

Biodiversitätsstudie in alpinen Seen der Niederen Tauern

Forschungsprojekt „DETECTIVE“, Decadal Detection of Biodiversity in Alpine Lakes

Institut für Limnologie, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Mondseestrasse 9,

5310 Mondsee, <http://www.oeaw.ac.at/limno> und

<http://www.oeaw.ac.at/limno/projects/detective.html>

Projektleitung: Doz. Dr. Rainer Kurmayer

Dissertation: Dipl. Biologe Stephan Blank

Kontakt: Dr. Sabine Wanzenböck

Leben im alpinen Raum bedeutet extremen klimatischen Bedingungen beikommen zu können. Häufige und schnelle Wetterwechsel verbunden mit außergewöhnlich hohen Temperaturschwankungen, erfordern spezielle Anpassungen - nicht nur von den mit den bloßen Augen erkennbaren Tiere und Pflanzen, sondern auch von den Kleinstlebewesen, die nur mit einem Mikroskop sichtbar sind. Dies gilt insbesondere für aquatische Mikroorganismen in Seen, die von den physikalischen und chemischen Eigenschaften des, sie umgebenden, Wassers abhängig sind. Die Beschaffenheit der flüssigen Umwelt kann durch eine Änderung der klimatischen Bedingungen leicht verändert werden. Die in einem alpinen See vorherrschende Lebensgemeinschaft reagiert in einem sehr kurzen Zeitraum auf solche Veränderungen. Durch den Anstieg der Lufttemperatur, angetrieben von der globalen Erwärmung, wird es für Organismen, die an das in größeren Höhen herrschende arktische Klima angepasst sind, zu warm. Sie werden weniger und sterben womöglich aus. Im Gegensatz dazu nimmt die Anzahl der Organismen mit einer Temperaturtoleranz im wärmeren Bereich zu. Durch die hohe Sensitivität eignet sich der Lebensraum See sehr gut als Anzeiger (Indikator) des Klimawandels.

Dass ein klimatischer Wandel stattfindet ist allseits und auch international anerkannt. Klima ist jedoch ein Begriff, der nicht leicht mit einem jährlichen Wetterumschwung gleichgesetzt werden kann. Denn das Klima beschreibt einen viel längeren Zeitraum, d.h. es kann am besten über Jahrzehnte charakterisiert werden. Wenn in einem Sommer ein Gletscherausläufer bereits in einer viel größeren Höhe als im Vorjahr geschmolzen ist, so sagt dies zunächst kaum etwas darüber aus, wie es in den nächsten zehn oder zwanzig Jahren sein wird. Auch können spezielle Änderungen von Standortfaktoren innerhalb dieser Region zu einer klimatischen Erwärmung geführt haben. Dennoch wurde für die Zukunft eine globale Erwärmung um durchschnittlich 0,2°C pro Jahrzehnt vorhergesagt. Daraus folgt, dass bis zum Ende des 21. Jahrhunderts die minimale Temperatur im alpinen Raum um einige Grad Celsius ansteigen wird.

Tabelle 1: Eigenschaften der untersuchten alpinen Seen. Alle Werte außer der Temperatur von August 2011 wurden aus den Werten an der Oberfläche und in 3m Tiefe gemittelt. Alk = Menge alkalischer Ionen (Säurebindungsvermögen). TIN = Menge gesamter anorganischer Stickstoff; P_{tot} = Menge gesamter Phosphor; DOC = gelöster organischer Kohlenstoff.

See	Höhe (m ü. NN)	Max. Tiefe (m)	Fläche (ha)	pH	Alk ($\mu\text{eq/l}$)	Ca ²⁺ ($\mu\text{eq/l}$)	TIN ($\mu\text{eq/l}$)	P _{tot} ($\mu\text{g/l}$)	DOC ($\mu\text{g/l}$)	T _{Aug10} (°C)
Twenger Almsee	2118	33,6	3,11	7,4	544	449,08	0,14	3,5	615	11,1
Oberer Landschitzsee	2067	13,6	8,8	6,5	72	102,84	4,79	2,4	691	11,8
Unterer Giglachsee	1922	18,0	16,8	7,2	601	553,54	1,21	4,5	845	9,6
Moaralmsee	1825	5,9	2,13	7,0	196	230,59	14,43	3,8	456	8,1
Wirpitschsee	1699	6,2	k. a.	7,3	760	720,48	11,93	2,6	515	11,0

Im Projekt DETECTIVE (DEcadal deTECTION of biodIVERSity in alpine lakes) werden:

- 1) Veränderungen im Auftreten bestimmter Gruppen von Mikroorganismen über ein Intervall der letzten 10 Jahre in diesen fünf Seen bezüglich der Wassertemperatur analysiert. Zudem wurden ähnliche Untersuchungen hinsichtlich der Wassertemperatur bereits vor 10 Jahren angestellt, wodurch Vergleiche möglich werden,
- 2) einzelne Gruppen von Mikroorganismen, die in den Sedimenten überdauern, als Indikatoren für Veränderungen innerhalb der letzten Dekade herangezogen,
- 3) Mikroorganismen ohne Dauerstadien mit empfindlichen, molekularbiologischen Techniken erfasst und ihr Vorkommen mit den vorherrschenden physikalisch und chemischen Bedingungen verglichen (siehe Tabelle 1). Der Untersuchungsrahmen bezieht sich auf einen Zeitraum von drei Jahren (2009 – 2012). Außerdem wird erforscht, welche Organismengruppen auf Änderungen des Wetters im Jahreszyklus reagieren und auf welche Weise dies geschieht.

Die Ergebnisse aus dem Punkt 1) werden dann mit Daten aus dem vorhergehenden Jahrzehnt verglichen und die Veränderungen in der Gemeinschaft überprüft. Daraus werden zukünftige Szenarios ermittelt, die einen möglichen Ausblick auf das Auftreten von Mikroorganismen und letztlich die Veränderung der Wasserqualität ermöglichen.

Wichtige Parameter bei der Erforschung von Plankton sind unter anderem der Temperaturverlauf, die Dauer der Eisbedeckung und andere physikalische und chemische Faktoren (ein Teil davon ist Tabelle 1 zu entnehmen). Hierzu zählt beispielsweise der Phosphorgehalt, der vor allem als Nährstoff für das Algenwachstum von Bedeutung ist. Ein anderer Faktor ist der gelöste organische Kohlenstoff (DOC). Dieser fördert insbesondere das Wachstum von heterotrophen Bakterien. Dieser wird von, in Ufernähe wachsenden, Pflanzen eingetragen. Zusätzlich wird DOC durch Algen gebildet. Diese autotrophen

Organismen nutzen Sonnenenergie, um CO₂ in DOC umzuwandeln, der zu einem beträchtlichen Teil auf verschiedene Weisen an die heterotrophen Bakterien abgegeben wird. Bakterien und Algen sind wiederum die Beute von größerem Zooplankton, das überwiegend auf dem Seegrund vorkommt.

Die größte Ansammlung an Algen ist im Sommer jedoch nicht, wie vielleicht vermutet wird, direkt an der Oberfläche eines Sees vorzufinden. Denn dort sind die Lichtverhältnisse durch das ultraviolette Licht (UV) relativ ungünstig und das Wasser warm. Durch die so genannte Dichteanomalie des Wassers (die maximale Dichte liegt nicht am Gefrierpunkt, sondern bei 3,95°C) ist kälteres Wasser schwerer und sinkt zu Boden. Bei tieferen Seen (etwa größer als 10m) entsteht auf diese Weise eine Schichtung. Die obere, wärmere Schicht (Epilimnion) wird durch Wind durchmischt. Diese Durchmischung reicht jedoch nur bis zu einer gewissen Tiefe, wo das Epilimnion auf die untere Schicht, dem Hypolimnion, trifft. Die Trägheit der unteren Schicht hält anorganische Nährstoffe weitestgehend zurück. Daher sind diese in der oberen Schicht bald aufgebraucht, wodurch das Algenwachstum beschränkt wird. Nur an der Grenze ist die Konzentration der anorganischen Nährstoffe erhöht. Hier findet das größte Algenwachstum bei gerade noch ausreichenden Lichtverhältnissen statt.

Das erhöhte Wachstum an der Grenzschicht (Metalimnion) ist am Beispiel des Twenger Almsees sehr gut zu erkennen (siehe Abbildung 1). In einer Tiefe zwischen 22 und 25 Meter ist der Chlorophyll-Gehalt wesentlich höher. Chlorophyll ist für alle Algen und Pflanzen ein wichtiges Pigment, um Photosynthese betreiben zu können. Mit Hilfe dieses Stoffes wird die Energie der Sonne eingefangen und gespeichert. So steht der Chlorophyll-Gehalt in etwa für die Menge an Algen bei dieser Seetiefe.

Bei ausreichendem Nährstoffangebot ist das Wachstum der Population von Mikroorganismen alpiner Seen desto größer, je länger der Zeitraum zwischen der Eisbedeckung (= Vegetationszeit) andauert. Diese ist aus der kontinuierlichen Messung der Wassertemperatur leicht abzulesen (siehe Abbildungen 2 und 3). Oft kommt es unmittelbar vor der Ausbildung der Eisschicht zu einer deutlichen Reduktion der Wassertemperatur auf <1°C. Erst wenn sich die Eisschicht ausgebildet hat, steigt die Wassertemperatur wieder an und bleibt dann ziemlich konstant bei < 4°C. Das Schmelzen der Eisschicht leitet die Vegetationsperiode ein, was am Anstieg der Temperatur auf über 4°C zu erkennen ist.

Für gewöhnlich hält die Vegetationsperiode in niederen Lagen länger an als in höheren. Besondere Gegebenheiten können jedoch zu einer übermäßigen Abkühlung oder einer solchen Erwärmung führen. Beispielsweise, wenn große Schneefelder im Einzugsgebiet vorliegen und diese lange in die Wärmeperiode hinein überdauern. Das Schmelzwasser fließt, eventuell auch unterirdisch, in den See und verringert auf diese Weise die durchschnittliche Wassertemperatur. Zum Beispiel liegt die durchschnittliche Wassertemperatur während der Wärmeperiode des auf 1825m (ü. N.N.) gelegenen Moaralmsees deutlich unter 10°C (siehe Abbildung 2). Bei der Betrachtung der Wassertemperatur des um ungefähr 100m höher gelegenen Unteren Giglachsees fällt jedoch deutlich auf, dass die Temperaturwerte wesentlich höher liegen und nur selten unter 10°C fallen.

Dem genauen Betrachter könnte bei dem Verlauf des Graphen für den Moaralmsee jedoch noch ein weiterer Hinweis auf den Einfluss der Schneefelder aufgefallen sein. Während die

Wassertemperatur des Unteren Gliglachsees zu Beginn der Wärmeperiode recht sprunghaft ansteigt und innerhalb von etwa 4 bis 6 Wochen bereits Spitzenwerte erreicht (wie auch beim Verlauf einiger anderer Seen), steigt die Wassertemperatur des Moaralmsees nur sehr langsam an. Erste Höchstwerte werden in beiden dargestellten Jahresverläufen (1998/99 und 2010/11) erst nach 8 bis 10 Wochen erreicht.

Im Rahmen des Forschungsprojekts arbeiteten im Jahr 2010 und 2011 vier SchülerInnen der Höheren land- und forstwirtschaftlichen Fachschule in Ursprung (Salzburg) am Oberen und Unteren Gliglachsee mit. Die SchülerInnen untersuchten das Plankton und das Benthos (im Seesediment lebende Organismen) der beiden Seen. Nach der vierwöchigen Freilandarbeit, mit Probennahmen und regelmäßigen Messungen, wurden das Material analysiert und die Daten in zwei Diplomarbeiten (Abschlussarbeiten der fünfjährigen Fachschule) zusammengefasst. Diese Arbeiten sind auf der Homepage des Instituts für Limnologie frei abrufbar (siehe <http://www.oeaw.ac.at/limno/projects/detective> unter Links).

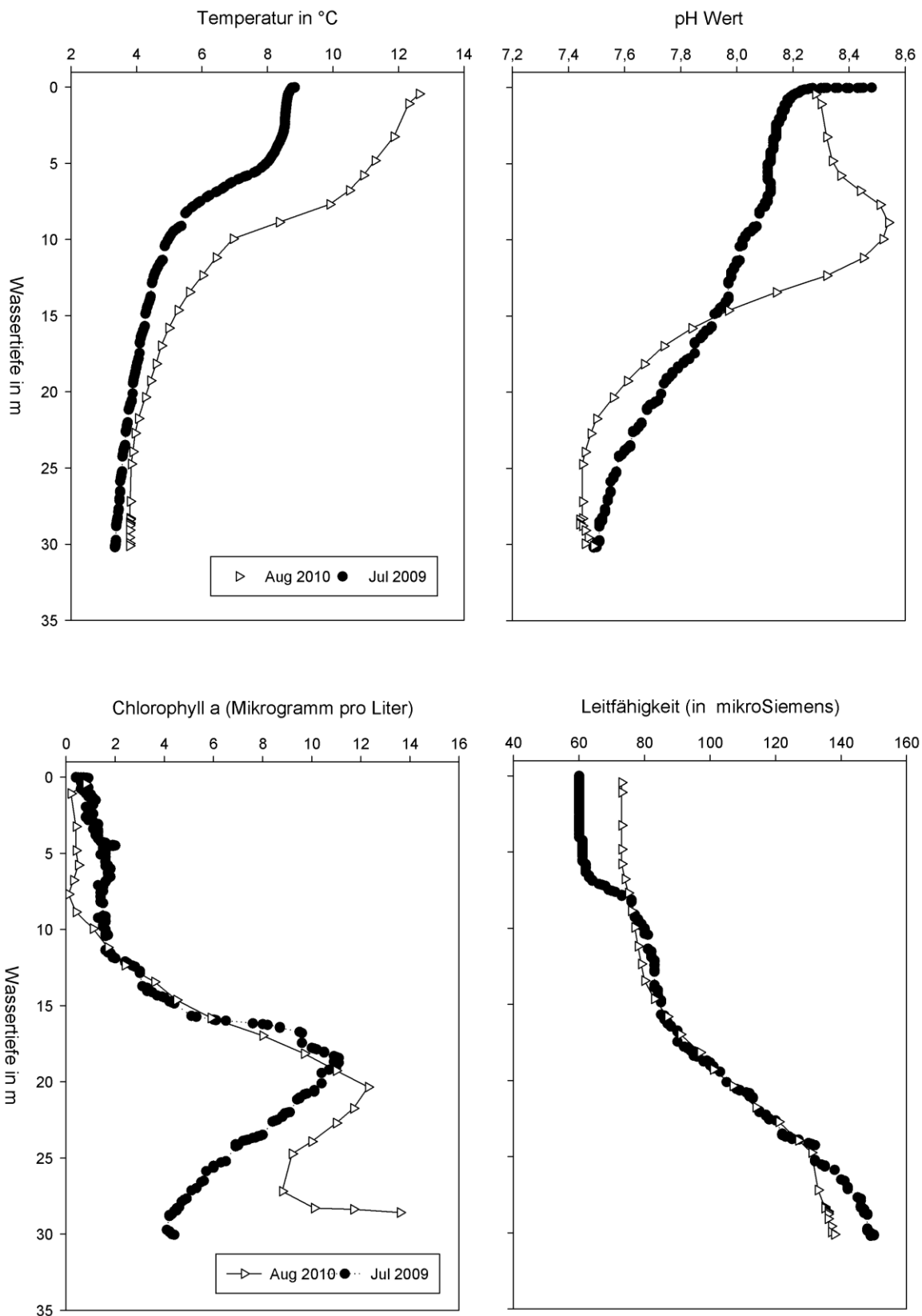


Abbildung 1: Wassertemperatur, pH, Chlorophyll a Konzentration, und Leitfähigkeit im Twenger Almsee (Höhe 2118 üNN). In einem Tiefenbereich von etwa 22 – 25 m ist die Konzentration von Chlorophyll a (als Parameter für das Algenwachstum) deutlich erhöht.

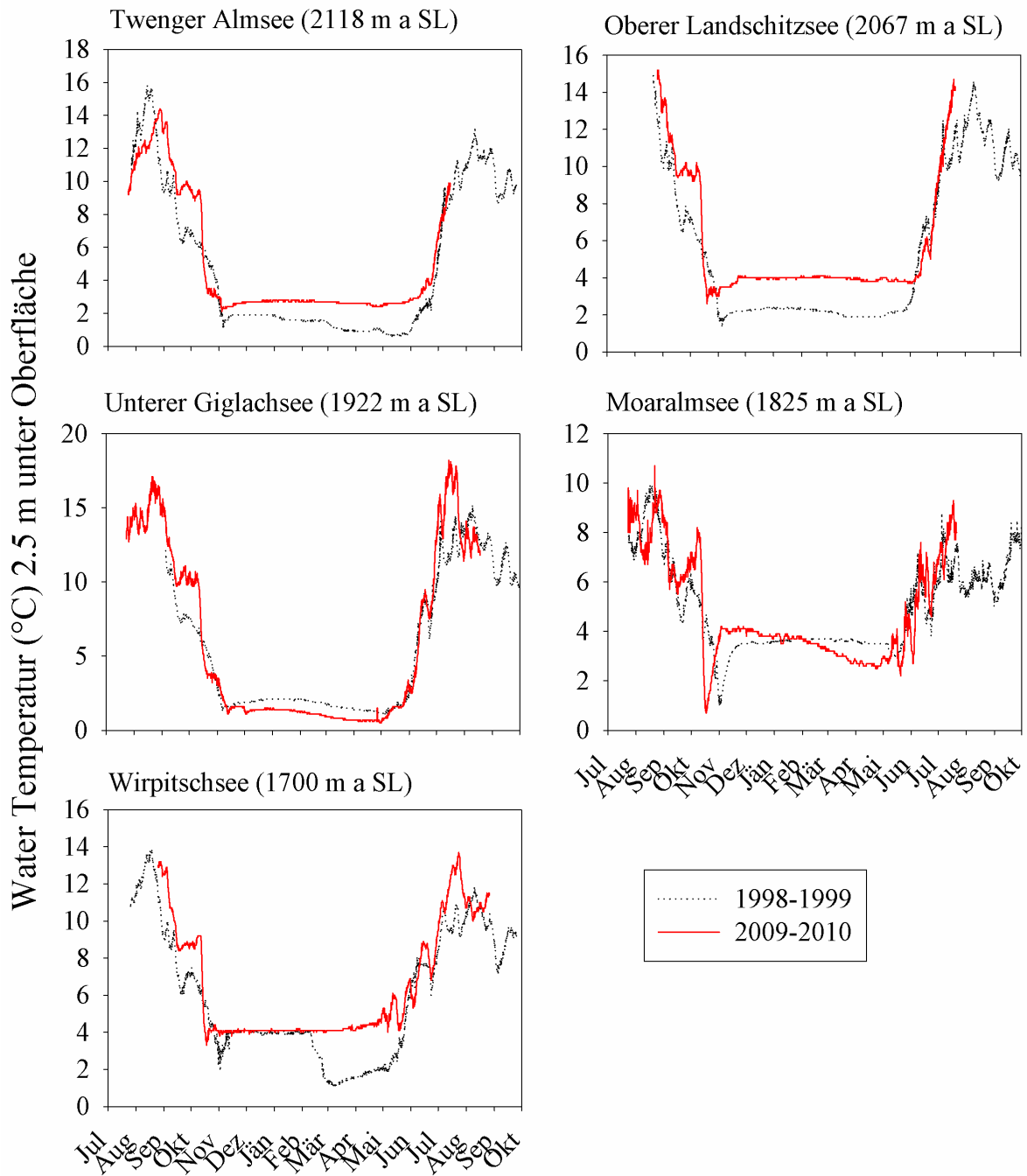


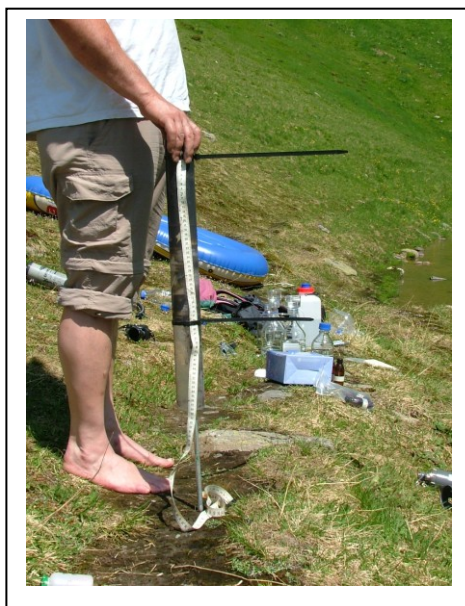
Abb. 2. Verlauf der Wassertemperaturen in den Jahren 1998-1999 und 2009-2010, die mittels Temperaturschreibern in einer Wassertiefe von 2,5 m kontinuierlich alle 4 Stunden aufgezeichnet wurden.



Filtrationsvorrichtung zum Anreichern von Bakterien und Algen zur DNA Analyse. Die Biomasse auf den Filtern wird tiefgefroren und dann im Labor mittels Sequenzierung hinsichtlich der Artenzusammensetzung charakterisiert.



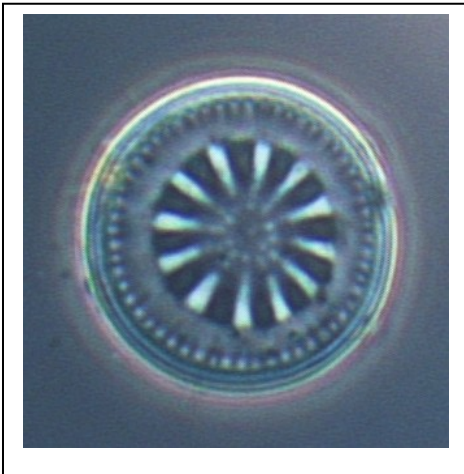
Sedimentations“falle“ mit Temperaturlaufzeichnung zum Auffangen absinkender Planktonorganismen in der Wassersäule. Diese Fallen werden einmal im Jahr entleert und sind durch Bojen (ca. 1 m unter der Wasseroberfläche) wieder auffindbar.



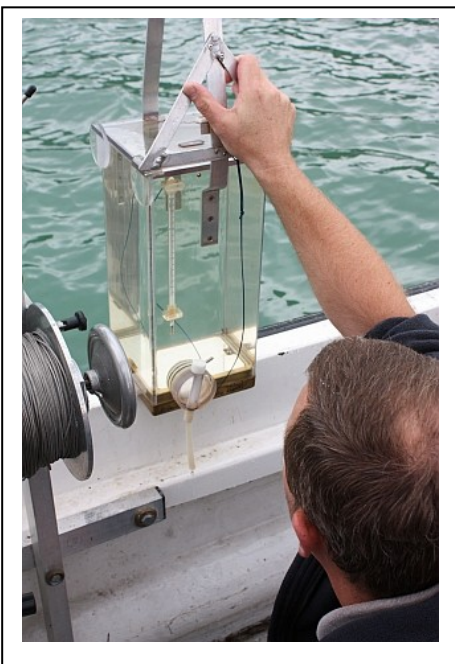
Vermessung eines Sedimentkerns, der mit Hilfe eines Plexiglasrohres aus dem Seesediment ausgestochen wurde. Die einzelnen Tiefenschichten (in Zentimeter) können mittels Radionuklidatierung zeitlich eingeordnet werden. Eine Sedimenttiefe von 20 cm entspricht etwa 200 Jahren Ablagerungszeit.



Naupliuslarve aus dem Wirpitschsee (links) und erwachsener Planktonkrebs aus dem Oberen Landschitzsee (*Bosmina* sp., rechts) unter dem Mikroskop



Kreisrunde Kieselalge aus dem Wirpitschsee (*Stephanodiscus* sp.) unter dem Mikroskop



Ablesen der Wassertemperatur im Planktonschöpfer nach Probenahme aus verschiedenen Wassertiefen zur Ermittlung des aktuellen Temperaturprofils und zur Gewinnung von Planktonproben