

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND UND EUROPÄISCHER UNION



Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete



Fachbereich Ökologie und Evolution



Ecology and Evolution

Pilot-Projekt zur methodischen Entwicklung, Ersteinrichtung und Validierung eines interdisziplinären, integrativen Monitoring- und Forschungsprogramms zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern 2016 - 2019

Modul 08: Zooplanktongemeinschaften und abiotische Parameter hochalpiner Seen

Zwischenbericht 2017

Projektleiter/innen:

Stephen A. Wickham, Jana S. Petermann, Ulrike-G. Berninger
FB Ökologie & Evolution, Universität Salzburg, Hellbrunner Str. 34, 5020 Salzburg

Mitarbeiter

Dominik Ankel, Stefan Lienbacher

Autoren/innen

S. Wickham, J.S. Petermann, U.-G. Berninger

Salzburg, den 14.10.2017

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Methoden

 Untersuchungsgebiete

 Abiotische Faktoren

 Organismen

 Langzeitmessungen

Ergebnisse

 Untersuchungsgebiete

 Abiotische Faktoren

 Organismen

 Langzeitmessungen

Interpretation / Diskussion

Ausblick

Danksagung

Literatur

Einleitung

Das o.g. Projekt stellt einen Teil des umfassenden Vorhabens zur Einrichtung eines interdisziplinären und integrativen Monitoring- und Forschungsprogramms zur langfristigen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern dar. Das Gesamtprojekt ist in mehrere - konzeptionell koordinierte - Teilprojekte („Module“) untergliedert, jedes Modul setzt den Fokus auf ein spezifisches Ökosystem bzw. eine spezifische Organismengemeinschaft. Geografisch sind alle Teilprojekte in den selben Gebieten des Nationalparks (Unter- bzw. Obersulzbachtal, Innerschlöß, Seebachtal) angesiedelt. Im Rahmen einer etwa drei Jahre umfassenden Pilotphase sollen methodische Aspekte abgeklärt, die Monitoringflächen / - gebiete endgültig festgelegt und erste Ergebnisse erzielt werden.

Im Modul „Seen“ werden erstmals neben den bisher bereits berücksichtigten Ökosystemen auch stehende Gewässer in das Monitoringprogramm einbezogen. Dies stellt eine Bereicherung des Gesamtprojekts dar, denn hochalpine Seen zählen aufgrund langfristiger Klimaveränderungen sowie durch kurzfristige anthropogene Prozesse (Eutrophierung, Landnutzungsänderungen und die Ansiedelung von Fischen) zu den am stärksten gefährdeten Ökosystemen der Erde. Durch die fortschreitende Klimaerwärmung und die damit einhergehenden direkten und indirekten Einflüsse auf die Umweltbedingungen alpiner Seen sind Veränderungen innerhalb der Lebensgemeinschaften zu erwarten (Koinig et al. 1998; Nogués-Bravo et al. 2007; Rosset et al. 2010). Ziel des vorliegenden Projektes ist es, anhand von Untersuchungen der Zooplanktongemeinschaft in Seen entlang eines Höhengradienten den Zusammenhang zwischen abiotischen Faktoren (z.B. Temperatur) und der Artenzusammensetzung, der Metagemeinschaftsdynamik und der Langzeit-Entwicklung der Gemeinschaften zu beleuchten. Die Ergebnisse erlauben Rückschlüsse auf die Reaktion natürlicher Ökosystemen auf Klimaveränderungen. (Auszug aus Projektbeschreibung, 2017)

Die Pilotphase hatte folgende Ziele:

- Identifizierung der Untersuchungsgebiete
- Messung abiotischer Faktoren in der Wassersäule
- Entnahme von Wasserproben zur Quantifizierung und taxonomischen Einordnung von Metazooplankton

- Installation von Dataloggern zur kontinuierlichen Dokumentation der Temperaturentwicklung über die nächsten 12 Monate.

Methoden

Untersuchungsgebiete

Im Vorfeld des Projektes wurden 24 Seen in den drei Tälern als mögliche Untersuchungsgebiete vorgeschlagen. Ziel des Pilotprojektes war es, diese Auswahl durch Beprobungen zu bestätigen bzw. davon 18 Gewässer (sechs pro Tal) als langfristige Untersuchungssysteme zu identifizieren bzw. in der Vorauswahl anhand des Kartenmaterials noch nicht berücksichtigte Systeme mit aufzunehmen. Für die endgültige Auswahl wurden folgende Kriterien angelegt:

- Lage der Seen entlang eines Höhengradienten
- Erreichbarkeit der Seen (Fußwanderung inkl. Materialtransport möglich, Entfernung von Unterkunft max. 5 Stunden)
- Erwartete permanente Wasserführung der Seen über viele Jahre
- Möglichkeit der Messung abiotischer Faktoren, der Beprobung und der Installation von Dataloggern
- Möglichst größte Nähe zu den Untersuchungsgebieten der anderen projektbeteiligten Gruppen

Von allen Untersuchungsgebieten wurde eine Photodokumentation vorgenommen. Dies dient nicht nur der Wiederauffindbarkeit der einzelnen Seen (zusätzlich zu den aufgenommenen GPS-Koordinaten), sondern auch der Dokumentation von möglichen Veränderungen des Areal (Größe) der Seen bzw. der Veränderung der Uferstruktur und/oder der Ufervegetation.

Abiotische Parameter

Die Bestimmung der abiotischen Faktoren und die Beprobung wurden größtenteils von einem transportablen Schlauchboot aus vorgenommen (Abb. 1). Ein Echolot wurde benutzt, um die maximale Tiefe des Sees zu messen. Mithilfe einer Multisonde (EXO2 YSI siehe auch Abb. 1) wurden die folgenden Parameter erfasst: Wassertemperatur, Luftdruck, gelöster Sauerstoff (%), spezifische Leitfähigkeit (uS/cm), pH, Nitratgehalt (mg/l), Trübheit (FNU), Blau-Grüne Algen- Pycocyanin (relative Fluoreszenzeinheiten und ug/l) und Chlorophyll (relative Fluoreszenzeinheiten und ug/l).

Die maximale Tiefe der Sedimentschicht im See wurde mithilfe einer (Lawinen-) Sonde abgeschätzt, um potentielle Seen für eine Entnahme von Sedimentkernen im nächsten Jahr zu identifizieren.

Weiterhin wurden Umgebungsparameter wie Anzeichen von Beweidung u.ä. aufgenommen und bei kleineren Seen die Länge und Breite gemessen (für größere Seen wird dies mithilfe von Luftaufnahmen gemacht). Zur Größen- bzw. Flächenbestimmung der Seen wurden bei den größeren Seen Luftaufnahmen (z.B. aus GoogleMaps oder relevante GIS-Programme) heran gezogen. Die Arbeit von Michael Veits wurde für die Obersulzbachtalseen berücksichtigt (Veits 2015). Die kleineren Gewässer wurden während der Probenentnahmekampagne vermessen.

Die Messungen wurden in der Wassersäule meist über die komplette Tiefe des Sees durchgeführt (bis zu einer maximalen Sondenreichweite von 15m).



Abb. 1: Schlauchboot zur Beprobung der Seen mit Multisonde (in blau).



Abb. 2: Entnahme der Zooplanktonprobe mithilfe eines Planktonnetzes.

Beprobung für Organismen (Zooplankton)

Zooplankton-Proben wurden mit einem Planktonnetz mit 30 μ m Maschenweite und 30 cm Durchmesser gewonnen (Abb. 2) und in Succrose-Formol (für morphologische Auswertungen) fixiert. Je nach Tiefe des Sees und Abundanz der Organismen wurden verschiedene Wasservolumen beprobt und in eine einzige Probe zusammengeführt. Die Organismenzahlen werden später als Anzahl der Individuen pro Liter standardisiert berechnet. Die Proben werden derzeit ausgewertet. Die Zooplanktonproben werden in einer Zooplankton-Zählkammer unter einem Olympus SZX9 Stereomikroskop ausgewertet und mit einem Nikon Eclipse E800 Mikroskop und einer DS Ri1 Kamera bestimmt. Sowohl standardmäßige Bestimmungsliteratur als auch Artenlisten von den beprobten Gebieten wurden verwendet, um die Zooplanktonarten taxonomisch einzuordnen (Einsle 1993; Flößner 2000; Gaviria 1998; Gaviria-Melo et al. 2005; Jersabek 1996; Jersabek et al. 2001; Koste 1978; Pontin 1978).

Langzeitmessungen

Zur Dokumentation der tageszeitlichen und saisonalen Temperaturkurve (Maxima, Minima, kurzfristige extreme Ereignisse) und der Langzeitentwicklung der Wassertemperatur wurden in jedem See 2 Datalogger (tempmate.®-B2) installiert (Abb. 3 und 4). Diese zeichnen die Daten in stündlichen Intervallen auf. Bei der Beprobung im Sommer 2018 sollen die Datalogger wieder aufgefunden, die Speichermedien entnommen und die Daten ausgelesen werden.

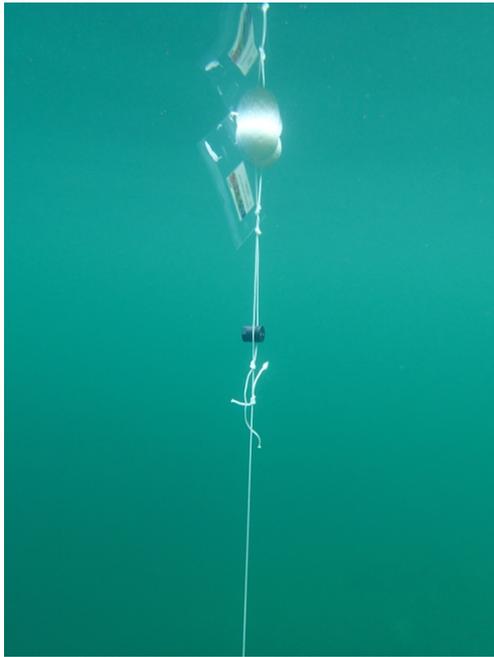


Abb. 3: Temperaturdatenlogger in wasserdichtem Gehäuse (schwarze Kapsel) in der Wassersäule hängend. Oben sorgen 2 Styroporkugeln für Auftrieb und Sichtbarkeit an der Wasseroberfläche.



Abb. 4: Temperaturdatenlogger mit Styroporkugeln für Auftrieb und Sichtbarkeit und mit Steinen in Netzbehälter als Anker.

Alle in diesem Bericht aufscheinenden Fotos wurden während der Geländekampagne im Juli 2017 von S.A. Wickham oder J.S. Petermann aufgenommen.

Ergebnisse

Untersuchungsgebiete

Die ursprüngliche Liste möglicher Untersuchungsgebiete stellte sich als sehr gute Basis für die geplanten Untersuchungen heraus. Die meisten der anvisierten Seen eigneten sich sehr gut für die Aufnahme in das Langzeitprogramm. Einige waren nicht oder zu schwer erreichbar oder erfüllten die zu Beginn des Methoden-Teils aufgelisteten Kriterien nicht und wurden daher gestrichen. Dafür konnten andere Gewässer neu identifiziert und als Beprobungssysteme mit in das Projekt aufgenommen werden (s. Tabelle 1, Abb. 5-22).

| Tal | See | Höhe (m) | Breitengrad | Längengrad | Beprob t |
|-----------------|--------------------------|----------|---------------|---------------|----------|
| Obersulzbachtal | Seebachsee | 2083 | 47°10'53.99"N | 12°13'43.04"E | ja |
| | „See neben Seebachsee“ | 2083 | 47°10'48.55"N | 12°13'34.97"E | ja |
| | Foißkarsee | 2132 | 47°10'24.50"N | 12°14'31.69"E | ja |
| | „Vorderjaidbach Tümpel1“ | 2342 | 47° 8'54.14"N | 12°14'2.75"E | nein |
| | „Vorderjaidbach Tümpel2“ | 2390 | 47° 8'34.95"N | 12°14'11.61"E | nein |
| | „Vorderjaidbach Tümpel3“ | 2620 | 47° 9'56.53"N | 12°13'49.39"E | nein |
| | „Vorderjaidbach Tümpel4“ | 2510 | 47° 9'37.94"N | 12°13'53.95"E | nein |
| | „Obervorderjaidbachsee“ | 2412 | 47° 8'37.00"N | 12°14'9.87"E | neu |
| | „Untervorderjaidbachsee“ | 2274 | 47° 9'10.74"N | 12°14'28.15"E | neu |
| | Sulzbachsee | 2193 | 47° 7'6.62"N | 12°17'40.15"E | neu |
| Innergslöß | Keespölachsee | 2187 | 47° 8'11.51"N | 12°27'48.82"E | nein |

| | | | | | |
|------------|---|------|---------------|---------------|------|
| | Dichtensee | 2460 | 47° 8'54.96"N | 12°28'25.05"E | nein |
| | Salzbodensee | 2138 | 47° 6'55.85"N | 12°25'33.29"E | ja |
| | Innergschlöss See1 | 2480 | 47° 8'25.34"N | 12°23'40.09"E | nein |
| | „Innergschlöß See2“ (Eisseele) | 2550 | 47° 7'25.88"N | 12°23'52.89"E | ja |
| | „Innergschlöß See3 (in Loche)“ | 2520 | 47° 7'17.69"N | 12°23'51.78"E | ja |
| | Grauersee | 2490 | 47° 8'32.07"N | 12°30'47.56"E | nein |
| | Schwarzersee | 2350 | 47° 8'12.01"N | 12°31'3.01"E | nein |
| | Grünesee | 2245 | 47° 7'55.39"N | 12°31'5.05"E | nein |
| | Dabersee | 2425 | 47° 7'24.71"N | 12°32'22.25"E | nein |
| | Löbensee | 2226 | 47° 6'23.34"N | 12°28'36.87"E | ja |
| | Wildensee | 2515 | 47° 5'55.28"N | 12°28'30.26"E | nein |
| | „Gletscherplateau (NPH 3)“ | 2235 | 47° 6'58.73"N | 12°24'46.63"E | neu |
| | „See nahe Löbensee“ | 2233 | 47° 6'13.80"N | 12°28'41.38"E | neu |
| Seebachtal | Grüneckersee | 2307 | 47° 2'8.11"N | 13°10'32.19"E | ja |
| | Kl. Tauernsee | 2310 | 47° 2'24.38"N | 13°10'55.48"E | ja |
| | „Seebachtalsee1“ | 2511 | 47° 2'22.88"N | 13°15'9.65"E | nein |
| | „Seebachtalsee2“ | 2464 | 47° 2'30.49"N | 13°15'25.33"E | nein |
| | „Seebachtalsee3“ | 2630 | 47° 2'30.66"N | 13°15'22.49"E | nein |
| | „Seebachtalsee4“ | 2630 | 47° 2'30.49"N | 13°15'25.33"E | nein |
| | „See oberhalb Mindener Hütte (Schneefeldsee)“ | 2474 | 47° 1'43.49"N | 13° 9'13.01"E | neu |
| | „See 2 oberhalb Mindener Hütte (Plattensee)“ | 2441 | 47° 1'35.03"N | 13° 9'5.46"E | neu |
| | „Kleines Elend“ | 2609 | 47° 2'30.86"N | 13°15'22.46"E | neu |
| | „Großes Elend“ | 2510 | 47° 2'22.33"N | 13°15'9.10"E | neu |

Tabelle 1: Liste der im Rahmen des Moduls „hochalpine Seen“ berücksichtigten Untersuchungsgebiete. Die letzte Spalte („Beprobte“) gibt an, ob der entsprechende See in das Monitoringprogramm aufgenommen werden konnte („ja“), ob er ausschied und nicht weiter berücksichtigt wurde („nein“), oder ob er - im Vergleich zur ursprünglichen Projektbeschreibung - neu hinzu gekommen ist („neu“). Siehe auch Abb. 5-22.



Abb. 5: Seebachsee, Obersulzbachtal



Abb. 6: „See neben Seebachsee“, Obersulzbachtal



Abb. 7: Foißkarsee, Obersulzbachtal



Abb. 8: „Obervorderjaidbachsee“,
Obersulzbachtal



Abb. 9: „Untervorderjaidbachsee“,
Obersulzbachtal



Abb. 10: Sulzbachsee, Obersulzbachtal



Abb. 11: Salzbodensee, Innergschlöß



Abb. 12: „Innergschlöß See2“ (Eisseele),
Innergschlöß



Abb. 13: „Innerschlöß See3 (in Loche)“, Innerschlöß



Abb. 14: Löbbensee, Innerschlöß



Abb. 15: „Gletscherplateau (NPH 3)“, Innerschlöß



Abb. 16: „See nahe Löbbensee“, Innerschlöß



Abb. 17: Grüneckersee, Seebachtal



Abb. 18: Kl. Tauernsee, Seebachtal



Abb. 19: „See oberhalb Mindener Hütte (Schneefeldsee)“, Seebachtal



Abb. 21: „Kleines Elend“, Seebachtal

Abb. 20: „See 2 oberhalb Mindener Hütte (Plattensee)“, Seebachtal



Abb. 22: „Großes Elend“, Seebachtal

Abiotische Parameter

Die abiotischen Daten der Seen werden zur Zeit noch ausgewertet, aber einige Trends sind schon sichtbar (siehe exemplarische Abbildungen 23-25). Zum Beispiel sind die Nitratwerte in den oberen Metern der Wassersäule oft höher als in mittleren Tiefen (Abb. 23-24), ein Hinweis für erhebliche atmosphärische Einträge von Stickstoff in den Seen. Ein Extrembeispiel ist der Grüneckersee (Seebachtal), wo ein maximaler Wert von $10,8 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ direkt unter der Oberfläche gemessen wurde, mit einem Mittelwert von $5,9 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ im ersten Meter (Abb. 24). Normalerweise sind die Stickstoffkonzentrationen in den ersten Metern unter der Oberfläche sehr gering wegen des biologischen Bedarfs, mit höheren Werten in der Tiefe nach biologischem Abbau. Im Seebachsee (Obersulzbachtal), wo eine klare thermische Trennung zwischen einer gemischten Zone (Epilimnion) und tieferen Bereichen stattgefunden hat, fand sich auch, erwartungsgemäß, ein zweiter Nitrat-Peak auf der Thermokline (dem Bereich wo der Temperatur- und deshalb auch der Dichtegradient am größten ist). Dieser Peak entsteht durch eine geringere Absinkrate bei niedrigen Temperaturen (und höheren Dichten). In den tieferen Seen (z.B. im Löbensee oder im Seebachsee, Abb. 23 und 25) war auch ein tiefes Chlorophyllmaximum zu finden, mit einer 5-10 Mal höheren Algenbiomasse als in den ersten Metern. Bei dem tiefen Chlorophyllmaximum ist der biologische Bedarf an Nitrat höher, und deshalb sinkt die gelöste NO_3 -Konzentration (Abb. 23).

Obwohl alle beprobten Seen zwischen 2080 und 2609 m ü.d.M liegen, gab es große Unterschiede in der Wassertemperatur auf der Oberfläche. Am kältesten war der See „Innergschlößsee 2“ (Tabelle 1, Abb.12), mit $0,9^\circ\text{C}$, am wärmsten der Salzbodensee ($16,6^\circ\text{C}$; beide im Innergschlöß, Abb. 11). Nur in Seen mit einer maximalen Tiefe $\geq 5\text{m}$ waren deutliche vertikale Unterschiede in der Temperatur durch eine Schichtung des Sees zu sehen. In keinem See wurde ein Sauerstoffmangel gefunden, sondern immer mindestens $>60\%$ Sauerstoffsättigung, auch in größeren Tiefen geschichteter Seen.

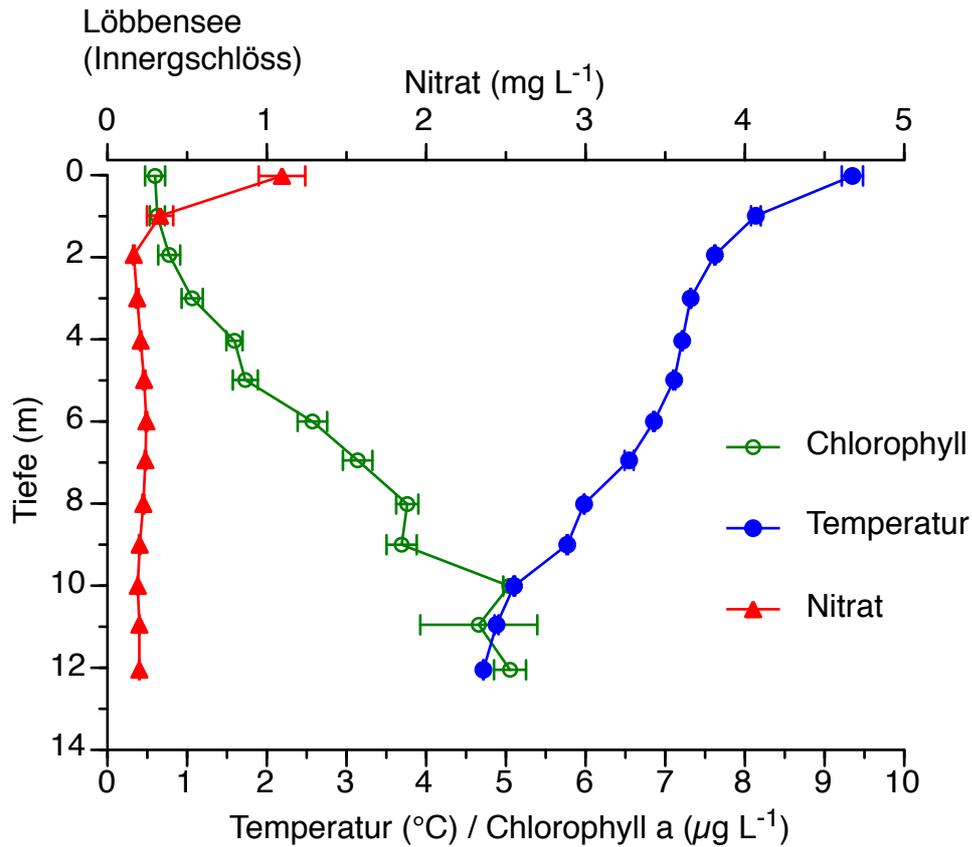


Abb. 23. Die Chlorophyll *a*- (grün), Temperatur- (blau) und Nitrat- (rot) Profile des Löbensees (Innerschlöß). Die Tiefe des Sees ist auf der Y-Achse, Temperatur und Chlorophyll *a* auf der unteren X-Achse und Nitrat auf der oberen X-Achse. Die Fehlerbalken stellen 1 Standardabweichung dar.

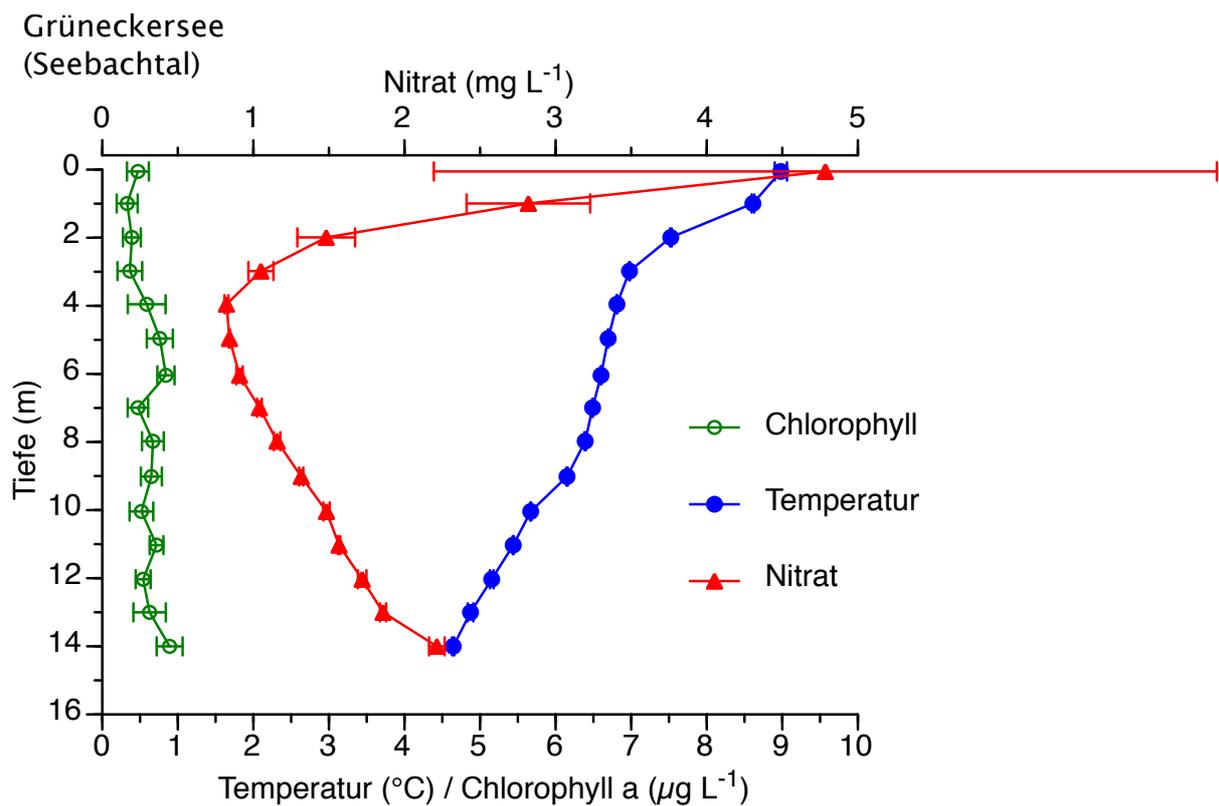


Abb. 24. Die Chlorophyll a- (grün), Temperatur- (blau) und Nitrat-Profile des Grüneckersees (Seebachtal). Die Achsen, Symbole und Fehlerbalken sind wie in Abb. 23.

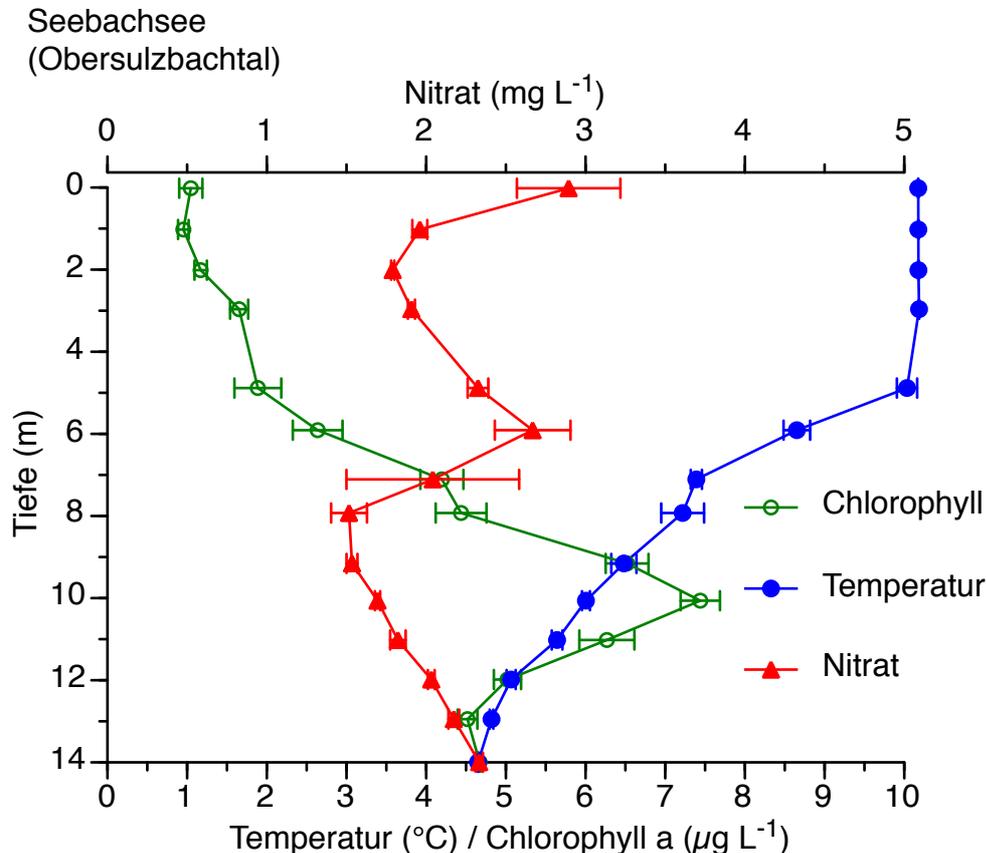


Abb. 25. Die Chlorophyll a- (grün), Temperatur- (blau) und Nitrat-Profile des Seebachsees (Obersulzbachtal). Die Achsen, Symbole und Fehlerbalken sind wie in Abb. 23.

Organismen: Zooplankton

Die Zooplanktongemeinschaften der ersten drei („Innerschlößsee 2“, „Innerschlößsee 3“ und „Gletscherplateau“, alle Innerschlöß) der 18 beprobten Seen wurden schon ausgewertet. „Innerschlößsee 2“ ist der höchstliegende und kälteste See (0.9°C auf der Oberfläche) und war während der Probenentnahme (Juli 2017) noch teilweise bedeckt mit Eis. Aus diesem Grund ist es nicht überraschend, dass die Zooplanktonabundanz und Artenzahl beide sehr gering waren (Abb. 26). Der „Innerschlößsee 3“ liegt unterhalb von „Innerschlößsee 2“ und die beiden Seen sind durch einen Bach direkt verbunden. Die Erwartung laut Theorie war, dass die Zooplankton-Gemeinschaft im „Innerschlößsee 2“ eine Teilmenge der Arten darstellt, die in „Innerschlößsee 3“ zu finden sind. Diese Erwartung wurde erfüllt: alle Arten, die im „Innerschlößsee 2“ auftraten, wurden auch im „Innerschlößsee 3“ gefunden. Wie Abb. 26 zeigt, waren mehr Arten im tieferliegenden See zu finden. „Innerschlöß 3“ hat auch einen starken Durchfluss und deshalb ist die Anwesenheit von Chironomiden-Larven, Steinfliegen-Larven und Tardigraden nicht überraschend.

Überraschend war aber die enorm hohe Abundanz des Zooplanktons im Gletscherplateau-See. Die Zooplankton-Gemeinschaft wurde von einer Rotatorienart, *Polyarthra remata*, stark

dominiert. Dieser kleine See (nur 44 x 16 m groß und 1,5 m tief) hat ein sehr beschränktes Einzugsgebiet und keine deutliche Nährstoffquelle (wenig Vegetation, kein Schafkot), um die Zooplankton-Produktion zu erhalten. Die Algenbiomasse im See war allerdings auch sehr hoch, mit Chlorophyll *a* Werten $> 5 \mu\text{g L}^{-1}$, ca. 5 - 10-Mal höher als im „Innerschlößsee 2“ und „Innerschlößsee 3“.

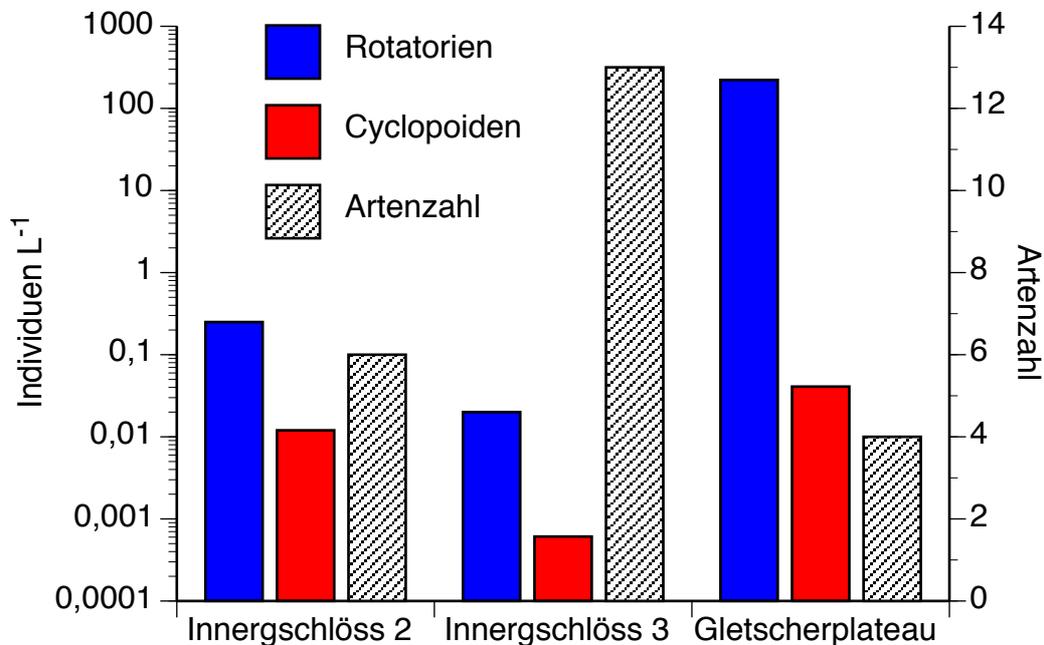


Abb. 26: Die Abundanz und Artenzahl des Zooplanktons der drei bis jetzt ausgewerteten Seen. Die sehr unterschiedlichen Abundanzen der Rotatorien und Cyclopoiden (blaue bzw. rote Balken) ist auf einer logarithmierten Skala gezeigt (linke Y-Achse). Auf der rechten Y-Achse und mit den gestreiften Balken sind die Artenzahlen (Richness) der drei Seen auf einer linearen Skala gezeigt.

Interpretation / Diskussion

Da die eigentliche Ermittlung der Daten und ihre Auswertung gerade erst begonnen haben, können in diesem Bericht nur Tendenzen angesprochen werden. Insgesamt wurden die Ziele der ersten Feldsaison der Pilotphase erreicht. Auf Basis der ursprünglichen Liste der möglichen Seen in den Untersuchungsgebieten wurden wie geplant 18 geeignete Seen ausgewählt, die ins Monitoringprogramm aufgenommen werden können. Diese Seen wurden alle beprobt, sowohl hinsichtlich ihrer abiotischen Variablen als auch des Zooplanktons. Datenlogger zur Temperaturmessung wurden in allen Seen hinterlassen und werden im nächsten Jahr ausgelesen und ausgewertet.

Die abiotischen Daten aus den 18 Seen können schon wichtige Aussagen liefern und werden in den nächsten Monaten im Detail analysiert. Besonders wertvoll sind hierbei die Profile, die über die gesamte Tiefe (bis max. 15 m) der Seen mithilfe der speziellen Multisonde gefahren werden können. Sie zeigen z.B. starke atmosphärische Stickstoffeinträge, die eine wichtige Rolle für die Nährstoffstruktur der Seen spielen könnten (Abb. 23-25). Es ist von anderen alpinen Systemen schon bekannt, dass atmosphärische N-Einträge die Eutrophierung der Seen stark beeinflussen kann (KopciCek et al. 1995; Morales-Baquero et al. 2006). Die tiefen

Chlorophyll-Maxima, die im Löbensee und besonders im Seebachsee gesehen werden (Abb. 23 & 25), sind oft in Alpinseen zu finden, obwohl die Hauptursache (entweder UV-B-Strahlung oder das Stickstoffprofil) noch unklar ist (Saros et al. 2005). Weiterhin werden die großen Unterschiede in vielen abiotischen Parametern über das Tiefenprofil aus den obigen Abbildungen deutlich. Bei einer Bestimmung der entsprechenden Werte nur in oberflächennahen Wasserschichten wäre ein Teil der relevanten Daten verborgen geblieben.

Die ersten ausgewerteten Zooplanktonproben lassen erkennen, dass unsere Hypothesen zu einem großen Teil unterstützt werden. Die nahe zueinander gelegenen Seen „Innergslößsee 2“ und „Innergslößsee 3“, die über einen Bach verbunden sind, weisen ähnliche Artenzusammensetzungen auf, mit höheren Artenzahlen im unteren See. Desweiteren zeigen die ersten Ergebnisse aber auch, dass es wohl starke Unterschiede zwischen den Gemeinschaften gibt, die sich zumindest zum Teil aus den gemessenen Variablen ableiten lassen. Starke Dominanzen einzelner Arten wie im „Gletscherplateausee“ können hierbei eine Reaktion auf die Extremwerte in den Umweltparametern sein. Andererseits kann es sich auch um eine Einschleppung aus einem anderen Gewässer oder eine stochastische Reaktion handeln. Eine Auswertung der Zooplanktondaten entlang des Höhengradienten wird zeigen, wie die Gemeinschaften auf unterschiedliche Umweltparameter reagieren können. Besonders die Temperaturkurven über die Zeit werden wertvolle Hinweise auf mögliche steuernde Faktoren (Temperaturmaxima oder –minima, extreme Ereignisse, starke Fluktuationen) liefern.

In dieser Pilotphase kann der Höhengradient als eine Indikation dienen, wie Gemeinschaften sich bei verändernden Umweltfaktoren z.B. durch Klimawandel ggf. anpassen werden. Im Rahmen des Monitoringprojekts können diese Veränderungen über die Zeit dann direkt gemessen und hoffentlich bestätigt werden.

Ausblick

Die bereits gesammelten Daten und Proben werden in den Wintermonaten ausgewertet. Die Ergebnisse werden in Beziehung gesetzt, um die wichtigen steuernden Variablen für Zooplanktongemeinschaften in alpinen Seen identifizieren zu können.

In der Feldsaison 2018 sollen die Beprobungen der Seen im gleichen Rahmen wiederholt werden, um belastbarere Daten zu erhalten und die Monitoring-Zeitreihe zu beginnen. Zusätzlich werden die Daten der ausgebrachten Temperaturdatenlogger ausgelesen und die Logger direkt wieder ins Feld ausgebracht um kontinuierliche Temperaturdaten zu erhalten. Die wichtigen Parameter der Temperaturkurven werden dann ebenso als strukturierende Variablen der Zooplanktongemeinschaften analysiert.

Zudem sollen in 2018 erstmals molekulare Daten der Gemeinschaften erhoben werden. Sollten einzelne Arten in einer ausreichenden Anzahl von Seen gefunden werden, dann können wie geplant, molekulare Analysen der genetischen Ähnlichkeit der Populationen innerhalb dieser Art(en) Hinweise liefern, ob Metapopulationstheorien zum Tragen kommen und inwieweit für diese Arten Verbreitungsprozesse wichtig sind oder eher lokale Umweltparameter. Zusätzlich könnten eDNA Analysen Aussagen zur kryptischen Diversität in diesen Gemeinschaften möglich machen und weitergreifende Diversitätsanalysen ermöglichen.

Um die Entwicklung der Artenzusammensetzung in der Vergangenheit zu beschreiben und mit Klima- und Temperaturveränderungen in Verbindung zu bringen, ist vorgesehen, im

zweiten Jahr des Pilotprojektes (2018) Sedimentkerne von jedem See zu entnehmen und die darin befindlichen Dauerstadien der Organismen (Metazooplankton) morphologisch und molekular auszuwerten. Diese Untersuchungen werden methodisch auf Basis der Studien von Hoffmann (2003) und Frisch et al. (2014) durchgeführt. Die Ergebnisse werden mit Ergebnissen aus anderen nah und weiter entfernten Seen der Alpen verglichen (z.B. Hofmann 2003; Nevalainen et al. 2014). Die anvisierte Methodik der Entnahme der Sedimentproben muss adaptiert werden, da sich im Rahmen der Pilotphase herausstellte, dass nur in einem Teil der Seen das Sediment tatsächlich tief genug ist, um hier an der tiefsten Stelle des Sees eine Sedimentkernbeprobung durchzuführen. Aus den anderen Seen mit einer geringen Dicke des Sedimentes werden mithilfe anderer Methoden (z.B. händisch durch Abtauchen im See bzw. nur aus ufernahen Regionen, die vom Gewässerrand leicht erreichbar sind) die Sedimentproben gewonnen.

Der erfolgreiche Abschluss der ersten Probenentnahmekampagne weist auf ein vielversprechendes Projekt hin. Bereits jetzt konnten relevante Daten ermittelt werden, die in sich aussagekräftig sind aber auch - wie erhofft - ein großes Potenzial für Folgestudien bzw. eingeknüpfte Projekte zur Beantwortung von Detailfragen, Hinzunahme weiterer Organismengruppen etc. haben.

Die ermittelten Daten dienen zur Vorbereitung von wissenschaftlichen Veröffentlichungen bzw. Präsentationen im Rahmen von Konferenzen, Workshops sowie internen und externen Seminarveranstaltungen.

Danksagung

Das Projekt wird aus Mitteln der EU und aus Nationalparkmitteln des Bundes finanziert. Für die kompetente Unterstützung bei Planung und Umsetzung des Projektes danken wir den Mitarbeiter/innen des NPHT, insbesondere Elisabeth Hainzer. Für administrative und praktische Hilfe an der PLUS danken wir Dr. Eva Herzog sowie Claudia Mader sehr herzlich.

Literatur

- Einsle U (1993) Crustacea: Copepoda: Calanoida und Cyclopoida. Süßwasserfauna von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena/New York
- Flößner D (2000) Die Haplopoda und Cladocera Mitteleuropas. Backhuys Publishers, Leiden
- Frisch D et al. (2014) A millennial-scale chronicle of evolutionary responses to cultural eutrophication in *Daphnia*. *Ecology Letters* 17:360-368
- Gaviria S (1998) Checklist and distribution of the free-living copepods (Arthropoda: Crustacea) from Austria. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B für Botanik und Zoologie*:539-594
- Gaviria-Melo S, Forró L, Jersabek CD, Schabetsberger R (2005) Checklist and distribution of cladocerans and leptodorans (Crustacea: Branchiopoda) from Austria. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B für Botanik und Zoologie*:145-216
- Hofmann W (2003) The long-term succession of high-altitude cladoceran assemblages: a 9000-year record from Sägistalsee (Swiss Alps). *Journal of Paleolimnology* 30:291-296

- Jersabek CD (1996) Verbreitung, Ökologie und Taxonomie von Rädertieren (Rotifera) in alpenen Gewässern der Hohen Tauern und der nördlichen Kalkalpen. Ber. nat.-med. Ver. Salzburg 11:76-145
- Jersabek CD, Brancelj A, Stoch F, Schabetsberger R (2001) Distribution and ecology of copepods in mountainous regions of the Eastern Alps. *Hydrobiologia* 453:309-324
- Koinig KA, Schmidt R, Sommaruga-Wögrath S, Tessadri R, Psenner R (1998) Climate change as the primary cause for pH shifts in a high alpine lake. *Water, Air, and Soil Pollution* 104:167-180
- Kopciček J, Procházková L, Stuchlík E, Blažka P (1995) The nitrogen phosphorus relationship in mountain lakes: Influence of atmospheric input, watershed, and pH. *Limnology and Oceanography* 40:930-937
- Koste W (1978) Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart
- Morales-Baquero R, Pulido-Villena E, Reche I (2006) Atmospheric inputs of phosphorus and nitrogen to the southwest Mediterranean region: Biogeochemical responses of high mountain lakes. *Limnology and Oceanography* 51:830-837
- Nevalainen L et al. (2014) Zooplankton (Cladocera) species turnover and long-term decline of *Daphnia* in two high mountain lakes in the Austrian Alps. *Hydrobiologia* 722:75-91
- Nogués-Bravo D, Araújo MB, Errea MP, Martínez-Rica JP (2007) Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st Century. *Global Environmental Change* 17:420-428
- Pontin RM (1978) A Key to the Freshwater Planktonic and Semi-Planktonic Rotifera of the British Isles. Freshwater Biological Association
- Rosset V, Lehmann A, Oertli B (2010) Warmer and richer? Predicting the impact of climate warming on species richness in small temperate waterbodies. *Global Change Biology* 16:2376-2387
- Saros JE, Interlandi SJ, Doyle S, Michel TJ, Williamson CE (2005) Are the Deep Chlorophyll Maxima in Alpine Lakes Primarily Induced by Nutrient Availability, not UV Avoidance? *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 37:557-563
- Veits M (2015) Salzburgs Seen. Natur - Geschichte - Kultur. Verein "Freunde der Salzburger Geschichte"