gewässer der richtigen Trophiestufe zuzuordnen, ist es wichtig, einzelne Parameter, die mit dem Nährstoffgehalt eines Gewässers korrelieren, zu ermitteln. Zu diesen Parametern zählen unter anderem:

- Wasserfärbung
- Sichttiefe
- Sauerstoffgehalt
- BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf)
- CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf)
- Einzelparameter: Ammonium, Nitrat, Phosphat (Frühjahr/Sommerwerte)
- Chlorophyllkonzentration
- Bakterienzahl

---

<sup>41</sup> <ftp://ftp.gwdg.de/pub/mpil-schlitz/Wagner/limnologie/Wasserqualit%E4t%20und%20Gew%E4sserqualit%E4t.pdf> -2.5.2011



Dazu sollte folgende Tabelle einen kleinen Überblick geben:

Parameter	oligotroph	mesotroph	eutroph	polytroph
Sichttiefe (in Meter)	5 - 10, höchstens 15 - 20m	1 - 2, höchstens 5 bis 10m	< 1, höchstens 2 – 3m	< 1m
Tiefengrenze der submersen Vegetation	12 - 30 m	5 - 10 m	< 2 m	< 1 m
Phosphatgehalt (mg/m <sup>3</sup> ) - P <sub>tot</sub>	>4 - 10	>10 - 35	>35 - 100	> 100
Nitrat- und Ammonium-Gehalt im Herbst				
(mg N pro l)	maximal 1	maximal 1	> 2	> 2
Chlorophyllgehalt im Jahresmittel (mg/m <sup>3</sup> )	< 3,5	< 7,0	< 11	> 11
O <sub>2</sub> -Gehalt (in mg/l)	> 8	6 - 8	2 - 4	
BSB <sub>2</sub> (in mg/l)	0,5	1,1 - 2,2	4 - 7	
BSB <sub>5</sub> (in mg/l)	maximal 3	3 - 5,5	5,5 - 14	> 14
CSB (in mg/l)	1 - 2	8 - 9	20 - 65	
Bakterienzahl (Anzahl pro ml)	< 100	Bis 10000	Bis 100000	> 100000

Der Untere und der Obere Giglachsee können zu den oligotrophen Seen gezählt werden.

Die Sichttiefe, gemessen mit der Secchischeibe, hat bei allen Messungen in beiden Seen mehr als 5m betragen. Das lässt darauf schließen, dass die Trübung geringfügig ist und daher wenige Partikeln im Wasser schweben.

Im Unteren Giglachsee konnten zusammendurchschnittlich 0,115mg/l Nitrat und Ammonium gemessen. Das sind 0,0346mg Stickstoff pro Liter. Im Oberen See sind durchschnittlich 0,056mg/l an Nitrat und Ammonium enthalten. Auf diesen Wert fällt eine Stickstoffmenge von 0,02mg/l. Die Grenze für oligotrophe Gewässer liegt bei höchstens 1mg Stickstoff pro Liter im Herbst. In beiden Seen ist der Stickstoff im Sommer so geringfügig vorhanden, dass davon ausgegangen werden kann, dass auch im Herbst das Limit nicht überschritten wird, beziehungsweise nicht einmal erreicht wird. Wenn man die beiden Seen miteinander vergleicht, dann wird deutlich, dass der Untere See stickstoffhaltiger ist. Der Grund dafür kann sein, dass der Untere See mehr Zuflüsse hat, welche für einen höheren Eintrag verantwortlich sind. Außerdem mündet der Ausfluss des Oberen Sees in den Unteren See. Dadurch könnten ebenfalls gelöstes Ammonium und Nitrat abtransportiert und dem Unteren See wieder zugeführt werden.

Der mittlere, totale Phosphorgehalt des Oberen Sees ist überraschenderweise höher als der des Unteren Sees. Zum totalen Phosphor gehört aber auch jener Phosphor, der in organischer Masse gebunden ist, also Phosphor des abgestorbenen Materials und Phosphor der in den noch lebenden Organismen enthalten ist. Mit einem durchschnittlichen Wert von  $7,93\text{mg/m}^3$  im Oberen See und einem Mittelwert von  $5,3\text{mg/m}^3$  im Unteren See wird die Grenze von maximal  $10\text{mg/m}^3$  nicht überschritten. Das deutet bei beiden Gewässern auf Oligotrophie hin. Allerdings geht der Wert von  $7,93\text{mg/l}$  schon in Richtung Mesotrophie. Wenn man die Ergebnisse der chemischen Parameter vergleicht, dann wird auch klar, dass der Phosphor, gebunden in der organischen Substanz, überwiegt. Phosphor aber liegt generell zum Großteil in organischer Substanz vor.

Auch das Chlorophyll hat während unseres Untersuchungszeitraumes an keiner Probenstelle das Jahresmittel von  $3,5\text{mg/m}^3$  überschritten. Der höchste durchschnittliche

Chlorophyllgehalt wurde im Oberen See bei der Probenstelle 2 (siehe Karte, Kapitel Methodik) gemessen und betrug  $2,1\text{mg/m}^3$ . Die Analysen stammen aus den warmen Sommermonaten, in denen die Algen die meiste autotrophe Umsetzung in dieser Höhenlage erbringen. Darum kann angenommen werden, dass der Chlorophyllwert in der kühleren Jahreszeit die Sommerwerte nicht übersteigt. Somit wird auch der durchschnittliche Jahreswert von  $3,5\text{mg/m}^3$  nicht überschritten. Ein Gewässer mit weniger als  $3,5\text{mg/m}^3$  fällt in die Gruppe oligotroph.

Der Sauerstoffgehalt im See ist relativ hoch. Er hat bei den Messungen in 4m Tiefe mehr als  $7\text{mg/l}$  und im Bereich der Zuflussmündungen sogar mehr als  $8\text{mg/l}$  betragen. Auch der Sauerstoff im Wasser spricht für die Oligotrophie.

Alle diese Parameter beweisen, dass sich der See in der oligotrophen Stufe befindet.

#### 6.1.3.2.1 Der trophische IST-Zustandes eines Sees

Um den trophischen Index zu erheben, sind daher folgende Parameter wichtig:

- Phosphorkonzentration im Frühjahr (eine Messung in der oberen Wasserschicht genügt) in  $\text{mg/m}^3$
- Phosphorkonzentration im Sommer (drei Messungen in der oberen Schicht – Mittelwert) in  $\text{mg/m}^3$
- Chlorophyllkonzentration
- Sichttiefe

**Tabelle:** Trophiegrade stehender Gewässer

Trophiegrad	Parameter		
	Sommerliche Sichttiefe (m)	Gesamtphosphor( $\text{mg/m}^3$ )	Chlorophyll-a( $\text{mg/m}^3$ )
oligotroph	> 6	< 13	< 3
mesotroph	2-5	< 40	3-8
eutroph	0,5-1,5	< 100	7-30
hypertroph	< 0,5	> 100	> 40

Quelle: Gewässerschutzbericht 1999

Abbildung 5: Diese Tabelle soll eine kleine Übersicht über die Einteilung der Trophiestufen geben.

Von allen vier Parametern müssen mindestens vier Messungen im Jahr durchgeführt werden und davon eine während der Frühjahrszirkulation und drei während der Sommerstagnation. Von den vier Werten der einzelnen Parameter wird jeweils der Durchschnitt berechnet. Danach kann man dem Gewässer eine Trophiestufe aufgrund der einzelnen Parameter zuteilen. Diese können aus entsprechenden Tabellen abgelesen werden, müssen aber noch gewichtet werden. Die Gewichtung erfolgt anhand einer Formel (siehe unten).

Folglich gilt für den trophischen Momentzustand eines Sees die Formel:

$$I_{\text{Ges}} = \frac{(I_{\text{Chl a}} \times 10) + (I_{\text{ST}} \times 7) + (I_{\text{GP-FVZ}} \times 5) + (I_{\text{GP-SM}} \times 5)}{\text{Summe Wichtungsfaktoren}}$$

$I_{\text{Ges}}$  = Gesamtindex Trophie  
 $I_{\text{Chl a}}$  = Trophieindex aufgrund Chlorophyllkonzentration  
 $I_{\text{ST}}$  = Trophieindex aufgrund Referenzsichttiefe  
 $I_{\text{GP-FVZ}}$  = Trophieindex aufgrund  $P_{\text{tot}}$  Frühjahrszirkulation  
 $I_{\text{GP-SM}}$  = Trophieindex aufgrund  $P_{\text{tot}}$  Sommerstagnation

Mit dieser Formel werden die den einzelnen Parametern entsprechenden Trophieindexe gewichtet und man erhält den gesamten Index für den trophischen Momentanzustand eines Gewässers. Mit diesen lassen sich Gewässer einer Trophiestufe zuordnen.

Bei stehenden Gewässern unterscheidet man die Trophiestufen: hypertroph, polytroph, hoch eutroph, stark eutroph, schwach eutroph, mesotroph und oligotroph.

Trophieindex	
0,5 - 1,5	oligotroph
> 1,5 bis 2,5	mesotroph
> 2,5 bis 3	schwach eutroph
> 3 bis 3,5	stark eutroph
> 3,5 bis 4	hoch eutroph
> 4 bis 4,5	polytroph
> 4,5	hypertroph

Diese Tabelle zeigt, welcher Trophiestufe man den See mit Hilfe des Gesamtindex zuteilen kann, wenn man die Trophiestufen aufgrund von Phosphor im Frühjahr, Phosphor im Sommer, Chlorophyllgehalt und der Sichttiefe mit der oben dargestellten Formel gewichtet.<sup>42</sup>

#### Interpretation der Trophien

##### Oligotrophe Stufe:

Sie ist charakterisiert durch wenige Nährstoffe im Wasser und somit auch durch eine geringe organische Produktion. Im Gewässer ist zwar der Artenreichtum oft groß, aber die Individuenzahl klein. Die Sichttiefe reicht bis mindestens 3m und ist nicht selten größer als 6m. Die Ursache dafür ist, dass das Wasser ziemlich klar und sauber ist. Die Uferstrukturen sind oft recht grob, so dass sich kaum submerse Pflanzen ansiedeln können. Im Wasser sind in der Regel dreiwertige Eisenionen enthalten, die Phosphationen binden und so Phosphor nicht verfügbar machen. Dieser wird ausgefällt und sinkt zum Grund, kann jedoch im Frühjahr und Herbst bei den Zirkulationen wieder freigesetzt werden.

<sup>42</sup> [http://www.cercleau.ch/docs/Trophische\\_Kriterien\\_Seen\\_Kleinseen\\_B\\_Kaenel.pdf](http://www.cercleau.ch/docs/Trophische_Kriterien_Seen_Kleinseen_B_Kaenel.pdf) - 10.3.2011

#### Mesotrophe Stufe:

Gewässer, die sich im Übergang zur eutrophen Stufe befinden, werden als mesotroph bezeichnet. Die Sichttiefe beträgt mindestens 2m und Licht kann noch in tiefere Schichten vordringen. Die Eindringtiefe des Lichts hängt aber auch stark von der Verteilung des Planktons ab. Die Sauerstoffsättigung liegt zwischen 30 und 70%. Auch die dreiwertigen Eisenionen, welche den Stoffkreislauf Phosphor entziehen, sind vorhanden.

#### Eutrophe Stufe:

Eutrophe Gewässer zeichnen sich durch viele Nährstoffe, vor allem Phosphor, aus. Außerdem sind die Individuen- und auch die Artenzahlen sehr hoch. Die Sichttiefe reicht kaum über 2m. Am Grund des Gewässers befinden sich dicke anaerobe Schlammdecken, welche reichlich von Schlammröhrenwürmern und Zuckmückenlarven besiedelt werden. Durch diese Schlammschicht tritt im Frühjahr und Herbst während der Wasserzirkulationen Eisen(II)phosphat aus, welches für eine Nachdüngung sorgt. Die unteren Wasserschichten sind periodisch sauerstoffarm, die oberen hingegen hin und wieder sauerstoffübersättigt.

#### Hypertrophe (polytrophe) Stufe:

Gewässer dieser Stufe sind gekennzeichnet durch einen hohen Nährstoffgehalt und folglich einem hohen Biomassezuwachs, wodurch der Sauerstoff bis Ende des Sommers in den grundnahen Schichten weitgehend verbraucht ist. Nur in den oberen Schichten des Gewässers weisen spezialisierte Organismen noch akzeptables Wachstum auf. In der Nacht und morgens kommt es aufgrund der stärkeren Sauerstoffzehrung vermehrt zu Fischsterben. Die Sichttiefe in hypertrophen Gewässern liegt meist unter einem Meter.

Seetyp	Phosphorgehalt (mg/m <sup>3</sup> )	Bio-produktion	Sauerstoff-verhältnis O <sub>2</sub>	Erscheinungsbild
oligo-troph	gering (< 10)	klein	auch im Spätsommer in der Tiefe > 70% O <sub>2</sub> -Sättigung	Stets klares Wasser; da nur geringe Biomasse, grosse Sichttiefen. Im Uferbereich ist Seeboden meist ohne Schlammschicht
meso-troph	mäßig (10-30)	mäßig	im Spätsommer im tiefen Wasser 30-70% O <sub>2</sub> -Sättigung	Wasser etwas getrübt, Sichttiefe über 2 m
eutroph	hoch (30-100)	gross, Massenentwicklung	im Spätsommer im tiefen Wasser 0-30% O <sub>2</sub> -Sättigung	Wasser durch Biomasse trüb, Sichttiefe unter 2 m. Seeboden besteht aus Faulschlamm
poly-troph	sehr hoch	sehr groß	Tiefenwasser O <sub>2</sub> -frei mit Gefahr, dass ganzer See O <sub>2</sub> -frei wird, zeitweise Schwefelwasserstoffentwicklung	Wasser völlig trüb, extreme Biomasse, Sichttiefe unter 0,5 m. Seeboden besteht aus schwarzem, dickem Faulschlamm

Abbildung 6: Diese Tabelle stellt die Eigenschaften der vier Haupttrophiestufen dar.

## 6.1.4 Die Veränderungen der Parameter in den Gliglachseen

In diesem Kapitel wird verglichen, wie sich die Seen in Hinsicht auf die einzelnen Parameter innerhalb von 10 Jahren verändert haben. Dabei sollen speziell die Nährstoffe genauer behandelt werden. Die ersten Parameter wurden im Sommer 1998 erhoben. Im Jahr 2010 haben wir mit den Untersuchungen am 19. Juli begonnen und am 18. August abgebrochen. Das heißt die Parameter stammen genau wie die im Jahr 1998 aus den Sommermonaten.

### 6.1.4.1 Die Temperatur

Die Wassertemperatur spielt eine bedeutende Rolle bei biochemischen Vorgängen und beeinflusst die Abbauraten der Lebewesen, da diese meist wechselwarm sind und erst mit steigender Temperatur aktiver. Mit steigender Temperatur steigt somit auch der Sauerstoffverbrauch, da die Lebewesen aufgrund der höheren Aktivität bedürftiger werden. Temperaturerhöhungen werden durch Stoffeinträge, mangelnde Beschattung und durch Staumaßnahmen verursacht.<sup>43</sup>

<sup>43</sup> [http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete\\_chemie.html](http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete_chemie.html) -10.3.2011

In diesem Kapitel soll der normale Temperaturverlauf über ein Jahr der Giglachseen in den Jahren 1998 und 1999 grafisch dargestellt werden. Die Temperaturen wurden von einer Messsonde täglich alle zwei Stunden festgehalten.

#### 6.1.4.1.1 Oberer Giglachsee

Die folgende Grafik zeigt die monatlichen Durchschnittstemperaturen des Oberen Giglachsees vom September 1998 bis zum August 1999. Diese wurden immer in einer Tiefe von 2,5m gemessen.

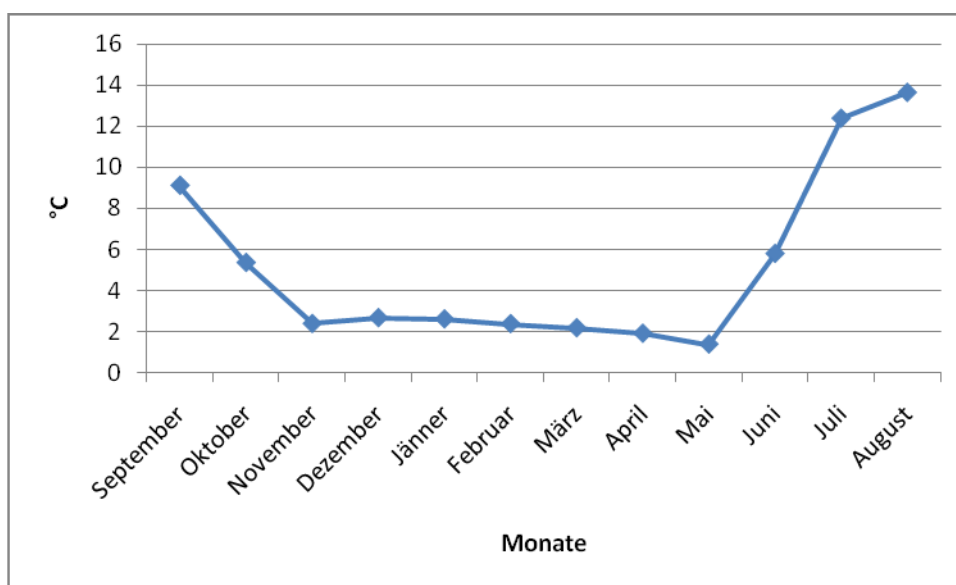


Abbildung 7:

Es wird ersichtlich, dass die Temperaturen im September für einen Gebirgssee noch ziemlich hoch waren und bis November dann auf knappe 2°C abfielen. Von nun an blieben die Werte bis Mai relativ konstant und schwankten nur geringfügig auf und ab. In dieser Zeit war der See mit einer massiven Eisschicht bedeckt. Man kann auch sehen, dass die tiefsten Durchschnittstemperaturen im April erreicht wurden. Vermutlich ist das auf einen späten Wintereinbruch zurückzuführen.



#### 6.1.4.1.2 Unterer Giglachsee

Die folgende Grafik zeigt wieder die monatlichen Durchschnittstemperaturen, aber diesmal über 2 Jahre hinweg, nämlich von September 1998 bis Juli 2001.

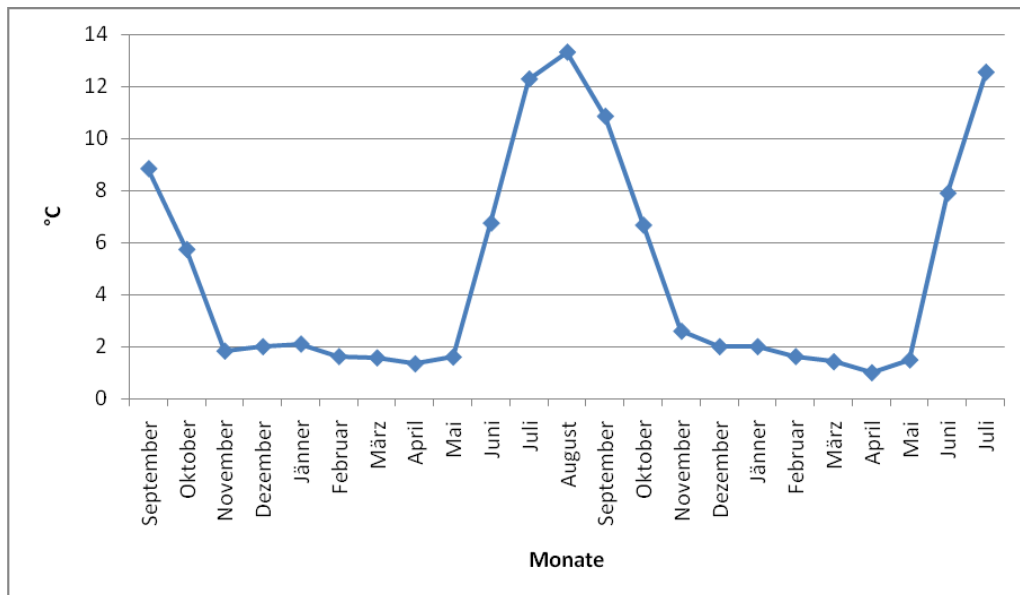


Abbildung 8:

In der Grafik kann man wieder erkennen, dass die Temperaturen von September weg bis zum November stark abfielen und danach wie beim Oberen Giglachsee von November weg mit Ausnahme der kleinen Schwankungen zwischen den niedrigen Temperaturen bis Mai ziemlich konstant waren. Ab Juni stiegen die Werte dann wieder kontinuierlich bis zu den Spitzenwerten und fielen wieder ab.

#### 6.1.4.2 Der pH Wert

Der pH-Wert im Wasser kann sich durch verschiedene Faktoren ändern, ein sehr wichtiger ist das  $\text{CO}_2$  in der Luft. Wie bereits bekannt, sind die Kohlendioxidemissionen, welche vom Menschen verursacht werden, sehr hoch. Dabei löst sich ein erheblicher Teil des atmosphärischen Kohlendioxids auch im Wasser, vor allem die Ozeane sind davon betroffen. Das führt wiederum zu einer Senkung des pH-Werts, da das  $\text{CO}_2$  mit Wasser zu Kohlensäure reagiert. Auf die Bildung von Kohlensäure reagieren vor allem

Lebensformen, die Kalkschalen ausbilden, sehr empfindlich. Die Kohlensäure schränkt die Ausbildung eines solchen Schutzes stark ein. Im Meer sind hauptsächlich Korallen betroffen. Unter den Planktern kommen höchst wahrscheinlich Schalenamöben in Frage. Der pH-Wert kann sowohl die Organismen im Wasser beeinflussen als auch von diesen beeinflusst werden. Weitere Ursachen für die Änderung des pH-Werts im Wasser können starke Eutrophierung und saurer Regen sein. Der pH-Wert beeinflusst neben der Lebensfähigkeit der Organismen auch die Löslichkeit und Beständigkeit von verschiedenen Stoffen, welche im Wasser vorkommen.<sup>44 45</sup>

Kritische Werte befinden sich unter 5 im sauren Bereich oder über 9 im basischen Bereich.

Der pH-Wert hängt auch vom Gleichgewicht zwischen Ammoniak und Ammonium ab.

In den Giglachseen herrscht, je nach Probenstelle, ein pH- Wert zwischen 7 und 8,1. Das heißt, dass die Seen neutral bis leicht basisch sind. Im Vergleich mit den Werten von 1998 hat sich nichts verändert.

#### 6.1.4.2.1 Die Kieselalgen als Indikatoren für Versauerung

Kieselalgen eignen sich hervorragend als Indikatoren für den pH-Wert. Das soll anhand einiger für die Giglachseen typischen Arten demonstriert werden.

In Bezug auf den pH-Wert meiden die meisten *Cymbella* –Arten saure Gewässer. Sie fallen sogar bei den Versauerungsindikatoren in die Kategorie der Versauerungsflüchter. Das lässt darauf schließen, dass der Giglachsee nicht versauerungsgefährdet ist. Der pH-Wert der Giglachseen bei den Untersuchungen der Proben aus 1998 und 2010 befindet sich in einem Bereich von 6,9 und 8,1, wobei die meisten Werte sogar im neutralen Bereich liegen, das entspricht auch den Lebensbedingungen der *Cymbella*-Arten.

Die Arten der Gattung *Nitzschia* sind ebenfalls versauerungsflüchtige Kieselalgen. Man findet sie sehr selten in stark versauerten Gewässern. Das Optimum von *Nitzschia* liegt im

---

<sup>44</sup> <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/20/20376/1.html> -10.3.2011

<sup>45</sup> [http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete\\_chemie.html](http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete_chemie.html) -10.3.2011

leicht sauren bis neutralen Spektrum. Auch das stimmt mit dem durchschnittlichen pH-Wert der Gíglachseen ziemlich gut überein.

Die Gattung *Fragilaria* hat ebenfalls viele versauerungsflüchtige Arten. Es gibt Arten, die sich bei neutralem pH-Wert wohl fühlen, einige sind aber auch alkaliphil, bevorzugen daher einen Wert von mehr als 7,5 aber weniger als 8.<sup>46</sup>

#### 6.1.4.3 Die Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit im Wasser hängt von der Konzentration der im Wasser gelösten Ionen ab. Man kann zwar nicht auf die Art der Ionen schließen, aber man kann sagen, je höher die Leitfähigkeit, desto höher ist der Salzgehalt des Wassers. Der Salzgehalt wiederum wird beeinflusst von der Geologie und den Böden des untersuchten Gebiets oder vom Vorhandensein einer Salzabbaustelle. Im Winter kann auch Streusalz von den Straßen ins Gewässer gespült werden.

Normalwerte der Leitfähigkeit liegen zwischen 100 und 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .<sup>47</sup>

In den Gíglachseen hat die Leitfähigkeit zumeist Werte von unter 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  angenommen und das besagt, dass wenige Salze gelöst sind. Ursachen wie Streusalz und Salzabbau können ausgenommen werden. Das heißt, die Leitfähigkeit hängt zum Großteil von der Geologie und vom Boden ab. Die Gesteine dort dürften nicht sehr gut wasserlöslich sein oder das Wasser hat wegen des kleinen Einzugsgebietes einfach nicht genug Zeit, um viele Salze zu lösen. Im Jahr 1998 betrug die Leitfähigkeit auch schon unter 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Das heißt, es hat sich praktisch auch in Hinsicht auf den Salzgehalt nichts verändert.

Vergleicht man aber die Leitfähigkeiten der beiden Gíglachseen, so wird klar, dass der Salzgehalt des Oberen Sees geringer ist.

---

<sup>46</sup> <http://www.kieselalgen.com/Tabelle8.htm> -16.4.2011

<sup>47</sup> [http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete\\_chemie.html](http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete_chemie.html) -10.3.2011

#### 6.1.4.4 Die Stickstoffverbindungen

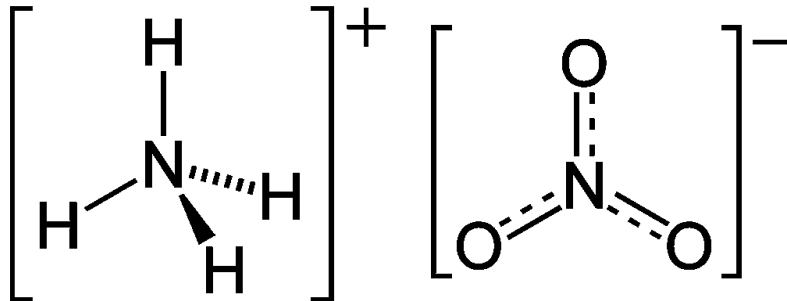


Abbildung 9: Links ein Ammoniumion und rechts ein Nitration

##### 6.1.4.4.1 Das Ammonium

Ammonium ist ein ungefährlicher Pflanzennährstoff, der stets auf Fäkalverunreinigungen zurückzuführen ist. Ammonium stammt aus landwirtschaftlichen oder häuslichen Einträgen. Es kommt zusammen mit Ammoniak vor und sollte mit diesem im Gleichgewicht liegen, damit der pH-Wert passt.

Optimale Ammoniumgehalte liegen bei 0,3mg/l. Als kritisch gelten erst Werte ab 0,7mg/l.

48

Die Ammoniumkonzentrationen haben derzeit weder im Unteren See noch im Oberen See kritische Werte angenommen. Der Höchstwert wurde am 23. Juli 2010 über der tiefsten Stelle des Unteren Gliglachsees in 2,5m Tiefe nachgewiesen und liegt bei 0,034mg/l an Stickstoff, der wiederum auf 0,043mg Ammonium fällt. Im Oberen See betrugen die Konzentrationen zum selben Zeitpunkt in gleicher Tiefe nicht einmal die Hälfte. Die zweithöchsten Konzentrationen wurden sonst mit knapp über 0,02mg/l Stickstoff, direkt beim Einlauf zweier Bäche erzielt. Das hat aber einen logischen Zusammenhang, da die Bäche Ammonium von den Fäkalien der Weidetiere transportieren und in den See spülen. Außerdem sind die Ufer ziemlich steil, was die Verlagerung von Ionen im Boden noch begünstigt. Die Konzentration an

<sup>48</sup> [http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete\\_chemie.html](http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete_chemie.html) -10.3.2011

Ammoniumstickstoff aus früheren Untersuchungen betrug zumindest im Unteren See, auch über der tiefsten Stelle in 2,5m Tiefe gemessen, nur 0,00021mg/l. Wenn man dies mit den neueren Messungen vergleicht, wird ersichtlich, dass die Konzentration um ungefähr das Hundertfünzigfache gestiegen ist (mit Höchstwert aus 2010 gerechnet). Man kann also den Schluss ziehen: Der Ammoniumgehalt hat sich erhöht, befindet sich aber noch nicht im kritischen Bereich.

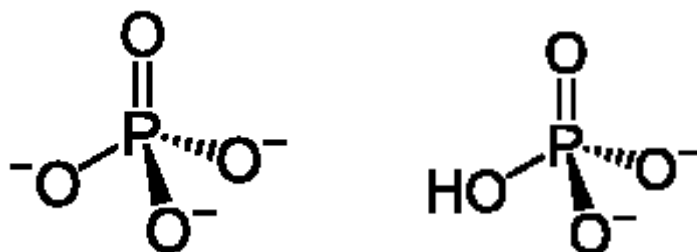
#### 6.1.4.4.2 Das Nitrat

Nitrat entsteht, wenn Ammonium durch Nitrifikation, verursacht von Mikroorganismen, zu Nitrit und anschließend zu Nitrat oxidiert wird. Mengenmäßig betrachtet, stellt diese Stickstoffverbindung den bedeutendsten Pflanzennährstoff dar und ist neben Phosphor für starkes Algenwachstum verantwortlich.

Gewässer mit mäßiger Belastung weisen Werte von 2,5 bis höchstens 5mg/l auf.<sup>49</sup>

Aus den Untersuchungen hat sich ergeben, dass der Stickstoffgehalt aus Nitrat im Unteren See, in 2,50m Tiefe, 0,043mg/l betrug. Da Nitrat 22,6 m% Stickstoff enthält, entspricht diese Menge 0,19mg Nitrat/l. Der Höchstwert von der Analysen 2010 beträgt 0,039mg/l und wurde an der Oberfläche, mitten im See, gemessen. Diese Menge würde auf 0,17mg Nitrat fallen. Der Unterschied über die Jahre hinweg ist nur geringfügig. Man kann davon ausgehen, dass es in Hinsicht auf Nitrat kaum Veränderungen gibt, der aktuelle Wert ist sogar niedriger.

#### 6.1.4.5 Die Phosphorverbindungen



Abbildungen 10 und 11: Links ein dreiwertiges Phosphation, rechts ein zweiwertiges Hydrogenphosphation

<sup>49</sup> [http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete\\_chemie.html](http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete_chemie.html) -10.3.2011

Auf natürlichem Weg kommt Phosphor durch den Abbau von organischer Substanz in den Stoffkreislauf. Die wichtigsten Phosphorverbindungen im Wasser sind das Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), das Hydrogenphosphat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) und das Dihydrogenphosphat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Normalerweise kommt Phosphor nur in sehr geringen Mengen vor, und somit ist es auch der, das Pflanzenwachstum begrenzende, Nährstoff. Ist jedoch zu viel Phosphor im Wasser vorhanden, steigert sich das Pflanzenwachstum deutlich. Man spricht von einer Eutrophierung. Der Totalphosphorgehalt  $P_{\text{tot}}$  ist generell eines der wichtigsten Kriterien für die Bestimmung einer Eutrophierung. Mit zunehmender Eutrophierung steigt zugleich die Sauerstoffzehrung. Sterben die Algen nun ab, ist ein endgültiger Sauerstoffaufbrauch das Resultat, der wiederum unter den anaeroben Bedingungen von der Bildung des schädlichen Schwefelwasserstoffs begleitet wird. Außerdem verschiebt sich das Gleichgewicht zwischen Ammoniak und Ammonium auf die Seite des Ammoniaks, welcher auf Lebewesen tödlich wirkt. Ist das der Fall, dann ist das Gewässer ökologisch tot.<sup>50</sup>

Von kritischen Belastungen spricht man erst ab 2mg/l Phosphat.

Bei den im Wasser gelösten Phosphorverbindungen  $P_{\text{dis}}$  ist die höchste Konzentration des unteren Sees im Bereich der beiden Zuflüsse gemessen worden. Man merkt, dass die Bäche Phosphorverbindungen in den See eintragen. Womöglich werden organische Substanzen abgebaut, wobei wiederum die Ausscheidungen der Weidetiere in Frage kommen. Die Konzentration in der Seemitte ist deutlich geringer. Mit 2,1µg/l ist diese sogar geringer als der Wert der früheren Untersuchungen an derselben Probestelle mit 3,3µg/l. Die Erklärung dafür ist, dass oligotrophe Gewässer oft dreiwertige Eisenionen enthalten, welche Phosphat binden können und dadurch dem Stoffkreislauf entziehen. Das könnte auch bei den Gliglachseen der Fall sein. Außerdem ist die kritische Konzentration an Phosphor, welche eine Belastung zur Folge hat, nicht erreicht.

---

<sup>50</sup> [http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete\\_chemie.html](http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete_chemie.html) -10.3.2011

#### 6.1.4.6 Das Silizium

Silizium muss deshalb genauer betrachtet werden, weil es ein sehr wichtiges Element für Kieselalgen ist. Diese brauchen das Silizium für die Schalenbildung, das heißt, ihre Zellwand ist siliziumhaltig.<sup>51</sup>

Wenn man den Siliziumgehalt über die Jahre hinweg betrachtet, gibt es von 1998 bis 2010 im Unteren Gíglachsee kaum Veränderungen.

Eine Auffälligkeit der Gíglachseen jedoch ist das vermehrte Auftreten von Kieselalgen im Unteren See, wie *Stephanodiscus* und *Nitzschia*. Im Oberen See dominieren eindeutig Grünalgen der Gattung *Eutetramorus*. Wegen der wenigen Höhenmeter, die die Seen trennen, muss das einen chemischen Grund haben. Wenn man die Siliziumkonzentrationen der beiden Seen vergleicht, dann sieht man auf Anhieb, dass der Gehalt des Oberen Sees um einiges niedriger ist als der des Unteren Sees. Das ist auch die logischste Erklärung für die Häufigkeit der Kieselalgen im Unteren See.

#### 6.1.4.7 Das Chlorophyll

Der Chlorophyllgehalt im Wasser korreliert mit dem Nährstoffangebot. Chlorophyll ist ein wichtiger Pflanzenfarbstoff, der für die Photosynthese, also für die autotrophe Leistung von Algen, sehr wichtig ist. Daher gibt der Chlorophyllgehalt auch Auskunft über die Eutrophierung. Je höher die Konzentration im Wasser, desto mehr Algen sind enthalten und das heißt, auch mehr Nährstoffe wie Nitrat und Phosphat.<sup>52</sup>

Da bei der Untersuchung vor 10 Jahren keine Chlorophyllproben genommen wurden, konnte keine Veränderung hinsichtlich des Chlorophyllgehalts in den Seen festgestellt werden.

---

<sup>51</sup>[http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=DE\\_NEWS&ACTION=D&DOC=18&CAT=NEWS&QUERY=0124f70ac3cb:84c4:292059f8&RCN=31381](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=DE_NEWS&ACTION=D&DOC=18&CAT=NEWS&QUERY=0124f70ac3cb:84c4:292059f8&RCN=31381) -21.4.2011

<sup>52</sup>[http://www.mare-mundi.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=148:problemkreis-eutrophierung&catid=20:ologische-situation&Itemid=62](http://www.mare-mundi.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=148:problemkreis-eutrophierung&catid=20:ologische-situation&Itemid=62) -11.3.2011

	Parameter aus 1998	Parameter aus 2010 (Durchschnitt)
pH-Wert	7,8	7,8
Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	73,5	74,9
Ammonium-Stickstoff ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	0,21	12
Nitrat-Stickstoff ( $\text{mg}/\text{l}$ )	43	22,6
Total-Phosphor ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	5,6	5,3
Gelöstes Phosphor ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	3,3	2,2
Gelöstes Silizium ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	644	644,4

Abbildung 12: Diese Vergleichstabelle soll noch einen Überblick über die Veränderungen der vorher beschriebenen Parameter geben. Dabei wird schnell klar, dass sich außer beim Ammonium nach 10 Jahren nicht viel verändert hat und die meisten Parameter nur geringe Abweichungen haben. Diese sind gering genug, dass man die Behauptung aufstellen kann, dass sich nichts verändert hat. Die Vergleichstabelle gilt jedoch nur für den Unteren See, da für den Oberen See keine Vergleichsdaten vorliegen.

### 6.1.5 Korrelationen zwischen dem Algenwachstum und den Parametern

Der Kieselalgenbestand scheint mit steigender Temperatur, größer zu werden und mit fallender Temperatur wieder abzunehmen. Die Wassertemperaturen stimmen auch mit dem Wetter überein. Zu Beginn, bei den ersten Untersuchungen am 30.6.2010, war das Wetter windig und kühl. Zwischendurch waren immer wieder Regenschauer vertreten. Manchmal lockerte es kurz auf und so gab es auch immer wieder Sonnenschein. Die Kieselalgen waren zu diesem Zeitpunkt noch spärlich vertreten. Bei den nächsten Probennahmen am 19.7.2010 war ein sehr heißer, wolkenloser, niederschlagsfreier und windiger Tag. Die Wassertemperatur stieg auf  $16^{\circ}\text{C}$  an und mit ihr auch die Zahl an Kieselalgen. Bis zum nächsten Termin der Probennahmen hielt das Wetter an und die Kieselalgen vermehrten sich weiterhin mit zunehmender Wassertemperatur, die beinahe auf  $17^{\circ}\text{C}$  anstieg. Die Kieselalgen erreichten zu diesem Zeitpunkt ein Maximum. Am



4.8.2010 war das Wetter kühl und nebelig. Im Laufe des Tages lockerte es auf und es wurde wärmer, die Temperaturen aber waren deutlich gefallen und mit ihr auch die Wassertemperatur und die Menge an Kieselalgen.

Gleichzeitig gingen, parallel zum Anstieg der Kieselalgen, die anfangs häufigen Chrysoflagellaten zurück. Die Cryptomonaden waren von Beginn an wenig vertreten, wurden geringfügig häufiger und stagnierten dann. Die Bestände an Chrysoflagellaten und Cryptomonaden stiegen erst ab dem Schrumpfen der Kieselalgenbestände wieder an. Das liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit an der Konkurrenz um die Nährstoffe Nitrat, Ammonium und Phosphor. Gegen Ende der Untersuchungen am 18.8.2010 gingen die Nährstoffe zurück. Chrysoflagellaten und Cryptomonaden sind durch ihre mixotrophe Lebensweise in der Lage, auch auf heterotrophe Ernährung umzustellen, die Kieselalgen können das nicht. Somit wären der Rückgang der Kieselalgen und das plötzliche Wachstum der Chrysoflagellaten und Cryptomonaden erklärt.

Der Bestand der Blaualgengattung *Aphanocapsa* verhielt sich ähnlich wie die Kieselalgen. Er stieg von Beginn an bis zu einem Maximum an und gegen Ende, als die Nährstoffe weniger wurden, ging auch er zurück.

Die Gattung *Eutetramorus* war am Anfang nur in geringen Zahlen vorhanden und verschwand schließlich ganz.

Als das Maximum der Kieselalgen erreicht wurde, war auch die Salzkonzentration am höchsten. Im Unteren See ist generell mehr Silizium enthalten als im Oberen See, was auch die höhere Salzkonzentration erklärt. Die Kieselalgen benötigen das Silizium für ihre Schalen. Weil im Oberen See weniger Silizium vorhanden ist, sind die Kieselalgen deutlich weniger vertreten. Die Gattung *Nitzschia* fehlt zum Beispiel ganz und wenn man sie findet, dann als Einzelfund. Dafür ist die Grünalgengattung *Eutetramorus* deutlich stärker vertreten.

### 6.1.6 Was heißt das für die Landwirtschaft und den Tourismus?

Im Großen und Ganzen kann man sagen, dass die Landwirtschaft und der Tourismus in den vergangenen 10 Jahren kaum Auswirkungen auf die Seen gehabt haben.

Der pH-Wert der Seen ist neutral bis leicht basisch. Bei den früheren Messungen wurde ein Wert von 7,78 ermittelt, das ist ebenfalls leicht basisch. So kann auch eine starke Eutrophierung ausgeschlossen werden, denn diese führt zur Senkung des pH-Werts. Dass der saure Regen, eine weitere Ursache für niedrigeren pH-Wert, in den letzten Jahren stark zurückgegangen ist, wird auch bewiesen. Die versauerungsflüchtigen Gattungen unter den Kieselalgenvertretern bestätigen, dass der pH die oben erwähnten Werte hat.

Die Salzkonzentration des Sees ist auch so gering wie vor 10 Jahren geblieben. Der Salzeintrag, verursacht durch den Menschen, kann in diesen Höhenlagen sowieso ausgenommen werden. Alle Salze, die in den See gelangen, stammen aus dem felsigen, steinigen Gelände, arrondiert um die Giglachseen. Die niedrigeren Leitfähigkeitswerte sagen aus, dass die Gesteine dieser Gegend ziemlich schlecht wasserlöslich sein dürften, also eher aus Silikat bestehen.

Bei den Stickstoffverbindungen sieht das etwas anders aus: Beim Ammonium beträgt der aktuelle Durchschnittswert des Unteren Sees zwar um das Sechzigfache mehr als bei den früheren Messungen, aber die Grenze für kritische Werte ist noch nicht erreicht. Die aktuellen Nitratkonzentrationen sind aber deutlich höher als die des Ammoniums. Der Grund dafür sind wahrscheinlich die Umsetzungsraten von Ammonium zu Nitrit und anschließend zu Nitrat durch Nitrifikation, unter Sauerstoffverbrauch von Bakterien, wie Nitrosomonas und Nitrobacter. Die Umsetzung erfolgt im Boden, wahrscheinlich ohne große Schwierigkeiten wie Bodenverdichtungen. Auch die Nitratkonzentration hat sich in den 10 Jahren nicht bedeutenswert verändert. Das Wasser hat noch nicht einmal die Werte mäßiger Belastung angenommen. Und der Grenzwert von Nitrat, nämlich 50mg/l, ist noch lange nicht erreicht. Von Stickstoffverbindungen ist der See als unbelastet einzustufen.

Bei den Phosphorverbindungen ist der gelöste Teil im Wasser sogar über die 10 Jahre hinweg weniger geworden. Die Erklärung für den Rückgang des Phosphors sind wahrscheinlich gelöste dreiwertige Eisenionen, die mit dem Phosphat eine Bindung eingehen und dieses ausfällen. Dadurch wird es dem Phosphorkreislauf entzogen. Die Werte damals wurden wahrscheinlich während einer Zirkulationsperiode gemessen, da eine Umwälzung des Wassers das ausgefällte Phosphat vom Grund wieder freisetzt und dann eine kurzfristig erhöhte Konzentration vorliegt.

Wegen der Stagnation, bzw. der geringen Veränderung der physikalischen und chemischen Parameter wird es auch hinsichtlich der Artenzusammensetzung kaum Veränderungen gegeben haben. Die einzelnen Arten haben alle ihre Lebensraumanprüche und bevorzugen zum Beispiel gewisse Temperaturen, pH-Werte oder Nährstoffkonzentrationen. Der einzige Parameter, der wirklich eine deutliche Veränderung aufweist, ist das Ammonium. Die Konzentration ist in den 10 Jahren um den Faktor 150 gestiegen. Die Gründe dafür sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die natürliche Eutrophierung der Gewässer und der Einfluss der Almbewirtschaftung. Das Ammonium ist nämlich ein Indikator für Fäkalverunreinigungen und rund um den Unteren Gliglachsee befindet sich das Weidegebiet vieler Nutztiere. Dazu zählen unter anderem Rinder, Pferde und Schafe.

### 6.1.7 Die Entwicklung des Phytoplanktons in den Giglachseen

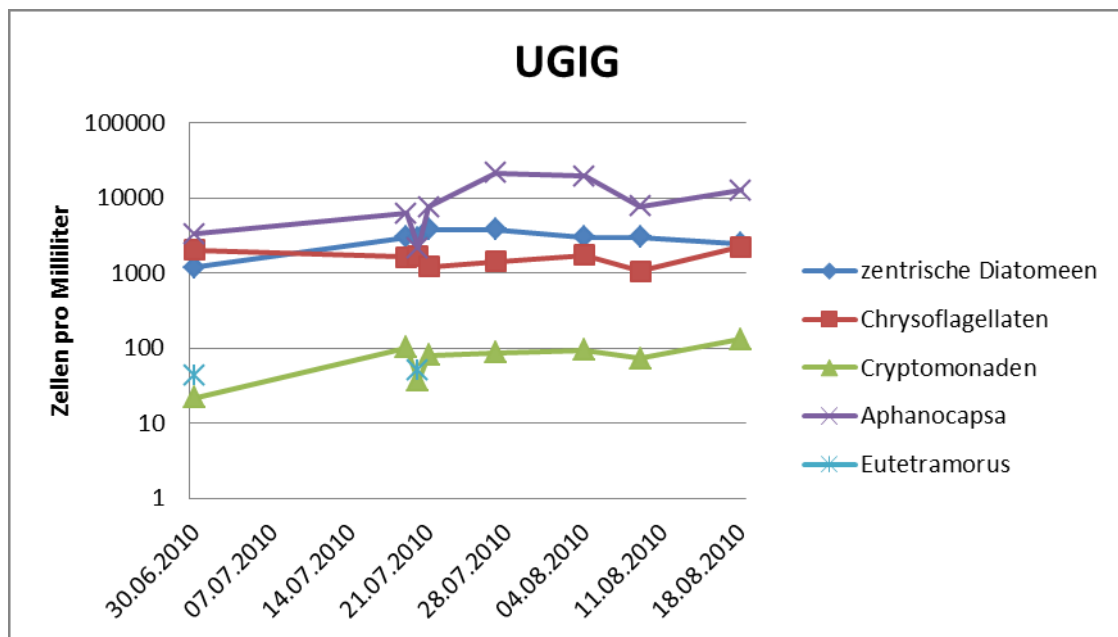


Abbildung 13:

Hier sind die Ergebnisse unserer quantitativen Proben des Unteren Giglachsees grafisch dargestellt. Man kann sehen, dass die die Blaualgen der Gattung *Aphanocapsa*, die zentrischen Kieselalgen und die Chrysoflagellaten die dominierenden Algen sind. Die Kieselalgen sind deswegen so häufig, weil der Untere See einen höheren Siliziumgehalt hat und dieses Element für die Kieselalgen wegen ihrer Schalen relevant ist. Von den Chrysoflagellaten haben viele Arten eine mixotrophe Lebensweise. Das heißt, sie können Photosynthese betreiben und wenn nötig auf eine heterotrophe Ernährung umsteigen. Wenn dieser Fall eintritt, dann sind Bakterien die Nahrungsgrundlage für Chrysoflagellaten. Wegen dieser Lebensweise brauchen diese Phytoplankter weniger Licht als andere Algen. Manche Arten sind komplett heterotroph und benötigen somit kein Licht mehr. Im Giglachsee reicht das Licht wegen der großen Sichttiefe besonders weit in die Tiefe. Das ist der bevorzugte Lebensraum von Chrysoflagellaten, nämlich helles, kühles Wasser. Damit müsste geklärt sein, warum die Chrysoflagellaten häufig sind. Auch *Cryptomonas*-Arten sind Schwachlichtspezialisten, diese Arten leben in tieferen Wasserschichten. Der Bestand an *Eutetramorus* zeigte kurz zu Beginn der Probennahmen eine absteigender Tendenz und hat danach noch einen Höhepunkt erlebt.

Man merkt deutlich, dass im Unteren See die Kieselalgen vorherrschen und die Grünalgen- und Cryptomonadenanzahl gering bleibt.<sup>53 54</sup>

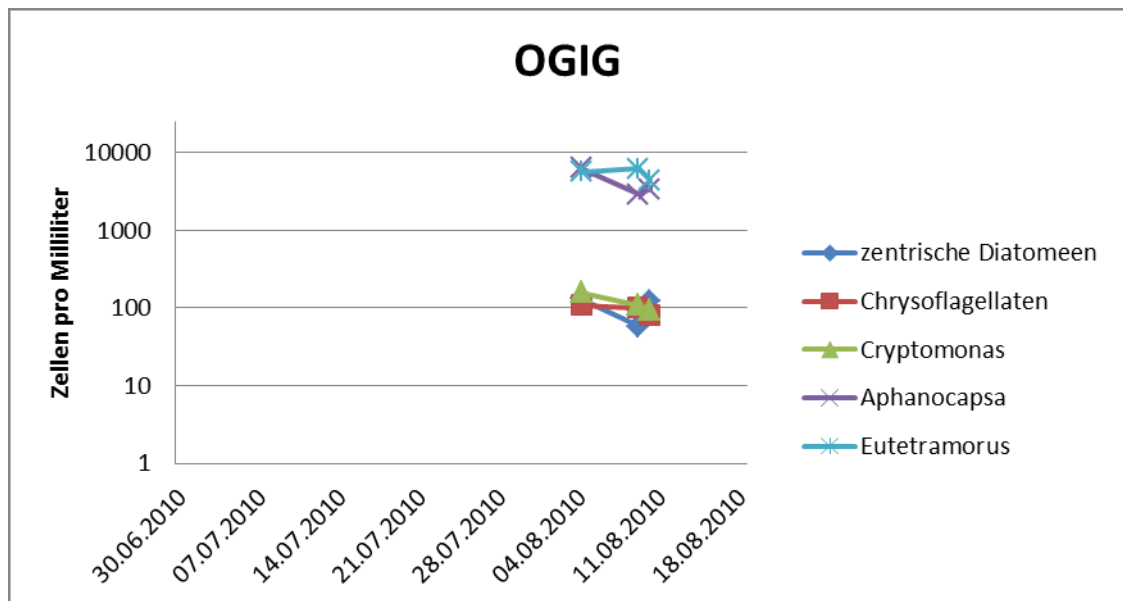


Abbildung 14:

Diese Grafik stellt die quantitativen Proben des Oberen Giglachsees dar. Im Gegensatz zum Unteren Giglachsee sind hier die Grünalgen der Gattung Eutetramorus zusammen mit Aphanocapsa stark vertreten. Das liegt an der chemischen Zusammensetzung des Sees. Der Obere See hat einen viel geringeren Siliziumgehalt als der Untere See. Dieses Element ist für Kieselalgen sehr von Bedeutung. Womöglich liegt der Obere See in einem Kalkfenster. Bei carbonatischen Ausgangsgesteinen wird natürlich kein Silizium gelöst, da Karbonate kein Silizium enthalten. Die geringen Konzentrationen stammen aus den Silikatgesteinen im Übergangsbereich vom Silikat zum Carbonat. Leider konnten nur drei Proben im Oberen See, und das in einem sehr geringen Zeitabstand, genommen werden. Darum kann nichts über die Entwicklung des Planktons über einen längeren Zeitraum ausgesagt werden.

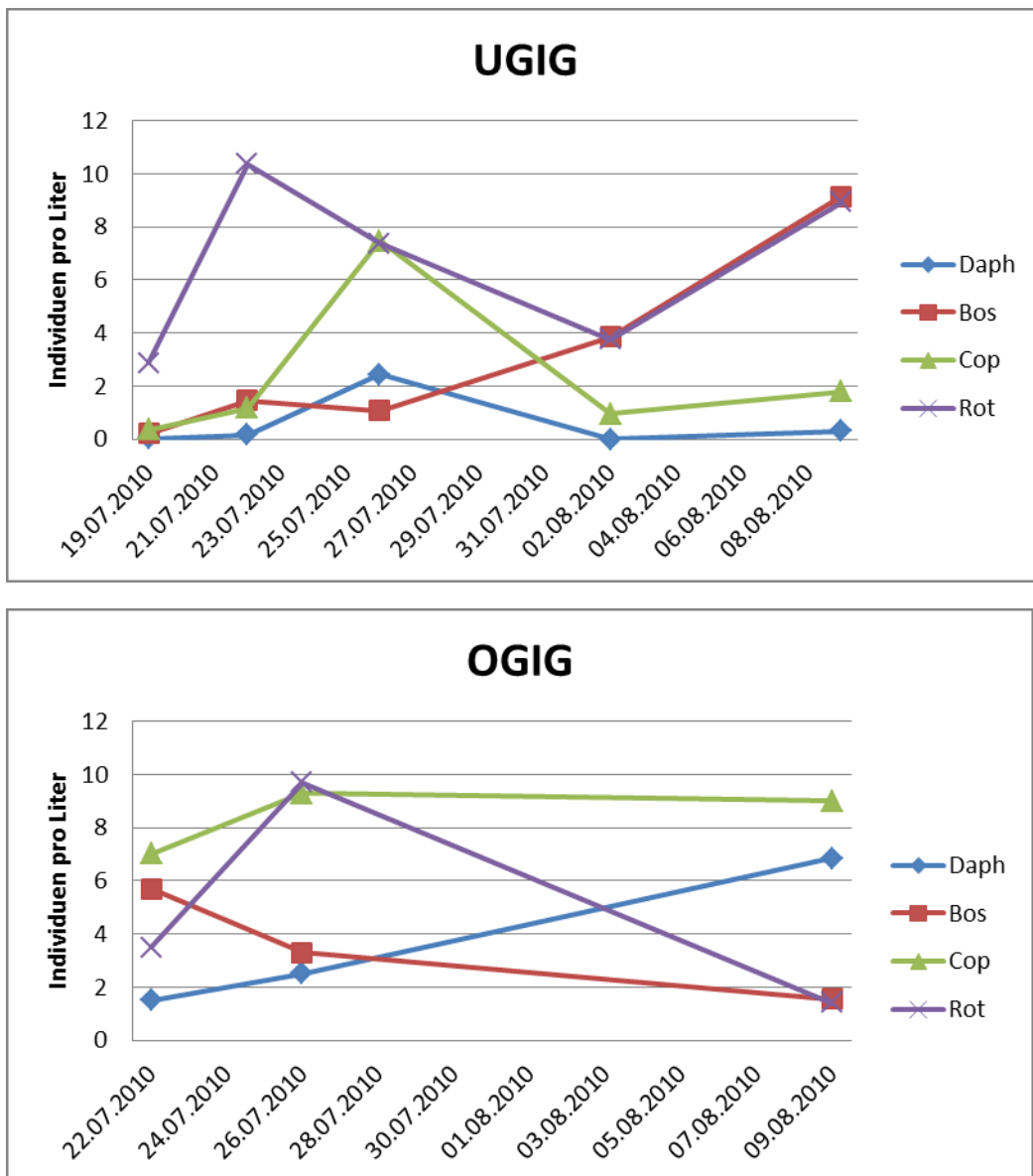
<sup>53</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Goldalgen> -27.4.2011

<sup>54</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Cryptomonas> -27.4.2011

## 6.2 Einflüsse der Fischereiwirtschaft auf das Zooplankton

Die Fischereiwirtschaft nimmt an den Gíglachseen keinen großen Stellenwert ein. Jedes Jahr werden circa 150 kg Bachsaiblinge in die Seen eingesetzt, wovon allerdings auch rund 100 kg wieder durch Angler wieder entnommen werden. Diese Fischart stellt kaum eine Beeinträchtigung für die Zooplanktonpopulationen dar, allerdings werden die größeren Zooplankter wie Copepoden und Cladoceren gerne von den Elritzen als Nahrungsquelle genutzt und diese Art scheint daher sehr wohl einen Einfluss auf die Zooplankter zu haben.

### 6.2.1 Die Entwicklung des Zooplanktons in den Giglachseen



Abbildungen 15 und 16:

Im Unteren Giglachsee kommen die Bosminen deutlich häufiger vor als im Oberen Giglachsee. Die größere Häufigkeit ist mit der höheren Konzentration von Kieselalgen zu erklären, da diese aufgrund ihrer Größe von den Bosminen als Nahrungsquelle gut genutzt werden und so die Bosminen eine größere Population aufbauen können.

## 7 Auftreten und Verschwinden von den Arten

Dieses Kapitel beschreibt die Veränderungen hinsichtlich der planktischen Flora und Fauna der Seen innerhalb von zehn Jahren. Dabei soll verglichen werden, ob sich bestimmte Arten neu eingebürgert haben oder ob ehemalige, im See vorkommende, Arten bereits verschwunden sind. Weil viele Plankter besondere Ansprüche an die Umwelt haben, lassen sich durch ihr Vorkommen oder Fehlen Rückschlüsse auf den Klimawandel ziehen. Möglicherweise haben sich schon wärmeliebende Arten, die sonst Seen der tieferliegenden Lagen bevorzugen, eingefunden.

### 7.1 Aktuell in den Giglachseen vorkommende Plankter

#### 7.1.1 Das Zooplankton

##### 7.1.1.1 Rotatoria – Rädertiere

##### ***Conochilus unicornis*** (Rousselet, 1892)

Das Kugelrädertierchen *Conochilus unicornis* bildet Kolonien aus. Diese bestehen aus 2 - 25 Tieren, wobei jedes Individuum in einer gallertartigen Hülle steckt. Als Einzeltier ist diese Art ungefähr 380µm groß. Ein typisches Erkennungsmerkmal sind die zusammengewachsenen Tastorgane, welche mit zwei Borstenbüscheln versehen sind. Der Lebensraum dieser Rädertiere sind Seen und Teiche, wo sie pelagial vorkommen. Im Sommer kann *Conochilus unicornis* zum Teil recht massenhaft auftreten.<sup>55 56</sup>

---

<sup>55</sup> <http://www.dr-ralf-wagner.de/Raedertiere.html> - 12.2.2011

<sup>56</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos





Abbildung 1: *Conochilus unicornis*

***Filinia terminalis* (Plate, 1862)**

Diese Art weist einen gestreckten, zylindrischen und dreiteiligen Körper auf. Der Körper wird unterteilt in Kopf, Rumpf und abschließenden Fuß am Ende. Der gesamte Körper ist einem Sack ähnlich. Weibliche Tiere haben nur einen Eierstock und tragen ihre Eier am Hinterteil, männliche Tiere hingegen sind kleiner und verkümmert. Die Fortpflanzung erfolgt durch Parthenogenese, also aus unbefruchteten Eiern entwickeln sich Nachkommen. Die Generation aus der parthenogenetischen Abstammung kann bei schlechten Bedingungen männlich werden. Die Männchen können nun Spermien produzieren, welche haploide Eier der Weibchen befruchten können. Als Lebensraum kommen diverse Teiche und Seen in Frage, vor allem eutrophe und meromiktische Seen. Meromiktische Seen weisen eine gute Wasserdurchmischung auf. Dabei kann *Filinia terminalis* sogar geringe Sauerstoffkonzentrationen kompensieren. Im Sommer sammelt sich *F. terminalis* hauptsächlich unter der Sprungschicht an, in kühleren Monaten kommt es zu einer einheitlichen Verteilung im See. Sauere Seen und Seen mit niedrigem oder erhöhtem Wasserpegel beeinflussen die Häufigkeit dieser Art. Als Nahrung werden hauptsächlich Detritus und Bakterien bevorzugt.<sup>57</sup>

<sup>57</sup> <http://www.cst.cmich.edu/users/mcnau1as/zooplankton%20web/filinia-zooplankton-taxon-web/filiniaterminalis.htm> - 12.2.2011



Abbildung 2: Filinia terminalis

***Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879)**

*Kellicottia longispina* erreicht eine Gesamtlänge von 450 – 860µm. Dieses Rädertier kommt im Plankton von Seen vor und Massenaufreten ist keine Seltenheit. Wichtige Merkmale dieser Art sind der glatte Panzer, sechs unterschiedlich ausgeprägte Dornen am Vorderrand und der lange Dorn am Hinterrand.<sup>58 59</sup>

***Keratella cochlearis* (Gosse, 1851)**

Die Frühjahrsform dieses zwischen 80 und 320µm großen Rädertierchens weist im Gegensatz zur Sommerform Hinterdornen auf. Im Sommer haben die Tiere nur sehr kurze Dornen oder treten dornenlos in Erscheinung. Im Herbst jedoch werden wieder Hinterdornen ausgebildet. Das Ausprägen von Hinterdornen hängt aber auch stark von der Anwesenheit von Feinden, wie zum Beispiel Ruderfußkrebsen, ab. Diese haben nämlich eine Schutzfunktion. *Keratella cochlearis* ist ubiquitär, kommt also weltweit

<sup>58</sup> <http://www.cladocera.de/rotifera/taxonomy/kel.html> - 13.2.2011

<sup>59</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

vorund ist oft sehr häufig. Bevorzugt werden Seen, Teiche und sogar kleine Tümpel. Dabei werden auch sehr nahrungsarme Gewässer besiedelt, die größeres Zooplankton kaum ernähren können. Als Nahrung dienen hauptsächlich Phytoplankter, wobei, aufgrund des gut ausgeprägten Filterapparats, unterschiedliche Größen und Formen verschlungen werden können. Die Nahrung wandert in den, für Rädertiere üblichen, Kaumagen und wird dort zerkleinert. Die Fortpflanzung erfolgt meist durch Parthenogenese und nur zeitweise sexuell.<sup>60 61</sup>

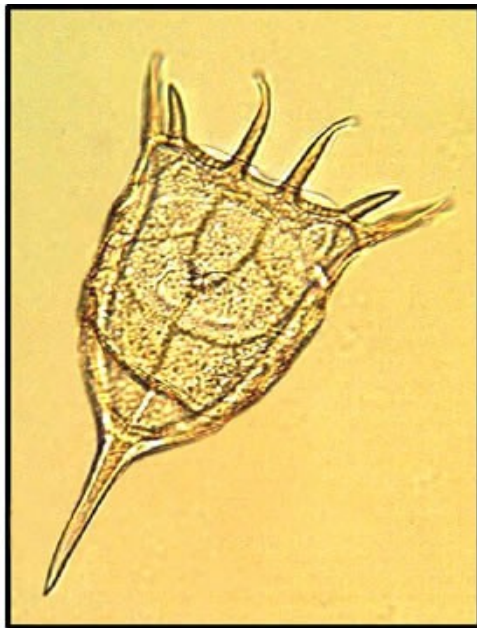


Abbildung 3: Keratella cochlearis

### ***Lecane luna*** (Müller, 1776)

*Lecane luna* ist eine verbreitete Art in Gräben, Tümpeln, Teichen und Seen. Der Panzer dieses Rädertierchens ist zwischen 180 und 220µm lang.<sup>62</sup>

<sup>60</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

<sup>61</sup> <http://www.cst.cmich.edu/users/mcnau1as/zooplankton%20web/keratella/ker.html> -13.2.2011

<sup>62</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos



Abbildung 4: Lecane luna

***Monommata sp.***

Die Gattung *Monommata* sp. ist am Hinterende mit zwei ungleich langen, zehenartigen Körperanhängen versehen. Diese sind stets länger als der Körper. Die Panzerung fehlt diesen Arten jedoch, dafür haben sie einen Springfuß.<sup>63</sup>



Abbildung 5: *Monommata* sp. mit Springfüßen

<sup>63</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

***Notholca labis*** (Gosse, 1887)

Der Panzer dieses Rädertierchens ist glatt, abgeflacht und auf der Vorderseite bedornt und zwischen 120 und 160µm lang. Während des Winters kommt diese Spezies in verschiedenen Gewässern als Uferform vor.<sup>64</sup>



Abbildung 6: Notholca labis

***Polyarthra dolichoptera*** (Idelson, 1925)

Dieses Rädertier besitzt flossenartige Anhänge, die nicht breiter als 14µm sind. Auf der Ventralseite befinden sich noch zwei Stacheln. Der gesamte Körper ist zwischen 110 und 145µm lang. Diese Art bevorzugt Seen als Lebensraum und zwar in kälteren Jahreszeiten. So treten die meisten Individuen von Dezember bis Mai auf.<sup>65 66</sup>

---

<sup>64</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

<sup>65</sup> <http://www.hydro-kosmos.de/jahresz/herbst/hm7.htm> - 13.2.2011

<sup>66</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

***Polyarthra cf. major*** (Burckhardt, 1900)

*Polyarthra cf. major* hat wie für die Gattung typisch zwei ungefähr 25µm breite Flossen. Der Körper ist zwischen 135 und 180µm lang. *P. cf. major* ist eine sehr häufige Art und findet sich in vielen verschiedenen Gewässern zurecht.<sup>67</sup>

***Polyarthra remata*** (Skorikov, 1896)

Die Flossen sind maximal 8µm breit, der gesamte Körper ist zwischen 80 und 120µm lang. Als Lebensraum werden von dieser ziemlich verbreiteten Art Seen und Teiche beansprucht.<sup>68</sup>

***Synchaeta pectinata*** (Ehrenberg, 1832)

Dieses zwischen 340 und 510µm lange, Rädertierchen führt ein planktisches Leben in Gewässern aller Art und ist besonders im Herbst und im Frühjahr häufig. Ein typisches Merkmal sind die zwei, mit Wimpern versehenen, Taster am Kopf.<sup>69</sup>

#### 7.1.1.2 Copepoda – Ruderfußkrebse

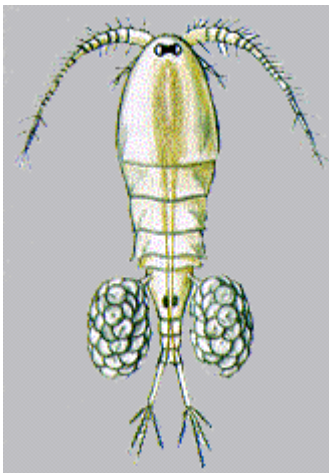


Abbildung 7: Der typische Körperbau eines Copepoden (Ruderfußkrebse)

<sup>67</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

<sup>68</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

<sup>69</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

***Cyclops abyssorum taticus*** (Kozminski, 1927)

### 7.1.1.3 Cladocera – Blattfußkrebse

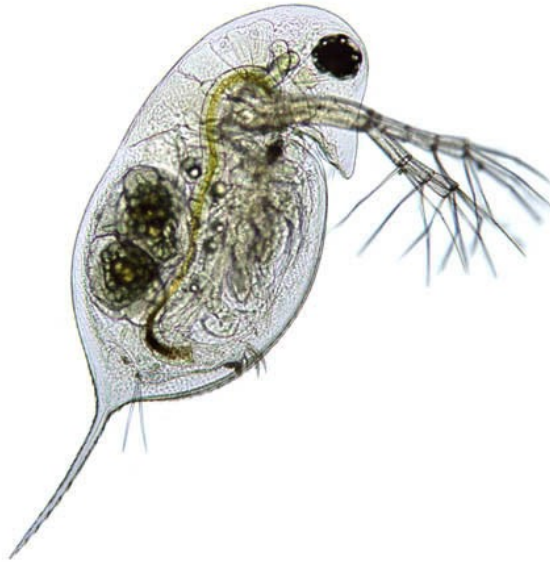


Abbildung 8: Der Körperbau eines Cladoceren (Blattfußkrebs)

***Bosmina longispina*** (Leydig, 1860)

Das typische Merkmal aller Bosminen ist das lange Rostrum, der lange Rüssel am Kopf.

*Bosmina longirostris* ist ein Filtrierer, der sich bevorzugt von Detritus und abgestorbenem Pflanzenmaterial ernährt.<sup>70</sup>

***Daphnia longispina*** (Müller, 1776)

Diese Wasserflohart erreicht eine Größe von maximal 2,5mm. Der Kopfpanzer ist nach hinten ausgezogen. Der Körper ist glasartig und teilweise von einer gelblichen Färbung begleitet. Der Lebensraum erstreckt sich von Kleinteichen über Weiher bis hin zu großen Seen. Jedes Gewässer hat seine eigene Rasse, wobei die Unterschiede in der Form des

<sup>70</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

Körpers liegen. Dabei können die Länge und Richtung des Schwanzstachels, die Kopfpanzerausbildungen und die Form der Schale variieren.<sup>71</sup>

## 7.1.2 Das Phytoplankton

### 7.1.2.1 Cryptophyta

#### ***Cryptomonas sp.***

*Cryptomonas* ist eine Gattung der Cryptophyceen. Es handelt sich hierbei um einzellige, mit zwei ungleichlangen Geißeln ausgestattete Algen. Die einzelnen Zellen sind länglich und asymmetrisch. Die Algen sind durch den in ihnen enthaltenen Farbstoff Xanthophyll hellbraun bis dunkelbraun gefärbt. *Cryptomonas* treten nicht nur in begeißeltem Stadium auf, sondern bilden auch Palmellen, Klumpen aus Schleim mit eingebetteten, begeißelten Zellen und Cysten. Cysten sind unbewegliche, durch starke Zellwand geschützte Dauerstadien. Diese Gattung scheint als einzige, innerhalb der Gattung der Cryptophyceen, ausschließlich in Süßwasser vorzukommen. *Cryptomonas*-Arten findet man hauptsächlich in gemäßigten, kühleren Seen. Sie besiedeln dort besonders tiefere Schichten an der Übergangsschwelle zwischen Wasserschichten, möglicherweise, um Fraßfeinden zu entkommen. *Cryptomonas* hat eine mixotrophe Ernährungsform, das heißt, die Zellen können Photosynthese betreiben, sind aber auch in der Lage, Bakterien zu fressen, wenn keine Photosynthese möglich ist.<sup>72 73</sup>

---

<sup>71</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

<sup>72</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Cryptomonas> -23.03.2011

<sup>73</sup> Kosmos Algenführer, Linne von Berg und Melkonian, Verlag Kosmos



### 7.1.2.2 Dinoflagellaten

#### ***Gymnodinium sp.***

Gymnodinium ist eine Gattung aus der Gruppe der Dinoflagellaten mit rund 250 Arten, von denen ungefähr 30 in limnischen Gewässern vorkommen. Gymnodinien sind Einzeller mit einer Längsfurche, aus der eine lange, über das Zellende hinausreichende Geißel entspringt. Diese dient der Fortbewegung im Wasser. Eine zweite Geißel ist an der Quersfurche angelegt, umgibt die Zelle und hilft dem Einzeller, sich um die eigene Längsachse zu drehen. Des Weiteren teilt die Quersfurche die Zelle in zwei gleichgroße Teile. Im Gegensatz zu anderen Dinoflagellaten haben Gymnodinien keine Zelluloseplatten unter der Zelloberfläche, welche für Dinoflagellaten charakteristisch sind. Im Inneren der ovalen bis kugelförmigen Zellen befinden sich kleine, häufig braune Plastiden und ein großer Zellkern. Die 9-120µm langen Zellen unterscheiden sich je nach Art durch Größe, Form, Vorhandensein und Verteilung wie Farbe der Plastiden sowie durch das Größenverhältnis der Zellhälften, ebenso durch die Länge der Längsfurche. Die Vermehrung erfolgt entweder ungeschlechtlich mittels Teilung oder durch die Bildung von Zoosporen. Als Lebensraum kommen alle denkbaren Gewässertypen in Frage. Die Ernährungsform ist wie bei *Cryptomonas* mixotroph ausgeprägt.<sup>74</sup>

#### ***Ceratium hirundinella***

Die Zellen sind dorsiventral stark abgeplattet, 109-200µm lang und 44-66µm breit. Das lange Apikalhorn und drei kürzere, geschlossene Antapikalhörner verleihen diesem großen Dinoflagellaten ein charakteristisches Aussehen. Die Zelle besitzt viele braune, scheibenförmige, wandständige Chromatophoren, der große Kern liegt unter der Quersfurche.<sup>75</sup>

---

<sup>74</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Gymnodinium> -23.3.2011

<sup>75</sup> Magisterarbeit Rainer Kurmayer, „Über den Einfluss von Jungfischen auf das Phytoplankton“, Kapitel 4.3 Arten; *Ceratium hirundinella* (O.F. MÜLLER) DUJARDIN 1841 (Tafel VII)

### 7.1.2.3 Kieselalgen

#### ***Stephanodiscus sp.***

Die Gattung *Stephanodiscus* gehört zu den zentrischen Kieselalgen. Die kreisrunden Schalen haben einen Durchmesser von 4-5µm und eine Höhe von 3µm. Durch die charakteristische konzentrische Wellung sind in der Aufsicht Erhebungen und Vertiefungen im Zentrum der Schale zu erkennen. Die Areolen sind im Zentrum unregelmäßig angeordnet und verlaufen einreihig zur Randzone. An jeder Rippe zwischen den Areolenbündeln sitzen Randdornen. Meist ist der deutlich exzentrisch sitzende Stützenfortsatz sichtbar. Die Vermehrung geschieht durch Zweiteilung. Bevorzugte Lebensräume sind oligotrophe und eutrophe Seen. Die Algen kommen benthisch als auch pelagial vor.<sup>76</sup>

#### ***Nitzschia sp.***

*Nitzschia* ist eine Gattung der Kieselalgen mit 600 Arten, die sowohl limnische als auch marine Lebensräume bevorzugen.

Die einzelligen, langgestreckten Kieselalgen haben eine typische Schale aus zwei Theken. Diese ist in der Seitenansicht meist rechteckig, in Längsansicht schiffchenförmig oder linearisch und kann mittig eingeschnürt erscheinen. Die Zellen enthalten ein oder zwei seitenständige Plastiden, die durch Fucoxanthin goldbraun gefärbt sind und sind 30 bis 500µm lang. Die geschlechtliche Vermehrung erfolgt durch Anisogamie, durch die Verschmelzung zweier Keimzellen, wobei pro Zelle ein bis zwei neue Keimzellen gebildet werden.<sup>77</sup>

---

<sup>76</sup> Kosmos Algenführer, Linne von Berg und Melkonian, Verlag Kosmos

<sup>77</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Nitzschia> -26.3. 2011

Arten:

- *Nitzschia acicularis* (KÜTZING) W.SMITH 1853 (Tafel V)
- *Nitzschia fruticosa* HUSTEDT 1957 (*Synedra actinastroides* LEMMERMANN) (Tafel V):
- *Nitzschia sigmoidea* (EHRENBERG) W.SMITH 1853 (Tafel V)

### ***Fragilaria sp.***

Die Zellen dieser Kieselalgen sind in flachen, unverzweigten Bändern angeordnet. Die Schale einzelner Zellen besteht aus zwei Theken. In der Seitenansicht scheint der Querschnitt rechteckig, in der Schalenansicht hingegen stäbchenförmig. Die zwei unter der Schale befindlichen Plastiden sind durch Fucoxanthin goldbraun gefärbt. Die Einzelzellen sind immer an der Schalenfläche miteinander gekoppelt. Die Vermehrung findet ungeschlechtlich statt und zwar durch Zweiteilung beliebiger Zellen in den Bändern. Es ist aber auch eine geschlechtliche Vermehrung durch Dauersporen bekannt. Als Lebensraum dienen oligotrophe und eutrophe Seen. Die Algen kommen im Plankton und in den Sedimenten vor.<sup>78</sup>

### ***Cymbella sp.***

*Cymbella* ist eine Gattung der Kieselalgen mit ungefähr 17 Arten, die vorwiegend in limnischen Gewässern vorkommen. Die Vertreter sind längliche, einzellige Kieselalgen mit der typischen Schale aus zwei Theken. Die Schale ist in der Seitenansicht rechteckig, in Schalenansicht asymmetrisch: eine Seite ist stark konvex gekrümmt, die andere nur leicht oder gar nicht. Nur in seltenen Fällen sind beide Seiten gleich stark gekrümmt. Die Zellen beinhalten ein großes, H-förmiges Plastid, das durch Fucoxanthin goldbraun gefärbt ist. Beide Schalen besitzen eine Raphe. Raphen sind spaltförmige Durchbrüche in der Schale. Die Zellen, die zu Kriechbewegungen in der Lage sind, können durch einen Gallertstiel am Untergrund befestigt sein. Bei manchen Arten können durch Gallertscheiden Kolonien gebildet werden. Die Zelllänge beträgt 10 bis 220µm. Die ungeschlechtliche Vermehrung

---

<sup>78</sup> Kosmos Algenführer, Linne von Berg und Melkonian, Verlag Kosmos

erfolgt durch Zellteilung der Kieselalge, geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Isogamie. Dabei wird ein Teil des Genoms von einer Spenderzelle in eine Empfängerzelle übertragen. Auch Anisogamie kommt vor, wobei pro Zelle ein bis zwei Keimzellen gebildet werden. *Cymbella* kommen in Plankterform in oligotrophen bis eutrophen Gewässern und Quellen vor.<sup>79</sup>

### ***Diatoma sp.***

Die Zellen von *Diatoma* sind zu Kolonien zusammengeschlossen und bilden band- und zickzackförmige Strukturen aus. Die aus zwei Theken bestehende Schale erscheint in der Schalenansicht linealisch oder lang elliptisch. In der Seitenansicht jedoch ist die Schale rechteckig. Die Plastiden sind durch den Farbstoff Fucoxanthin goldbraun gefärbt. Die Fortpflanzung geschieht durch Zweiteilung. Bei *Diatoma* ist aber auch Anisogamie bekannt, wobei es zur Bildung von zwei Geschlechtszellen pro Zelle kommt. Außerdem werden von manchen Arten aus vegetativen Zellen Dauerzellen gebildet. Vertreter dieser Gattung besiedeln fließende als auch stehende Gewässer. Dabei werden benthische und pelagiale Lebensweisen ausgeprägt.<sup>80</sup>

## 7.1.2.4 Grünalgen

### ***Tetraedron sp.***

Die Zellen sind abgeflacht und erscheinen je nach Art drei-, vier- oder fünfeckig. Es gibt auch tetraedrische Formen. Manche Arten haben gerade oder konkave Zellseiten, andere bilden Strukturen wie Stacheln an den Ecken aus. *Tetraedron* ist stets unbegeißelt. In jeder Zelle ist ein wandständiger Chloroplast, welcher die Zelle völlig ausfüllt, zu erkennen. Die Vermehrung erfolgt durch viele Autosporen, die nach dem Zerreißen der Mutterzellwand in einer Gallerte zusammengefasst sind und erst später frei werden.<sup>81</sup>

<sup>79</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Cymbella> 26.3.2011

<sup>80</sup> Kosmos Algenführer, Linne von Berg und Melkonian, Verlag Kosmos

<sup>81</sup> Diplomarbeit Rainer Kurmayer, „Über den Einfluss von Jungfischen auf das Phytoplankton“, Kapitel 4.3 Arten, *Tetraedron minimum* (A. BR.) HANSG. 1888 (Tafel XIV)

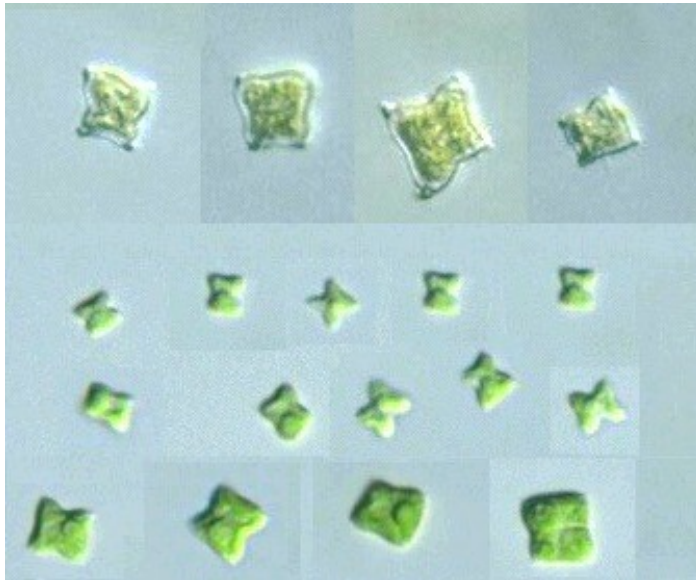


Abbildung 9: Verschiedene Vertreter der Gattung Tetraedron sp.

***Kirchneriella sp.***

Diese Gattung hat nur wenige Arten. Kirchneriella hat stark gekrümmte, sichelförmige Zellen, die durch eine Gallerte zu größeren Klumpen vereinigt sind. Es werden innerhalb dieser Gattung auch keine Geißeln ausgebildet. Im Inneren ist ein wandständiges Chloroplast enthalten, der die Zelle zur Gänze ausfüllt. Fortpflanzung geschieht durch die Bildung von Autosporen. Diese werden in der Mutterzellhülle, welche sich anschließend in eine Gallerte umwandelt, gebildet. Die Gallerte hält dann die Tochterzellen über längere Zeit zu einem Zellverband zusammen.<sup>82</sup>

---

<sup>82</sup> Kosmos Algenführer, Linne von Berg und Melkonian, Verlag Kosmos



Abbildung 10: Einzelzellen eines Vertreters der Gattung Kirchneriella sp.

### ***Coelastrum sp.***

Diese Phytoplankter bilden hohle, kugelförmige oder polyedrische Kolonien aus. Die Kolonien bestehen aus 8 bis 128 einzelnen Zellen. Der Durchmesser einer solchen Kolonie kann bis zu 120µm betragen. Die Zellwände sind glatt oder warzig. Benachbarte Zellen sind mittels Zellwandfortsätzen miteinander verbunden. Die Zellen besitzen einen einzelnen, wandständigen Chloroplast. Geschlechtliche Fortpflanzung ist bei Coelastren nicht bekannt, die ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt durch Autokoloniebildung, was bedeutet, dass sich im Inneren einer Mutterzellwand eine neue Kolonie bildet. Die Gattung *Coelastrum* kommt in eutrophen und oligotrophen Gewässern vor.<sup>83</sup>

### ***Staurastrum sp.***

*Staurastrum* ist eine Gattung aus der Gruppe der Zieralgen, die mit rund 1200 Arten zu den artenreichsten Algengattungen zählt. Staurastren sind einzellige, unbegeißelte Algen, die durch eine Einschnürung in zwei gleichartige Halbzellen geteilt sind. Die Form der Halbzellen unterscheidet sich nach der Art und kann von rund über drei-bis vieleckig reichen. Die Zellwand ist häufig punktiert und kann mit Stacheln, Höckern oder Warzen versehen sein. An den Ecken der Zellen befinden sich oft strahlenartige Verlängerungen,

<sup>83</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Coelastrum> -26.3.2011

die sie sternförmig wirken lassen. An jeder dieser Verlängerungen befinden sich zwei bis vier Stacheln. Weiters befindet sich in jeder Halbzelle ein Chloroplast, der in jede Zellverlängerung reicht. Die ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt zieralgentypisch durch die Konjugation von zwei Zellen. Die Zellgröße beträgt 17-80µm. Staurastrum kommt freischwimmend oder in benthischer Form in allen Gewässertypen vor.<sup>84</sup>

***Eutetramorus sp.***

Diese Art bildet kugelige Kolonien mit einer strukturlosen und deutlich begrenzten Gallerte. Die 2,6 – 7,8µm großen Zellen liegen voneinander entfernt, meist kranzförmig angeordnet. Die kugeligen Zellen besitzen einen wandständigen Chloroplast.<sup>85</sup>

#### 7.1.2.5 Blaualgen – Cyanobakterien

***Aphanocapsa sp.***

Die Einzelzellen dieser Blaualge sind 1,5 bis 1,8µm groß, als Kolonie können Ausmaße von 25 bis 40µm erreicht werden. Die Zellen enthalten mit Stickstoff gefüllte Gasvakuolen, welche ihnen im Plankton einen guten Auftrieb verschaffen und sind grünlich gefärbt. *Aphanocapsa sp.* kommt in schwach eutrophen Seen recht massenhaft vor.<sup>86</sup>

---

<sup>84</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Staurastrum> -26.3.2011

<sup>85</sup> Magisterarbeit Rainer Kurmayer, „Über den Einfluss von Jungfischen auf das Phytoplankton“, Kapitel 4.3 Arten, *Eutetramorus sp.* WALTON 1918 (Tafel X)

<sup>86</sup> Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Verlag Kosmos

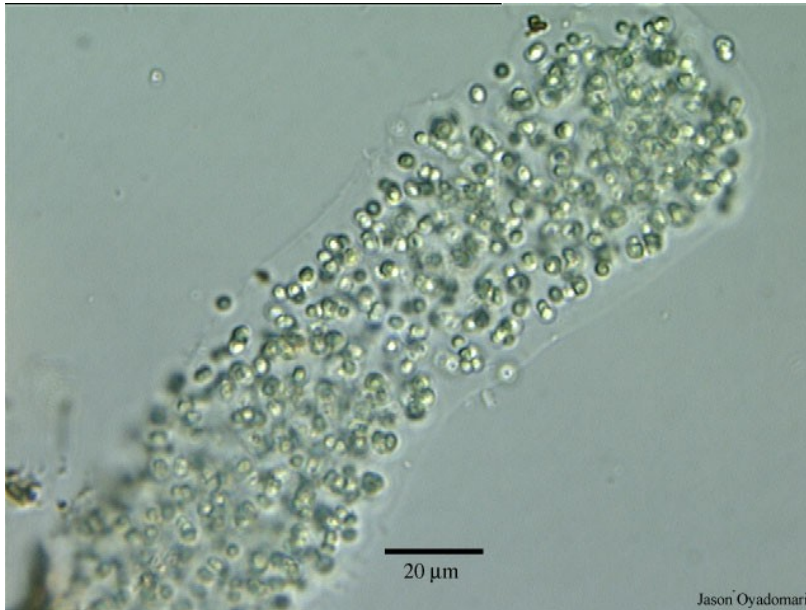


Abbildung 11: Eine Kolonie der Gattung *Aphanocapsa* sp.

## 7.2 Veränderungen der Artenzusammensetzung

### 7.2.1 Das Zooplankton

Aufgrund der aktuellen Datenlage kann leider kein direkter Vergleich mit den Daten der ersten Untersuchung der Giglachseen erstellt werden. Allerdings kann angenommen werden, dass sich angesichts der kaum vorhandenen Änderung der Artenzusammensetzung der Phytoplankter auch bei den Zooplanktern keine gravierenden Veränderungen vorgekommen sind. Somit kann diese Arbeit als aktuelle Erhebung gelten und für Vergleiche zu einem späteren Zeitpunkt verwendet werden.

### 7.2.2 Das Phytoplankton

Über Phytoplankton in alpinen Gebirgsseen gibt es mehrere Arbeiten mit denen sich die Giglachseen vergleichen lassen können. Eine ältere Vergleichsarbeit über die Giglachseen liegt leider nicht vor. Daher kann nur angenommen werden, wie sich die Artzusammensetzung in den letzten Jahren verändert hat, indem man die Giglachseen mit ähnlichen Gebirgsseen, bei denen bereits solche Untersuchungen durchgeführt wurden, vergleicht. Hier in diesem Unterkapitel möchte ich zwei Studien vorstellen, diese



mit den Giglachseen vergleichen und manche ihrer Ergebnisse auf mein Forschungsgewässer beziehen.

Laut einer Studie aus 1966 wurden einige Hochgebirgsseen in Tirol auf Phytoplankton untersucht und zwar qualitativ als auch quantitativ. Unter diesen Seen befinden sich unter anderem der Schwarzsee, der Vordere Finstertaler See, der Drachensee und der Gossenköllesee. Diese Tiroler Seen liegen alle auf Seehöhen zwischen 1880 und 2792m. Von diesen Seen wurden außerdem Artenlisten erstellt. Diese Arten sind typisch für oligotrophe Seen des Gebirges und unter diese fallen auch die der Giglachseen.<sup>87</sup>

Hier sind einige typische Gattungen dieser alpinen Gebirgsseen aufgelistet:

- Tetraedron sp.
- Coelastrum sp.
- Staurastrum sp.
- Cryptomonas sp.
- Gymnodinium sp.
- Fragilaria sp.

Diese Gattungen sind in der Artenliste aus 1966 für die vorhin erwähnten Gebirgsseen vertreten und wurden auch in den Giglachseen nachgewiesen.

Ich gehe davon aus, dass sich die Artenzusammensetzung anderer Hochgebirgsseen zum Beispiel jene aus Seen der Tiroler Regionen und die der Giglachseen ziemlich ähneln.

Aber in den Giglachseen sind noch weitere Gattungen gefunden worden, welche in der Liste gar nicht vorkommen.

Die Gattungen, die nicht in der Liste vertreten sind, aber in den Giglachseen zusätzlich nachgewiesen worden sind:

---

<sup>87</sup> Arnold Nauwerck: Aquatic Sciences 28.1.1966 – Phytoplankton

- *Cymbella* sp.
- *Eutetramorus* sp.
- *Nitzschia* sp.
- *Kirchneriella* sp.
- *Ceratium* sp.

Eine andere Studie, nämlich eine Dissertation aus den 1980er Jahren lässt weitere Vergleiche zu: Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Lunzer Obersee, ein Gebirgssee auf 1116m Seehöhe im südlichen Mostviertel, qualitativ auf die Artenzusammensetzung untersucht. Aus den Jahren 1944 und 1945 stammende Artenlisten von Prof. Ruttner waren die Grundlage für einen Vergleich der Veränderung der Artenzusammensetzung. Das Endergebnis der Dissertation: Im Zeitraum von 1944 bis 1987 gab es keine längerfristigen Veränderungen bei der Artenzusammensetzung.<sup>88</sup>

Von den Lunzer Obersee-Gattungen wurden im Giglachsee nachgewiesen:

- *Fragilaria* sp.
- *Nitzschia* sp.
- *Cymbella* sp.
- *Cryptomonas* sp.
- *Gymnodinium* sp.
- *Tetraedron* sp.
- *Staurastrum* sp.
- *Coelastrum* sp.

Von diesen Gattungen aus dem Jahre 1944 wurden von 1985 bis 1987 *Fragilaria*, *Cymbella* und *Tetraedron* im Lunzer Obersee nicht mehr gefunden. Neu nachgewiesen von ihnen ist keine.

Anhand der Resultate der beiden Studien über Gebirgsseen in Österreich wird klar, dass Vertreter der aufgelisteten Gattungen typisch für höher gelegene Gewässer sind. Die

---

<sup>88</sup> R. Lenzenweger (Dissertation, 1987): Desmidiaceenflora des Lunzer Obersees

meisten der Seen aus den Studien und die Giglachseen haben viele der Gattungen gemeinsam.

#### 7.2.2.1 Das Fazit

Beim Phytoplankton:

Aufgrund der Stagnation vieler chemischer Parameter (siehe Kapitel 6) und des geringen Vergleichszeitraumes von zehn Jahren, kann man davon ausgehen, dass sich in den Giglachseen die Artenzusammensetzung nicht oder nur sehr geringfügig verändert hat. Wenn man bedenkt, dass das Phytoplankton des Lunzer Obersees in 40 Jahren fast keine Veränderungen erfahren hat, dann bedeutet das, dass der Klimawandel in diesem Zeitraum kaum etwas bewirkt hat. Zehn Jahre scheinen zwar ein langer Zeitraum zu sein, offensichtlich ist die Auswirkung des Klimawandels jedoch erst nach einem längeren Zeitraum feststellbar.

Beim Zooplankton:

Von den gefundenen Arten ist nur *Cyclops abyssorum taticus* für alpine Regionen typisch. Durch ihr Vorkommen kann man erkennen, dass es sich hierbei um ein Gewässer hochmontaner bis alpiner Lagen handeln kann. Die anderen gefundenen Plankter sind vorwiegend kälteliebende Arten, die durchaus auch in tieferen Lagen vorkommen und aus Seen des Alpenvorlandes stammen könnten. Die ansonsten für typisch alpine Seen charakteristischen Arten sind wohl aufgrund des Fischbesatzes, wohl hauptsächlich durch das Vorkommen von Elritzen, verschwunden. Aufgrund der äußerst geringen Änderungen der chemischen Parameter innerhalb der letzten 10 Jahre kann kaum von einer klimatischen Veränderung ausgegangen werden.

## 8.0 Fotodatenbank der Plankter der Giglachseen

### 8.1 Das Zooplankton

#### 8.0 Fotodatenbank

#### 8.1 Fotodatenbank Zooplankton



Abbildung 1: *Bosmina longispina*



Abbildung 2: Adulter *Cyclops abyssorum tatricus*



Abbildung 3: Nauplie (Larve) – *Cyclops abyssorum tatricus*



Abbildung 4: *Daphnia longispina*

## Rotatorien



Abbildung 5: *Kellicottia longispina*

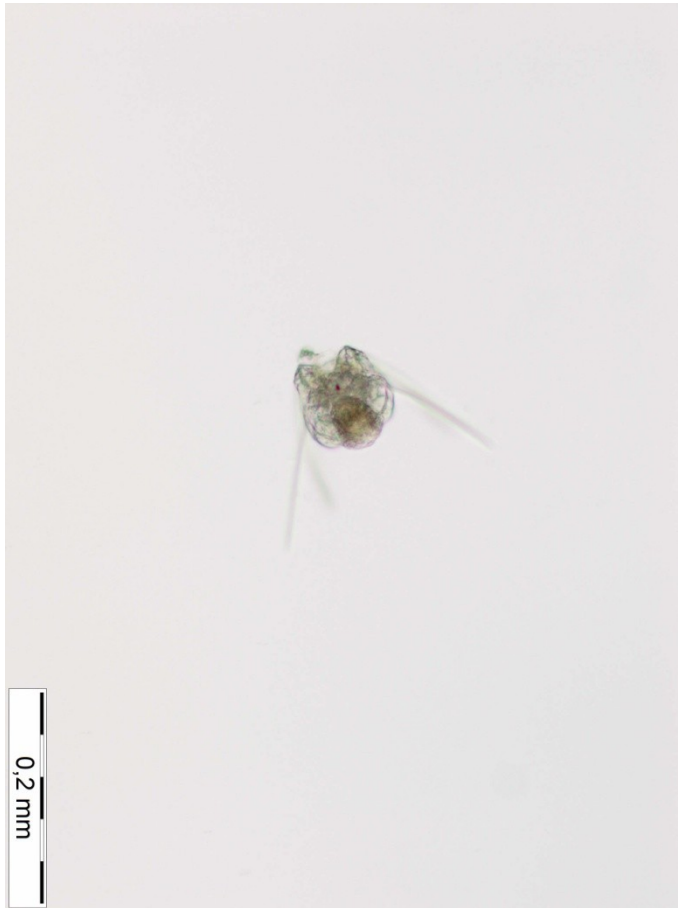


Abbildung 6: *Polyarthra* sp.

## 8.2 Das Phytoplankton

### 8.2.1 Cryptophyta



Abbildung 7: *Cryptomonas* sp.

### 8.2.2 Dinoflagellaten



Abbildung 8: *Ceratium hirundinella*



### 8.2.3 Kieselalgen

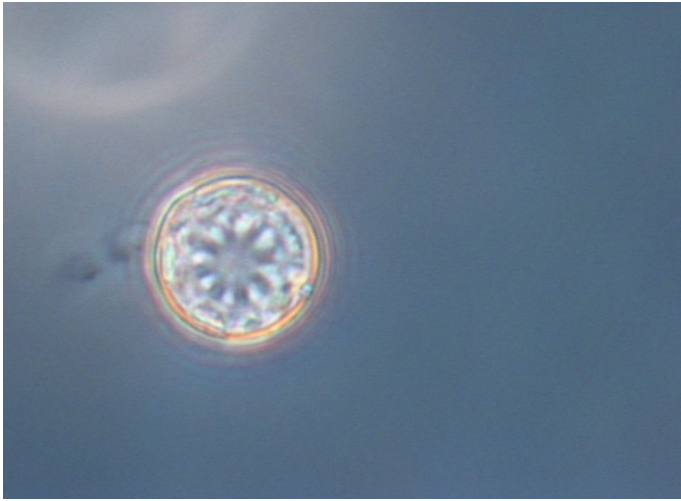


Abbildung 9: Stephanodiscus sp.

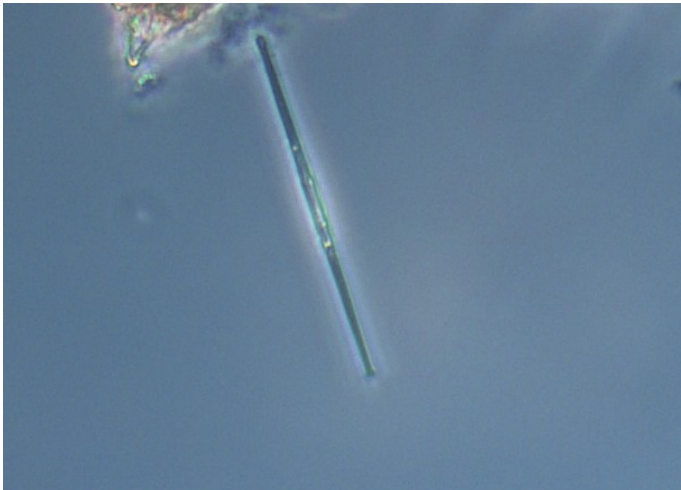


Abbildung 10: Nitzschia sp.

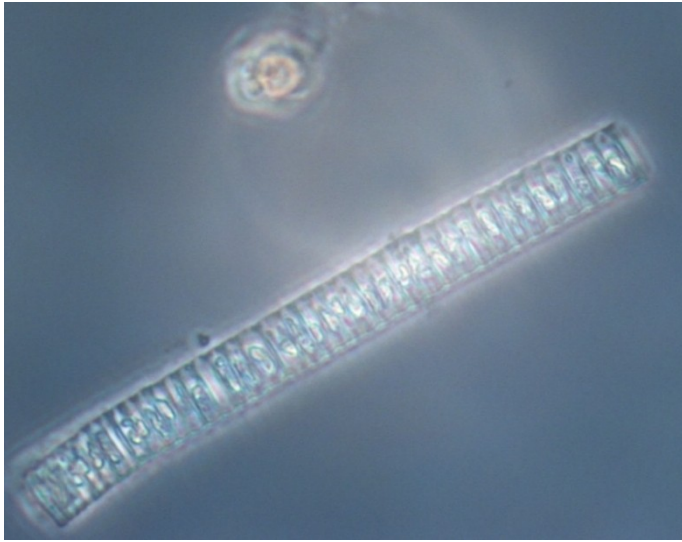


Abbildung 11: Frustularia sp.



Abbildung 12: Cymbella sp.

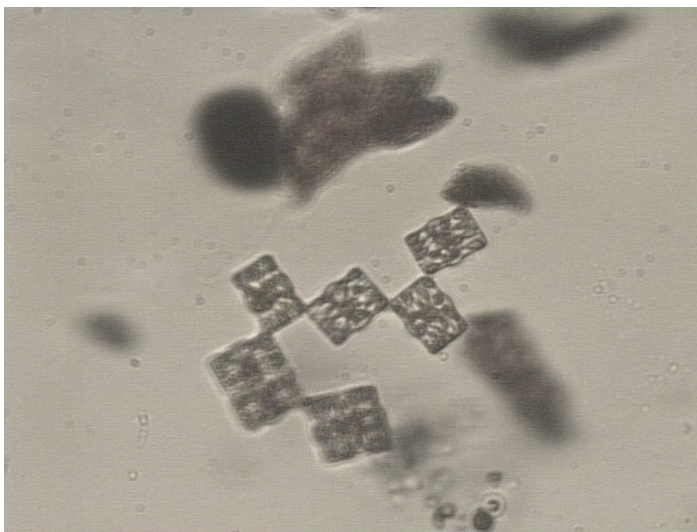


Abbildung 13: Diatoma sp.

### 8.2.4 Grünalgen

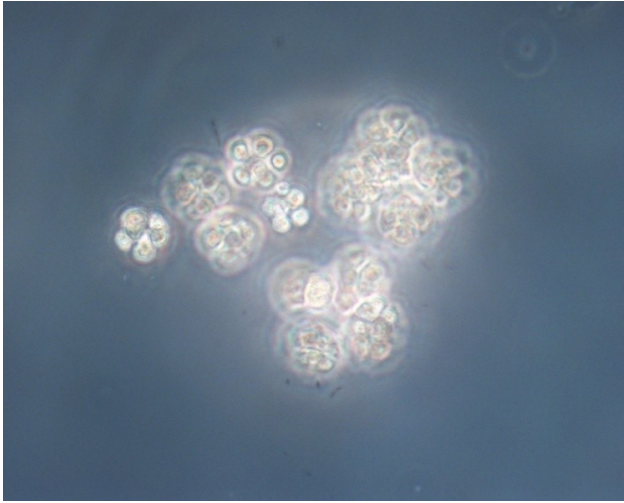


Abbildung 14: Coelastrum sp.

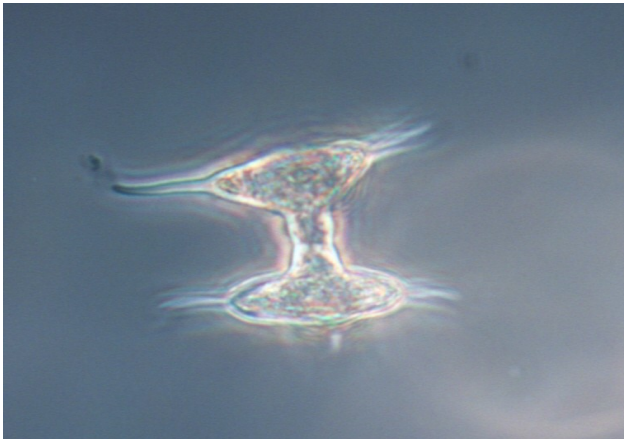


Abbildung 15: Staurastrum sp.

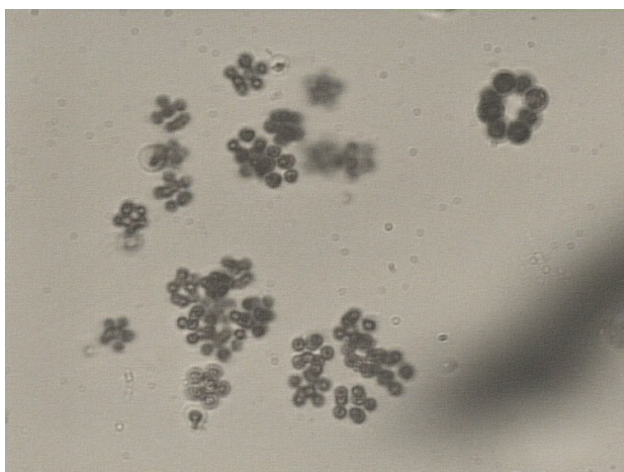


Abbildung 16: Eutetramorus sp.

Die Gattungen Tetraedron, Kirchneriella und Aphanocapsa wurden zwar nachgewiesen, es gibt aber keine eigenen Fotos. Darum sind diese bei den Beschreibungen angehängt.

## 9.0 Anhang

### 9.1 Chemiedaten

#### 9.1.1 Chemiedaten (Durchschnittswerte) aus dem Jahr 1998

<b>Unterer Giglachsee</b>	
Leitfähigkeit	73,5µS
pH	7,78
Alkalinität	579µeq/l
Nitrat	3,07µeq/l
Sulfat	115,94mg/l
Chlorid	4,46mg/l
Ammonium	0,21µg/l
Natrium	20,92mg/l
Kalium	3,86mg/l
Magnesium	147,91mg/l
Kalzium	535,43mg/l
Ptot	5,6µg/l
Pdis	3,3µg/l
DOC	801µg/l
DN	158µg/l
Silizium	644µg/l

### 9.1.2 Chemiedaten der Untersuchungen 2010 von verschiedenen Zeiträumen und verschiedenen Probestellen

Probenstelle	Entnahme-	Int. Num.	Cond	pH	Alk/Gran
	datum		[µS]		[µeq/l]
GIG 0m	30.06.10	MS1	73,5	7,95	600
GIG3m	30.06.10	MS2	74,5	7,99	598
GIG 0m	19.07.10	MS7	73,8	6,92	598
GIG 2,5m	19.07.10	MS8	74,1	7,03	600
GIG 2,5m Pst.1	23.07.10	MS13	78,3	8,02	599
GIG 2,5m Pst.2	22.07.10	MS14	38,3	7,87	358
GIG 0m Pst.3	23.07.10	MS15	76,8	7,95	608
GIG 0m Pst.4	23.07.10	MS16	76,6	7,98	608
O.GIG 0m	27.07.10	MS17	37,7	8,02	351
U.GIG 0m	27.07.10	MS18	73,3	8,10	600
GIG 2,5m Pst1	01.08.10	MS19	73,5	8,06	572
GIG 2,5m Pst.2	01.08.10	MS20	38,0	7,94	341
GIG 0m	18.08.10	MS21	74,9	7,92	607
GIG 2,5m	18.08.10	MS22	74,9	7,95	601

Probenstelle	Entnahme-	Int. Num.	NO3-N	SO4	Cl	NH4-N	Na
	datum		[µeq/l]	(mg/l)	[mg/l]	[µg/l]	[mg/l]
GIG 0m	30.06.10	MS1	2,79	5,91	0,21	13	0,43
GIG3m	30.06.10	MS2	2,50	5,88	0,21	3	0,43
GIG 0m	19.07.10	MS7	1,29	5,88	0,18	6	0,44
GIG 2,5m	19.07.10	MS8	1,29	5,88	0,18	14	0,44
GIG 2,5m Pst.1	23.07.10	MS13	1,86	5,91	0,20	34	0,45
GIG 2,5m Pst.2	22.07.10	MS14	0,86	1,25	0,18	15	0,19
GIG 0m Pst.3	23.07.10	MS15	2,07	6,33	0,35	23	0,55
GIG 0m Pst.4	23.07.10	MS16	1,79	6,22	0,24	21	0,48
O.GIG 0m	27.07.10	MS17	0,71	1,24	0,17	7	0,18
U.GIG 0m	27.07.10	MS18	1,57	5,86	0,20	5	0,44
GIG 2,5m Pst1	01.08.10	MS19	1,79	5,92	0,20	7	0,44
GIG 2,5m Pst.2	01.08.10	MS20	0,43	1,24	0,17	12	0,17
GIG 0m	18.08.10	MS21	0,43	5,86	0,19	2	0,44
GIG 2,5m	18.08.10	MS22	0,43	5,86	0,19	4	0,43

Probenstelle	Entnahme-	Int. Num.	K	Mg	Ca	Ptot	Pdis	DOC	DN	DRSi
	datum		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
GIG 0m	30.06.10	MS1	0,14	2,19	10,65	2,9	1,2	635	83	860
GIG3m	30.06.10	MS2	0,14	2,22	10,71	3,2	1,4	632	80	855
GIG 0m	19.07.10	MS7	0,15	2,17	10,82	5,6	1,9	873	88	629
GIG 2,5m	19.07.10	MS8	0,17	2,18	10,85	5,3	2,2	855	125	630
GIG 2,5m Pst.1	23.07.10	MS13	0,15	2,18	10,87	3,8	2,1	853	86	584
GIG 2,5m Pst.2	22.07.10	MS14	0,12	2,09	4,38	4,9	3,3	1086	100	290
GIG 0m Pst.3	23.07.10	MS15	0,33	2,18	11,17	8,2	3,6	1014	196	605
GIG 0m Pst.4	23.07.10	MS16	0,20	2,25	11,17	4,6	3,9	1020	121	607
O.GIG 0m	27.07.10	MS17	0,12	2,08	4,33	6,4	2,1	262	74	262
U.GIG 0m	27.07.10	MS18	0,15	2,21	10,86	5,5	2,1	561	67	561
GIG 2,5m Pst1	01.08.10	MS19	0,14	2,15	10,67	6,6	2,1	835	80	574
GIG 2,5m Pst.2	01.08.10	MS20	0,11	2,06	4,28	12,5	2,4	996	68	266
GIG 0m	18.08.10	MS21	0,14	2,17	10,68	4,7	2,2	759	50	591
GIG 2,5m	18.08.10	MS22	0,14	2,17	10,70	7,4	1,9	737	50	592

Die Tabelle wurde in drei Einzeltabellen zerlegt, damit sie aufgrund ihrer Größe im Word Platz hat. Alle diese Proben wurden an verschiedenen Tagen an unterschiedlichen Probenstellen genommen. Die Probenstellen (Pst.) sind in der Gewässerkarte in Kapitel 2 eingezeichnet. Jene Proben, die mit GIG und einer Wassertiefe bezeichnet sind, stammen von Probenstelle 1 und jene, die mit O.GIG und einer Tiefenangabe bezeichnet sind von Probenstelle 2. Ansonsten gelten die Zahlen der Probenstelle (z.B.: Pst.3).

## 9.2 Artenliste des Phytoplanktons

### Arten

#### Blualgen

*Aphanocapsa sp.*

#### Dinoflagellaten

*Ceratium hirundinella*

*Gymnodinium sp.*

#### Cryptophyta

*Cryptomonas sp.*

#### Kieselalgen

*Stephanodiscus sp.*

*Nitzschia sp.*

*Fragilaria sp.*

*Cymbella sp.*

*Diatoma sp.*

#### Grünalgen

*Tetraedron sp.*

*Kirchneriella sp.*

*Coelastrum sp.*

*Stauratrum sp.*

*Eutetramorus sp.*

Hier sind alle Algengattungen aufgelistet, die während der Auswertung der quantitativen Proben festgestellt wurden



### 9.3 Artenliste der Zooplankter

Arten	Häufigkeit
*Cephalodella cf. intuta Myers, 1924	1
Conochilus unicornis Rousselet, 1892	5
Filinia terminalis (Plate, 1886)	2
Kellicottia longispina (Kellicott, 1879)	5
Keratella cochlearis (Gosse, 1851)	2
Keratella hiemalis Carlin, 1943	2
*Lecane luna (Müller, 1776)	2
*Monommata sp.	1
Notholca labis Gosse, 1887	2
Polyarthra dolichoptera Idelson, 1925	5
Polyarthra cf. major Burckhardt, 1900	6
Polyarthra remata Skorikov, 1896	6
Synchaeta pectinata Ehrenberg, 1832	4
Cyclops abyssorum taticus (Kozminski, 1927)	4
Bosmina longispina Leydig, 1860	5
Daphnia longispina (Müller, 1776)	3

Häufigkeitsstufe	Anzahl der gefundenen Organismen
1 = Einzelfund	1- 2 Tiere
2 = wenig	3-10 Tiere
3 = wenig bis mittel	11-30 Tiere
4 = mittel	31-60 Tiere
5 = mittel bis viel	61-100 Tiere
6 = viel	101-150 Tiere
7 = massenhaft	über 150 Tiere

Das ist die Artenliste von Mag.Dr. Christian Jersabek und beinhaltet alle Zooplanktonarten, die in unseren Proben gefunden wurden. Zusätzlich wurde eine Häufigkeitsabschätzung durchgeführt. Die Interpretation dazu liefert die beigegefügte Tabelle.

## 9.4 Die Berechnung der quantitativen Proben – Phytoplankton

### 9.4.1 Unterer Giglachsee

pro ml	zentrische Diatomeen	Chrysoflagellaten	Cryptomonas	Aphanocapsa	Eutetramorus
30.06.2010	1192,641656	2043,489666	21,81661565	3308,853374	43,6332313
19.07.2010	2996,148549	1643,518379	101,810873	6275,913102	0
21.07.2010	3767,002302	1214,458271	79,99425738	7584,910041	0
04.08.2010	3032,509575	1716,240431	94,53866782	19504,05439	0
18.08.2010	2443,460953	2218,022591	130,8996939	12573,64282	0

### 9.4.2 Oberer Giglachsee

pro ml	zentrische Diatomeen	Chrysoflagellaten	Cryptomonas	Aphanocapsa	Eutetramorus
04.08.2010	130,8996939	109,0830782	159,9885148	6363,179565	5686,864479
09.08.2010	58,17764173	101,810873	109,0830782	2908,882087	6261,368692
10.08.2010	123,6274887	79,99425738	94,53866782	3381,575426	4450,589593

Die Grafiken zu diesen Tabellen finden sich in Kapitel 6 „Entwicklung des Phytoplanktons“ wieder.

## 9.5 Die Berechnung der quantitativen Proben – Zooplankton

### 9.5.1 Oberer Gighlachsee

	Datum:		
	22.07.2010	26.07.2010	09.08.2010
(ursprüngl ausgezählt):	1/2 Probe	1/4 Probe	1/2 Probe
Daphnia gr.	36	64	196
Daphnia kl.	24	36	78
Bosmina gr.	34	48	14
Bosmina kl.	194	84	48
Copepoden adult	50	100	238
cycl. Copepodite	198	252	102
Nauplien	32	20	20
	1/4 Probe	1/4 Probe	1/4 Probe
Kellicottia	44	188	12
Polyarthra	92	200	40
Asplanchna	4		4

		Datum:		
pro Liter		22.07.2010	26.07.2010	09.08.2010
	Art:	1/2 Probe	1/2 Probe	1/2 Probe
	Daphnia gr.	0,9	1,6	4,9
	Daphnia kl.	0,6	0,9	1,95
	Bosmina gr.	0,85	1,2	0,35
	Bosmina kl.	4,85	2,1	1,2
	Copepoden adult	1,25	2,5	5,95
	cycl. Copepodite	4,95	6,3	2,55
	Nauplien	0,8	0,5	0,5
		1/4 Probe	1/4 Probe	1/4 Probe
	Kellicottia	1,1	4,7	0,3
	Polyarthra	2,3	5	1
	Asplanchna	0,1	0	0,1
	Zwischensumme	3,5	9,7	1,4

### 9.5.2 Unterer Giglachsee

	Datum:				
	19.07.2010	22.07.2010	26.07.2010	02.08.2010	09.08.2010
(ursprüngl ausgezählt):	ganze Probe	ganze Probe	1/2 Probe	1/4 Probe	1/6 Probe
Daphnia gr.		8	118		12
Daphnia kl.	2	5	76		12
Bosmina gr.	2	39	10	76	228
Bosmina kl.	14	77	76	232	504
Copepoden adult	19	14	36	48	78
cycl. Copepodite	4	55	536	28	54
Nauplien	6	24	26		12
	1/2 Probe	1/2 Probe	1/2 Probe	1/4 Probe	1/6 Probe
Kellicottia	130	428	590	224	612
Polyarthra	90	387		76	96
Asplanchna	10	14			6

pro Liter	19.07.2010	22.07.2010	26.07.2010	02.08.2010	09.08.2010
	0	0,1	1,475	0	0,15
	0,025	0,0625	0,95	0	0,15
	0,025	0,4875	0,125	0,95	2,85
	0,175	0,9625	0,95	2,9	6,3
	0,2375	0,175	0,45	0,6	0,975
	0,05	0,6875	6,7	0,35	0,675
	0,075	0,3	0,325	0	0,15
	1,625	5,35	7,375	2,8	7,65
	1,125	4,8375	0	0,95	1,2
	0,125	0,175	0	0	0,075
Zw.Summe	2,875	10,3625	7,375	3,75	8,925

Die passende Grafik zu dieser Berechnung und die Interpretation dazu findet sich im Kapitel 6 „Entwicklung des Zooplanktons“.

## 9.6 Die Wetterdaten während der Untersuchungen

Wetterdaten - Eigenaufzeichnungen	
30.06.2010	bewölkt und warm, windig und immer wieder kurze Regenschauer
19.07.2010	sehr warm, teilweise starker Wind, kein Niederschlag
21.07.2010	sehr warm, teilweise starker Wind, kein Niederschlag
04.08.2010	kühl und neblig am Vormittag, dann lockerte es auf und wurde wärmer, Tagesmittel 18°C, 1mm Niederschlag
18.08.2010	kühl, neblig und windig, wenig Niederschlag



Counting  
protocol[illegible]

Counting  
protocol[illegible]



Counting  
protocol[illegible]

## Zählprotokoll

UGip 18.7.2010

40 counting grids

Zentisule Diatomeen: 7, 11, 13, 10, 10, 9, 13, 11, 15, 10, 6, 7, 8, 17, 16, 10, 6, 13, 5, 14, 4, 8,  
 9, 11, 5, 8, 17, 11, 14, 9, 13, 6, 9, 11, 12, 9, 13, 8, 13

Chrysophyellabur: 7, 10, 5, 9, 13, 5, 10, 7, 9, 6, 6, 4, 8, 4, 1, 4, 6, 1, 2, 9, 8, 1, 3, 10, 11,  
 6, 5, 5, 4, 6, 4, 4, 6, 1, 4, 10, 7, 3, 2

Gyptomanes: 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Gymnodinium: 1,

Nitzschia: 2, 1, 3, 4, 2, 2, 2, 3, 3, 1, 1, 6, 1, 2, 2, 1, 3, 1, 1, 1, 2, 3, 2, 4, 3, 5, 2, 2

Ciliata: 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Heliosolen:

Nitzschia: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 1, 1, 1

Tetradron: 1, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1, 1, 1, 3, 2, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2

Eutimaenorm: 30, 7, 30, 5, 11,

Aphano-coryna: 60, 30, 25, 40, 5, 400, 30, 70, 100,

Zählung: |||| |||| |||| |||| |||| |||| |||| |||| ||||

UGip: 21.7.

40 counting pairs

Zurückste Dischmeen: 9, 7, 17, 16, 13, 16, 15, 12, 16, 13, 11, 10, 8, 10, 10, 2, 7, 16,  
15, 10, 12, 16, 15, 13, 16, 14, 14, 8, 11, 7, 10, 13, 8, 15, 12, 10, 17, 11, 7, 14,

Chrysophell: 4, 16, 2, 4, 5, 8, 2, 1, 4, 5, 5, 6, 7, 4, 6, 3, 7, 4, 8, 7, 6, 5, 3, 5, 4, 2,  
6, 2, 8, 3, 5, 4, 3, 4, 3, 1

Cryptomenos: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Gymnosodium: 1

Calixten: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 2

Heliospen:

Aphanscopel: 20, 20, 100, 300, 70, 50, 100,

Eukhromos: 150, 5, 9, 12, 18, 13, 30+60, 15, 70,

Kiribniella: 2, 1, 3, 1, 1, 1, 1, 3, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 1

Telwechon: 1, 1, 1, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 1, 1, 2, 4, 1, 2, 3,

Nikoshia: 3, 1, 1, 2, 2, 3, 5, 2, 6, 1, 5, 8, 1, 1, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 6, 4, 1, 2, 1, 3.

Zählung: 

Counting  
protocol[illegible]

### Counting protocol

[illegible]

### Counting protocol

[illegible]

### Counting protocol

[illegible]

## 10.0 Literaturverzeichnis

### 10.1 Texte

#### 10.1.1 Aufgabenstellung

- <http://www.cleanenergy-project.de/11228/> - 8.1.2011
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Krill> - 3.1.2011
- <http://www.nature.com/nature/journal/v466/n7306/full/nature09268.html> -27.4.2011
- <http://www.heise.de/bin/tp/issue/r4/dl-artikel2.cgi?artikelNr=20302&mode=html&zeilenlaenge=72> - 3.1.2011
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Eutrophierung> - 3.1.2011
- Fische-Krebse-Muschel in heimischen Seen und Flüssen, Wolfgang Hauer, Verlag: Leopold Stocker
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Verbutterung> - 5.1.2011

#### 10.1.2 Systematischer Überblick über die Organismen

- Das Leben im Wassertropfen, Streble und Krauter, Verlag: Kosmos
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%A4ne\\_\(Biologie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%A4ne_(Biologie)) – 26.12.2010
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Ribosomale\\_RNA](http://de.wikipedia.org/wiki/Ribosomale_RNA) - 26.12.2010
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Archaeen> - 26.12.2010
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoproteus> - 28.12.2010
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Bacteria> - 29.12.2010
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Bakterien> -28.12.2010
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Abwasserpilz> - 28.12.2010
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas\\_aeruginosa](http://de.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_aeruginosa) - 28.12.2010
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Blualgen> - 26.12.2010



- <http://de.wikipedia.org/wiki/Eukaryoten> - 27.12.2010
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Chromosomen> - 27.12.2010
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Reich\\_\(Biologie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Reich_(Biologie)) - 29.12.2010
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Konidien> - 28.12.2010
- [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/Agatha\\_Alge\\_de/\\_ssss\\_Vermehrung\\_5vr.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/Agatha_Alge_de/_ssss_Vermehrung_5vr.html) - 28.12.2010
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Alge> - 28.12.2010

### 10.1.3 Plankton und Umwelt

- Ulrich Sommer: Planktologie, Verlag: Springer

### 10.1.4 Daten und Fakten der Giglachseen

- [http://de.wikipedia.org/wiki/Niedere\\_Tauern#Geologie\\_und\\_Entstehung](http://de.wikipedia.org/wiki/Niedere_Tauern#Geologie_und_Entstehung) -26.2.2011
- <http://www.wissenswertes.at/index.php?id=giglachseen> -26.2.2011
- Eigene Messungen

### 10.1.5 Auswirkungen des Menschen auf das Plankton

Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos

- <http://www.marchettigasse.at/altedonau/eutrophierung.htm> - 8.1.2011
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Trophiesystem> -8.1.2011
- <http://www.lutter-leben.de/html/saprobienindex.html> - 14.2.2011
- <http://www.fischereiverein-friesoythe.de/gewaesserguete/saprobien.html> - 14.2.2011
- <ftp://ftp.gwdg.de/pub/mpil-schlitz/Wagner/limnologie/Wasserqualit%E4t%20und%20Gew%E4sserqualit%E4t.pdf> -2.5.2011
- [http://www.cercleau.ch/docs/Trophische\\_Kriterien\\_Seen\\_Kleinseen\\_B\\_Kaenel.pdf](http://www.cercleau.ch/docs/Trophische_Kriterien_Seen_Kleinseen_B_Kaenel.pdf) - 10.3.2011
- <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/20/20376/1.html> -10.3.2011
- <http://www.kieselalgen.com/Tabelle8.htm> -16.4.2011
- [http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete\\_chemie.html](http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete_chemie.html) -10.3.2011
- [http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=DE\\_NEWS&ACTION=D&DOC=18&CAT=NEWS&QUERY=0124f70ac3cb:84c4:292059f8&RCN=31381](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=DE_NEWS&ACTION=D&DOC=18&CAT=NEWS&QUERY=0124f70ac3cb:84c4:292059f8&RCN=31381) -21.4.2011

- [http://www.mare-mundi.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=148:problemkreis-eutrophierung&catid=20:ologische-situation&Itemid=62](http://www.mare-mundi.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=148:problemkreis-eutrophierung&catid=20:ologische-situation&Itemid=62) -11.3.2011
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Goldalgen> -27.4.2011
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Cryptomonas> -27.4.2011

### 10.1.6 Auftreten und Verschwinden von Planktern

- <http://www.dr-ralf-wagner.de/Raedertiere.html> - 12.2.2011
- Das Leben im Wassertropfen, Krauter und Streble, Kosmos
- <http://www.cst.cmich.edu/users/mcnau1as/zooplankton%20web/filinia-zooplankton-taxon-web/filiniaterminalis.htm> - 12.2.2011
- <http://www.cladocera.de/rotifera/taxonomy/kel.html> - 13.2.2011
- <http://www.cst.cmich.edu/users/mcnau1as/zooplankton%20web/keratella/ker.html> -13.2.2011
- <http://www.hydro-kosmos.de/jahresz/herbst/hm7.htm> - 13.2.2011
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Cryptomonas> -23.03.2011
- Kosmos Algenführer, Linne von Berg und Melkonian, Verlag Kosmos
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Gymnodinium> -23.3.2011
- Diplomarbeit Rainer Kurmayer, „Über den Einfluss von Jungfischen auf das Phytoplankton“, Kapitel 4.3 Arten; *Ceratium hirundinella* (O.F. MÜLLER) DUJARDIN 1841 (Tafel VII)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Nitzschia> -26.3. 2011
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Cymbella> 26.3.2011
- Diplomarbeit Rainer Kurmayer, „Über den Einfluss von Jungfischen auf das Phytoplankton“, Kapitel 4.3 Arten, *Tetraedron minimum* (A. BR.) HANSG. 1888 (Tafel XIV)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Coelastrum> -26.3.2011
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Staurastrum> -26.3.2011
- Diplomarbeit Rainer Kurmayer, „Über den Einfluss von Jungfischen auf das Phytoplankton“, Kapitel 4.3 Arten, *Eutetramorus sp.* WALTON 1918 (Tafel X)
- Arnold Nauwerck: Aquatic Sciences 28.1.1966 – Phytoplankton
- R. Lenzenweger (Dissertation): Desmidiaceenflora des Lunzer Obersees

## 10.2 Bilder

### 10.2.1 Aufgabenstellung

Abbildung1: Eigenes Foto - Gimpl

Abbildung2:

<http://ursprungalm.files.wordpress.com/2009/11/austria-graz-110.jpg> - 8.1.2011

### 10.2.2 Methodik und Vorgehensweise

Abbildung1:

[www.salzburg.gv.at/landkarten](http://www.salzburg.gv.at/landkarten) -17.1.2011

Abbildung2: Eigenes Bild – Gimpl

Abbildung3:

[www.salzburg.gv.at/landkarten](http://www.salzburg.gv.at/landkarten) -17.1.2011

### 10.2.3 Systematischer Überblick über die Organismen

Abbildung1:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phylogenetic\\_tree\\_scientific\\_names.svg?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phylogenetic_tree_scientific_names.svg?uselang=de) – 28.12.2010

Abbildung2:

[http://www.google.at/imgres?imgurl=http://cmore.soest.hawaii.edu/education/kidskorner/images/Methanococcus\\_jannischii\\_UCBerkely\\_800px.jpg&imgrefurl=http://cmore.soest.hawaii.edu/education/kidskorner/ger\\_quiz/ger\\_ur\\_Methanococcus.htm&usq=XWwADOdWifsg23PoHkwTu-JBW4=&h=800&w=800&sz=376&hl=de&start=0&zoom=1&tbnid=qSE7Jmy47WoS1M:&tbnh=114&tbnw=114&prev=/images%3Fq%3Dmethanococcus%26um%3D1%26hl%3Dde%26biw%3D1259%26bih%3D503%26tbs%3Disch:1&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=400&vpy=176&dur=1435&hovh=225&hovw=225&tx=135&ty=167&ei=mxoaTaihOoGh8QPZwZSGBw&oei=mxoaTaihOoGh8QPZwZSGBw&esq=1&page=1&ndsp=21&ved=1t:429,r:9,s:0](http://www.google.at/imgres?imgurl=http://cmore.soest.hawaii.edu/education/kidskorner/images/Methanococcus_jannischii_UCBerkely_800px.jpg&imgrefurl=http://cmore.soest.hawaii.edu/education/kidskorner/ger_quiz/ger_ur_Methanococcus.htm&usq=XWwADOdWifsg23PoHkwTu-JBW4=&h=800&w=800&sz=376&hl=de&start=0&zoom=1&tbnid=qSE7Jmy47WoS1M:&tbnh=114&tbnw=114&prev=/images%3Fq%3Dmethanococcus%26um%3D1%26hl%3Dde%26biw%3D1259%26bih%3D503%26tbs%3Disch:1&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=400&vpy=176&dur=1435&hovh=225&hovw=225&tx=135&ty=167&ei=mxoaTaihOoGh8QPZwZSGBw&oei=mxoaTaihOoGh8QPZwZSGBw&esq=1&page=1&ndsp=21&ved=1t:429,r:9,s:0) - 28.12.2010

Abbildung3:

[http://www.google.at/imgres?imgurl=http://www.biologie.uni-regensburg.de/Mikrobio/Thomm/Bilder/bilder/thermoproteus.jpg&imgrefurl=http://www.biologie.uni-regensburg.de/Mikrobio/Thomm/Bilder/thermoproteus.html&usq=OnuV\\_QNttTmLhPWf4Yuzi8VCtao=&h](http://www.google.at/imgres?imgurl=http://www.biologie.uni-regensburg.de/Mikrobio/Thomm/Bilder/bilder/thermoproteus.jpg&imgrefurl=http://www.biologie.uni-regensburg.de/Mikrobio/Thomm/Bilder/thermoproteus.html&usq=OnuV_QNttTmLhPWf4Yuzi8VCtao=&h)

[=315&w=498&sz=29&hl=de&start=0&zoom=1&tbnid=tJKXCWimalEivM:&tbnh=92&tbnw=146&prev=/images%3Fq%3Dthermoproteus%26um%3D1%26hl%3Dde%26sa%3DN%26biw%3D1259%26bih%3D503%26tbs%3Disch:1&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=98&vpy=73&dur=6496&hovh=178&hovw=282&tx=149&ty=121&ei=gBwaTeTuFtL-4AaCyaGGAg&oei=dBwaTYnJMIio8QP4MD-Bg&esq=4&page=1&ndsp=21&ved=1t:429,r:0,s:0](http://www.google.at/imgres?imgurl=http://www.membranetransport.org/media/organism/nsp_1.jpg&imgrefurl=http://www.membranetransport.org/transporter2.php%3FoOID%3Dnsp_1&usg=__95kKTp5ne0F8P10qD6vhKpl6g6U=&h=228&w=200&sz=9&hl=de&start=0&zoom=1&tbnid=hdSFFzW8be5ZkM:&tbnh=121&tbnw=106&prev=/images%3Fq%3Dnostoc%2Bsp%26um%3D1%26hl%3Dde%26biw%3D1259%26bih%3D503%26tbs%3Disch:1&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=529&vpy=75&dur=8220&hovh=182&hovw=160&tx=85&ty=143&ei=NCQbTfrVEIL3sgaQ9bXeDA&oei=NCQbTfrVEIL3sgaQ9bXeDA&esq=1&page=1&ndsp=21&ved=1t:429,r:3,s:0) - 28.12.2010

Abbildung4:

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pseudomonas.jpg&filetimestamp=20080531062431> -

28.12.2010

Abbildung5:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Abwasserpilz> - 28.12.2010

Abbildung6:

[http://www.google.at/imgres?imgurl=http://www.membranetransport.org/media/organism/nsp\\_1.jpg&imgrefurl=http://www.membranetransport.org/transporter2.php%3FoOID%3Dnsp\\_1&usg=\\_\\_95kKTp5ne0F8P10qD6vhKpl6g6U=&h=228&w=200&sz=9&hl=de&start=0&zoom=1&tbnid=hdSFFzW8be5ZkM:&tbnh=121&tbnw=106&prev=/images%3Fq%3Dnostoc%2Bsp%26um%3D1%26hl%3Dde%26biw%3D1259%26bih%3D503%26tbs%3Disch:1&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=529&vpy=75&dur=8220&hovh=182&hovw=160&tx=85&ty=143&ei=NCQbTfrVEIL3sgaQ9bXeDA&oei=NCQbTfrVEIL3sgaQ9bXeDA&esq=1&page=1&ndsp=21&ved=1t:429,r:3,s:0](http://www.google.at/imgres?imgurl=http://www.membranetransport.org/media/organism/nsp_1.jpg&imgrefurl=http://www.membranetransport.org/transporter2.php%3FoOID%3Dnsp_1&usg=__95kKTp5ne0F8P10qD6vhKpl6g6U=&h=228&w=200&sz=9&hl=de&start=0&zoom=1&tbnid=hdSFFzW8be5ZkM:&tbnh=121&tbnw=106&prev=/images%3Fq%3Dnostoc%2Bsp%26um%3D1%26hl%3Dde%26biw%3D1259%26bih%3D503%26tbs%3Disch:1&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=529&vpy=75&dur=8220&hovh=182&hovw=160&tx=85&ty=143&ei=NCQbTfrVEIL3sgaQ9bXeDA&oei=NCQbTfrVEIL3sgaQ9bXeDA&esq=1&page=1&ndsp=21&ved=1t:429,r:3,s:0) - 29.12.2010

Abbildung7:

[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Anabaena\\_sp.jpeg&filetimestamp=20100208215917](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Anabaena_sp.jpeg&filetimestamp=20100208215917) -

29.12.2010

Abbildung8:

[http://www.tmg-tuebingen.de/docs/Projekte/Mikro-Lebewesen/images/Gelbalgen\\_01.jpg](http://www.tmg-tuebingen.de/docs/Projekte/Mikro-Lebewesen/images/Gelbalgen_01.jpg) - 29.12.2010

Abbildung9:

[http://www.google.at/imgres?imgurl=http://www.wissenschaft-online.de/sixcms/media.php/373/thumbnails/Diatomee2.jpg.397142.jpg&imgrefurl=http://www.wissenschaft-online.de/artikel/905713&usg=\\_\\_Vzyx68\\_ULqmnAo0YkUFEa1\\_cqMM=&h=280&w=319&sz=20&hl=de&start=31&zoom=1&tbnid=gVO10N9QJ43NXM:&tbnh=160&tbnw=182&prev=/images%3Fq%3Dkieselalgen%26um%3D1%26hl%3Dde%26sa%3DN%26biw%3D1259%26bih%3D503%26tbs%3Disch:10%2C1014&um=1&itbs](http://www.google.at/imgres?imgurl=http://www.wissenschaft-online.de/sixcms/media.php/373/thumbnails/Diatomee2.jpg.397142.jpg&imgrefurl=http://www.wissenschaft-online.de/artikel/905713&usg=__Vzyx68_ULqmnAo0YkUFEa1_cqMM=&h=280&w=319&sz=20&hl=de&start=31&zoom=1&tbnid=gVO10N9QJ43NXM:&tbnh=160&tbnw=182&prev=/images%3Fq%3Dkieselalgen%26um%3D1%26hl%3Dde%26sa%3DN%26biw%3D1259%26bih%3D503%26tbs%3Disch:10%2C1014&um=1&itbs)

[=1&ei=pending&biw=1259&bih=503&iact=rc&dur=140&oei=uEkbTaWhK4Gh8QPZwZSGBw&esq=6&page=3&ndsp=10&ved=1t:429,r:8,s:31&tx=108&ty=68](#) - 29.12.2010

Abbildung10:

[http://www.dr-ralf-wagner.de/Bilder/Euglena\\_gracilis.jpg](http://www.dr-ralf-wagner.de/Bilder/Euglena_gracilis.jpg) - 29.12.2010

Abbildung11:

[http://www.dr-ralf-wagner.de/Bilder/Ceratium\\_hirundinella-200x.jpg](http://www.dr-ralf-wagner.de/Bilder/Ceratium_hirundinella-200x.jpg) - 29.12.2010

Abbildungen12, 13 und14:

<http://www.lanuv.nrw.de/wasser/oberflaechengewaesser/gewaesserguete/gruenalgen.htm> - 29.12.2010

## 10.2.4 Plankton und Umwelt

Abbildung1:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bd/Stoffkreislauf.svg/783px-Stoffkreislauf.svg.png> - 20.3.2011

## 10.2.5 Daten und Fakten der Giglachseen

Abbildung1:Eigenes Foto - Gimpl

Abbildung2:

[http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Pferde\\_am\\_Unteren\\_Giglachsee.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Pferde_am_Unteren_Giglachsee.jpg) - 26.2.2011

Abbildung3, 4, 5, 6, 7 und 8: Eigene Fotos

## 10.2.6 Auswirkungen des Menschen auf das Plankton

Abbildung1:

[http://www.aquamax.de/Shop/Artikelbilder/Zusatzbilder/Algen%20im%20Gartenteich\\_Algenkiller\\_STUG\\_Schwebealgen1.jpg](http://www.aquamax.de/Shop/Artikelbilder/Zusatzbilder/Algen%20im%20Gartenteich_Algenkiller_STUG_Schwebealgen1.jpg) - 17.2.2011

Abbildung2:

[http://p4.focus.de/img/gen/q/i/HBqike7p\\_Pxgen\\_r\\_1100xA.jpg](http://p4.focus.de/img/gen/q/i/HBqike7p_Pxgen_r_1100xA.jpg) -17.2.2011

Abbildung3:

<http://www.seilnacht.com/Lexikon/nahrk2.gif> -17.2.2011

Abbildung4: Selbst erstellte Tabelle - Gimpl

Abbildung5:

<http://www.bmlfuw.gv.at/article/articleview/20145/1/5735> -17.4.2011

Abbildung6:

<http://www.badegewaesser.rlp.de/servlet/is/1444/TabWasserbeschaff.gif> -17.2.2011

Abbildung7: Selbst erstellte Grafik - Gimpl

Abbildung8: Selbst erstellte Grafik - Gimpl

Abbildungen9:

<http://de.academic.ru/pictures/dewiki/65/Ammonium-nitrate-2D.png> -11.3.2011

Abbildung10:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/70/Phosphat-Ion.svg/150px-Phosphat-Ion.svg.png> -11.3.2011

Abbildung11:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0d/Hydrogenphosphat-Ion.svg/126px-Hydrogenphosphat-Ion.svg.png> -11.3.2011

Abbildung12: Selbst erstellte Tabelle - Gimpl

Abbildungen13, 14, 15 und 16: Selbst erstellte Grafiken – Gimpl und Schindlegger

## 10.2.7 Auftreten und Verschwinden von Planktern

Abbildung1:

<http://www.plingfactory.de/Science/Atlas/KennkartenTiere/Rotifers/Conochilidae/im/Conochilus-unicornis7490.jpg> - 17.2.2011

Abbildung2:

[http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/Protifera/GFilinia/filinia\\_terminalis/filiniaterminalis2large.jpg](http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/Protifera/GFilinia/filinia_terminalis/filiniaterminalis2large.jpg)  
- 22.1.2011

Abbildung3:

[http://www.google.at/imgres?imgurl=http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/PRotifera/GKeratella/keratella\\_cochlearis/keratellacochlearis1large.jpg&imgrefurl=http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/PRotifera/GKeratella/keratella\\_cochlearis/keratellacochlearis.html&h=360&w=360&sz=31&tbnid=EB5hssLo7MlejM:&tbnh=121&tbnw=121&prev=/images%3Fq%3DKeratella%2Bcochlearis&zoom=1&q=Keratella+cochlearis&hl=de&usq=fQs50hz1pxncHpx9A1Ve0X7CRRl=&sa=X&ei=EBIkTcP6F4HFtAaJmZm2CA&ved=0CDgQ9QEwBg](http://www.google.at/imgres?imgurl=http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/PRotifera/GKeratella/keratella_cochlearis/keratellacochlearis1large.jpg&imgrefurl=http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/PRotifera/GKeratella/keratella_cochlearis/keratellacochlearis.html&h=360&w=360&sz=31&tbnid=EB5hssLo7MlejM:&tbnh=121&tbnw=121&prev=/images%3Fq%3DKeratella%2Bcochlearis&zoom=1&q=Keratella+cochlearis&hl=de&usq=fQs50hz1pxncHpx9A1Ve0X7CRRl=&sa=X&ei=EBIkTcP6F4HFtAaJmZm2CA&ved=0CDgQ9QEwBg) - 22.2.2011

Abbildung4:

<http://www.plingfactory.de/Science/Atlas/KennkartenTiere/Rotifers/source/Lecane%20luna.html> - 22.2.2011

Abbildung5:

[http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Multicell/Rotifera/Notommatidae/Rotifer\\_10g.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Multicell/Rotifera/Notommatidae/Rotifer_10g.html) - 5.3.2011

Abbildung6:

[http://cfb.unh.edu/cfbkey/html/Organisms/PRotifera/GNotholca/notholca\\_labis/notholcalabis.html](http://cfb.unh.edu/cfbkey/html/Organisms/PRotifera/GNotholca/notholca_labis/notholcalabis.html) - 5.3.2011

Abbildung7:

<http://www.lanuv.nrw.de/gifs/image014.gif> - 10.5.2011

Abbildung8:

<http://www.oocities.org/supersonicrunner/zooimages/cladocera.jpg> - 10.5.2011

Abbildung9:

<http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Chlorophyta/Tetraedron/Tetraedron.jpg> - 10.5.2011

Abbildung10:

<http://botany.natur.cuni.cz/algo/praktika/17/Kirchneriella.jpg> - 10.5.2011

Abbildung11:

[http://www.keweenawalgae.mtu.edu/ALGAL\\_IMAGES/cyanobacteria/Aphanocapsa\\_jason5\\_db11\\_4016.jpg](http://www.keweenawalgae.mtu.edu/ALGAL_IMAGES/cyanobacteria/Aphanocapsa_jason5_db11_4016.jpg) - 10.5.2011

### 10.2.8 Fotodatenbank der Plankter der Gíglachseen

Alle 16 Abbildungen sind eigene Fotos, die am Institut für Limnologie in Mondsee hergestellt wurden.