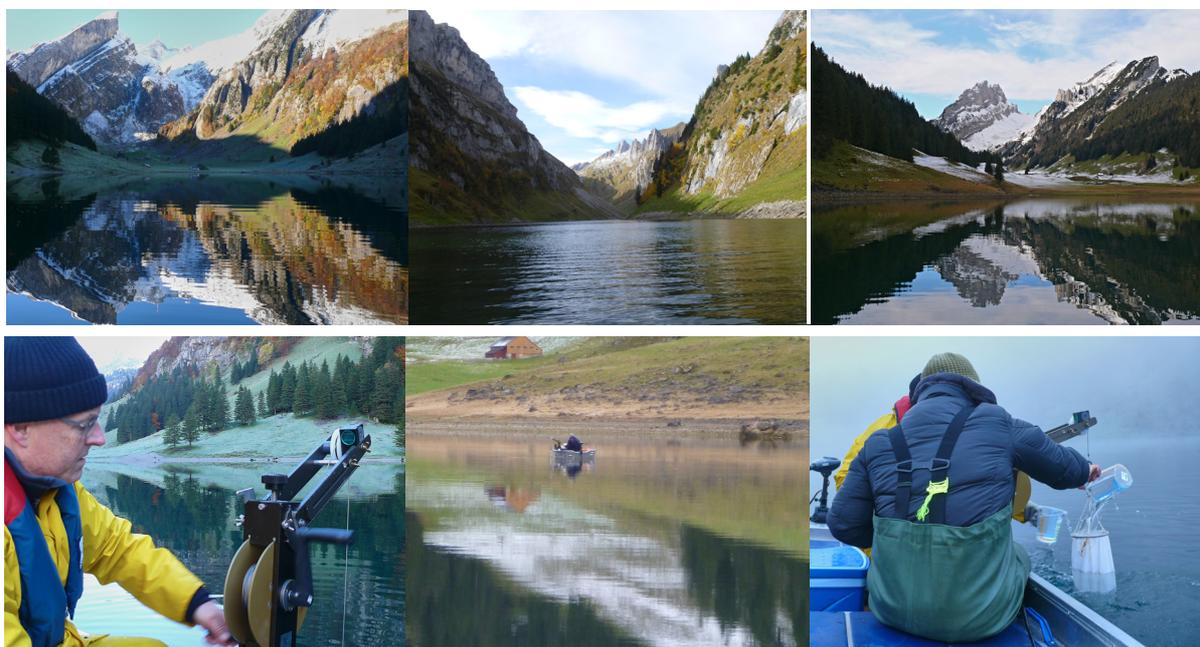


Alpsteinseen

Gewässeruntersuchungen 2014 - 2017



Auswertungen und Beurteilungen

Bericht Nr. 1296 -B_3
Datum: 23.1.2018

Impressum

Auftraggeber: Bau- und Umweltdepartement · Kanton Appenzell Innerrhoden
Gaiserstrasse 8 · CH-9050 Appenzell

Auftragnehmer: AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Projektleitung: Fabian Peter

Bearbeitung: Fabian Peter, Lukas Taxböck

Zitiervorschlag: AQUAPLUS 2018: Alpsteinseen - Gewässeruntersuchungen 2014
- 2017. Im Auftrag des Kantons Appenzell Innerrhoden.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Auftrag	1
2 Untersuchungskonzept	1
3 Methodik	2
3.1 Tiefenprofile	2
3.2 Tiefenstufenproben	2
3.3 Plankton	2
3.4 Kieselalgen	3
3.5 Schweizerischer Kieselalgenindex DI-CH	3
3.6 Artenvielfalt	3
4 Fählensee	5
4.1 Untersuchungen und Ergebnisse	5
4.1.1 Temperatur	5
4.1.2 Sauerstoff	6
4.1.3 Gesamtphosphor	7
4.1.4 Stickstoffspezies	9
4.2 Biologische Untersuchungen	9
4.2.1 Planktonuntersuchung	9
4.2.2 Kieselalgenuntersuchung	10
4.3 Fischerei	11
4.3.1 Entwicklung von Fangerträgen und Fischbesatz	11
4.3.2 Gründe für den Rückgang der Fangerträge - Veränderungen der Trophie?	12
4.3.3 Gründe für den Rückgang der Fangerträge - weniger Patente?	13
4.3.4 Gründe für den Rückgang der Fangerträge - Besatzstrategie?	15
4.3.5 Erfahrungen an anderen Bergseen mit <i>Salvelinus namaycush</i>	17
4.3.6 Vorschlag für ein fischereiliches Management des Fählensees	18
5 Seealpsee	20
5.1 Untersuchungen und Ergebnisse Chemie, Physik	20
5.1.1 Temperatur	20
5.1.2 Sauerstoff	20
5.1.3 Gesamtphosphor	21

5.1.4	Stickstoffspezies	22
5.2	Biologische Untersuchungen	22
5.2.1	Planktonuntersuchungen	22
5.2.2	Kieselalgenuntersuchungen	23
5.3	Fazit Fählensee	24
6	Sämtisersee	25
6.1	Untersuchungen und Ergebnisse Chemie, Physik	25
6.1.1	Temperatur	25
6.1.2	Sauerstoff	26
6.1.3	Gesamtposphor	26
6.1.4	Stickstoffspezies	27
6.1.5	Planktonuntersuchung	27
6.1.6	Kieselalgenuntersuchung	28
7	Weiteres Vorgehen	30
7.1	Fählensee	30
7.1.1	Nährstoffe / Sauerstoff	30
7.1.2	Fischerei	31
7.1.3	Aktuelle Gewässerschutzmassnahmen an Seen	31
7.2	Seealpsee und Sämtisersee	32
7.2.1	Aktuelle Gewässerschutzmassnahmen an Seen	32
7.2.2	Regelmässiges Gewässermonitoring	32
8	Literatur	33
	Anhang	34

1 Auftrag

Der Kanton Appenzell Innerrhoden entschied sich im Jahr 2013, die drei Alpsteinseen im Rahmen eines Gewässermonitorings zu untersuchen. Dies nachdem die drei Seen (Fählensee, Sämtisersee und Seealpsee) rund 20 Jahre nicht mehr Gegenstand von limnologische Untersuchungen gewesen waren. Ziel der Untersuchungen sollte es demnach sein, den Wissensstand zum gewässerökologischen Zustand der drei Seen wieder zu aktualisieren und mit dem Zustand während der 1990er Jahren zu vergleichen. Die Seen wurden von 2014 - 2017 untersucht. Dieser Bericht fasst die Untersuchungen und die gefundenen Ergebnisse zusammen und stellt einen Bezug zum Zustand in den 1990er Jahren her. Spezifisch für den Fählensee beschäftigt sich dieser Bericht auch mit dem Rückgang des fischereilichen Ertrags, insbesondere mit den Gründen, weshalb es zu deutlichen Ertrags-einbussen gekommen ist.

2 Untersuchungskonzept

Um die Mechanismen und die Dynamik welche während eines Jahres in einem See stattfinden verstehen zu können, ist es wichtig, ein auf die spezifische Problematik angepasstes Untersuchungsprogramm anzuwenden. Für die aktuelle Monitoringperiode wurde deshalb ein Untersuchungskonzept erstellt (AquaPlus, 2013).

Bergseen, welche Eisbedeckung aufweisen, weichen im jahreszeitlichen Temperaturverlauf bezüglich der Stratifikation von Alpenrand- oder Mittellandseen ab: Durch die Eisbedeckung und das Abschmelzen bildet sich von den Ufern her ein wärmere Oberflächenschicht über einer kälteren. Dadurch ist der See direkt nach Abschmelzen des Eises häufig schon geschichtet, wodurch oft keine Frühjahrszirkulation stattfinden kann. Eine Vollzirkulation erfolgt deshalb häufig erst im Herbst. Das Sauerstoffminimum, welches in Mittellandseen häufig zwischen Spätsommer und Winter beobachtet wird, findet sich bei Bergseen häufig gegen Ende des Winters, bevor das Eis auftauft. Jahreszeitliche Schwankungen treten aber auch bei den Nährstoffen auf. Dieses Muster konnte in den vergangenen Untersuchungen der 1990er Jahre für den Fählensee nachgewiesen werden. Während der aktuellen Untersuchungsperiode tratt dieser Effekt jedoch nicht ein, d.h. der See zirkulierte auch im Frühling.

Das gewählte **Untersuchungsprogramm** wurde folgendermassen ausgestaltet:

1. Es gab pro See während der Herbstzirkulation je eine Schwerpunktuntersuchung, innerhalb welcher am tiefsten Punkt ein Tiefenprofil mit einer Multisonde

aufgezeichnet wurde, und aus verschiedenen Wassertiefen Wasserproben für chemische Analysen entnommen wurden. Gleichzeitig wurden Planktonproben anhand einer 100 Liter Schöpfprobe und anhand eines Netzzuges entnommen. An mehreren Standorten entlang des Ufers wurden zudem benthische Kieselalgen für eine weitergehende Bestimmung entnommen. Diese Untersuchungen wurden gemeinsam durch das AfU AI, das Kantonslabor SG und die AquaPlus AG durchgeführt.

2. Beim jeweilige See an welchem die Schwerpunktuntersuchungen durchgeführt wurden, wurden durch das AfU AI weitere Tiefenprofile im Jahresverlauf erhoben und Planktonproben entnommen. Die Planktonproben wurden nach erfolgter Konservierung an Aquaplus gesandt, um die weitere Bestimmung vorzunehmen.

3 Methodik

3.1 Tiefenprofile

Vom Boot aus wurde jeweils an der tiefsten Stelle des Sees mit einer Multiparameter Sonde ein Tiefenprofil aufgezeichnet. Dies erfolgte sowohl während der jeweiligen Schwerpunktuntersuchung, als auch während der weiteren Probenahmen, welche vom Kanton AI in Eigenregie durchgeführt wurden.

3.2 Tiefenstufenproben

Ebenfalls vom Boot aus, an der tiefsten Stelle des Sees wurden aus verschiedenen Tiefen Wasserproben entnommen, in Flaschen abgefüllt und im Labor bezüglich der Nährstoffwerte analysiert. Die Probenahme erfolgt nur während der jeweiligen Schwerpunktuntersuchung. Die Analyse erfolgte im Kantonslabor des Kantons St. Gallen.

3.3 Plankton

Mehrmals pro Jahr wurde in allen 3 Alpsteinseen mit einem Netzzug und einer Schöpfprobe Proben des Planktons genommen und mit Lugol fixiert. Diese Proben wurden auf Niveau der Grossgruppen bestimmt und die relativen Häufigkeiten qualitativ bestimmt.

Die Bestimmung des Planktons auf Niveau Grossgruppen erlaubt keine Berechnung eines Indexes, wie dies beim Kieselalgenindex (DI-CH) gemacht wird, der

auf Bestimmungen auf Artniveau basiert. Die Planktongesellschaften wurden qualitativ mit Untersuchungen aus den Jahren 1990 und 1991 verglichen.

3.4 Kieselalgen

In den drei Alpsteinseen Sämtiser-, Seealp- und Fählensee wurden pro See 4 Kieselalgenproben von epiphytischem Bewuchs in Ufernähe genommen. Alle Proben stammten von Steinen und wurden nach den Vorgaben des Moduls Kieselalgen des Modulstufenkonzeptes genommen. Pro See wurde eine Probe ausgewählt, die am ehesten Fließgewässercharakter hatte (z.B. im Einflussbereich eines Zuflusses lag). Beim Fählensee lag keine Probe im direkten Zuflussbereich. Aus zwei möglichen Proben wurde eine ausgewählt und ausgezählt und im Nachhinein mit der anderen Probe verglichen. Beide Proben wiesen ähnliche und somit vergleichbare Kieselalgenlebensgemeinschaften auf. Diese Probe wurde benutzt um den Kieselalgenindex Schweiz (DI-CH) zu bestimmen. Die anderen Proben wurden archiviert. Die Präparation erfolgte mittels Heissoxidation durch Schwefelsäure und Kaliumnitrat (Hürlimann & Niederhauser 2007). Pro Präparat wurden 500 Kieselalgenschalen gezählt und auf Artniveau bestimmt (Hofmann et al. 2011, Krammer & Lange-Bertalot 1986-2007).

3.5 Schweizerischer Kieselalgenindex DI-CH

Der Schweizerische Kieselalgenindex DICH basiert auf zwei Eigenschaften, die den einzelnen Kieselalgenarten zugeordnet werden. Der D-Wert beschreibt die autökologischen Präferenzen der einzelnen Arten und reicht von 1 (Arten die in sehr sauberen, nährstoffarmen Gewässern vorkommen) bis 8 (Arten, die in sehr nährstoffreichen Gewässern vorkommen). Der G-Wert beschreibt die Eignung einer Art als Bioindikator und gewichtet diese mit Werten zwischen 0.5 für kosmopolitische, sehr tolerante Arten (schlechte Bioindikatoren) und 8 für sehr gute Bioindikatoren, die nicht vorkommen, wenn ihre autökologischen Bedürfnisse nicht erfüllt werden. Pro Untersuchungsstelle werden neben dem DICH die Anteile der D-Werte verglichen, da diese den DICH plausibilisieren und im Vergleich auch Unterschiede und Gemeinsamkeiten visualisieren können. Auch wenn der Kieselalgenindex Schweiz DI-CH für Fließgewässer geeicht wurde, kann er einen Hinweis auf die Nährstoffbelastung eines stehenden Gewässers geben. Dazu werden die D-Werte, welche die autökologischen Präferenzen der Kieselalgenarten beschreiben, herangezogen. Insgesamt konnte 47 Arten (=78.3%) ein D-Wert zugewiesen werden (Abb. 1). Die 13 Arten ohne D-Wert traten mit Ausnahmen in geringen relativen Häufigkeiten (<2% rH) auf. Die Ausnahmen waren die planktische Art *Cyclotella radiosa* (rH=11.2) und die beiden Arten *Fragilaria delicatissima* (rH=4.8) und *Cymbella* sp. (rH=2.8). Die eruierten DI-CH Werte aller drei Alpsteinseen wiesen auf eine sehr gute ökologische Qualität der Gewässer hin (DI-CH 2.55-3.03; Abb. 2).

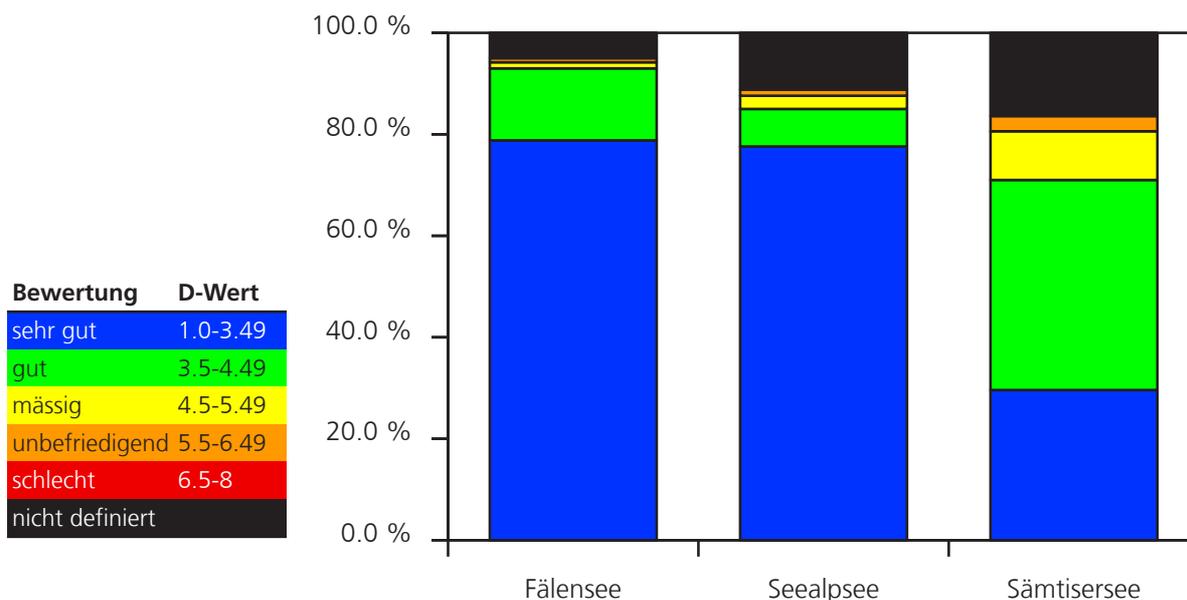


Abbildung 1: Die Anteile der D-Werte pro Stelle.

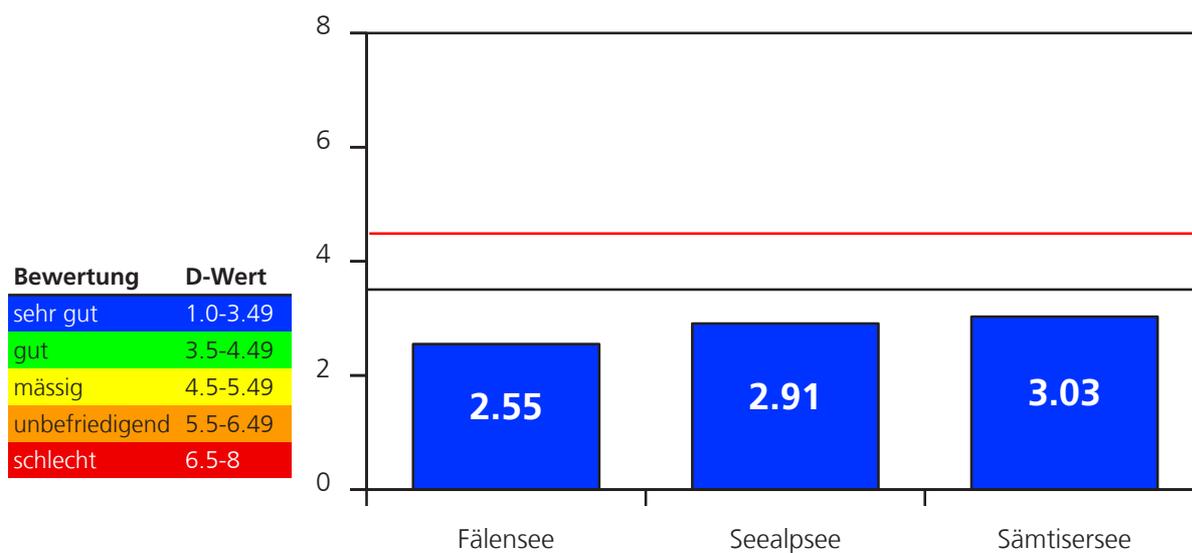


Abbildung 2: DI-CH Werte pro Stelle. Der Median des DI-CH in Schweizer Fliessgewässern (> 7'000 Untersuchungsstellen) beträgt 3.5 (schwarze Linie). Ab einem DI-CH von 4.5 sind die Anforderungen der GSchV Anhang 1 nicht mehr erfüllt (rote Linie).

3.6 Artenvielfalt

Total wurden an den drei untersuchten Stellen 60 Kieselalgenarten gefunden. Die Artenzahl variierte dabei von 27 (Sämtiser- und Fälensee) bis 33 (Seealpsee) Arten pro Stelle.

4 Fählensee

Der Fählensee liegt auf 1447 m ü. M. und hat ein Einzugsgebiet von 4.4 km² (vgl. Tab. 1). Der See hat eine Tiefe von 23 - 31 m. Der Fählensee ist der tiefste der drei Alpsteinseen und füllt eine Mulde zwischen steil aufragenden Felswänden. Der Abfluss des Sees ist unterirdisch. Durch den kartstigen Untergrund fliesst das Wasser ins Rheintal.

Tab. 1: Kennwerte des Fählensees, basierend auf den Berichten von Langenegger 1990 - 1998.

Kennwerte Fählensee	
Meereshöhe Nullpegel (m.ü.M.)	1449.1
Länge (km)	1.1 - 1.25
Mittlere Breite (km)	0.105 - 0.125
Oberfläche (km ²)	0.115 - 0.157
grösste Tiefe (m)	23.4 - 31.4
mittlere Tiefe (m)	12.1 - 15.9
Durchfluss (l/s)	300
mittlere Aufenthaltszeit (d)	85
Pegelschwankungen (cm)	-200 bis +600
Volumen (Mio m ³)	1.394 - 2.498
Grösse Einzugsgebiet (oberflächlich)	4.4 km ²
Entwässerung	unterirdisch ins Rheintal (Mühlebach)

4.1 Untersuchungen und Ergebnisse

Die Schwerpunktuntersuchung am Fählensee fand am 22.10.2013 statt (vgl. Abschnitt Untersuchungskonzept). Weitere Probenahmen fanden am 12.3.2014, am 24.6.2014 und am 26.11.2014 statt. Die Probenahme am 12.3.2014 fand während der Eisbedeckung des Sees statt. Da bei den Untersuchungen im Fählensee in den 1990er Jahren stark erhöhte Nährstoffbelastungen festgestellt wurden und jeweils zum Ende der Stagnationsphasen Sauerstoffarmut in den tieferen Seebereichen festgestellt wurde, lag der Fokus der Untersuchungen auf den Nährstoffkonzentrationen und dem Sauerstoffgehalt.

4.1.1 Temperatur

Die vier verschiedenen Temperaturprofile sind in Abbildung 3 dargestellt. Aus den Daten wird ersichtlich, dass der Fählensee im Herbst jeweils komplett durchmischt wird. Während der winterlichen Eisbedeckung ergibt sich eine inverse Schichtung mit einer Sprungschicht zwischen 1 und 2 Meter und leichter kontinuierlicher

Temperaturzunahme zum Boden hin. Zum Sommer hin bildet sich eine Zweischichtung des Sees mit Epi-, Hypolimnion und Sprungschicht aus. Es ist kein Profil für die Zeit nach dem Auftauen der Eisdecke im Frühling vorhanden. Aufgrund der Temperaturzunahme in allen Tiefen des Metalimnions zwischen dem 12.3.2014 und dem 24.6.2014 ist jedoch auch von einer Zirkulationsphase im Frühling auszugehen.

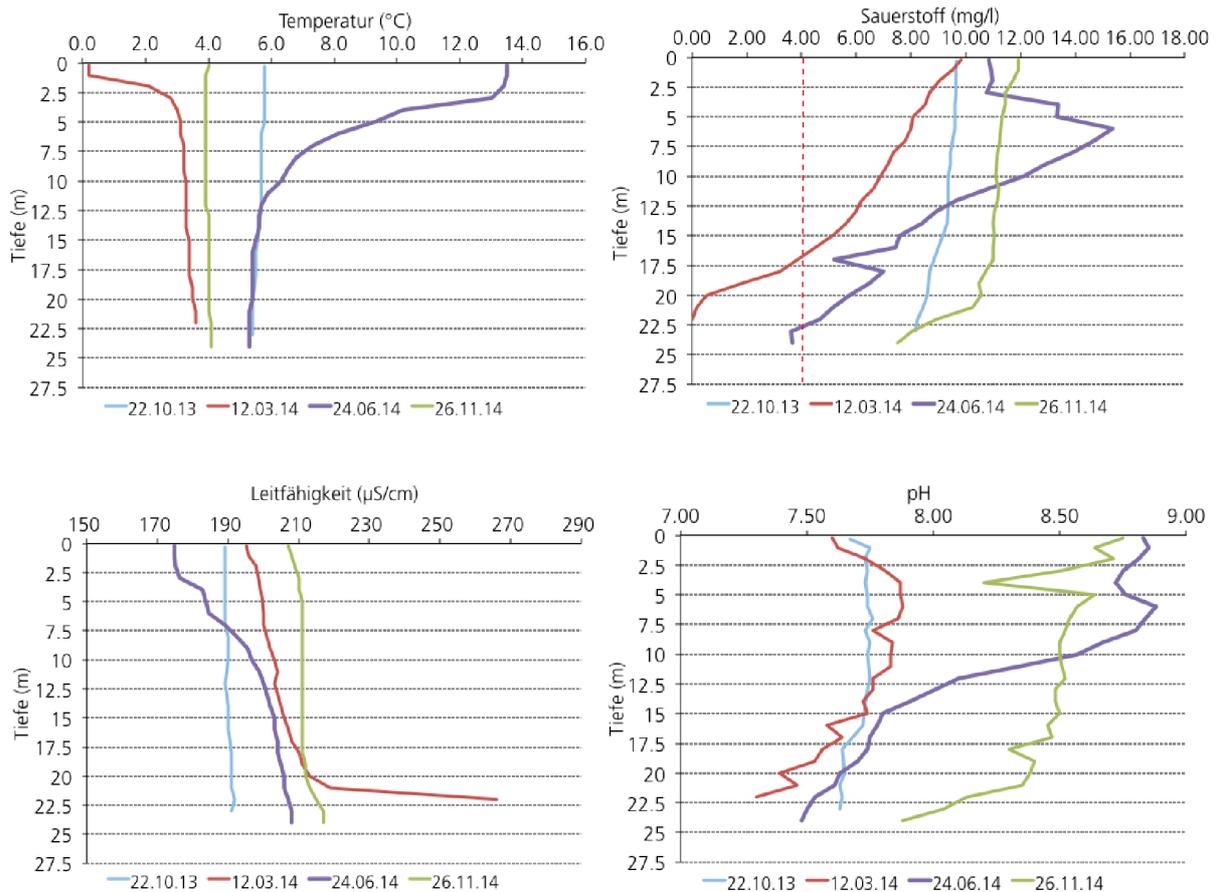


Abb. 3: Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoff, Leitfähigkeit und pH während der vier Jahreszeiten im Fählensee (tiefste Stelle).

4.1.2 Sauerstoff

Die Sauerstoffkonzentrationen widerspiegeln das Zirkulationsverhalten des Fählensees und sind ein Indikator für den Abbau organischer Substanz. Während der Zirkulationsphasen im Herbst wird frischer Sauerstoff bis zum Seegrund transportiert. Im Winter wird der Sauerstoffvorrat stark gezehrt und unterhalb von 16 m liegen die Konzentrationen unter dem Wert von 4 mg/l. **Somit können hier auf begrenztem Raum die Anforderungen der GSchV nicht eingehalten werden.** Nach der (wahrscheinlichen) Frühjahrszirkulation verschiebt sich im Sommer

das Maximum der Sauerstoffproduktion, bedingt durch die Primärproduktion in einen Bereich unterhalb von 5m. Danach sinken die Sauerstoffkonzentrationen jedoch deutlich ab. Es ist zu erwarten, dass sich dieser Trend in den folgenden Sommermonaten fortsetzt, und gegen Mitte August der Tiefstpunkt der Sauerstoffkonzentrationen in weiten Bereichen des Sees erreicht wird. Gegenwärtig fehlen Daten, um diese These zu erhärten, allerdings ist dieses Muster von sehr vielen dimiktischen Seen bekannt, da der Sauerstoff durch die Veratmung abgestorbener Biomasse aufgebraucht wird. Die Problematik der Sauerstoffarmut ist auch schon aus den Untersuchungen der 1990er Jahre bekannt. Wie ein Blick in Tabelle 2 zeigt, sind die 2014 im März gemessenen Werte immer noch vergleichbar mit den Werten von 1991 oder 1998. Die Juni-Werte sind etwas höher als die Messwerte von 1995. Da die Sauerstoffarmut trotz kompletter Durchmischung des Sees und deutlich verringerter Nährstoffkonzentrationen (geringere Biomasseproduktion) immer noch auftritt, stellt sich die Frage nach den Gründen. Ob die aktuelle Sauerstoffarmut durch die Topographie des Sees, oder aufgrund erhöhter Mengen organischer Substanz hervorgerufen wird, lässt sich mit den aktuellen Daten jedoch nicht beurteilen.

Tab. 2: Mächtigkeit der sauerstoffarmen Schicht (m) während der aktuellen Untersuchungsperiode im Vergleich zu den Untersuchungen der 1990er Jahre. Als sauerstoffarm gelten Konzentrationen < 4 mg/l.

* Die Sauerstoff- und Temperaturwerte deuten darauf hin, dass der Fählensee während dieser beiden Jahre im Frühling nicht vollständig zirkuliert hat. Dadurch hält die Sauerstoffarmut länger an und die sauerstofffreie Zone kann anwachsen.

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1990										0		
1991	0.5		3.5			8.5*	0	2	7.5			
1993										0		
1994								0				
1995						0.5			0			
1998			5.5		8.5*		5.5					
2014			5			1					0	

4.1.3 Gesamtphosphor

Die Werte des Gesamtphosphors lagen während der Schwerpunktuntersuchung zwischen 13 und 22 µg/l (Mittelwert 17µg/l). Die entspricht einem leicht mesotrophen Trophiezustand. Im Vergleich zu den Messungen in den 1990er Jahren - insbesondere zu den frühen bis mittleren 1990er Jahren - als die Belastung des Sees im eutrophen bis hypertrophen Bereich lag, belegen die aktuellen Messungen eine deutliche Verbesserung bezüglich der Phosphatbelastung (vgl. Tab. 3). Die damals getroffenen Gewässerschutzmassnahmen zeigen demnach ihre Wirkung.

Für einen Bergsee, in dessen Einzugsgebiet keine Siedlungen liegen, ist allerdings natürlicherweise von einem oligotrophen Zustand auszugehen. Für eine nach wie

vor erhöhte Nährstoffbelastung können unserer Ansicht nach zwei Möglichkeiten in Frage kommen: Einerseits sind lokale Einträge durch Sömmerungsgebiete möglich. Andererseits kann es sich bei der aktuellen Gesamtphosphorbelastung auch um Phosphor handeln, welcher aus dem Sediment zurückgelöst wird. Somit würde es sich bei den aktuellen Nährstoffkonzentration um historische Belastungen handeln.

Tab. 3: Konzentrationen in mg/l des Gesamtphosphors im Tiefenprofil während der Untersuchungsperiode und Beurteilung bezüglich des Trophiegrades.

mg/l P _{tot}	Tiefe (m)	9.3.1991	1.6.1991	13.9.1991	18.10.1993	12.8.1994	27.6.1995	14.9.1995	29.3.1998	29.5.1998	27.8.1998	22.10.2013
0.001 - 0.01 oligotroph	0	0.055			0.004		0.046	0.021	0.013	0.034	0.008	
0.01 - 0.03 mesotroph	0.5											
0.03 - 0.1 eutroph	1			0.045								0.013
> 0.1 hypertroph	2											
	3											
	4											
	5								0.019	0.014	0.01	
	6											
	7											
	8											
	9											
	10	0.11					0.037	0.021	0.022	0.013	0.012	0.015
	11		0.03									
	12											
	13											
	14											
	15					0.024			0.026	0.023	0.012	0.012
	16		0.065									
	17											
	18											
	19											
	20			0.01		0.029	0.07			0.025	0.015	0.018
	21								0.042			
	22	0.24										
	22.5			0.2								
	23		0.15									
	23.5											
	24					0.035				0.032		
	25							0.032				
	26										0.031	0.022
	27											
	28											
	29						0.072					

4.1.4 Stickstoffspezies

Die anorganischen Stickstoffspezies Ammonium, Nitrit und Nitrat, bilden die zweite wichtige Nährstoffgruppe deren Konzentration auch von der Zuleitung von Abwässern abhängig ist.

Nitrat

Die Nitratbelastung lag zwischen 0.22 und 0.24 mg/l. Im Vergleich dazu lagen die Konzentrationen zu Beginn der 1990er Jahre noch deutlich über 1, teilweise gar über 3 mg/l.

Nitrit

Die Nitritbelastung war in einem Bereich unterhalb von 5 µg/l und somit unterhalb der Nachweisgrenze. Aufgrund der guten Sauerstoffversorgung des Sees während der Herbstzirkulation war auch nicht mit einer erhöhten Nitritkonzentration zu rechnen.

Ammonium

Die Ammoniumbelastung lag zwischen 20 und 26 µg/l. Problematisch werden erhöhte Ammonium und Ammoniakkonzentrationen da sie fischtoxisch wirken. Der Grenzwert liegt jedoch bei 0.4 mg/l - ein Wert der noch nicht einmal in den 1990er Jahren erreicht wurde.

Fazit Stickstoffspezies: Die während der Probenahme vom 22.10.2013 gemessenen Konzentration der anorganischen Stickstoffspezies sind alle gering und weisen nicht auf eine erhöhte anthropogene Belastung hin.

4.2 Biologische Untersuchungen

4.2.1 Planktonuntersuchung

Im Verlauf der Saison dominierten unterschiedliche Arten von Kieselalgen (*Asterionella formosa*, *Fragilaria cf. crotonensis*) und Goldalgen (*Dinobryon sp.*). Weitere Arten gehörten zu den Dinoflagellaten, Blaualgen und Grünalgen (kokkal und fädig). Die Zusammensetzung des Planktons liess mit der Bestimmung auf Grossgruppenniveau keine Beurteilung des Nährstoffzustandes des Fäensees zu.

Das Plankton wurde im Oktober 1990 von der Kieselalge *Asterionella formosa* und 1991 über die Jahreszeiten von verschiedenen unbestimmten Flagellaten und der Kieselalgenart *Stephanodiscus minutulus* dominiert (vgl. Tab. 4). Bei den unbestimmten Flagellaten der Grossgruppen Grün- und Goldalgen handelt es sich wahrscheinlich in der Regel um r-Strategen, die sich bei genügend Nährstoffangebot konkurrenzstark vermehrten. Die Kieselalgenart *Stephanodiscus minutulus* kann auch stark eutrophe Bedingungen tolerieren. Die in den aktuellen Untersuchungen gefundene Goldalge *Dinobryon* bevorzugt oligo- bis mesotrophe Verhältnisse und die Kieselalgen *Asterionella* kann in oligo- sowie eutrophen Verhält-

nissen die Planktongesellschaften dominieren. Diese Funde, im speziellen das Verschwinden von Stephanodiscus, sprechen für verbesserte Nährstoffverhältnisse im Fälensee. Die vorgefundenen Biomassen entsprachen in den verschiedenen Jahreszeiten den Erwartungen: Im Frühjahr ist das Phytoplankton vom Zooplankton weggefressen und kann sich in den lichtintensiven Monaten wieder etablieren. Auch konnte im Vergleich zu den 90er Jahren keine Rückgang der Biomasse im Juni beobachtet werden. Aus diesen Befunden lässt sich keine Erklärung für den Fischrückrückgang im Fälensee finden.

Tab. 4: Die dominierenden Algengruppen in den verschiedenen Untersuchungsperioden. In Farbe werden die Algengruppen gezeigt, welche im entsprechenden Monat dominierten. Die Kreise entsprechen der vorgefundenen relativen Biomasse: wenig, mittel und viel.

Legende		Monat	1990	1991	2013	2014	2015
Algengruppe		Januar					
	Kieselalgen	Februar					
	Grünalgen	März			 ○		 ○
	Goldalgen	April					
	Flagellaten	Mai					
	Dinoflagellaten	Juni			 ●	  ●	
Dichte Biomasse		Juli					
kA	keine Angaben	August					
○	wenig Biomasse	September		 ●	 ●		
◐	mittel Biomasse	Oktober	  kA		 ◐		
●	viel Biomasse	November				 ○	
		Dezember					

4.2.2 Kieselalgenuntersuchung

Total wurden im Fälensee 27 Kieselalgenarten gefunden (Standort: Abb. 4). Die meisten Arten kommen in kalkhaltigen, wenig nährstoffreichen Milieus vor und 78.8 % der Arten indizieren eine sehr gute Wasserqualität. Die dominierende Art war mit einer relativen Häufigkeit von 59.6 % Encyonema minutum. Diese Art kommt als Aufwuchs in anthropogen wenig gestörten Lebensräumen vor und ist in Mitteleuropa häufig, mit einem Schwerpunkt in subalpinen und alpinen Bereichen. Mit einem Anteil von geringen 0.8 % wurden Arten nachgewiesen, die für ungenügende oder schlechte Gewässerqualität indizieren. Der DI-CH betrug 2.55 und indiziert somit eine sehr gute Gewässerqualität und geringe Nährstoffbelastung des Fälensees (die detaillierten Ergebnisse finden sich im Anhang).

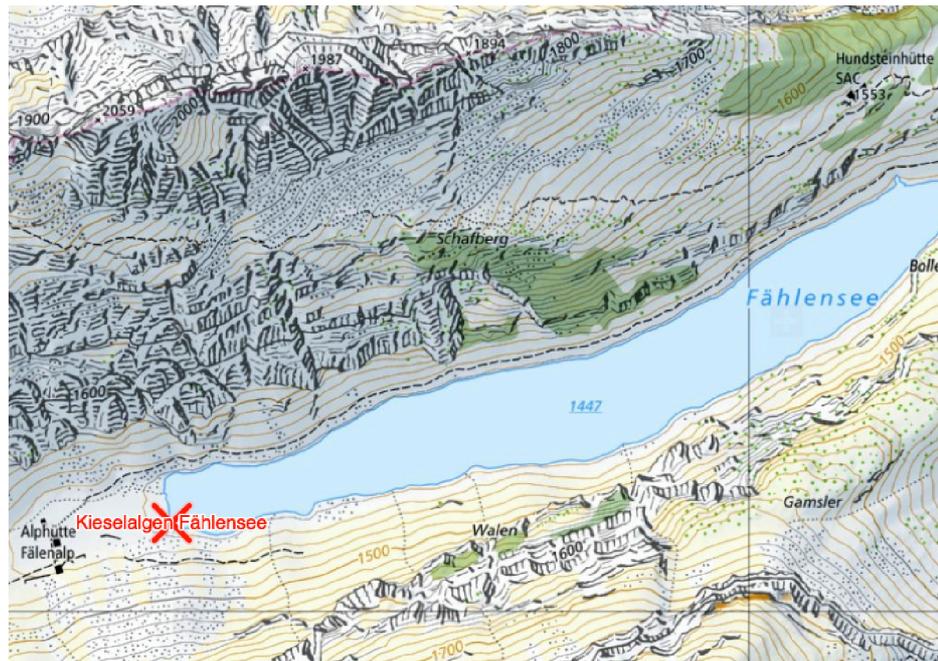


Abb. 4: Probenahmestelle der Kieselalgen: Der Standort wurde beim Zufluss gewählt, um allfällige Verschmutzungen - Indikatoren aus dem Einzugsgebiet eruieren zu können.

4.3 Fischerei

4.3.1 Entwicklung von Fangerträgen und Fischbesatz

Der Fählensee wird seit Jahrzehnten fischereilich bewirtschaftet. Regelmässige Besatzmassnahmen finden seit Mitte der 1980er Jahre statt. Damals wurden Kanadische Seeforellen (*Salvelinus namaycush*) eingesetzt. Der Fangertrag stieg in Folge der ersten Besatzmassnahmen stark an und erreichte 1991 die Spitze mit 1488 gefangenen Fischen. Danach sackten die Erträge regelrecht ab, worauf ab 1997 der Besatz massiv mit Bachforellen verstärkt wurde (rund 10'000 Bachforellen Brütlinge jährlich, sowie 2000 Namaycush Sömmerringe jährlich). Als Reaktion stiegen die Erträge zwischen 1997 und 2002 wieder steil an und erreichten 2002 mit 1247 gefangenen Fischen fast wieder die Mengen von Beginn der 1990er Jahre. Es geht aus der Statistik allerdings leider nicht hervor, ob es sich bei den Fängen um Namaycush oder Bachforellen handelt. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die ab 1997 in grossen Mengen eingesetzten Bachforellen nun auch im fangreifen Grössen vorhanden waren. Trotz gleichbleibendem Besatz mit Bachforellen und Namaycush sanken die Fangzahlen ab 2002 wieder stark ab. Ab 2008 wurde der Besatz mit Namaycush aufgegeben, stattdessen wurden nun Seesaiblinge eingesetzt. Die Erträge sanken aber trotzdem weiter ab und erreichten im

Jahr 2012 mit 26 gefangenen Fischen den absoluten Tiefststand. Seither blieben die Erträge mit etwas über 100 Stück jährlich auf tiefem Niveau (vgl. Abb. 5).

4.3.2 Gründe für den Rückgang der Fangerträge - Veränderungen der Trophie?

Vor allem auf Seiten der Fischer wächst der Druck, die fischereioche Bewirtschaftung anzupassen, um wieder höhere Erträge zu erreichen. Allerdings sollte zunächst geklärt werden, weshalb sich die Erträge derart stark verringert haben. In vielen Schweizer Seen haben sich die fischereilichen Erträge auf Grund der Veränderung der trophischen Verhältnisse verringert. Die Re-Oligotrophierung, hervorgerufen durch die gewässerschützerischen Massnahmen (Bau von Kläranlagen, Aufhebung von Seeinleitungen, Phosphatverbot in Waschmitteln), führten zu einer geringeren Primärproduktion in den Gewässern und damit zu geringerer Biomasse. Der Fählensee ist heute jedoch immer noch in einem mesotrophen Zustand (vgl. Abb. 5). Einem Nährstoffzustand also, wie ihn z.B. auch der Zürichsee aufweist. Die Erträge sind in mesotrophen Seen meist immer noch recht erfreulich.

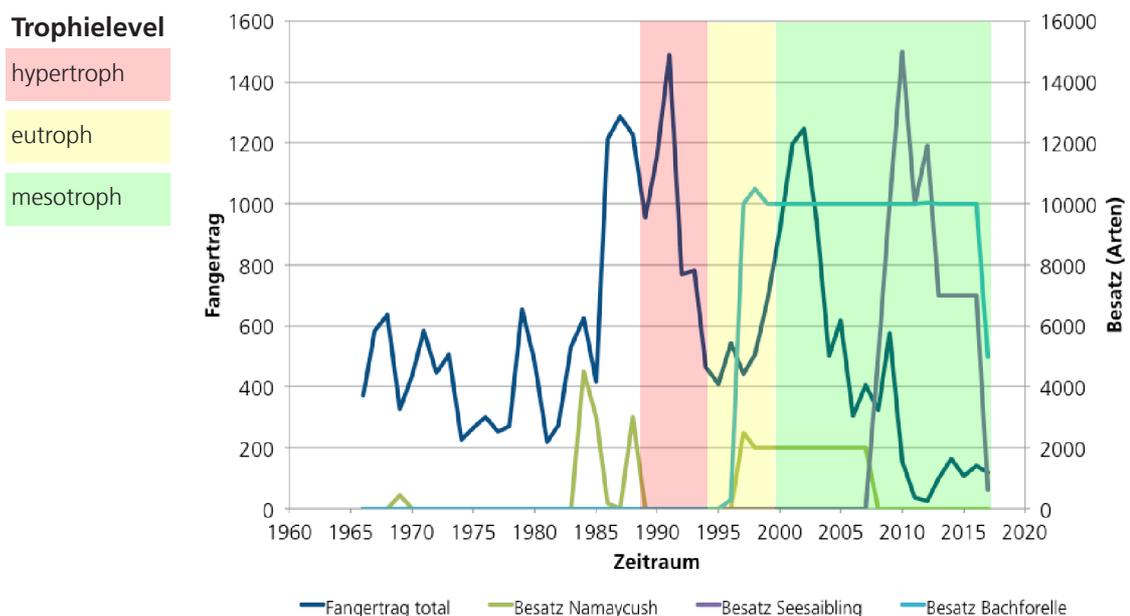


Abb. 5: Entwicklung der Fangerträge am Fählensee und Besatz mit verschiedenen Fischarten im selben Zeitraum. Der Trophielevel des Sees ist farblich hinterlegt.

4.3.3 Gründe für den Rückgang der Fangerträge - weniger Patente?

Um die Fischerei im Kanton AI ausüben zu können, ist ein Fischereipatent notwendig. Es sind Patente mit unterschiedlicher zeitlicher Dauer erwerbbar (von Tages- bis Jahrespatente). Ist es denkbar, dass die Veränderungen der Fangerträge einfach in Abhängigkeit der verkauften Patente steht? Da die Zahlen für die jährlich verkauften Patente nicht ausschliesslich den Fählensee berücksichtigen, sondern den ganzen Kanton AI, ist eine Auswertung der Daten mit Vorsicht zu geniessen. Trotzdem haben wir die Summe aller Patente mit den Fangerträgen verglichen (vgl. Abb. 6). Bei der Betrachtung der beiden Kurven zeigen sich einige Ähnlichkeiten. In der nächsten Abbildung (Abb. 7) sind deshalb die Patente und die Fangerträge in ihrer Korrelation zueinander dargestellt. Es zeigt sich ein Trend, dass bei geringen Fangerträgen auch weniger Patente verkauft wurden, und dass bei hohen Erträgen auch mehr Patente verkauft wurden. Allerdings ist die lineare Korrelation insbesondere bei den Perioden mit hohen Fangerträgen nicht sehr deutlich. In Jahren mit kleineren Fangerträgen ist die Punktestreuung jedoch geringer. Dies kann damit zu tun haben, dass sich das Fischen einer geringeren Beliebtheit erfreut, oder auch andere Faktoren, wie z.B. Sommermonate mit schlechtem Wetter kommen für eine geringere Attraktivität des Fisches in Frage. Für die Beurteilung der Entwicklung der Fangerträge können die rückläufigen Patentverkäufe somit durchaus als Faktor herangezogen werden. Da sie jedoch nicht spezifisch für den Fählensee gelten ist ihre Interpretation relativ schwierig.

Seitens der Abteilung Jagd und Fischerei (Herr Ueli Nef) wurden uns auch Werte für den CPUE zugestellt. Der CPUE (Catch per Unit Effort) ist ein in der Fischerei übliches Mass, um den (zeitlichen) Aufwand pro gefangenen Fisch darzustellen. In diesem Fall zeigt ein steigender CPUE einen grösseren zeitlichen Aufwand pro gefangenen Fisch an. In den letzten 10 Jahren ist ein klares Anzeichen zu beobachten, was bedeutet, dass es für Fischer immer mehr Zeit braucht um am Fählensee Fische zu fangen.

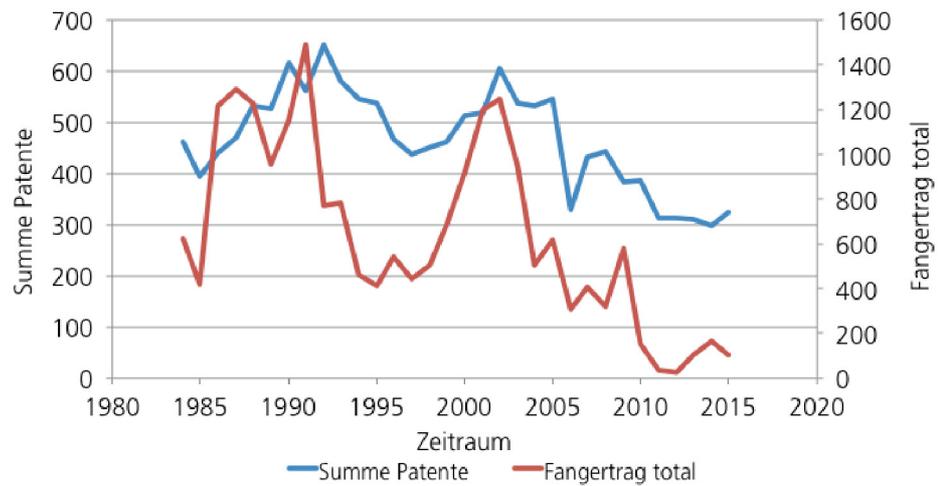


Abb. 6: Entwicklung der Fangerträge am Fählensee und Besatz mit verschiedenen Fischarten im selben Zeitraum. Der Trophielevel des Sees ist farblich hinterlegt.

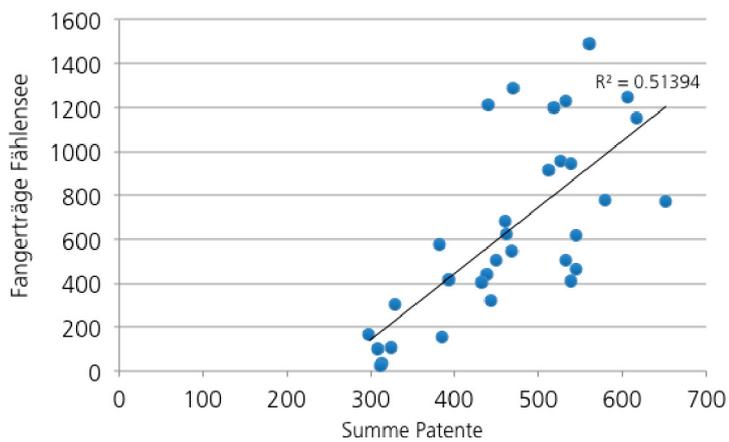


Abb. 7: Korrelation der Fangerträge am Fählensee mit der Summe der jährlich verkauften Patente im Kanton AI. Dargestellt ist der Zeitraum von 1984 - 2015.

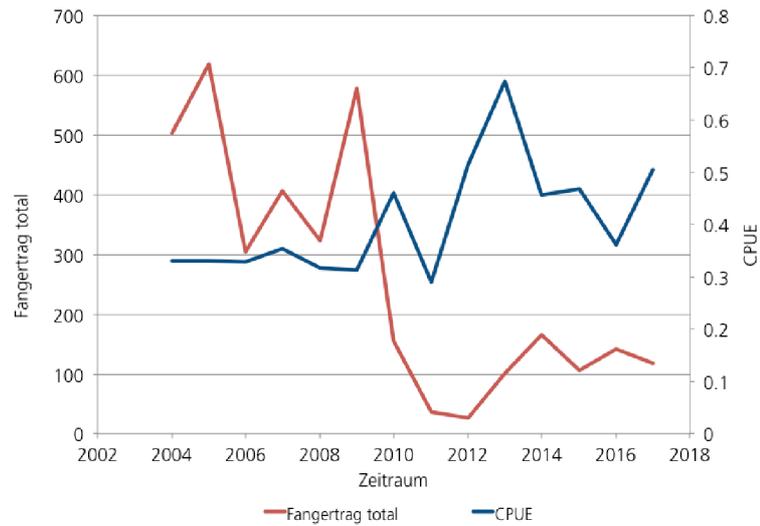


Abb. 8: CPUE und Fangerträge am Fählensee.

4.3.4 Gründe für den Rückgang der Fangerträge - Besatzstrategie?

Beim fischereilichen Besatz wurde - wie eingangs beschrieben - unterschiedlich intensiv und mit verschiedenen Arten sowie verschiedenen Altersklassen gearbeitet. Mit dem kanadischen Seesaibling wurde eine Art eingesetzt, welche bei Fischern sehr beliebt ist. Diese Fische können sehr gross, lang und alt werden (maximales Alter: 50 Jahre; maximale Länge: 150 cm; maximales Gewicht: 32.7kg - Quelle: www.fishbase.org). Ab einer gewissen Grösse ernähren sich diese Fische nur noch von anderen Fischen. Sie halten sich dann seltener in der Nähe des Ufers auf, und nehmen auch die relativ kleinen Angelköder nicht mehr an.

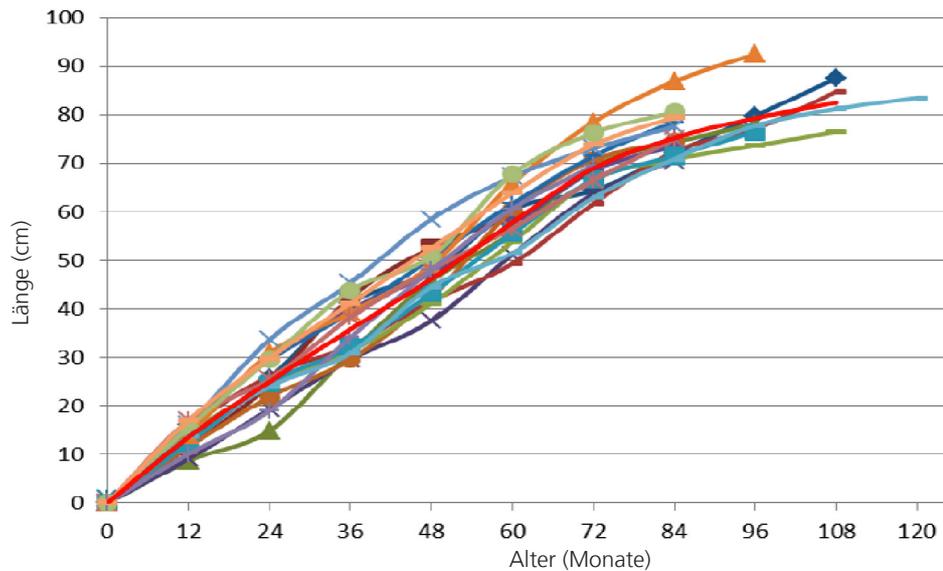


Abb. 9: Wachstum des kanadischen Seesaiblings im Vergleich zum Alter (Polli & Foresti, 2015).

1984 wurden die ersten 4500 Sömmerlinge von *S. namaycush* eingesetzt. In den ersten Jahren reagierten diese jungen Namaycush noch stark auf die Angelköder und die Fangerträge schnellten in die Höhe. Nach 5 Jahren (1989) ist ein erster Einbruch feststellbar. Aufgrund des Besatzes von 1988 steigt der Fangertrag allerdings 1990 und 1991 nochmals an. 1991 war der Besatz aus dem Jahre 1984 (4500 Stk.) bereits 7 Jahre alt, die eingesetzten Fische von 1985 (rund 3000 Stk.) waren schon 6 Jahre alt. Diese beiden Besatzjahrgänge hatten damals eine Grösse von 50-70 cm (abhängig von der Temperatur und vom zur Verfügung stehenden Futter; vgl. Abb. 9). Bei dieser Grösse ernähren sich die Fische nur noch von anderen Fischen, wobei auch rund 30 cm grosse Artgenossen zum Beutespektrum zählen. Beim starken Absturz des Fangertrags ab 1991 haben wohl grosse kanadische Seesaiblinge den Bestand kleinerer Fische aus dem Besatzjahrgang von 1988 stark dezimiert, wodurch diese kleineren Fische, welche besser auf die Angelköder reagieren, nicht mehr gefischt werden konnten. Gleichzeitig halten sich die grossen Namaycush eher im freien Wasser auf und reagieren nicht auf Angelköder, weshalb der Eindruck entstehen kann, dass es im See weniger Fische gibt. Namaycush nehmen im Alter von 6 bis 7 Jahren jährlich rund 7.5 - 8 kg Fischnahrung auf. Der Fangrückgang zwischen 1991 und 1992 betrug 718 Stk. Wird ein Durchschnittsgewicht von 450 g pro gefangener Fisch angenommen, so betrug der Fangrückgang in Biomasse rund 323 kg. Bei einem Verzehr von 7.5 kg Frischfisch jährlich entspricht dies 43 ausgewachsenen *S. namaycush* im Alter von 6 - 7 Jahren.

Dasselbe Muster wiederholt sich mit der Wiederaufnahme des Besatzes ab 1997. Auch hier steigt der Fangertrag sprunghaft an, bevor rund 6 Jahre später der Einbruch beginnt. Die jüngeren Besatzjahrgänge werden durch den Frassdruck der grossen Namaycush stark ausgeräumt. Der aus fischereilicher Sicht geglückte An-

stieg zu Beginn des Besatzzyklus' könnte damit zusammenhängen, dass die Besatzjahrgänge von 1984 und 1985 (mit 4500 und 3000 Besatzfischen) bei entsprechender Körpergrösse des neuen Besatzjahrganges bereits 13 - 14 Jahre alt waren und evtl. natürlicherweise wegstarben, wodurch der Frassdruck auf die frischen Besatzjahrgänge noch gering war.

Der Besatz mit Namaycush endete im Jahr 2007. Danach wurde ein intensiver Besatz mit Seesaiblingen gestartet. Jedoch war dies erfolglos, was die Fangertäge betrifft. Die ansässigen grossen Namaycush fressen aller Wahrscheinlichkeit nach den Besatz ab einer gewissen Grösse einfach weg (vgl. Abb. 10)!

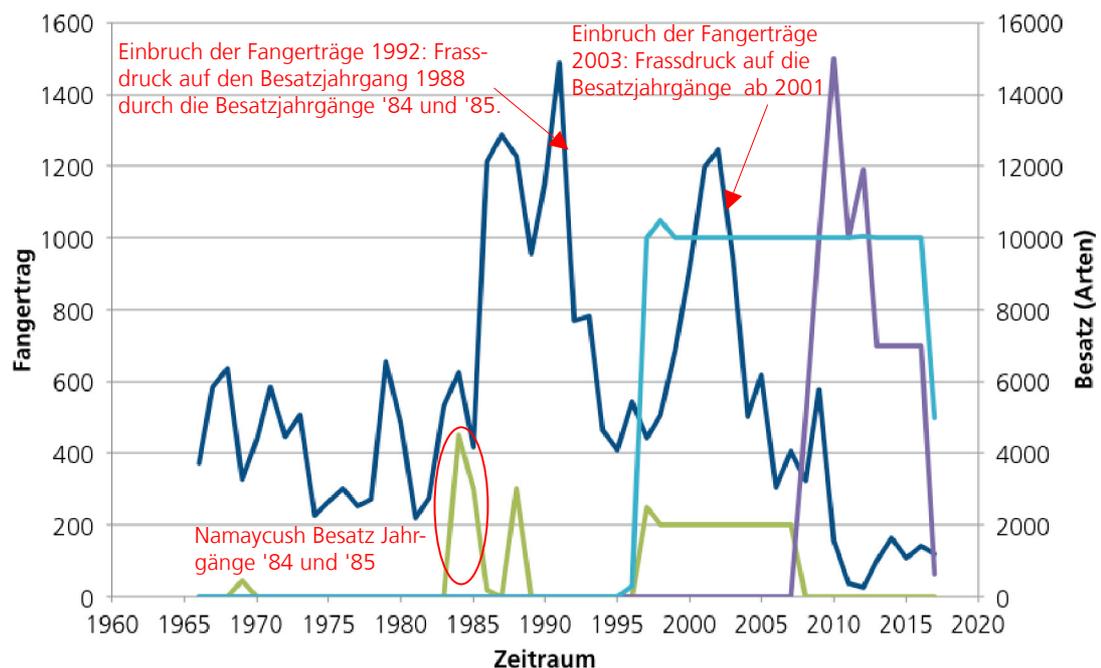


Abb. 10: Entwicklung der Fangertäge und Besatzmassnahmen. Der sprunghafte Anstieg ist jeweils eine Folge des intensiven Besatzes. Der rapide Rückgang wird durch grosse Namaycush verursacht, welche die kleineren fangreifen Fische wegfressen.

Aus anderen Schweizer Bergseen ist bekannt, dass sich *S. namaycush* durch **Naturverlaichung** im Bestand halten kann. Beim Fählensee endete der Besatz mit *S. namaycush* im Jahr 2007. Da alle damals eingesetzten Fische wachsen, können kleinere Fische die ein paar Jahre später gefangen werden der Naturverlaichung zugeordnet werden. Eine detaillierte Auswertung der Fangertäge hat ergeben, dass seit 2011 jedes Jahr in beschränktem Mass kleinere *S. namaycush* gefangen werden. Gemäss dem in Abb. 9 ersichtlichen Verhältnis von Länge zu Alter kann daraus abgeleitet werden, dass diese Fische aus Naturverlaichung stammen.

4.3.5 Erfahrungen an anderen Bergseen mit *Salvelinus namaycush*

Auch andernorts in der Schweiz sorgte das enorme Frassverhalten von grossen kanadischen Seesaiblingen bereits für Einbrüche des Fangertags. Bekannt sind uns diesbezüglich vor allem mehrere Bergseen aus dem Kanton Tessin (u.a. Toma-

see, Ritomsee, Lago Tremorgio, Cadagnosee). Auf Druck der Fischer griff man hier zu einem Bestandesmanagement der grossen kanadischen Seesaiblinge. Als erfolgreich erwies es sich, die Fische mit grossmaschigen Grundnetzen (Maschenweite 70mm) abzufischen. Seit 2003 wendet der Kanton Tessin diese Technik nun erfolgreich an. Die Bestände erholen sich dadurch und die Fangerträge steigen nach einem solchen Eingriff jeweils wieder an. Die Auswertung der Daten zeigte, dass sich in den Bergseen tatsächlich kapitale kanadische Seesaiblinge entwickelt haben (bis 97 cm im Lago Tremorgio (2011), bis 92.5 cm Tomasee (2015), 91 cm Cadagnosee (2014)). Andererseits konnte durch die Analyse des Mageninhaltes auch festgestellt werden, dass es sich bei den grossen Tieren tatsächlich um grosse Räuber handelt, wie auf den Abb. 11 ersichtlich ist.

Der Fischkonsum von grossen *S. namaycush* entspricht, gemäss von uns ausgewerteten Daten aus dem Lago Tremorgio (Polli, 2011), dem 9-fachen des Körpergewichts. Die im Lago Tremorgio gefangenen 25 *S. namaycush* waren somit alleine für den Konsum von 866 kg Fisch in ihrem durchschnittlich 8 Jahre langem Leben, verantwortlich (durchschnittlich 34.6 kg pro gefangener *S. namaycush*).

In den Tessiner Bergseen halten sich die Bestände von *S. namaycush* durch die Naturverlaichung selbst. Deshalb müssen die Fangaktionen alle 6-8 Jahre wiederholt werden.



Abb. 11: Mageninhalt von zwei kanadischen Seesaiblingen, welche im Lago Tremorgio am 4./5. Oktober 2011 gefangen wurden (aus Polli, 2011).

Bild links: *S. namaycush* 75 cm, 4.170 kg; Mageninhalt weiblicher geschlechtsreifer *Salvelinus alpinus*, 36 cm.

Bild rechts: Mageninhalt eines *S. namaycush* (76.5 cm, 5.650 kg) mit Regenbogenforellen 13 cm, 13.5 cm, 13.5 cm, 14.8 cm, 13 cm, 12.8 cm, 17 cm.

4.3.6 Vorschlag für ein fischereiliches Management des Fählensees

Als wahrscheinlichstes Szenario für die wiederholten starken Fangrückgänge im Fählensee erachten wir den Frassdruck durch grosse kanadische Seesaiblinge. Entsprechend sollte sich eine fischereiliche Bewirtschaftung des Fählensees vorderhand mit diesem Phänomen beschäftigen.

Wir schlagen folgendes Vorgehen in 3 Stufen vor:

1. Sensibilisierung und Plausibilisierung

- Sensibilisierung der Fischer und Fischereivereine zur wahrscheinlichen Problematik mit den grossen kanadischen Seesaiblingen
- Plausibilisierung der Hypothese: Sind *S. namaycush* aufspürbar (Sonar, Fishfinder, Taucher)
- "politisches Signal" zulassen von zweiter Rute oder grösseren Ködern am Fählensee

2. Reduktion grosser Namaycush

- Aufnahme des Untergrundes zum Setzen von Grundnetzen
- Fangaktion Ende September, Oktober
- Untersuchung und Vermessung der gefangenen Exemplare (Gewicht, Länge, Schuppenanalyse (Alter), Geschlecht, Anomalien, Mageninhalt etc.)
- Wiederholung Prozedere in 6 Jahren
- Aufhebung des Mindestfangmasses für *Salvelinus namaycush*

3. Weiterer Besatz?

- Entscheid über die weitere fischereiliche Bewirtschaftung des Fählensees und einen allfälligen Besatz

5 Seealpsee

Tab. 5: Kennwerte des Seealpsee, basierend auf den Berichten von Langenegger 1990 - 1998.

Kennwerte Seealpsee	
Meereshöhe Nullpegel (m.ü.M.)	1142.8
Länge (km)	0.8
Mittlere Breite (km)	0.17
Oberfläche (km ²)	0.136
grösste Tiefe (m)	15.2
mittlere Tiefe (m)	8.26
Durchfluss (l/s)	600
mittlere Aufenthaltszeit (d)	23
Pegelschwankungen (cm)	vernachlässigbar
Volumen (Mio m ³)	1.129
Grösse Einzugsgebiet (oberflächlich)	11 km ²
Entwässerung	unterirdisch zum Schwendebach

5.1 Untersuchungen und Ergebnisse Chemie, Physik

Die Schwerpunktuntersuchung am Seealpsee fand am 20.10.2015 statt (vgl. Abschnitt Untersuchungskonzept). Weitere Probenahmen fanden am 18.11.2015, am 31.05.2016, am 19.08.2015, am 29.11.2016, am 28.03.2017 und am 23.08.2017 statt. Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Zufahrt (Lawinengefahr) fand keine Untersuchung während der Eisbedeckung statt. Da die Leitfähigkeitsmesssonde des Kantons AI über längere Zeit defekt war, liegen für mehrere Probenahmen keine Daten zur Leitfähigkeit vor.

5.1.1 Temperatur

Die 7 Temperaturprofile sind in Abbildung 12 dargestellt. Aufgrund der Profile ist ersichtlich, dass eine Zirkulation des Sees sowohl im Frühling, als auch im Herbst stattfindet. Im Sommer bildet sich jeweils eine Temperaturschichtung aus, welche aufgrund der geringen Tiefe und der Temperaturamplitude von maximal 8.5°C relativ schwach, d.h. eher labil ausgebildet ist.

5.1.2 Sauerstoff

Die Sauerstoffversorgung des Seealpsees war in allen Tiefen und fast bei allen Proben sehr gut. Nur direkt über dem Sediment sind teilweise niedrige Werte feststellbar. Der kritische Wert wurde nur ein Mal direkt über dem Sediment überschritten.

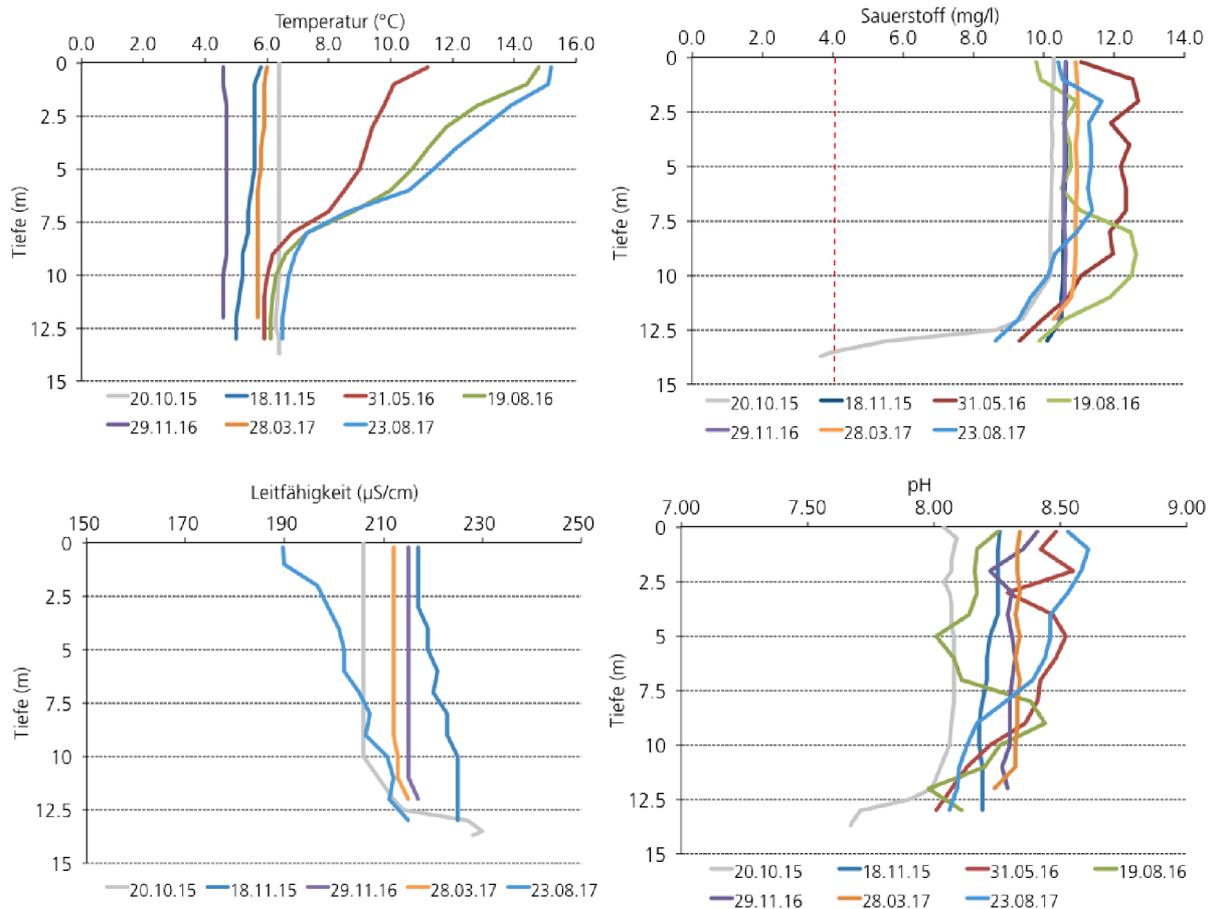


Abb. 12: Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoff, Leitfähigkeit und pH während der vier Jahreszeiten im Seelapsee (tiefste Stelle). Da die Leitfähigkeitsmesssonde während mehrerer Probenahmen defekt war, sind für diesen Parameter weniger Daten vorhanden.

5.1.3 Gesamtphosphor

Die Werte des Gesamtphosphors lagen während der Schwerpunktuntersuchung unterhalb von 5 µg/l, bzw. unterhalb der analytischen Nachweisgrenze. Auch bei den Messungen vom 18.06.2012 wurden keine Werte über 5 µg/l festgestellt. Bezüglich des Gesamtphosphors liegt der See somit im oligotrophen Bereich. Während der Seelapsee zu Beginn der 1990er Jahre noch einen eutrophen Seezustand mit P-gesamt Werten von 40 - 70 µg/l hatte, entwickelte sich der See bereits ab Mitte der 1990er Jahre zu einem oligotrophen Zustand, wie er für einen Bergsee unter natürlichen Bedingungen eigentlich typisch ist.

5.1.4 Stickstoffspezies

Nitrat

Der durchschnittliche Nitrat Wert im Profil lag während der Schwerpunktuntersuchung bei 0.254 mg/l. Sie entsprechen somit der Probenahme von 2012, wo die Konzentration zwischen 0.238 und 0.366 mg/l lagen. Im Vergleich dazu lagen die Nitrat Werte zu Beginn der Neunziger bei maximal 3.5 mg/l - waren also rund 10 mal grösser.

Ammonium

Die Ammoniumkonzentrationen lagen bei durchschnittlich 0.019 mg/l. Aufgrund der sehr guten Sauerstoffversorgung sind hohe Ammoniumkonzentrationen auch nicht wahrscheinlich. Die Ammoniumkonzentrationen sind seit 1995 auf diesem konstant tiefen Niveau.

Nitrit

Nitrit konnte während der Probenahme nicht nachgewiesen werden. D.h. die Konzentration lag unter der analytischen Nachweisgrenze von 0.005 mg/l. Dies war bereits 2012 der Fall. Historische Werte aus den 1990er Jahren liegen nur aus dem Jahr 1991 vor. Werte über 0.02 mg/l wurden dabei nur im Mai gefunden.

5.2 Biologische Untersuchungen

5.2.1 Planktonuntersuchung

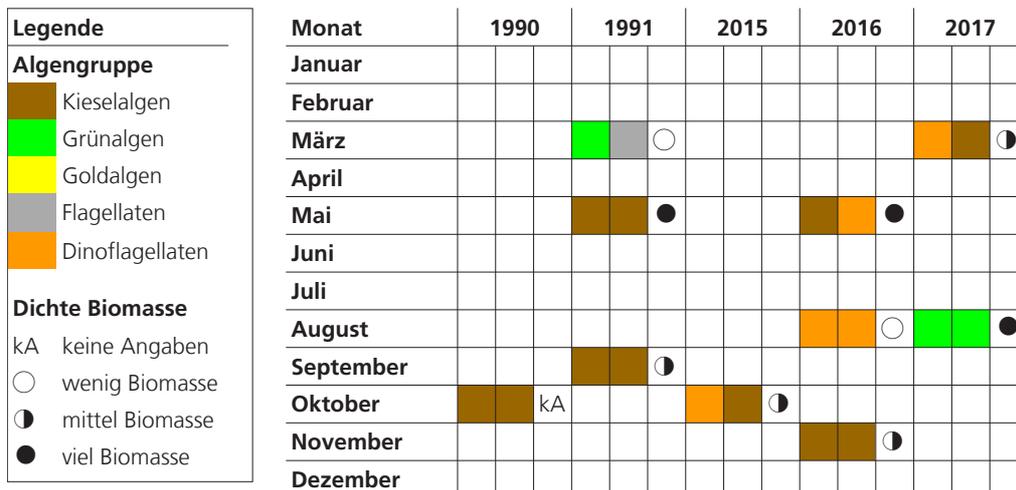
Im Verlauf der Saison dominierten unterschiedliche koloniebildende Grünalgenarten, die Kieselalgenarten *Asterionella formosa* und *Fragilaria cf. crotonensis* und die Goldalgenart *Dinobryon cf. cylindricum*. Die Zusammensetzung des Planktons liess mit der Bestimmung auf Grossgruppenniveau keine Beurteilung des Nährstoffzustandes des Seealpsees zu.

Das Plankton wurde im Oktober 1990 von der Kieselalgen *Fragilaria ulna* dominiert. Im März 1991 wurde die Phytoplanktonlebensgemeinschaft hauptsächlich von unbestimmten Flagellaten und Grünalgen und im Mai und im September von Kieselalgen der Gattungen *Fragilaria* und *Cyclotella* dominiert. Bei den unbestimmten Flagellaten der Grünalgen handelt es sich wahrscheinlich in der Regel um r-Strategen, die sich bei genügend Nährstoffangebot konkurrenzstark vermehrten. Die Kieselalgenart *Cyclotella glomerata* ist ein Kosmopolit.

Die in den aktuellen Untersuchungen gefundene Goldalge *Dinobryon* bevorzugt oligo- bis mesotrophe Verhältnisse, und die bei den Kieselalgen meist häufige *Asterionella* kann in oligo- sowie eutrophen Verhältnissen die Planktongesellschaften dominieren. Diese Funde sprechen für verbesserte Nährstoffverhältnisse im Seealpsee. Die vorgefundenen Biomassen entsprachen in den verschiedenen Jahreszeiten den Erwartungen: Im Frühjahr ist das Phytoplankton vom Zooplankton weggefressen und kann sich in den lichtintensiven Monaten wieder etablie-

ren. Einzig die Probe vom 19. August 2016 wies aus unbekanntem Gründen sehr wenig Biomasse (Phyto- und Zooplankton).

Tab. 6: Die dominierenden Algengruppen in den verschiedenen Untersuchungsperioden. In Farbe werden die Algengruppen gezeigt, welche im entsprechenden Monat dominierten. Die Kreise entsprechen der vorgefundenen relativen Biomasse: wenig, mittel und viel.



5.2.2 Kieselalgenuntersuchung

Die ausgewertete Probe der benthischen Kieselalgen stammt aus dem Mündungsbereich des zufließenden Schwendebaches (vgl. Abb. 13). Total wurden im Seealpsee 33 Kieselalgenarten gefunden. Die meisten Arten kommen in kalkhaltigen, wenig nährstoffreichen Milieus vor und 77.6% der Arten indizierten für eine sehr gute Wasserqualität. Die dominierende Art war mit *Fragilaria pinnata* (rH=58.4%). Die Art kann erhöhte Nährstoffbelastungen tolerieren, reagiert aber bei erhöhter Saprobie mit Vitalitätsverlust. Erwähnenswert ist *Cavinula pseudoscutiformis* (rH=5.8%) die aus stehenden Gewässern bekannt ist und als Indikator für sehr gute ökologische Qualität gilt. Der DI-CH betrug 2.91 und indiziert somit eine sehr gute Gewässerqualität und geringe Nährstoffbelastung des Seealpsees.

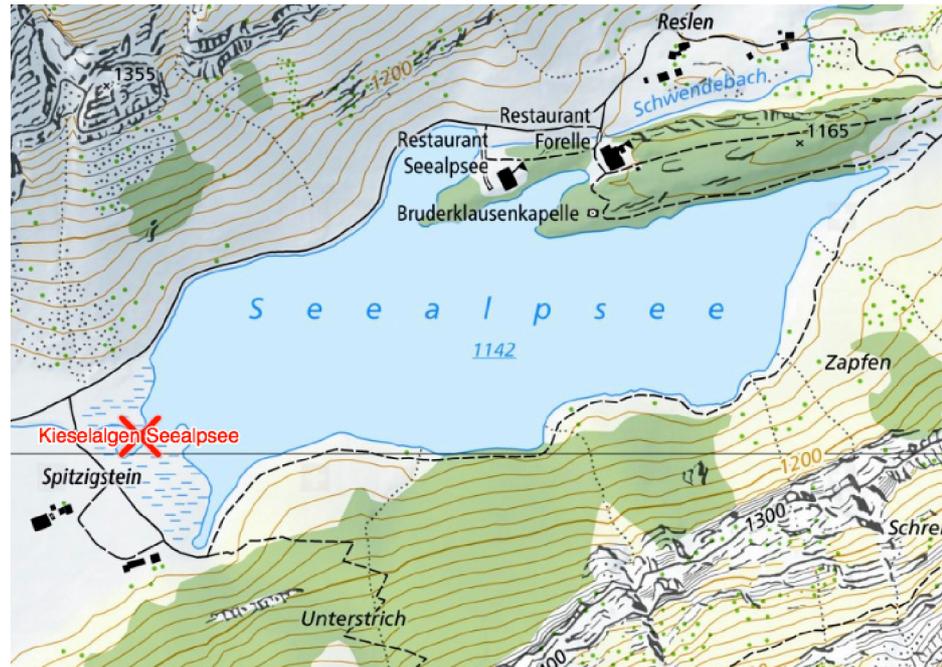


Abb. 13: Probenahmestelle der Kieselalgen: Der Standort wurde beim Zufluss gewählt, um allfällige Verschmutzungen - Indikatoren aus dem Einzugsgebiet eruieren zu können.

5.3 Fazit Seealpsee

Limnologisch präsentiert sich der Seealpsee heute in einem naturnahen bis natürlichen Zustand. Der geringe Nährstoffgehalt entspricht dem Einzugsgebiet eines Bergsees. Zirkulationsmuster und Sauerstoffgehalt schaffen ideale Lebensbedingungen. Selbst der zufließende Schwendebach weist gemäss den Kieselalgenuntersuchungen nicht auf anthropogene Verschmutzungen (z.B. durch Sömmerungsgebiete) hin.

6 Sämtisersee

Der Sämtisersee ist der flachste der drei Alpsteinseen und variiert in Tiefe und Ausdehnung beträchtlich. So waren während der Messperiode maximale Tiefen von 0.3 - 8 m anzutreffen!

Tab. 7: Kennwerte des Sämtisersees, basierend auf den Berichten von Langenegger 1990 - 1998.

Kennwerte Sämtisersee	
Meereshöhe Nullpegel (m.ü.M.)	1209
Länge (km)	0.45
Mittlere Breite (km)	0.25
Oberfläche (km ²)	0.04-0.2
grösste Tiefe (m)	ca. 15
mittlere Tiefe (m)	stark schwankend
Durchfluss (l/s)	200
mittlere Aufenthaltszeit (d)	20
Pegelschwankungen (cm)	mind. 800
Volumen (Mio m ³)	stark schwankend
Grösse Einzugsgebiet (oberflächlich)	
Entwässerung	unterirdisch, teilweise Rheintal, teilweise Brüelbach

6.1 Untersuchungen und Ergebnisse Chemie, Physik

Die Schwerpunktuntersuchung am Sämtisersee fand am 21.11.2014 statt. Weitere Probenahmen fanden am 15.07.2015, am 25.09.2015, am 18.11.2015, am 31.05.2016, am 19.08.2016, am 29.11.2016, am 28.03.2017 und am 23.08.2017 statt.

6.1.1 Temperatur

Die 9 Temperaturprofile sind in Abbildung 14 dargestellt. Aufgrund der geringen Tiefe des Gewässers und der starken Variation der Tiefe konnte sich im Sämtisersee im beobachteten Zeitraum keine stabile Schichtung einstellen. Eine leichte, wenn auch labile Schichtung ist nur im Profil vom 15.07.2015 erkennbar. 2015 war allerdings auch ein ausserordentlich heisser Sommer. Im Vergleich zu den beiden anderen Seen kann der Sämtisersee in den Sommermonaten deutlich wärmer, mit Temperaturen über 20°C, werden. Die Temperaturamplitude zwischen Sommer und Winter ist deshalb auch deutlich grösser als beim Fählen- und Seealpsee.

6.1.2 Sauerstoff

Bedingt durch die starke Fluktuation des Wasserspiegels und die wohl auch im Sommer bei stärkeren Winden auftretenden Durchmischungen, ist der Sämisensee im Allgemeinen gut bis sehr gut mit Sauerstoff versorgt. Im Profil vom 15.07.2015 erkennt man die durch die Photosynthese verursachte starke Produktion von O₂ mit einem sehr hohen Gehalt von über 18 mg/l in einer Tiefe von 4 m. Nur am Ende des Sommers 2016 konnten knapp über dem Boden - und beim höchsten Wasserstand Sauerstoff Werte von weniger als 4 mg/l festgestellt werden.

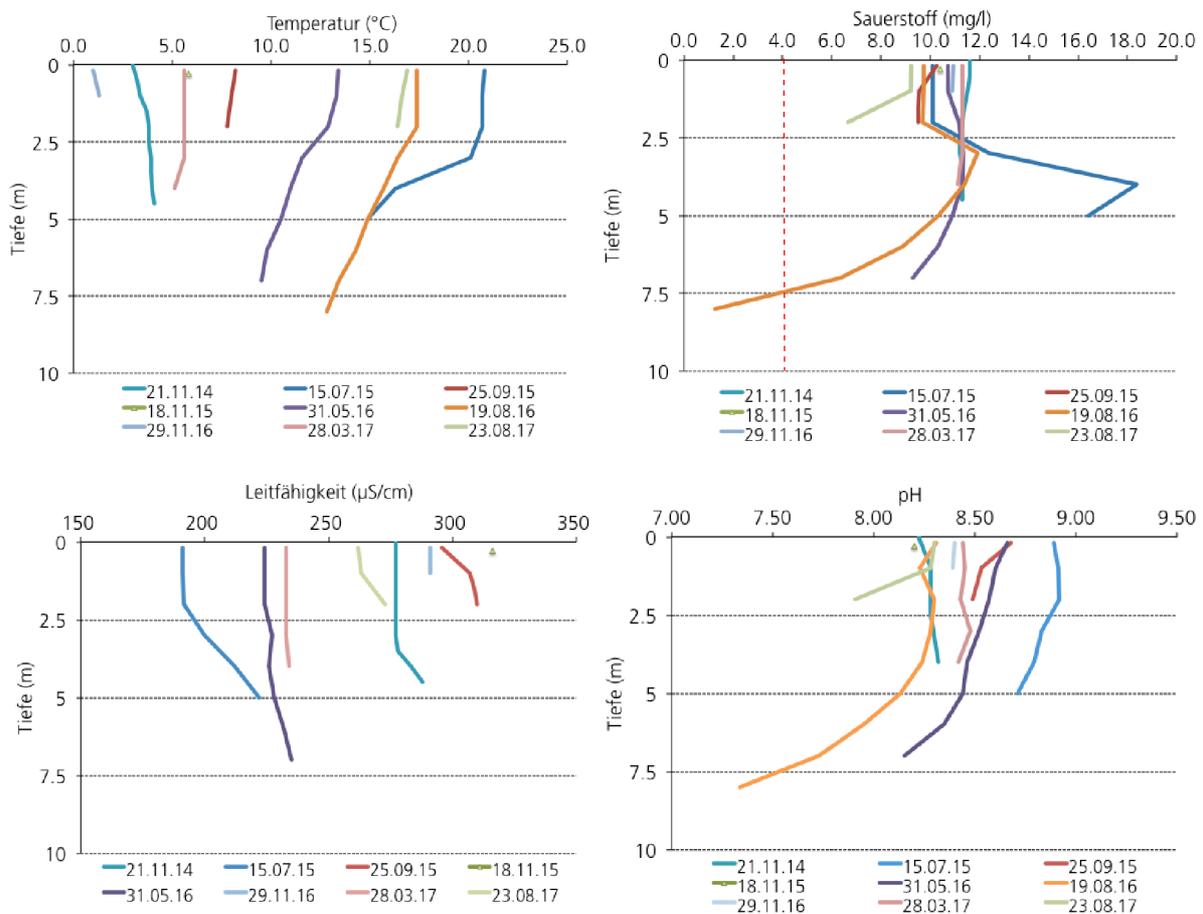


Abb. 14: Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoff, Leitfähigkeit und pH während der vier Jahreszeiten im Seealpsee (tiefste Stelle). Da die Leitfähigkeitsmesssonde während der Probenahme vom 19.8.2016 defekt war, sind für diesen Parameter weniger Daten vorhanden. Bei der Messung vom 18.11.2015 war der See so geringmächtig, dass nur ein Messwert aufgenommen werden konnte.

6.1.3 Gesamtphosphor

Die Werte des Gesamtphosphors lagen während der Schwerpunktuntersuchung unterhalb von 5 µg/l, bzw. unterhalb der analytischen Nachweisgrenze. Bezüglich des Gesamtphosphors liegt der See somit im oligotrophen Bereich. Während

im Sämtisersee zu Beginn der 1990er Jahre noch Phosphatwerte im eutrophen Bereich gemessen wurden (53 µg/l PO₄-P 08.03.1991), blieben seit 1993 alle Werte im oligotrophen Bereich. Bezüglich des Gesamtphosphors befindet sich der Sämtisersee somit seit 1993 in einem guten, für einen Bergsee typisch nährstoffarmen Zustand.

6.1.4 Stickstoffspezies

Nitrat

Die Nitratkonzentrationen während der Schwerpunktmessung lagen bei 0.199 mg/l. 2012 betrug die höchste gemessene Konzentration 0.137 mg/l. Die **Nitratkonzentrationen** im Sämtisersee lagen zu Beginn des Messprogramms noch im Bereich von 1.8 - 2.7 mg/l (1991). Ab 1993 bewegten sich jedoch alle Werte unter 0.4 mg/l. Damit ist auch beim Nitrat, wie beim Phosphat ein starker Rückgang feststellbar.

Ammonium

Die Ammoniumkonzentrationen lagen bei durchschnittlich 0.015 mg/l. Aufgrund der sehr guten Sauerstoffversorgung sind hohe Ammoniumkonzentrationen auch nicht wahrscheinlich. Die Ammoniumkonzentrationen sind seit 1993 auf diesem konstant tiefen Niveau.

Nitrit

Nitrit konnte während der Probenahme nicht nachgewiesen werden. D.h. die Konzentration lag unter der analytischen Nachweisgrenze von 0.005 mg/l.

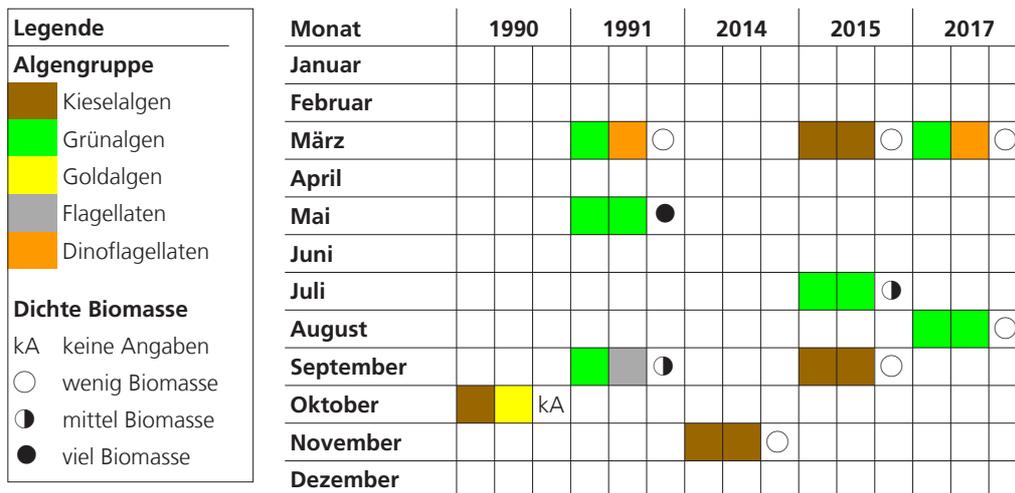
6.1.5 Planktonuntersuchung

Im Verlauf der Saison dominierten unterschiedliche Arten von Kieselalgen (*Amphora* sp., *Cymbella* sp., *Navicula* sp. und *Nitzschia* sp.). Neben den Kieselalgen konnten lediglich wenige kokkale Grünalgen beobachtet werden. Die Zusammensetzung des Planktons liess mit der Bestimmung auf Grossgruppenniveau keine Beurteilung des Nährstoffzustandes des Sämtisersees zu.

Das Plankton wurde im Oktober 1990 von der Kieselalge *Asterionella formosa* und der Goldalge *Dinobryon divergens* dominiert. Im März 1991 wurde die Phytoplanktonlebensgemeinschaft hauptsächlich von Grünalgen und Mai und September von unterschiedlichen Grünalgen und unbestimmten Flagellaten dominiert. Bei den unbestimmten Flagellaten der Grünalgen handelt es sich wahrscheinlich in der Regel um r-Strategen, die sich bei genügend Nährstoffangebot konkurrenzstark vermehrten. Erwähnenswert ist das häufige Auftreten der Kieselalge *Stephanodiscus minutulus* im März und September. Wie im Fäensee ist diese Art, die auch in stark eutrophen Gewässern vorkommt, in den aktuellen Untersuchungen nicht mehr gefunden worden und spricht für verbesserte Nährstoffbedingungen.

Die in den aktuellen Untersuchungen vorgefundenen Kieselalgen (vor allem benthische Arten) und die für die Monate August und September geringen Biomassen waren ungewöhnlich. Sie könnten aber ein Hinweis auf die stark schwankenden Wasserstände des Sämtisersees sein.

Tab. 8: Die dominierenden Algengruppen in den verschiedenen Untersuchungsperioden. In Farbe werden die Algengruppen gezeigt, welche im entsprechenden Monat dominierten. Die Kreise entsprechen der vorgefundenen relativen Biomasse: wenig, mittel und viel.



6.1.6 Kieselalgenuntersuchung

Total wurden im Sämtisersee 27 Kieselalgenarten gefunden (Standort: Abb. 15). Die meisten Arten kommen in kalkhaltigen, wenig nährstoffreichen Milieus vor und die Mehrheit der Arten indizierten für eine sehr gute (29.6 %) und gute (41.4 %) Gewässerqualität. Der DI-CH betrug 3.0 und indiziert damit für eine sehr gute Gewässerqualität, die Anteile der dominierenden D-Werte verschob sich aber von sehr gut zu gut: der DI-CH war somit im Vergleich der schlechtesten der drei untersuchten Alpsteinseen. Mit relativen Häufigkeiten von > 10 % waren *Nitzschia dissipata* (22.8 %) und *Cyclotella radiosa* (11.2 %) die dominierenden Arten. *Nitzschia dissipata* ist ein der häufigsten Kieselalgen und kann unter einem breiten Spektrum ökologischer Zustände vorkommen. Die Gattung *Cyclotella* ist ein Sauberwassertaxon und wird unter eutrophen Bedingungen in der Regel durch *Stephanodiscus* verdrängt. In Proben aus dem Jahre 1991 (AquaPlus, 1992) wurde mit einem Anteil 14% die nährstofftolerante Art *Stephanodiscus minutulus* nachgewiesen. Die Anwesenheit von *Cyclotella* ist ein deutlicher Hinweis auf eine Verschiebung der Nährstoffverhältnisse hin zu einem oligotrophen Zustand.

Der DI-CH betrug 3.03 und indiziert somit eine sehr gute Gewässerqualität und geringe Nährstoffbelastung des Sämtisersees.

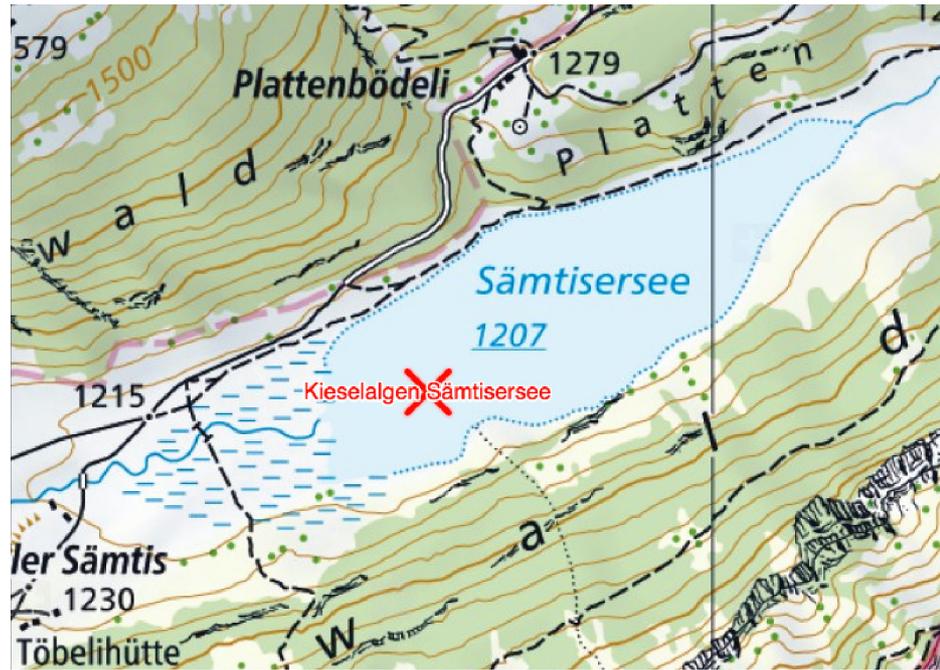


Abb. 15: Probenahmestelle der Kieselalgen: Der Standort wurde beim Zufluss gewählt, um allfällige Verschmutzungs - Indikatoren aus dem Einzugsgebiet eruieren zu können. (der See war zur Zeit der Probenahme deutlich kleiner, als auf der Karte dargestellt).

7 Weiteres Vorgehen

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse sind für den Fählensee intensivere Untersuchungen als für den Seealp- und den Sämtisersee erforderlich. Entsprechend wird der Fählensee im Folgenden gesondert betrachtet.

7.1 Fählensee

Beim Fählensee ergibt sich sowohl bezüglich der Gewässerchemie, als auch betreffend der fischereilichen Bewirtschaftung Handlungsbedarf.

7.1.1 Nährstoffe / Sauerstoff

Der für einen Bergsee immer noch hohe Nährstoffgehalt des Fählensees ist entweder auf die Alpbewirtschaftung oder auf Rücklösungsprozesse aus dem Sediment zurückzuführen.

Sedimentprobenahme

Entlang eines Längsprofils des Seegrundes sollen vom West- bis Ostufer 6 Sedimentproben entnommen und bzgl. des Phosphorgehalts untersucht werden. Anhand der Ergebnisse sollen Rückschlüsse auf das Rücklöseverhalten des Sees gemacht werden.

Sauerstoffprofile

Gemeinsam mit der Entnahme der Sedimentproben soll auch ein Tiefenprofil gemessen werden. Es empfiehlt sich deshalb, diese Probenahme zum Ende der Sommerstagnation, anfangs- bis Mitte August vorzunehmen.

Nährstoffbilanz Fählenalp

Die Bewirtschaftung der Fählenalp ist heute die einzige verbliebende Eintragsquelle für Nährstoffe. Anhand einer Bilanzierung der jährlichen Nährstoffflüsse soll die Menge des in den See eingetragenen Phosphors abgeschätzt werden, und eine Aussage über die Beeinflussung der seeinternen Nährstoffdynamik gemacht werden.

Regelmässiges Gewässermonitoring

Da der Fählensee heute die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung bzgl. des Sauerstoffgehalts nicht ganzjährig einhalten kann, empfehlen wir hier, ein regelmässiges Monitoring aufrecht zu erhalten. Entsprechend der Resultate sollten Sauerstoff, Temperatur, Leitfähigkeit und pH jeweils am Ende der Sommer- und Winterstagnationsphase gemessen werden. Diese Untersuchung kann durch den Kanton AI selbst vorgenommen werden.

Ebenfalls empfehlen wir die Nährstoffsituation weiter zu überwachen. Es ist ratsam alle 4 Jahre während der Herbstzirkulation mehrere Tiefenstufenproben zu entnehmen und bezüglich der Nährstoffe analysieren zu lassen.

7.1.2 Fischerei

Plausibilisierung grosse Namaycush

Um die These bestätigen zu können, dass im See grosse bis sehr grosse *S. namaycush* leben, welche für einen grossen Teil des ausbleibenden Fangtrages verantwortlich sind, schlagen wir vor, den See mittels Sonar zu befahren, und die grossen Fische aufzuspüren. Dies könnte gleichzeitig mit der Messung des Sauerstoffprofils und der Entnahme der Sedimentproben erfolgen.

Reduktion grosser Namaycush

Sollte mittels der Sonar Analysen bestätigt werden, dass sich grosse *S. namaycush* im See aufhalten, so empfiehlt es sich, diese im Rahmen einer Fangaktion zu entfernen. Dies alleine schon deswegen, weil diese Fische sehr alt werden können, und sich somit ein unnatürliches Räuber-Beute Verhältnis noch über längere Zeit halten könnte.

7.1.3 Aktuelle Gewässerschutzmassnahmen an Seen

Ökomorphologische Bewertung der Seeufer

Im Rahmen der Umsetzung des revidierten Gewässerschutzgesetzes sind die Kantone anhalten, Gewässer zu revitalisieren (Art. 38a GSchG). Im Unterschied zu den Fliessgewässern stehen für Seen bisher nur beschränkt Informationen zum strukturellen Zustand zur Verfügung. Seit 2016 besteht im Rahmen des Modulstufen Konzeptes eine Methode "Ökomorphologie Seeufer" (Niederberger et al, 2016). Die Methode dient unter anderem zur "Erfassung und Beurteilung der Abweichungen vom naturnahen Zielzustand bzw. des vorhandenen Defizites", sowie als "Grundlagendaten für die strategische Revitalisierungsplanung nach Art. 41d der GSchV". Wir empfehlen die ökomorphologiesche Bewertung der Seeufer im Rahmen der Grundlagenerarbeitung zum Vollzug des Gewässerschutzgesetzes aufzunehmen.

Wasserpflanzen Untersuchungen

Im Unterschied zu vielen Seen (Mittellandseen und Bergseen) sind uns zu den Alpsteinseen keine aktuellen oder historischen Untersuchungen zum Bestand und zur Verbreitung der Wasserpflanzen bekannt. Dies, obwohl die Wasserpflanzen durch das Natur- und Heimatschutzgesetz ausdrücklich geschützt sind. Bergseen beinhalten aufgrund ihrer räumlichen Abgeschlossenheit, der Temperatur- und Nährstoffverhältnisse häufig seltene Wasserpflanzenarten. Im Rahmen einer Bestandesaufnahme empfehlen wir deshalb die Aufnahme der Wasserpflanzenbestände an spezifischen Flachufeln in zukünftige Untersuchungen mit aufzunehmen.

7.2 Seealpsee und Sämtisersee

7.2.1 Aktuelle Gewässerschutzmassnahmen an Seen

Ökomorphologische Bewertung der Seeufer

Im Rahmen der Umsetzung des revidierten Gewässerschutzgesetzes sind die Kantone anhalten, Gewässer zu revitalisieren (Art. 38a GSchG). Im Unterschied zu den Fliessgewässern stehen für Seen bisher nur beschränkt Informationen zum strukturellen Zustand zur Verfügung. Seit 2016 besteht im Rahmen des Modul-Stufen Konzeptes eine Methode "Ökomorphologie Seeufer" (Niederberger et al, 2016). Die Methode dient unter anderem zur "Erfassung und Beurteilung der Abweichungen vom naturnahen Zielzustand bzw. des vorhandenen Defizites, sowie als "Grundlagendaten für die strategische Revitalisierungsplanung nach Art. 41d der GSchV". Wir empfehlen die ökomorphologische Bewertung der Seeufer im Rahmen der Grundlagenerarbeitung zum Vollzug des Gewässerschutzgesetzes aufzunehmen.

Wasserpflanzen Untersuchungen

Im Unterschied zu vielen Seen (Mittellandseen und Bergseen) sind uns zu den Alpsteinseen keine aktuellen oder historischen Untersuchungen zum Bestand und der Verbreitung der Wasserpflanzen bekannt. Dies, obwohl die Wasserpflanzen durch das Natur- und Heimatschutzgesetz ausdrücklich geschützt sind. Bergseen beinhalten aufgrund ihrer räumlichen Abgeschiedenheit, der Temperatur- und Nährstoffverhältnisse häufig seltene Wasserpflanzenarten. Im Rahmen einer Bestandesaufnahme empfehlen wir deshalb die Aufnahme der Wasserpflanzenbestände an spezifischen Flachufeln in zukünftige Untersuchungen mit aufzunehmen.

7.2.2 Regelmässiges Gewässermonitoring

Im Rahmen eines Monitorings schlagen wir vor, die Gewässerqualität alle 10 Jahre zu überprüfen. Die Untersuchungen orientieren sich dabei an den in der aktuellen Periode angewandten Schwerpunktuntersuchungen. Das heisst, dass während der Herbstzirkulation mit einer Multisonde ein Tiefenprofil erhoben wird, und Tiefenstufenproben bzgl. des Nährstoffgehalts analysiert werden.

8 Literatur

AquaPlus (1992). Untersuchung des Planktons der Alpsteinseen. AquaPlus, Wollerau. S. 22

AquaPlus (2013): Gewässerzustand der Alpsteinseen. Seezustände in den 1990er Jahren und 2012. Analyse bestehender Messdaten in Bezug auf zukünftige Probenahmen am Seealpsee, Fälensee, Sämtisersee. Im Auftrag der Bau- und Umweltdirektion des Kantons Appenzell Innerrhoden.

AquaPlus (2013): Untersuchungsprogramm Alpsteinseen. Vorgehensvorschlag für die Gewässerüberwachung unter Berücksichtigung der bisherigen Untersuchungen. Im Auftrag der Bau- und Umweltdirektion des Kantons Appenzell Innerrhoden. 19 S.

Hofmann, Gabriele, Werum, Marcus, & Lange-Bertalot, Horst. (2011): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. Ruggell: A.R.G. Gantner K.G.

Hürlimann, J., Niederhauser, P. (2007). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Kieselalgen Stufe F. BAFU - Bundesamt für Umwelt, Bern. S. 130

Krammer, Kurt, & Lange-Bertalot, Horst. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae (Vol. 2/1). Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

Krammer, Kurt, & Lange-Bertalot, Horst. (1991a): Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae (Vol. 2). Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

Krammer, Kurt, & Lange-Bertalot, Horst. (1991b): Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4 (Vol. 2/4). Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

Krammer, Kurt, & Lange-Bertalot, Horst. (2007): Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Unveränderter Nachdruck (Vol. 2/2). Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

Niederberger K., Rey P., Reichert P., Schlosser J., Helg U., Haertel-Borer S. Binderheim E. (2016): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Seen. Modul: Ökomorphologie Seeufer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1632: 73 S.

Polli B. (2011): Catture di grossi pesci predatori nel lago Tremorgio. Ufficio della Caccia e della Pesca.

Polli B. & Foresti D. (2015): Catture di grossi pesci predatori nel lago Tom (autunno 2015), Ufficio della Caccia e della Pesca.

Anhang

A: Kieselalgen Fählensee

B: Kieselalgen Seealpsee

C: Kieselalgen Sämtisersee

A: Kieselalgen Fählensee

Auswertungen / Bewertungen		Hauptarten (rH>=10%)	
BearbeiterIn	AquaPlus AG, Taxboeck Lukas	Encyonema minutum (HILSE) D.G.MANN	59.6%
Zähllistennummer	16893	Begleitarten (5%<=rH<10%)	
Substrat:	Epilithon	Fragilaria crotonensis KITTON	9.2%
Anzahl gezählte Schalen (total)	500	Encyonopsis minuta KRAMMER & REICHARD	5.8%
Taxazahl	27	Total rH der Haupt- und Begleitarten	74.6%
Diversität	2.47		
DI-CH (DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen 2007)	2.55		
Trophie Schmedtje	1.44		
Saprobie Österreich	1.57		
Zustandsklasse	Zustandsklasse 1 (sehr gut)		
<small>(DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen 2007)</small>			
Taxalliste		relative Häufigkeit [%]	
Achnanthydium affine (GRUNOW) CZARNECKI		0.2	
Achnanthydium minutissimum var. minutissimum (KUETZING) CZARNECKY		0.8	
Achnanthydium pyrenaicum (HUSTEDT) KOBAYASI		0.6	
Cocconeis pediculus EHRENBERG		0.6	
Cyclotella costei DRUART & STRAUB		0.2	
Cymbella C.AGARDH		2.4	
Cymbella cymbiformis C.AGARDH		0.8	
Cymbella excisa var. excisa KUETZING		4.8	
Denticula tenuis KUETZING		1.8	
Diadesmis contenta (GRUNOW) D.G.MANN		0.2	
Diatoma problematica LANGE-BERTALOT		0.6	
Diatoma vulgaris BORY DE SAINT-VINCENT		0.4	
Encyonema caespitosum var. caespitosum KUETZING		0.2	
Encyonema minutum (HILSE) D.G.MANN		59.6	
Encyonema silesiacum var. silesiacum (BLEISCH) D.G.MANN		4.0	
Encyonopsis minuta KRAMMER & REICHARDT		5.8	
Fragilaria capucina radians - Sippen sensu KRAMMER & LANGE-BERTALOT		0.2	
Fragilaria capucina var. vaucheriae (KUETZING) LANGE-BERTALOT		0.2	
Fragilaria crotonensis KITTON		9.2	
Fragilaria delicatissima (W. SMITH) LANGE-BERTALOT		0.8	
Fragilaria pinnata var. pinnata EHRENBERG		0.8	
Navicula lanceolata (C.AGARDH) EHRENBERG		0.6	
Navicula radiosa KUETZING		0.2	
Navicula subalpina REICHARDT		0.8	
Nitzschia fonticola GRUNOW		3.6	
Nitzschia perminuta (GRUNOW) M.PERAGALLO		0.2	
Tabellaria flocculosa (ROTH) KUETZING		0.4	

B: Kieselalgen Seealpsee

Kieselalgen			
Auswertungen / Bewertungen		Hauptarten (rH>=10%)	
BearbeiterIn	AquaPlus AG, Taxboeck Lukas	Fragilaria pinnata var. pinnata EHRENBERG	58.4%
Zähllistennummer	16894	Begleitarten (5%<=rH<10%)	
Substrat:	Epilithon	Encyonopsis minuta KRAMMER & REICHARD	7.6%
Anzahl gezählte Schalen (total)	500	Achnanthydium minutissimum var. minutissimu	6.0%
Taxazahl	33	Cavinula pseudoscutiformis (HUSTEDT) D.G.	5.8%
Diversität	2.66	Total rH der Haupt- und Begleitarten	77.8%
DI-CH (DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen 2007)	2.91		
Trophie Schmedtje	1.60		
Saprobie Österreich	1.36		
Zustandsklasse	Zustandsklasse 1 (sehr gut)		
<small>(DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen 2007)</small>			
Taxalliste			relative Häufigkeit [%]
Achnanthydium affine (GRUNOW) CZARNECKI			0.4
Achnanthydium gracillimum (LANGE-BERALOT) LANGE-BERALOT			1.2
Achnanthydium minutissimum var. minutissimum (KUETZING) CZARNECKY			6.0
Amphora pediculus (KUETZING) GRUNOW			0.4
Brachysira neoexilis LANGE-BERALOT			0.2
Cavinula pseudoscutiformis (HUSTEDT) D.G.MANN & STICKLE			5.8
Cocconeis placentula var. euglypta sensu Krammer & Lange-Beralot 1991 Fig 53/9, 5 und sensu Hofmann et al. 2011 Fig			0.6
Cymbella cymbiformis C.AGARDH			1.2
Cymbella excisa var. excisa KUETZING			0.4
Cymbella vulgata KRAMMER			0.2
Diploneis separanda LANGE-BERALOT			0.2
Encyonema caespitosum var. caespitosum KUETZING			0.2
Encyonema minutum (HILSE) D.G.MANN			1.2
Encyonopsis cesatii (RABENHORST) KRAMMER			1.4
Encyonopsis minuta KRAMMER & REICHARDT			7.6
Eucocconeis flexella (KUETZING) MEISTER			0.2
Fragilaria delicatissima (W. SMITH) LANGE-BERALOT			2.0
Fragilaria oldenburgiana HUSTEDT			0.8
Fragilaria pinnata var. pinnata EHRENBERG			58.4
Navicula antonii LANGE-BERALOT			1.4
Navicula cryptocephala var. cryptocephala KUETZING			0.8
Navicula cryptotenella LANGE-BERALOT			3.8
Navicula lanceolata (C.AGARDH) EHRENBERG			0.2
Neidium binodeforme KRAMMER			0.4
Neidium dubium (EHRENBERG) CLEVE			0.2
Nitzschia archibaldii LANGE-BERALOT			0.4
Nitzschia dissipata (KUETZING) GRUNOW			1.2
Nitzschia fonticola GRUNOW			0.4
Nitzschia perminuta (GRUNOW) M.PERAGALLO			0.6
Nitzschia soratensis E.A. MORALES & M.L.VIS			0.4
Planothidium frequentissimum (LANGE-BERALOT) LANGE-BERALOT			1.2
Psammothidium grischunum (WUTHRICH) BUKHTIYAROVA & ROUND			0.4
Sellaphora pupula (KUETZING) MERESCHKOWSKY			0.2

C: Kieselalgen Sämtisersee

Kieselalgen			
Auswertungen / Bewertungen		Hauptarten (rH>=10%)	
BearbeiterIn	AquaPlus AG, Taxboeck Lukas	Nitzschia dissipata (KUETZING) GRUNOW	22.8%
Zähllistennummer	16895	Cyclotella radiosa (GRUNOW) LEMMERMAN	11.2%
Substrat:	Epilithon	Begleitarten (5%<=rH<10%)	
Anzahl gezählte Schalen (total)	500	Navicula reichardtiana LANGE-BERTALOT	8.8%
Taxazahl	27	Navicula cryptotenella LANGE-BERTALOT	8.2%
Diversität	3.83	Gomphonema pumilum (GRUNOW) REICHAR	7.8%
DI-CH (DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen 2007)	3.03	Amphora pediculus (KUETZING) GRUNOW	6.8%
Trophie Schmedtje	2.09	Total rH der Haupt- und Begleitarten	65.6%
Saprobie Österreich	1.80		
Zustandsklasse	Zustandsklasse 1 (sehr gut)		
<small>(DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen 2007)</small>			
Taxalliste		relative Häufigkeit [%]	
Achnanthydium minutissimum var. minutissimum (KUETZING) CZARNECKY		4.4	
Achnanthydium pyrenaicum (HUSTEDT) KOBAYASI		2.4	
Amphora pediculus (KUETZING) GRUNOW		6.8	
Caloneis lanceolata (SCHULZ) LANGE-BERTALOT & WITKOWSKI		4.4	
Cyclotella radiosa (GRUNOW) LEMMERMAN		11.2	
Cymbella cymbiformis C.AGARDH		0.4	
Cymbella excisa var. excisa KUETZING		0.4	
Encyonema silesiacum var. silesiacum (BLEISCH) D.G.MANN		1.0	
Encyonema ventricosum (C.AGARD) GRUNOW		2.2	
Encyonopsis cesatii (RABENHORST) KRAMMER		0.6	
Encyonopsis minuta KRAMMER & REICHARDT		1.6	
Fallacia lenzii (HUSTEDT) LANGE-BERTALOT		0.2	
Fragilaria delicatissima (W.SMITH) LANGE-BERTALOT		4.8	
Fragilaria pinnata var. pinnata EHRENBERG		0.4	
Gomphonema exilissimum (GRUNOW) LANGE-BERTALOT & REICHARDT		0.2	
Gomphonema olivaceum var. olivaceum (HORNEMANN) BREBISSON		0.8	
Gomphonema pumilum (GRUNOW) REICHARDT & LANGE-BERTALOT		7.8	
Gomphonema tergestinum (GRUNOW) M. SCHMIDT		3.4	
Navicula antonii LANGE-BERTALOT		2.2	
Navicula cryptotenella LANGE-BERTALOT		8.2	
Navicula gregaria DONKIN		3.0	
Navicula lanceolata (C.AGARDH) EHRENBERG		0.2	
Navicula radiosa KUETZING		0.4	
Navicula reichardtiana LANGE-BERTALOT		8.8	
Navicula tripunctata (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT		1.2	
Navicula trivialis LANGE-BERTALOT		0.2	
Nitzschia dissipata (KUETZING) GRUNOW		22.8	