

Untersuchung der Fischpopulation im Lago di Poschiavo und im Silsersee



Impressum

Autoren:

Pascal Vonlanthen
Guy Périat
Eawag, Abteilung Fischökologie und Evolution
Seestrasse 79
CH-6047 Kastanienbaum
pascal.vonlanthen@eawag.ch

Projektleiter:

Ole Seehausen, Eawag

In Zusammenarbeit mit:

Tim Alexander, Eawag
Kay Lucek, Universität Bern
Carmela Dönz, Eawag
Jean Guillard, INRA Thonon
Michel Colon, INRA Thonon

Zitiervorschlag:

Vonlanthen P., Périat G., Alexander T., Lucek, K., Doenz C., Seehausen O. 2015. Untersuchung der Fischpopulation im Lago di Poschiavo und im Silsersee. Projet Lac, Eawag. Kastanienbaum.

Danksagung:

Die Autoren möchten sich recht herzlich bei allen bedanken, die beim Projekt mitgearbeitet oder das Projekt unterstützt haben. Insbesondere sind dies: Marcel Michel, Reto Gritti, Livio Costa, Jakob Brodersen, Jessica Rieder, Diego Dagani, Johannes Hellmann, Jonas Streit, , Jennifer Pulver, Hervé Decourcière, Jonathan Paris, Gregory Turreau, François Degiorgi, Michael Gogouilly, Thomas Rösli, Erwin Schaeffer und Jennifer Vonlanthen-Heuck. Finanziert wurde das Projekt vom BAFU, von der Eawag, und vom Amt für Jagd und Fischerei vom Kanton Graubünden.

Zusammenfassung

Um unsere Gewässer effizient zu bewirtschaften und zu schützen, muss der Ist-Zustand bekannt sein. Im „Projet Lac“ wurde die Fischartenzusammensetzung in den alpinen Seen zum ersten Mal überhaupt standardisiert erhoben. Dieser Bericht fasst die Resultate für den Lago Poschiavo und den Silsersee zusammen.

Beide Seen sind organisch wenig belastet und nährstoffarm. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Lago di Poschiavo sind jedoch schon heute durch die Kraftwerksnutzung geprägt. Der Silsersee weist entlang der gesamten Uferlinie schöne, naturnahe Uferhabitate auf, wie sie in keinem der tiefer gelegenen tiefen Alpenrandseen vorkommen.

Beide Seen weisen eine für die Fischerei attraktive Salmonidengemeinschaft auf. Die historische Artenvielfalt beider Seen wurde jedoch stark durch die Einfuhr von Fischarten aus anderen Einzugsgebieten beeinflusst. Dabei entstand bei den Forellen im Lago di Poschiavo ein Hybridschwarm. Die verschiedenen Phänotypen die beobachtet werden sind allerdings auch heute noch genetisch verschieden. Im Silsersee überlebte eine Donaulinie der Forelle zusammen mit der eingeführten atlantischen Linie. Die noch vorhandenen Adriaforellen und Donauforellen sollten wo und wann immer möglich gefördert und geschützt werden, insbesondere da es sich dabei um die einzigen bekannten noch vorhandenen Vorkommen in der Schweiz handelt.

Die Resultate der repräsentativen Abfischungen zeigen, dass die Forellen im Lago di Poschiavo hauptsächlich im Litoral des Sees gefangen werden. Die Seesaiblinge bevorzugen eine Tiefe zwischen 20-40m. Somit bevorzugen die beiden für die Fischerei wichtigsten Fischgattungen die Habitate, die durch eine Nutzung des Lago di Poschiavo für die Pumpspeicherung am stärksten beeinflusst würden. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die Pumpspeicherung sich stark auf die Populationsgrößen der Fische des Lago di Poschiavo auswirken wird.

Im Silsersee sind die Seesaiblingsfänge in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Unsere Netzfänge zeigen allerdings keine so grossen Unterschiede zwischen den Seen wie dies die Fischfangstatistiken erwarten lassen würde. Die Dichte der Seesaiblinge im See kann deshalb nicht als alleinige Ursache für die geringen Fänge im Silsersee herangezogen werden. Auch die Grösse der Seesaiblinge war in den beiden Seen vergleichbar, was nicht auf ein geringeres Wachstum schliessen lässt. Es darf deshalb davon ausgegangen werden, dass die geringen Anglerfänge im Vergleich zu Lago di Poschiavo zumindest teilweise auf eine geringere Fangwahrscheinlichkeit zurückzuführen sind.

Stichwörter

Fische - Biodiversität - Inventar – Projet Lac - See – Morphologie – Silsersee – Lago di Poschiavo

Inhaltsverzeichnis

1	AUSGANGSLAGE	1
1.1	WESHALB EIN „PROJET LAC“	1
1.2	ZIELSETZUNG	2
2	METHODEN	3
2.1	CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE MESSREIHEN	3
2.2	HABITATKARTIERUNG	3
2.3	PROBENAHE DER FISCHE	3
2.4	FISCHFANGSTATISTIKEN	5
3	RESULTATE	6
3.1	PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE DATEN	6
3.1.1	<i>Lago di Poschiavo</i>	6
3.1.2	<i>Silsersee</i>	8
3.2	HABITATKARTIERUNG	10
3.2.1	<i>Lago di Poschiavo</i>	10
3.2.2	<i>Silsersee</i>	12
3.3	STANDARDISIERTE ABFISCHUNG	14
3.3.1	<i>Standorte der Probenahmen</i>	14
3.3.2	<i>Fischbestand und Artenvielfalt</i>	15
3.3.3	<i>Museumssammlung</i>	17
3.3.4	<i>Besondere und wenig bekannte Vielfalt</i>	18
3.3.5	<i>CEN Netze und Konfidenzintervalle</i>	26
3.3.6	<i>Habitatnutzung</i>	27
3.3.7	<i>Geografische Verteilung der Fänge</i>	30
3.3.8	<i>Echolotaufnahmen</i>	32
3.4	FISCHEREILICHE ASPEKTE	35
3.4.1	<i>Fänge der Angelfischer</i>	35
3.4.2	<i>Längenverteilung</i>	36
3.4.3	<i>Konditionsfaktor</i>	36
3.4.4	<i>Vergleich der Fänge mit anderen Seen</i>	37
3.4.5	<i>Relation Fänge und Phosphorgehalt</i>	38
3.4.6	<i>Längenselektivität der Maschenweiten</i>	38
3.4.7	<i>Artenzusammensetzung</i>	39
4	SYNTHESE	40
4.1	ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG DES LAGO DI POSCHIAVO UND DES SILSERSEES	40
4.1.1	<i>Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers</i>	40
4.1.2	<i>Uferhabitatqualität</i>	40
4.1.3	<i>Artenvielfalt</i>	41
4.2	FISCHEREILICHE ASPEKTE	42
4.2.1	<i>Lago die Poschiavo</i>	42
4.2.2	<i>Silsersee</i>	43
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	44
6	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	46

7	LITERATURVERZEICHNIS	48
8	ANHANG.....	49
8.1	ÜBERSICHT FÄNGE: CPUÉ DER GEFANGENEN FISCHE	49
8.2	RESULTATE DER PERMUTATIONEN	49

1 Ausgangslage

1.1 Weshalb ein „Projet Lac“

Zur rechtlichen Verpflichtung

Um unsere Umwelt effizient schützen zu können, muss der Zustand der Ökosysteme bekannt sein. In der Europäischen Union besteht diesbezüglich für Fließgewässer und Seen eine rechtliche Verpflichtung, die in der Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60) geregelt ist. In der Schweiz verpflichtet das Umweltschutzgesetz (USG, SR 814.01) vor dem Bau gewisser Anlagen, welche die Umwelt beeinträchtigen könnten, eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen, in welcher der Ausgangszustand des Ökosystems bestimmt werden muss (Art. 10b USG). Vor jeglichem Eingriff in Gewässern muss eine Bewilligung der Fischereibehörde ausgestellt werden (BGF Art. 7-9). Bezüglich der aquatischen Fauna sind die Kantone gemäss Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF, SR 923.01) verpflichtet, den Bund über das Vorhandensein von gefährdeten Arten (Gefährdungsstatus 1-3) zu informieren (Art. 10 VBFG). In den Alpenrandseen ist die Anwendung der gesetzlichen Verpflichtung oft schwierig oder gar unmöglich. Als Gründe sind insbesondere die Grösse und die Tiefe der Seen aufzuführen, die eine standardisierte Erhebung der Artenvielfalt erschweren. In der Tat ist eher wenig über die Artenvielfalt in den Alpenrandseen bekannt, was auch auf die Fische zutrifft, für welche die Datengrundlage fast ausschliesslich auf den Fischfangstatistiken beruht

Die Artenzusammensetzung der Fischpopulation eines Gewässers stellt allerdings einen hervorragenden Indikator für die Qualität und die Güte eines Ökosystems dar (Degiorgi & Raymond 2000; Karr 1981). Hervorzuheben sind diesbezüglich folgende Punkte:

Fische als Bioindikator

- Fische sind langlebig und integrieren deshalb Effekte über einen langen Zeitraum.
- Fische nutzen ein grosses trophisches Spektrum, das in Form von Anpassungen an unterschiedliche Nahrungsnischen verdeutlicht wird.
- Fische haben unterschiedliche Ansprüche an die Wasserqualität.
- Die Habitat-Ansprüche variieren zwischen den verschiedenen Arten und zwischen den verschiedenen Altersstadien innerhalb einer Art.

Um Fische erfolgreich als Bioindikator nutzen zu können, müssen standardisierte Methoden angewendet werden, die reproduzierbar und somit vergleichbar sind. Da Fische wandern können, müssen die Methoden zudem simultan in allen Bereichen eines Gewässers angewendet werden. Aus diesem Grunde ist eine standardisierte Befischung der Seen sehr aufwendig und wurde in der Schweiz bisher noch in keinem der grossen und tiefen Alpenrandseen durchgeführt.

Aufgrund dieser Tatsachen, aber auch wegen den ökologischen, ökonomischen, touristischen und sozialen Werten, sollten Fische eine der Prioritäten in einer nationalen Biodiversitätsstrategie sein. Um dies zu erreichen führt die Eawag mit der Unterstützung verschiedener Partner aus Wissenschaft, Bund, Kantonen und dem Naturhistorischen Museum von Bern zum ersten Mal überhaupt eine standardisierte Inventur der Fischfauna der alpinen und voralpinen Seen durch. Insgesamt sollen von 2010 bis 2014 ca. 22 Seen erforscht werden.

1.2 Zielsetzung

Allgemeine Zielsetzung

Die allgemeinen Zielsetzungen des Projekts können wie folgt zusammengefasst werden:

- Erhebung des aktuellen Zustandes der Fischbiodiversität in den Alpenrandseen: Zu diesem Zweck werden reproduzierbare und standardisierte Fischfangmethoden angewendet, die einen Vergleich zwischen verschiedenen Seen und eine wissenschaftliche Auswertung der Daten ermöglichen. Um die Biodiversität effizient und reproduzierbar zu ermitteln, werden für gewisse Fischarten morphometrische und genetische Methoden zusätzlich zu der auf äusseren Merkmalen basierenden Taxonomie verwendet.
- Die Zusammenhänge zwischen Umwelt (biotische und abiotische Faktoren) und Artenvielfalt werden ausgearbeitet.
- Um die Proben für die Wissenschaft und für die Zukunft als Referenz sicherzustellen, werden mindestens 30 Individuen pro Art und See sowie verschiedene Proben für genetische und chemische Analysen im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde von Bern hinterlegt.

Um die Artenvielfalt innerhalb wenig untersuchter Fischtaxa zu erfassen und um die ökologischen und evolutionären Mechanismen, die der heutigen Artenvielfalt der tiefen Alpenrandseen zu Grunde liegen zu verstehen, werden zusätzliche wissenschaftliche Arbeiten durchgeführt. Diese bauen auf den erhobenen Daten auf, können allerdings nicht abschliessend im Rahmen des vorliegenden seespezifischen Berichtes behandelt werden. Wo immer möglich fliessen die Resultate allerdings in den Bericht ein.

Spezifische Zielsetzung

Der vorliegende Bericht behandelt spezifisch die Resultate der Abfischungen, die im Lago di Poschiavo vom 12-16. August 2012 und im Silsersee vom 8-12. Oktober 2012 durchgeführt wurden. Ein Fokus der Auswertungen wird auf die Artenzusammensetzung und die Habitatnutzung der Fische gelegt. Weiter werden das Wachstum der Seesaiblinge in den beiden Seen, die Resultate der Magenanalysen der Silserseesalmoniden und die genetischen Resultate für die Zugehörigkeit der Forellen und der Seesaiblinge eingebaut.

2 Methoden

2.1 Chemische und physikalische Messreihen

Für die meisten grossen alpinen Seen werden durch die kantonalen Behörden Monitorings von chemischen und physikalischen Parametern durchgeführt. Für die beiden Seen dieser Studie liegen aber keine regelmässig erhobenen Daten vor. Einzelne vorhandene Resultate wurden demzufolge herangezogen.

2.2 Habitatkartierung

Verteilung der Fische im See ist nicht zufällig

In einem ersten Schritt der Datenerhebung wurden die fischrelevanten und unter Wasser liegenden Habitate kartiert. Das zu Grunde liegende Prinzip setzt voraus, dass Fische nicht zufällig in den verschiedenen Habitat-Typen gefangen werden, sondern sich in gewissen litoralen Habitaten oder Tiefen häufiger aufhalten (Degiorgi & Grandmottet 1993). Ein See wird dabei in drei grosse Einheiten zerlegt:

- Die litorale Zone, die im Durchschnitt bis in eine Tiefe von 3m reicht.
- Die sublitorale Zone, zu der ebenfalls die benthische Zone gerechnet wird. Sie entspricht „der Halde“ innerhalb eines Sees.
- Die zentrale Zone, die sich aus pelagialen und profundalen Zonen zusammensetzt.

Die sublitoralen und zentralen Zonen werden anhand der Bathymetrie eines Sees bestimmt. Die litorale Zone wird von einem Boot aus vor Ort mit Hilfe von Luftaufnahmen in ArcGIS kartiert.

2.3 Probenahme der Fische

Verschiedene sich ergänzende Methoden

Vier Protokolle werden in jedem See simultan durchgeführt (Abbildung 2-1):

- a) Die Echolotuntersuchungen wurden vom INRA Thonon (Colon & Guillard 2012) durchgeführt. Zwei Personen haben dabei Tag- und Nacht-Messungen in Transekten durchgeführt. Folgendes Material wurde für die Messungen verwendet:
 - Echolot SIMRAD EK 60 vom Typ split-beam, Frequenz: 70kHz.
 - Ein zirkularer Signalwandler von 11° bei -3 dB, der 70cm unterhalb der Wasseroberfläche platziert ist.
 - Notebook und GPS für die Aufnahme und Verarbeitung der Daten.

Die Rohdaten wurden mit der Software Sonar 5 (Balk & Lindem 2006) analysiert. Um die mittlere Biomasse zu schätzen und Vergleiche zwischen den Seen zu ermöglichen werden die Resultate in „Sa“ wiedergegeben (Maclennan *et al.* 2002). „Sa“ entspricht dabei einer elementaren Einheit, die auf dem Mittelwert der Echolotsignale auf einer Strecke von 250m beruht. Diese Resultate sind proportional zur gemessenen Biomasse. Der See wird bei den Auswertungen in zwei Kompartimente geteilt, das erste beinhaltet die Tiefen von 1.5-15m und das zweite jene von 15m bis zur maximalen Tiefe. Die litorale Zone mit weniger als 5m Tiefe und die obersten 1.5m des Pelagials können mit dieser Methode nicht erfasst werden.

- b) Fische werden mit zwei verschiedenen Kiemennetzmethoden gefangen. Die erste entspricht der in der EU angewandten Methode der Wasserrahmenrichtlinie (im Dokument als CEN-Methode angesprochen), die eine zufällige Verteilung der Netze vorsieht (prEN 14757). Die zweite Methode (im Dokument als Vertikal-Methode angesprochen) wurde an der Universität Besançon ausgearbeitet und durch die EAWAG weiter entwickelt. Dabei werden im Pelagial mit vertikalen Netzen und am Ufer mit benthischen Netzen Habitate gezielt befischt (Degiorgi *et al.* 1994). Die benutzte Netzfläche wird für die Standardisierung der Daten herangezogen.

Beispiel der Probenahme-strategie

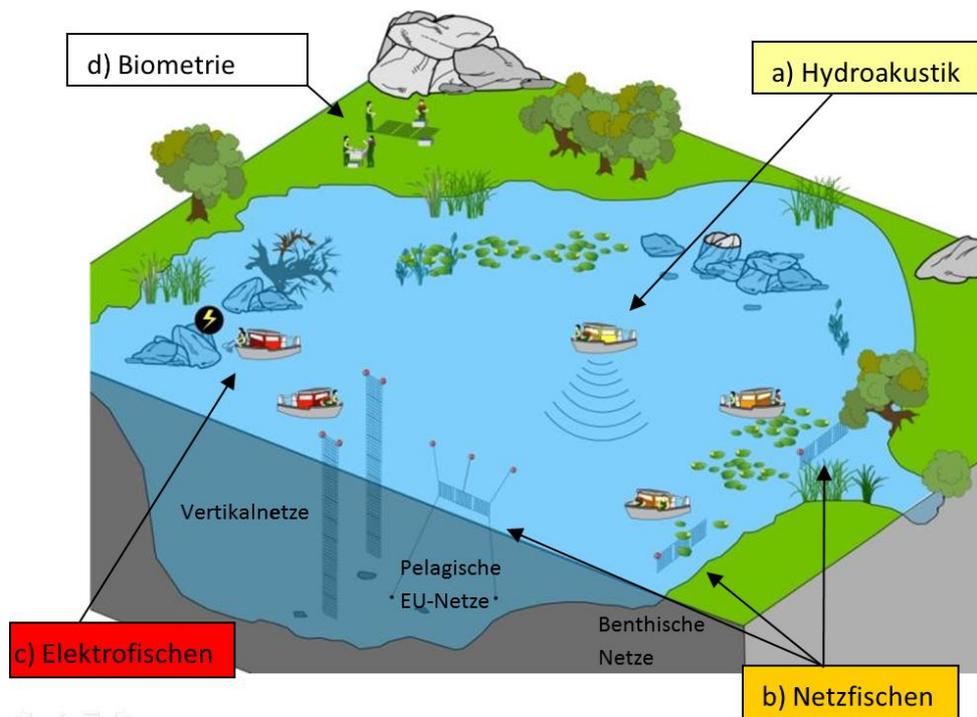


Abbildung 2-1. Illustration der verschiedenen Protokolle der Fischprobenahme (Zeichnung © M. Goguilly)

- c) Verschiedene Uferhabitate mit geringen Wassertiefen (<1m) werden elektrisch befischt. Dabei wird immer ein Durchgang entweder zu Fuss oder mit dem Boot durchgeführt. Die befischte Fläche wird für die Standardisierung der Daten herangezogen.

*Fische für das
Museum*

Die gefangenen Fischarten werden anschliessend identifiziert, vermessen, gewogen, fotografiert und für die Gewebeprobeentnahme sowie die Konservierung im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde von Bern vorbereitet.

2.4 Fischfangstatistiken

Die Resultate der „Projet Lac“-Fänge werden mit den Fängen der Angelfischer verglichen. Die Fangstatistiken werden deshalb für die Auswertungen mit einbezogen.

3 Resultate

3.1 Physikalische und Chemische Daten

3.1.1 Lago di Poschiavo

Ein eher kühler See

Für den Lago di Poschiavo stehen relativ wenige Langzeitdaten zur Verfügung. Die meisten Daten stammen aus einer wissenschaftlichen Publikation (Bonalumi *et al.* 2012). Die Temperaturprofile aus dem Jahre 2007 zeigen, dass Temperaturschwankungen bis in Tiefen von ca. 30m vorkommen (Abbildung 3-1). Die Oberflächentemperatur überschreitet dabei im Sommer nur selten die 15 C-Marke (Abbildung 3-2). Eine Ausnahme davon bildet eventuell die Bucht des Botuls, in der sich unter bestimmten meteorologischen Bedingungen warmes Wasser ansammeln kann (Adami *et al.* 2011). Insgesamt ist der Lago di Poschiavo ein eher kühler See mit für Salmoniden idealen Temperaturverhältnissen.

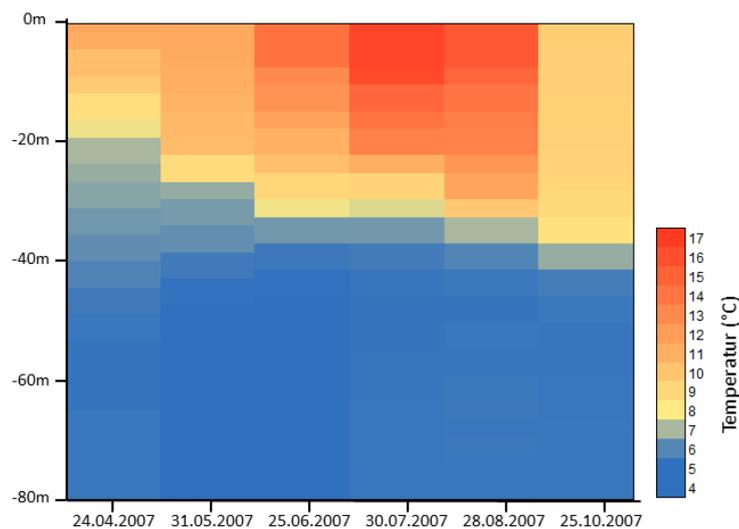


Abbildung 3-1. Temperaturprofile vom Lago di Poschiavo von 2007. Daten von (Bonalumi *et al.* 2012).

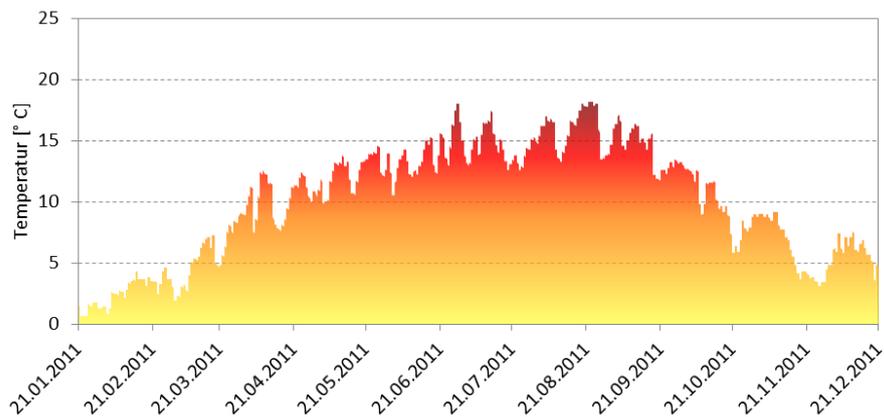


Abbildung 3-2. Oberflächentemperatur des Lago di Poschiavo (2011). Daten: „Projet Lac“.

Sauerstoffreich

Die Sauerstoffmessungen zeigen, dass alle Seetiefen gut mit Sauerstoff versorgt sind. (Abbildung 3-3).

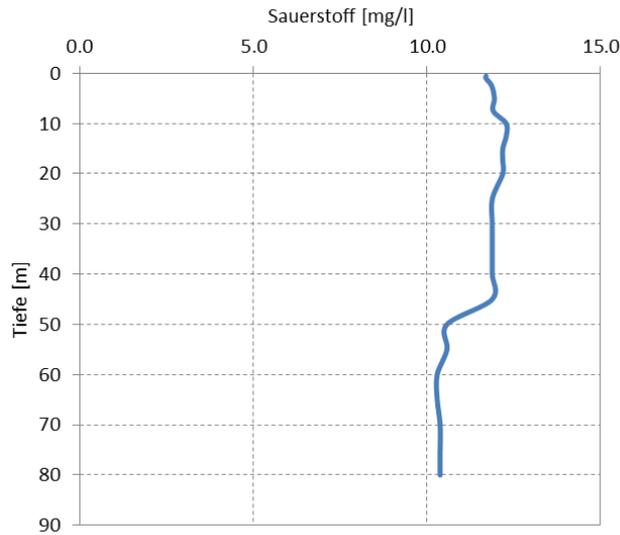


Abbildung 3-3. Sauerstoffprofil vom Lago di Poschiavo vom Juli 2007. Daten aus (Bonalumi *et al.* 2012).

Erhöhter Phosphorgehalt im Lago di Poschiavo

Scheinbar sind keine aktuellen Phosphatmessungen vorhanden. Die letzten stammen von 1995 wiesen einen mittleren Gesamt-Phosphorgehalt von 18 µg/l und einen Ortho-Phosphorgehalt von 3 µg/l auf. Heute können noch einige Makrozoobenthosarten in hoher Dichte festgestellt werden, die typisch für eine erhöhte Nährstoffzufuhr sind, wie zum Beispiel Tubifex. Die gesamte Makrozoobenthosgemeinschaft weist allerdings eher auf einen oligotrophen Zustand des Sees hin. (Adami *et al.* 2011).

Durch den Betrieb des geplanten Pumpspeicherkraftwerkes würden sich die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Sees jedoch markant ändern: Erstens wird vermutet, dass sich das Wasser im Lago di Poschiavo in der Schicht von 20-40m um ca. 4° C erwärmen wird. Zweitens wird die Trübung des Sees markant zunehmen, dies zum Teil auch im Epilimnion und im Metalimnion. Somit würden sich die Umwelbedingungen für die Fische markant verändern (Bonalumi *et al.* 2012).

3.1.2 Silsersee

Ein kühler See

Für den Silsersee stehen noch weniger Daten zur Verfügung. Die einzigen mehr oder weniger aktuellen Daten stammen aus der Eawag Datenbank. Die Temperaturprofile aus dem Jahre 2000 und 2001 zeigen, dass Temperaturschwankungen bis in Tiefen von ca. 20m vorkommen (Abbildung 3-1). Das Metalimnion liegt dabei zwischen 10 und 20m. Die Oberflächentemperatur überschreitet im Sommer, wie auch im Lago di Poschiavo, knapp die 15 C-Marke (Abbildung 3-5). Der Silsersee ist demzufolge ebenfalls ein eher kühler See mit für Salmoniden idealen Temperaturverhältnissen.

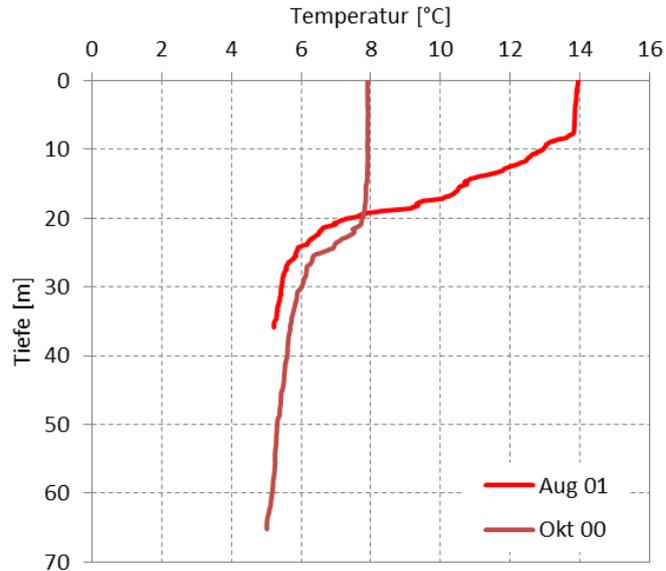


Abbildung 3-4. Temperatur-profile vom Silsersee: Daten: Eawag.

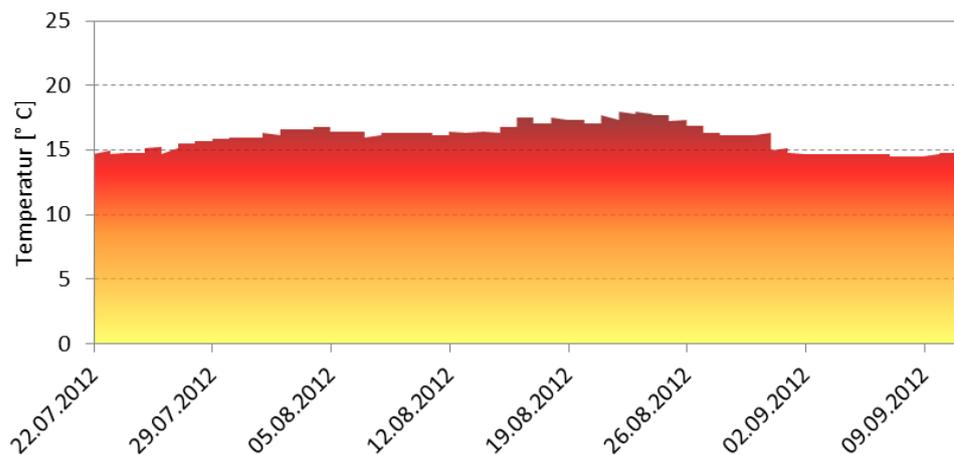


Abbildung 3-5. Oberflächentemperatur des Silsersees (2012). Daten: „Projet Lac“.

Sauerstoffreich

Die Sauerstoffmessungen zeigen, dass alle Seetiefen gut mit Sauerstoff versorgt sind (Abbildung 3-6). In den untersten 5m ist eine leichte Abnahme der Sauerstoffkonzentration zu erkennen.

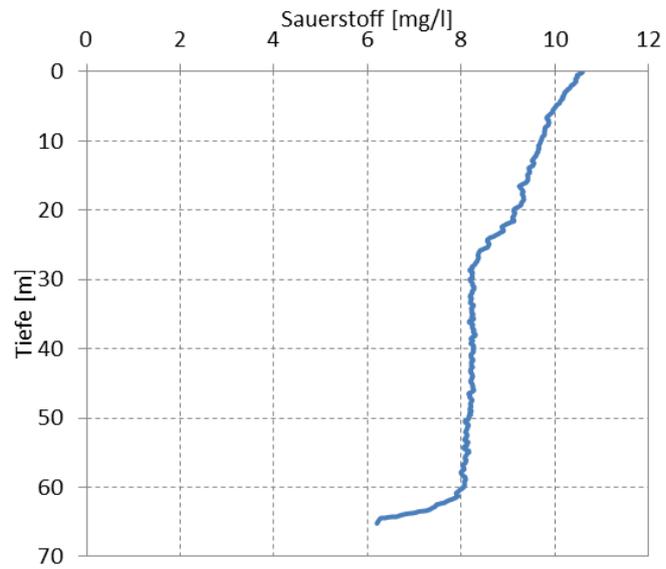


Abbildung 3-6. Sauerstoff-profil vom Silsersee im Oktober 2000. Daten: Eawag.

*Wenig Phosphor
im See*

Schliesslich liegt uns nur eine Ortho-Phosphatmessung von 2001 vor, bei der ein Wert von $<1 \mu\text{g/l}$ festgestellt wurde (Datenbank Eawag).

3.2 Habitatkartierung

3.2.1 Lago di Poschiavo

Viele strukturierte Habitate

Die Habitatkartierung (Abbildung 3-7) des Lago di Poschiavo zeigt, dass strukturierte litorale Habitate (Blöcke und Kiesel), die den Fischen Unterschlupf bieten, weit verbreitet sind (Abbildung 3-8). Die Habitate Kies, und Holz sind im Litoral allerdings wenig vertreten. Auf den ganzen See bezogen ist der Lago di Poschiavo durch steile Ufer charakterisiert. Anzumerken ist dass der See im heutigen Zustand keinen natürlichen Ausfluss besitzt.

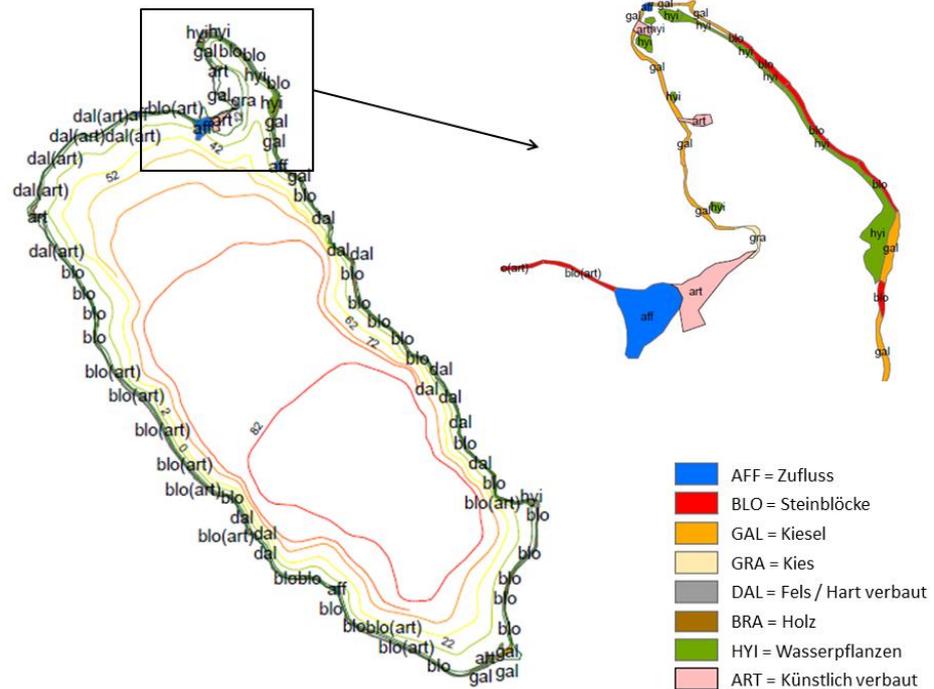


Abbildung 3-7. Ausschnitt der Kartierung der litoralen Habitate des Lago di Poschiavo.

Verbaute Ufer sind relativ häufig

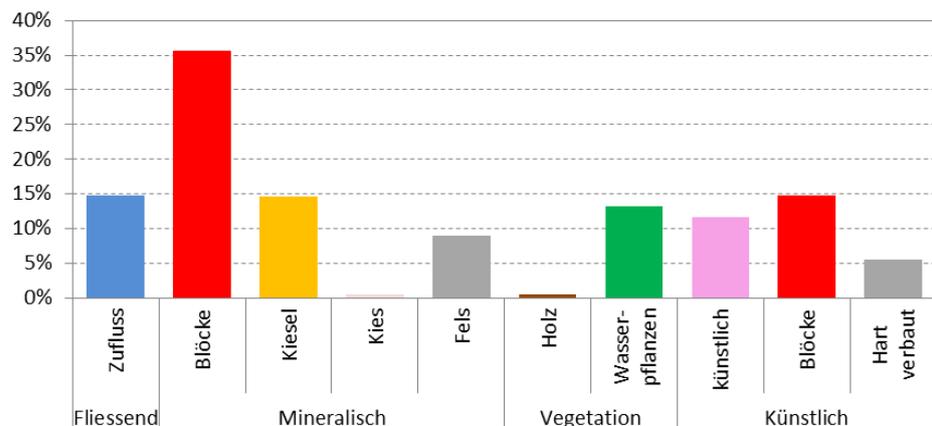


Abbildung 3-8. Häufigkeit der verschiedenen litoralen Habitate im Lago di Poschiavo.

Gleichzeitig wird ersichtlich, dass fast ein Drittel des Seeufers durch Verbauungen anthropogen beeinflusst ist (Abbildung 3-9). Die Verbauungen bestehen dabei zu ca. 2/3 aus Blockwürfen und zu 1/3 aus Mauern mit wenigen Zwischenräumen,

die den Fischen kaum Unterschlupf bieten. Die Verbauungen stehen grösstenteils in Verbindung mit Siedlungen oder Strassen in Seenähe. Ebenfalls anzumerken ist der Verlust des natürlichen Poschiavinodeltas (Abbildung 3-10) durch Kiesgewinnung und durch die Kanalisierung des Poschiavinos (Adami *et al.* 2011).

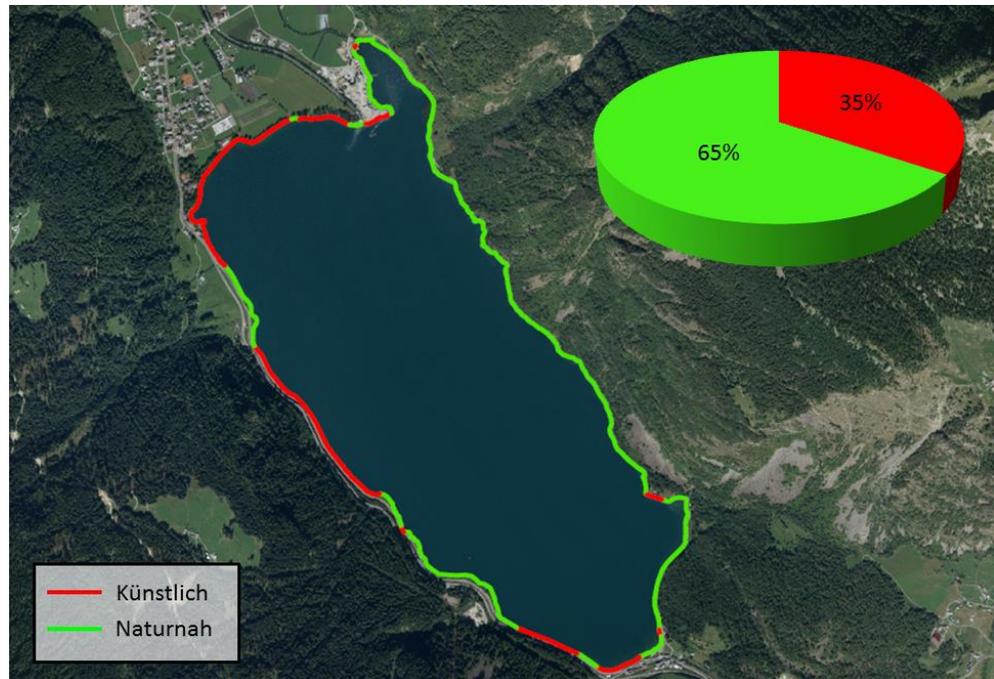


Abbildung 3-9. Kartierung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferzonen im Lago di Poschiavo (Luftaufnahmen © Swisstopo).

Schliesslich sollte angemerkt werden, dass die Habitatkartierungen durchgeführt wurden als der Seepiegel ca. 1m unter dem Höchststand lag. Durch die starken Pegelschwankungen des Sees können die für die Fische relevanten, d.h. unter Wasser stehenden Habitate im Jahreszyklus signifikant von den in dieser Arbeit wiedergegebenen Resultate abweichen.



Abbildung 3-10. Links: Poschiavinodelta 1891 aus (Adami *et al.* 2011). Rechts: Poschiavinodelta 2009 (Luftaufnahmen © Swisstopo)

3.2.2 Silsersee

Viele strukturierte Habitate

Die Habitatkartierung (Abbildung 3-11) des Silsersees zeigt, dass strukturierte litorale Habitate (Blöcke, Kiesel, Kies und Totholz), die den Fischen Unterschlupf bieten, weit verbreitet sind (Abbildung 3-12). Wasserpflanzen, die ebenfalls vielen Fischen Unterschlupf bieten, sind sogar sehr häufig, insbesondere im westlichen und östlichen Teil des Sees. Auf den ganzen See bezogen sind die Fischhabitate im Silsersee sehr gut erhalten. Auch der Silsersee ist durch relativ viele steile Ufer charakterisiert. Die Flachwasserzonen, die für Fische wichtig sind, sind mit 3.2% der Gesamtseefläche ausgeprägter als im Lago di Poschiavo (2.2%).

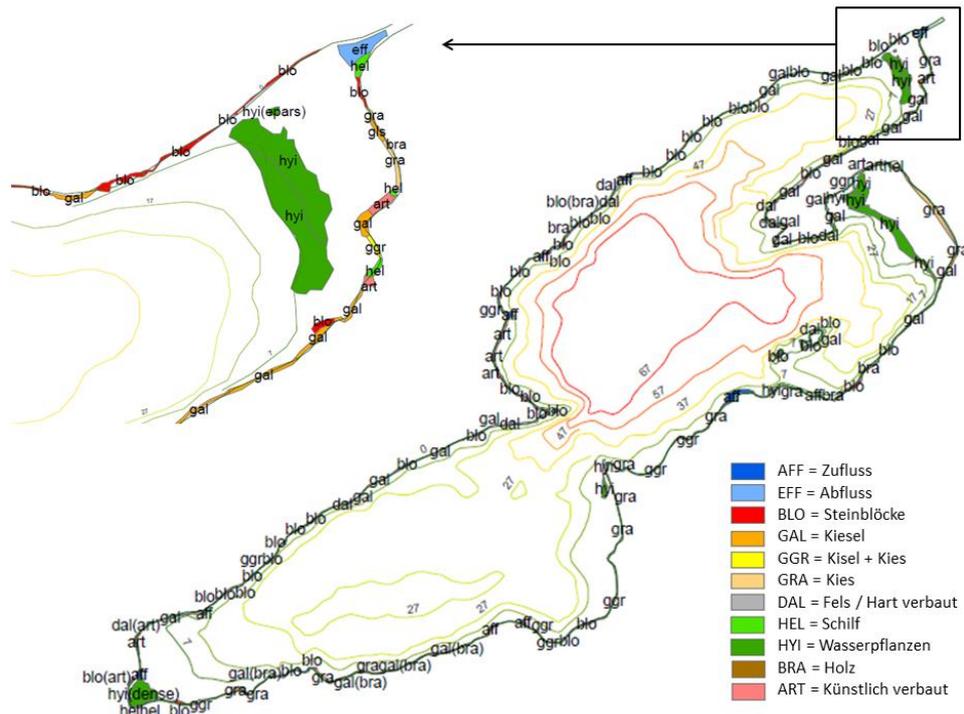


Abbildung 3-11. Ausschnitt der Kartierung der litoralen Habitate des Silsersees.

Sehr naturnahes Ufer

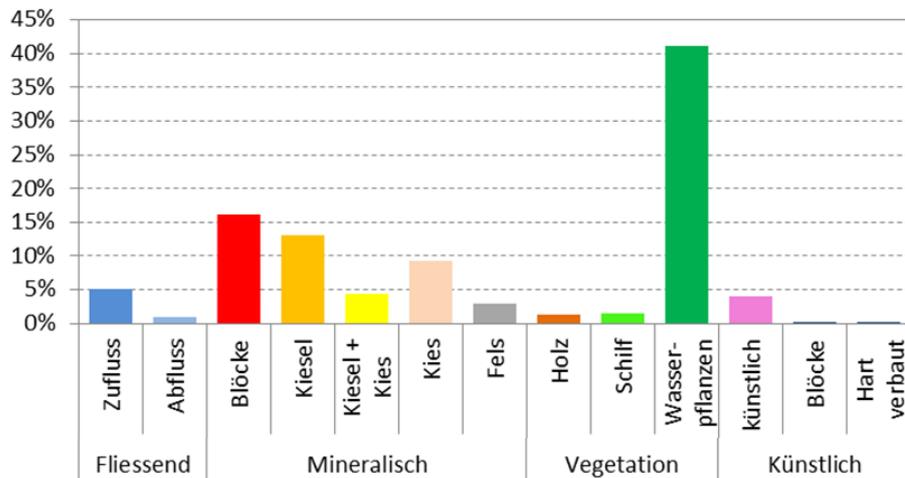


Abbildung 3-12. Häufigkeit der verschiedenen litoralen Habitate im Silsersee.

Insgesamt sind nur ca. 5% des Seeufers durch Verbauungen anthropogen beeinflusst (Abbildung 3-13). Dabei machen die Bootanlegeplätze den grössten Teil aus. Insgesamt ist das Litoral sehr gut erhalten, ein erfreulich positives Beispiel in der Schweiz.

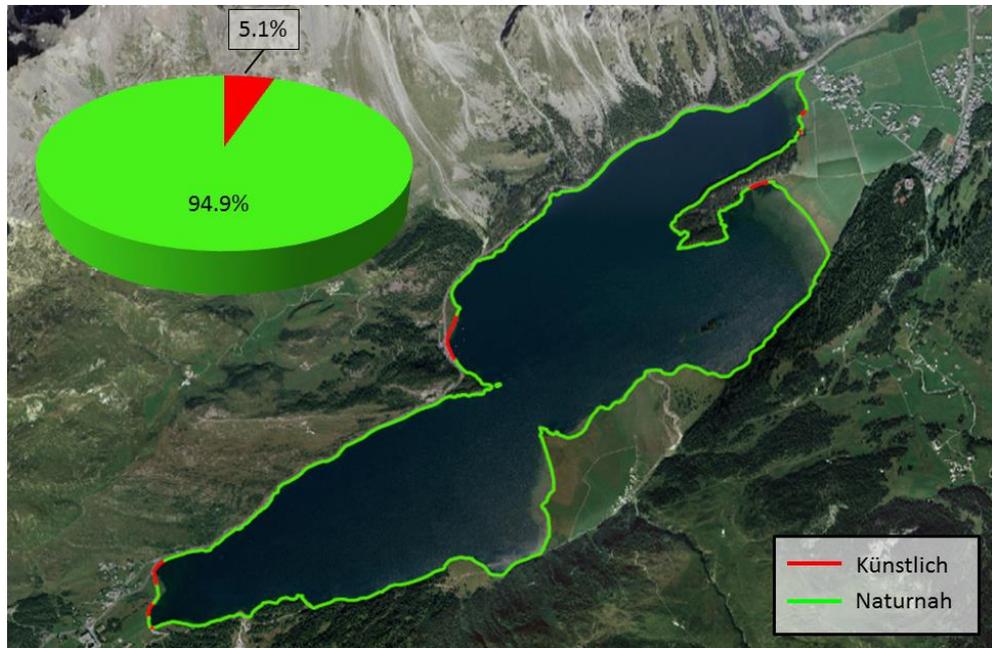


Abbildung 3-13. Kartierung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferzonen im Silsersee (Luftaufnahmen © Swisstopo).

3.3 Standardisierte Abfischung

3.3.1 Standorte der Probenahmen

3.3.1.1 Lago di Poschiavo

150 Befischungs-
aktionen

Über fünf Tage wurden im Lago di Poschiavo insgesamt 48 benthische CEN-, 12 pelagische CEN-, 42 Uferhabitat spezifische Vertikal-, und 16 pelagische Vertikal-Netze über Nacht gesetzt. Zusätzlich wurden 32 Uferstrecken elektrisch befischt. Insgesamt sind somit 150 Befischungsaktionen durchgeführt worden (Abbildung 3-14).

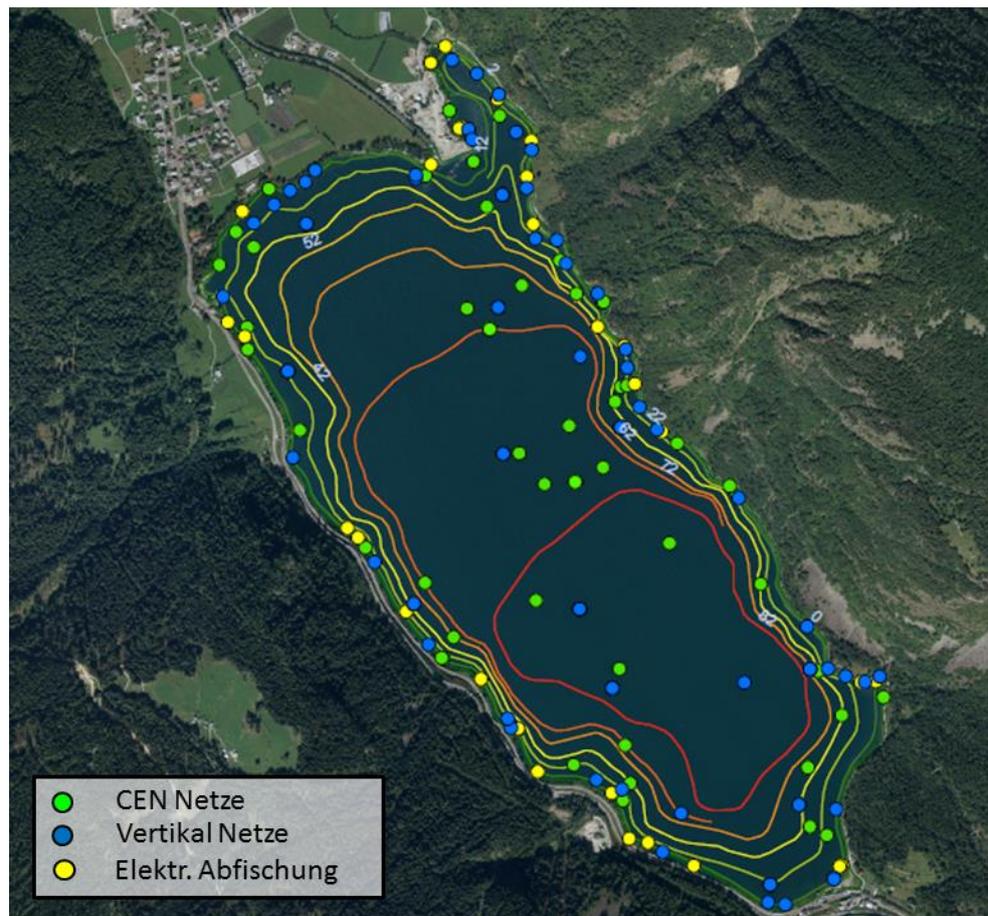


Abbildung 3-14. Karte der Befischungsstandorte im Lago di Poschiavo (Luftaufnahmen © Swisstopo).

3.3.1.2 Silsersee

162 Befischungs-
aktionen

Über fünf Tage wurden im Silsersee insgesamt 67 benthische CEN-, 12 pelagische CEN-, 31 Uferhabitat spezifische Vertikal-, und 20 pelagische Vertikal-Netze über Nacht gesetzt. Zusätzlich wurden 32 Uferstrecken elektrisch befischt. Insgesamt sind somit 162 Befischungsaktionen durchgeführt worden (Abbildung 3-15).

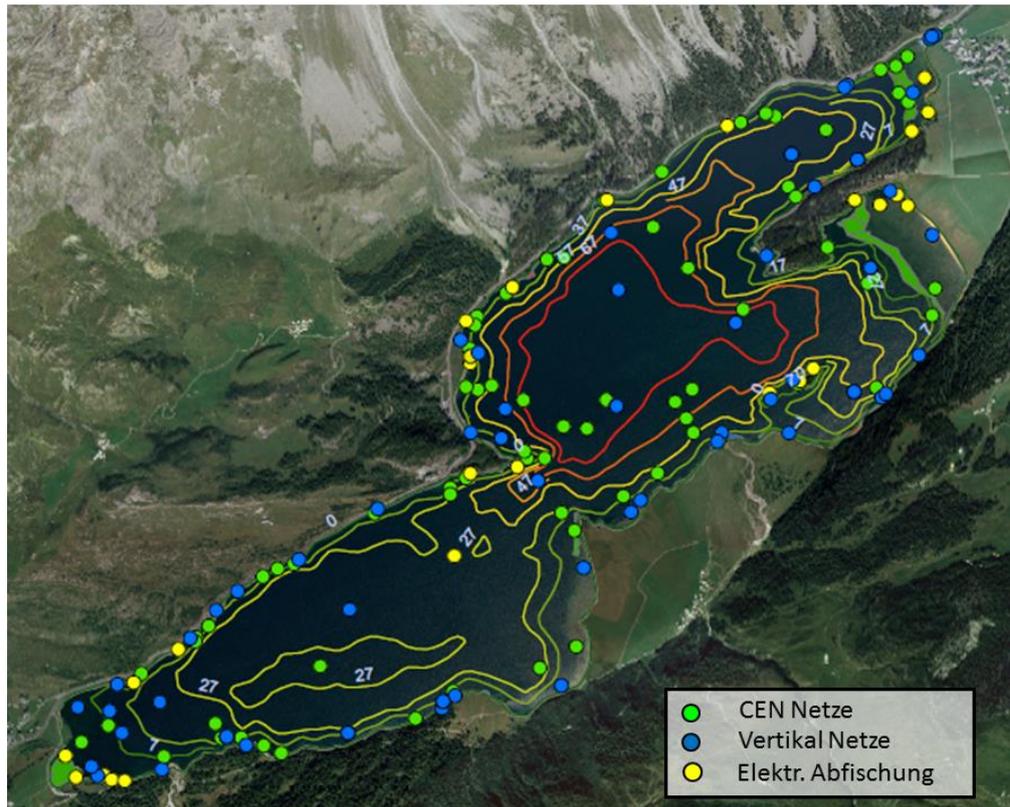


Abbildung 3-15. Karte der Befischungsstandorte im Silsersee (Luftaufnahmen © Swisstopo).

3.3.2 Fischbestand und Artenvielfalt

3.3.2.1 Lago di Poschiavo

Vermutlich neun
Fischarten im Lago
di Poschiavo

Insgesamt wurden im Lago di Poschiavo neun oder zehn Fischarten gefangen, davon drei bis fünf verschiedene Forellenarten und zwei verschiedene Elritzenarten (Abbildung 3-16, Tabelle 3-1). Anzahlmässig waren Forellen in unseren Fängen am häufigsten vertreten. Auch Seesaiblinge, Groppen und beide Elritzenarten waren regelmässig in den Fängen vorhanden. Die Kanadische Seeforelle war hingegen eher selten. Die im See laut Fischfangstatistik vorkommende Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) konnten nicht gefangen werden. Aufgrund eines uns vorliegenden Fotos, das von einem Fischer gemacht wurde, schliessen wir, dass es sich hier - wie auch im Silsersee – nicht um Rotfedern sondern um italienische Schwarzfedern, *Scardinius hesperidicus* handelt. Die Fangstatistiken lassen vermuten, dass diese im See eher selten sind. Der Gesamtfang im Lago di Poschiavo betrug 68kg. Der CPUE für die gefangene Anzahl Individuen und der BPUE für die Biomasse ist im Anhang aufgeführt (Tabelle 8-1). Im Lago di Poschiavo wurde pro Aufwand deutlich weniger gefangen als im Silsersee.

3.3.2.2 Silsersee

Mindestens sechs
Fischarten im
Silsersee

Insgesamt wurden im Silsersee sechs oder sieben Fischarten gefangen (Abbildung 3-17, Tabelle 3-1). Die Forelle (Möglicherweise 2 Forellenarten, siehe Resultate

zur Genetik) und die Elritze waren dabei die am häufigsten gefangenen Arten. Aber auch der Seesaibling und die Kanadische Seeforelle waren in den Fängen häufig vertreten. Dazu kommen noch Äschen und Schwarzfedern (*Scardinius*). Bei den *Scardinius* handelt es sich um die südliche Art mit schwarzen Flossen (*Scardinius hesperidicus*) und nicht um die nördliche Art (Abbildung 3-16). Ein Belegexemplar aus dem Silsersee aus den 1930er Jahren befindet sich in der Steinmann Sammlung der Eawag. Auch dieses Exemplar gehört *S. hesperidicus* an.

Mehr Fische im Silsersee

Insgesamt fällt auf, dass sowohl die Abundanz als auch die Anzahl Arten, die im „Projet Lac“ gefangen wurden, von den Fischereistatistiken abweichen (Abbildung 3-17). Der Gesamtfang im Silsersee betrug 231kg bei 1273 Individuen und war somit höher als im Lago di Poschiavo. Die Biomasse ist auch höher (insbesondere durch die hohe Anzahl an Namaycush) wenn für den Aufwand korrigiert wird, der im Silsersee bei der CEN Norm höher war. Somit zeigen die Netzfänge ein anderes Bild als die Angelfischerfänge, bei welchen die Fänge im Lago di Poschiavo, insbesondere bei den Saiblingen, deutlich höher waren. In den Netzfängen waren die Unterschiede zwischen den beiden Seen deutlich kleiner. Die für den Aufwand (Netzfläche) korrigierten Fänge (CPUE + BPUE) sind im Anhang aufgeführt (Tabelle 8-1).



Abbildung 3-16. Vergleich zwischen der südlichen Schwarzfeder (*Scardinius hesperidicus*) aus dem Silsersee und der nördlichen Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) aus dem Lac Brenet.

Tabelle 3-1. Zusammenstellung der Anzahl der gefangenen Individuen für die verschiedenen Fangmethoden. Von den Forellen sind in beiden Seen und von den Elritzen sind im Lago di Poschiavo mehr als eine Art vorhanden.

Fischart	Anzahl Individuen	Poschiavo				Sils			
		CEN	Elec.	Vert.	Total	CEN	Elec.	Vert.	Total
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	16	50	14	80	-	-	-	-
Elritze*	<i>Phoxinus sp.</i>	8	23	2	33	308	218	36	562
Forelle*	<i>Salmo sp.</i>	157	102	105	364	264	62	114	440
Kanadische Seeforelle	<i>Salvelinus namaycush</i>	2	-	1	3	89	1	30	120
Seesaibling	<i>Salvelinus alpinus</i>	59	-	38	97	107	-	14	121
Schwarzfeder	<i>Scardinius hesperidicus</i>	-	-	-	-	1	-	20	21
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	-	-	-	-	8	-	1	9
Total Anzahl		242	175	160	577	777	281	215	1273
Biomasse (kg)									
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	0.136	0.254	0.14	0.5	-	-	-	0.0
Elritze*	<i>Phoxinus sp.</i>	0.018	0.076	0.012	0.1	1.1	0.8	0.3	2.2
Forelle*	<i>Salmo sp.</i>	25.58	0.347	15.79	41.7	73.9	1.6	46.0	121.5
Kanadische Seeforelle	<i>Salvelinus namaycush</i>	5.825	-	6	11.8	49.1	-	29.3	78.4
Seesaibling	<i>Salvelinus alpinus</i>	7.212	-	7.239	14.5	16.7	-	3.4	20.0
Schwarzfeder	<i>Scardinius hesperidicus</i>	-	-	-	-	0.2	-	6.0	6.2
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	-	-	-	-	2.8	-	0.4	3.2
Total		38.8	0.7	29.2	68.6	143.8	2.4	85.3	231.5

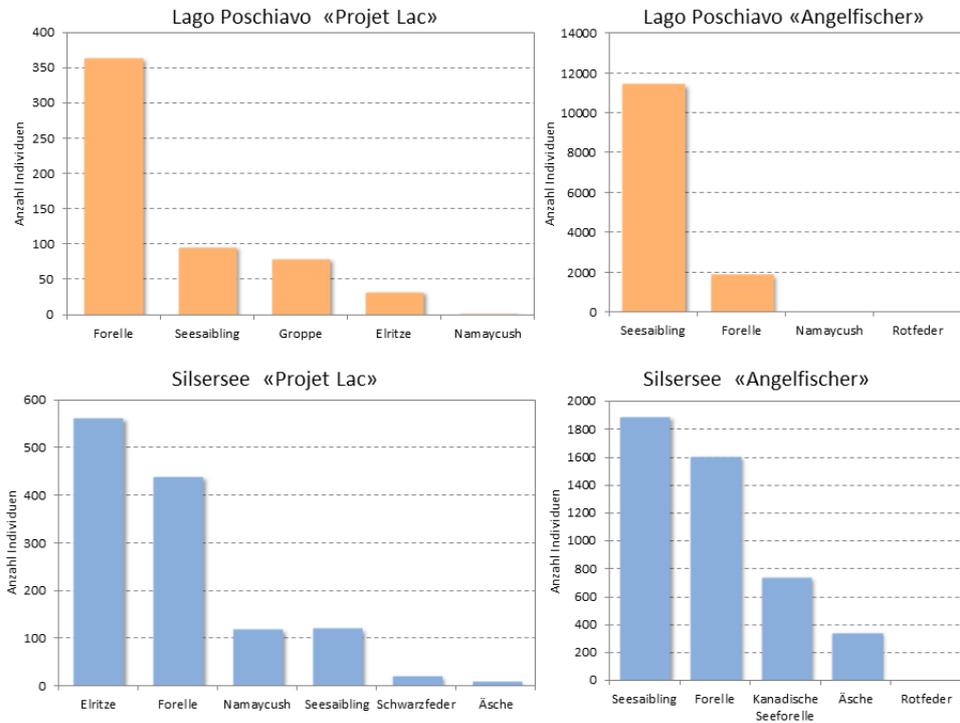


Abbildung 3-17. Vergleich Fänge des „Projet Lac“ mit den Fängen der Angelfischer von 2012.

3.3.3 Museumssammlung

Von den gefangenen Fische wurden 148 vom Silsersee und 585 vom Lago di Poschiavo in die Museumssammlung vom Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde von Bern aufgenommen (Tabelle 3-2). Weitere genetische Proben, insbesondere der Salmoniden aus dem Silsersee wurden in die Eawag Fischprobensammlung aufgenommen.

733 Individuen in der Sammlung

Tabelle 3-2. Liste der im naturhistorischen Museum von Bern aufbewahrten Fische. Die Forelle und die Elritze sind mit * markiert da es sich dabei möglicherweise um mehrere Arten handelt.

Museumssammlung		Poschiavo	Sils
Fischart			
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	72	-
Elritze*	<i>Phoxinus sp.</i>	30	30
Forelle*	<i>Salmo sp.</i>	384	30
Kanadische Seeforelle	<i>Salvelinus namaycush</i>	2	28
Seesaibling	<i>Salvelinus alpinus</i>	97	30
Schwarzfeder	<i>Scardinius hesperidicus</i>	-	21
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	-	9
Total Anzahl		585	148

Tabelle 3-3. Artenfundliste im Silsersee und im Lago di Poschiavo. Die Fänge des „Projet Lac“ sind rot umrandet. *Bei den Forellen wurden von Projet Lac im Lago di Poschiavo Phänotypen von *Salmo marmorata*, *S. cenerinus*, und *S. trutta*, sowie Poschiavo-Seeforellen und Danubische Phänotypen (*S. labrax*) nachgewiesen. Im Silsersee wurden Danubische *S. labrax* und *S. trutta* Phänotypen nachgewiesen. Bei den Elritzen wurden im Lago di Poschiavo zwei Arten nachgewiesen: die einheimische *P. lumaireul* und die eingeführte *P. phoxinus*. Unter einheimisch werden Fischarten verstanden die durch Lorentz 1898 als einheimisch eingestuft wurden. ** Die verschiedenen Forellen- und Elritzenarten sind weder bei den einheimischen Arten, noch bei den Neozoen berücksichtigt.

Fischart			Poschiavo				Sils			
Deutsch	Lateinisch	Italienisch	Lorenz 1898	Pedrol i 1991	BAFU 2003	PL 2012	Lorenz 1898	Pedrol i 1991	BAFU 2003	PL 2012
Forelle	<i>Salmo sp*</i>	Trota	1	1	1	1	1	1	1	1
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	Scazzone	1	1	1	1				
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguilla	1	1	1					
"Schwarzfeder"	<i>Scardinius hesperidicus</i>	Scardola italiana					1	1	1	1
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	Tinca								
Elritze	<i>Phoxinus sp*</i>	Sanguinerola		1	1	1		1	1	1
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	Cobite							1	
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	Temolo						1	1	1
Seesaibling	<i>Salvelinus alpinus</i>	Salmerino				1		1	1	1
Kanadische Seeforelle	<i>Salvelinus namaycush</i>	Trota di lago canadese				1		1	1	1
Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trota iridea		1	1			1	1	
Total einheimische Arten			3	3	3	2	1	1	1	1
TOTAL Neozoen			0	2	2	3**	1	6	7	5**
TOTAL beobachtete Arten			3	5	5	5*	2	7	8	6*

3.3.4 Besondere und wenig bekannte Vielfalt

3.3.4.1 Forellen Lago di Poschiavo

Grosse phänotypische Diversität bei Forellen

Die hohe phänotypische Diversität der Forellen im Lago di Poschiavo war schon vor diesem Projekt beobachtet worden (Keller *et al.* 2011). Eine Besonderheit des

Sees ist eine möglicherweise ganzjährig Seebewohnende (also auch im See laichende) Forellenpopulation. Diese „Poschiavo“-Seeforelle wird von einem dicht schwarz gefleckten Phänotypen dominiert, den wir im Folgenden als *Salmo* sp. "Blackspot" bezeichnen. In der Abbildung 3-18 wird ersichtlich, dass ausser diesem "Blackspot" Phänotypen auch verschiedene andere Phänotypen vorkommen, vom typischen Donau Phänotyp (*S. cf Labrax*), über einen Marmorataphänotyp (*Salmo cf marmorata*), den adriatischen Phänotyp (*S. cf cenerinus*) bis zum atlantischen Phänotyp (*S. cf trutta*). Der atlantische Phänotyp war klar der zahlreichste (Abbildung 3-19).

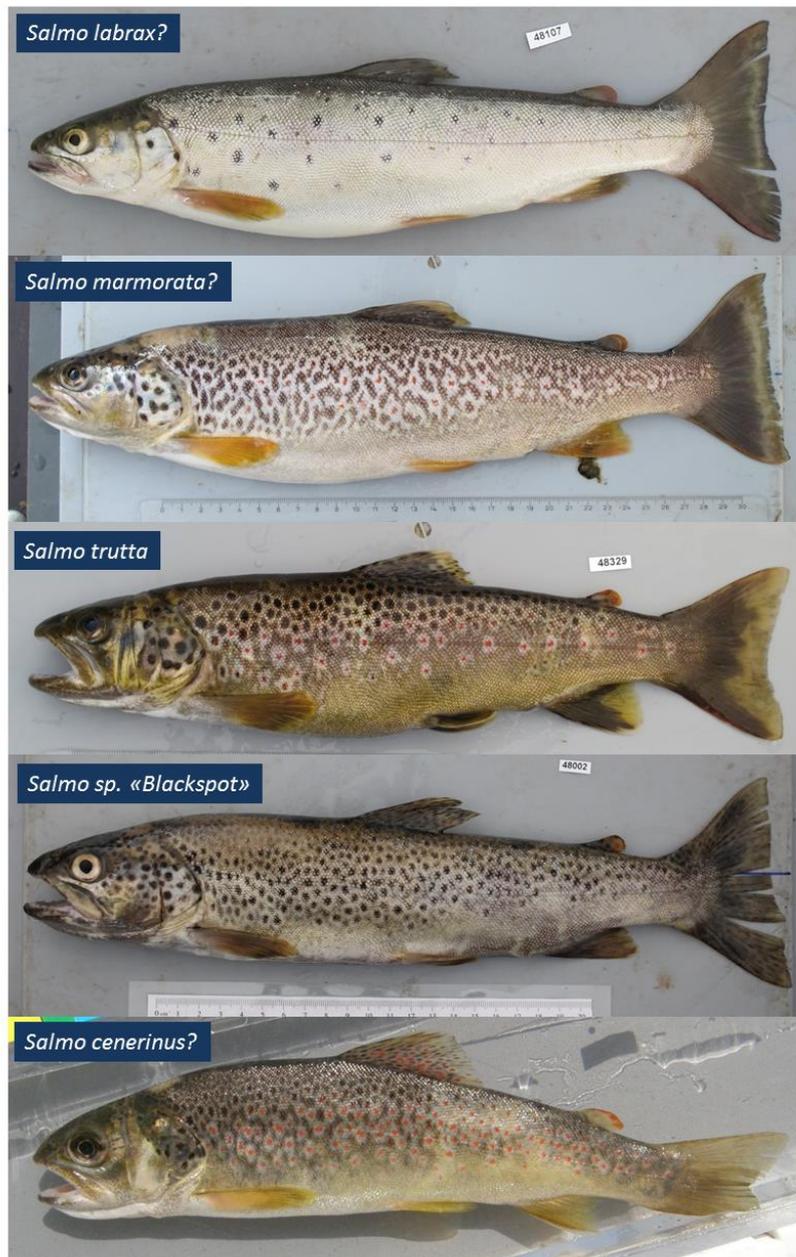


Abbildung 3-18. Forellen Phänotypen und ihre taxonomische Zuordnung aus dem Lago di Poschiavo (2012)

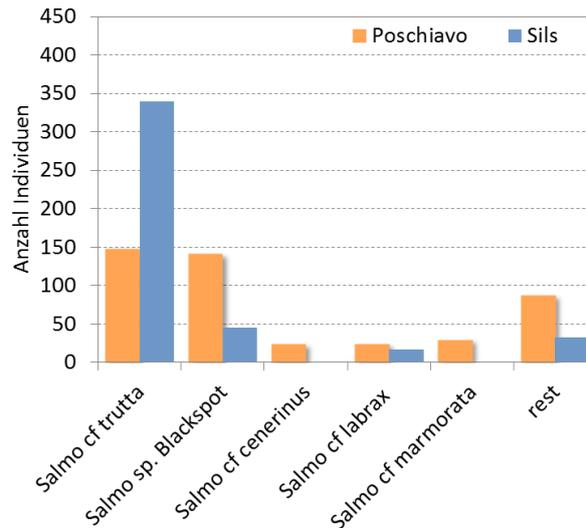


Abbildung 3-19. Häufigkeiten der verschiedenen Forellenphänotypen.

Genetisch konnte bereits nachgewiesen werden, dass im Lago di Poschiavo Genotypen von mindestens 3 Forellenarten vorkommen: *S. marmorata* und *S. cenerinus* die als einheimisch betrachtet werden können, und *S. trutta* die eingeführt wurde (Keller *et al.* 2011). Beim Donau Phänotyp ist noch unklar ob diese den *S. cf labrax* zuzuordnen sind. Gene aus der Donau wurden zwar nachgewiesen, die Taxonomie der Donauforellen ist aber unklar und es ist daher unsicher, ob es sich hier um *S. labrax* handelt.

Es stellt sich nun die Frage, ob es sich bei diesen unterschiedlichen Phänotypen um einen grossen Hybridschwarm handelt, oder ob innerhalb des Sees eigenständige genetische Einheiten erhalten geblieben sind welche die grosse morphologische Diversität erhält. Um dieser Frage Nachzugehen wurden etwas mehr als 20'000 SNP's (Single Nucleotide Polymorphisms), also 20'000 Standorte auf dem Genom, die Mutationen aufweisen, untersucht. Diese Daten wurden verwendet um einen Individuellen Stammbaum zu erstellen.

Dieser Stammbaum zeigt, dass die Forellen im Poschiavosee einen genetisch extrem variablen Hybridschwarm darstellen welcher zwischen den Forellen aus den drei Einzugsgebieten Po, Donau und Rhein liegt (Abbildung 3-20). Da einige Poschiavoforellen mit den Rheinfoforellen clustern liegen die Poschiavoforellen insgesamt etwas näher zum Rhein als zu den beiden anderen Einzugsgebieten. Somit wird auch klar, dass die ursprünglichen genetischen Linien der Poschiavoforellen zu einem gewissen Teil durch Hybridisierung mit eingesetzten Forellen verloren gegangen ist. Allerdings nicht ganz! In der Tat können noch heute genetische Unterschiede zwischen den verschiedenen Phänotypen beobachtet werden, und dies unabhängig davon ob diese in den Zuflüssen oder im See gefangen wurden (Abbildung 3-21). Dies bedeutet, dass sich diese Forellen nicht zufällig verpaaren, sondern heute noch teilweise reproduktiv isoliert sind.

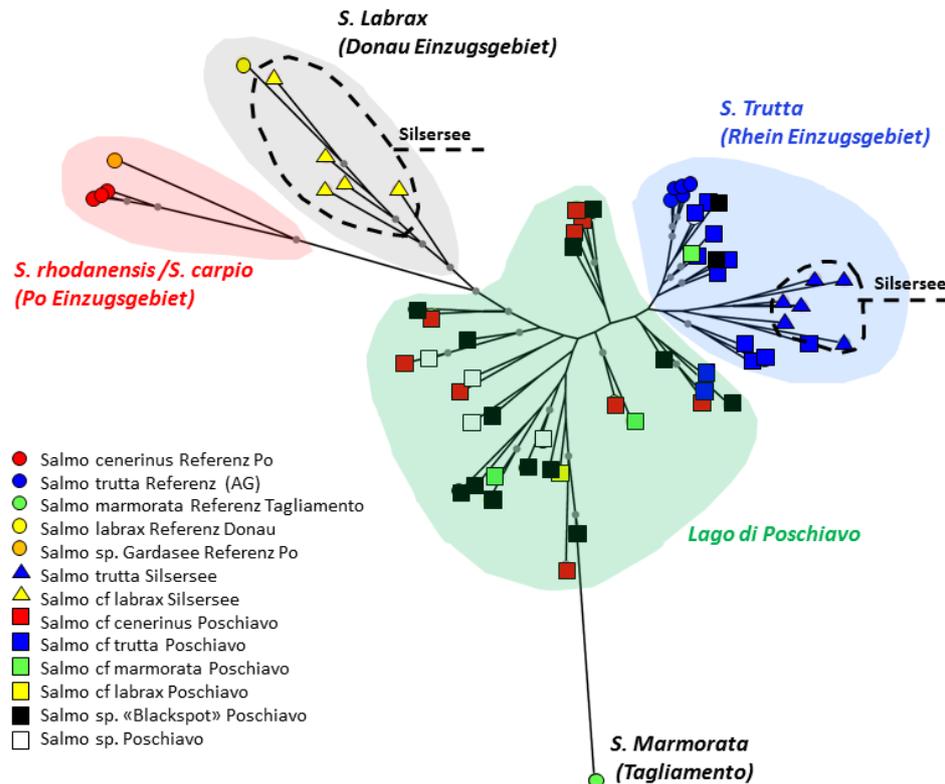


Abbildung 3-20. Phylogenetischer Stammbaum der untersuchten Forellen (Maximum Likelihood Baum basierend auf Analyse von 20'000 SNPs im Programm RAXML; graue Punkte auf den Knoten im Baum zeigen statistischen Support von >50% des Bootstrap resamplings an). Die Fische aus dem Lago Poschiavo und Seenahen Standorten aus zwei kleinen Zuflüssen sind als Vierecke, Fische aus dem Silsersee als Dreiecke und Referenzproben als Kreise gekennzeichnet.

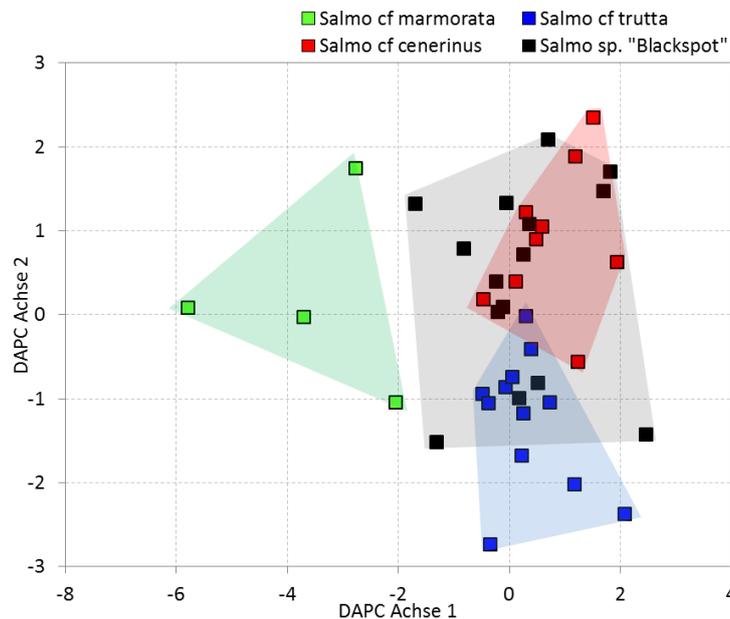


Abbildung 3-21. DAPC Analyse der Forellen aus dem Lago di Poschiavo. Die drei Phänotypen Marmorata, Trutta und Cenerinus sind genetisch klar verschieden. Die Blackspot Gruppe überlappt genetisch stark mit cenerinus, aber auch mit trutta, und hat klar auch marmorata Anteile.

Die drei phänotypischen Gruppen die dabei genetisch unterschieden werden sind die Marmorata-, die Cenerinus -, und die Atlantische Forelle. Die Blackspot Gruppe scheint mit den anderen stark zu überlappen, insbesondere aber mit Cenerinus. Die Ursachen für diese Überlappung ist nicht klar. Es könnte sein, dass es sich dabei um Seeforellenformen aller drei Arten handelt. Auch möglich ist, dass es sich dabei um eine genetisch intermediäre Population handelt, die durch Hybridisierung zwischen den beiden ursprünglich vorhandenen Arten Cenerinus und Marmorata entstanden ist und auch heute noch als Vektor für den Genaustausch zwischen diesen beiden und zwischen ihnen und den eingeführten Trutta fungiert. Auch wenn dies derzeit noch nicht beantwortet werden kann, ist klar, dass heute noch Reste der ursprünglichen Forellenbestände im Puschlav gefunden werden können.

3.3.4.2 Elritze und Schwarzfeder Lago di Poschiavo

Im Lago di Poschiavo wurden sowohl südliche also auch nördliche Elritzen gefangen. Diese unterschieden sich insbesondere durch eine kürzere Distanz zwischen Kopfspitze und Auge und durch einen gebogenen Kopf bei der südlichen Elritze (oben in Abbildung 3-22) sowie genetisch. Das Vorhandensein von den beiden Arten konnte genetisch durch das Sequenzieren eines diagnostischen Gens (Cytochrom B) bestätigt werden (Abbildung 3-23). Die Phänotypen stimmten jedoch nicht immer mit den Genotypen überein, was ein Hinweis darauf ist, dass sich die beiden Arten im See gekreuzt haben.

Schliesslich wurde in den letzten Jahren eine Schwarzfeder im Lago Poschiavo gefangen. Somit ist diese Art im See sehr wahrscheinlich auch vertreten, wurde aber im Rahmen dieses Projektes nicht gefangen.

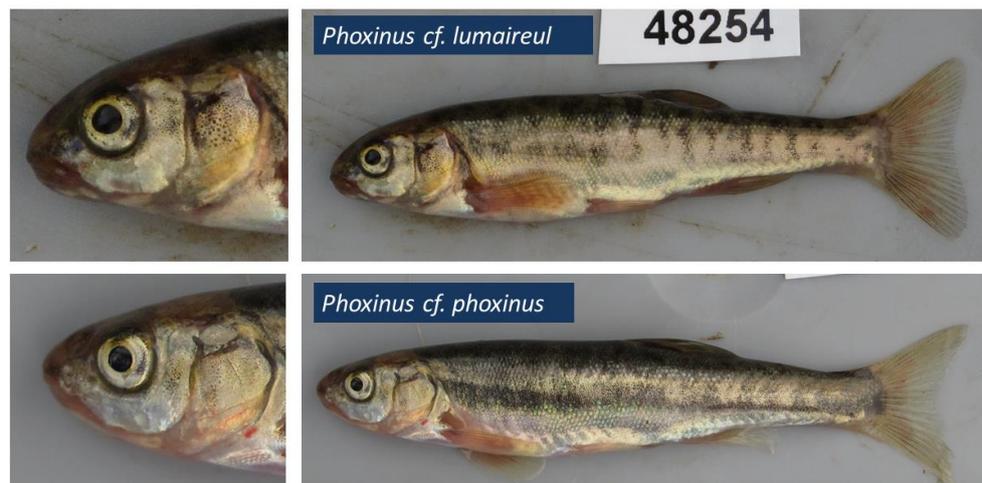


Abbildung 3-22. Phänotypen der Elritze im Lago di Poschiavo. Oben eine südliche Elritze (*P. cf. lumaireul*); Unten eine nördliche Elritze (*P. cf. phoxinus*)

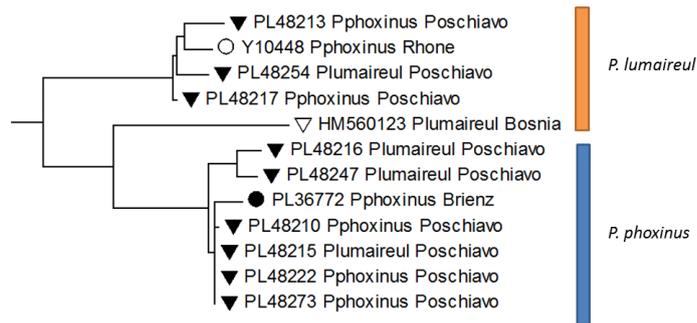


Abbildung 3-23. Stammbaum der Elritze aus dem Lago di Poschiavo mit einigen Referenzproben basierend auf DNA Sequenzen des mitochondrialen Gens Cytochrom B. Die Benennung der Poschiavo Individuen basiert auf dem Phänotyp. Dass beide Phänotypen mit beiden Sequenzen vorhanden sind, lässt auf Hybridisierung zwischen den Arten schliessen.

3.3.4.3 Ursprung der Seesaiblinge des Lago di Poschiavo

Wie die Fischfangstatistiken zeigen (Abbildung 3-37), sind die Seesaiblinge erst Ende der 90er oder Anfang der 2000er Jahre eingesetzt worden. Da es sich dabei um illegale Besitzmassnahme gehandelt hat, stellt sich heute die Frage woher die Fische stammen. Vermutet wird, dass die Fische aus einem der drei Engadiner Seen St. Moritzersee, Silvaplanasee oder Silsersee eingesetzt wurden. Genetisch sollte überprüft werden, ob die Seesaiblinge aus dem Lago di Poschiavo genetisch identisch sind mit denen aus dem Silsersee. Zusätzlich wurden noch Referenzproben aus anderen Schweizer Seen untersucht, um einen möglichen anderen Ursprung in der Schweiz zu beurteilen.

Um dieser Frage nachzugehen wurden, wie auch bei den Forellen, eine grosse Anzahl SNP Loci untersucht. Diese Daten wurden verwendet um einen Individuellen Stammbaum zu erstellen und eine Hauptkomponentenanalyse durchzuführen.

Der Stammbaum zeigt dabei, dass sich die Seesaiblinge des Silsersees und des Lago di Poschiavo von den anderen Seesaiblingspopulationen der Schweiz sehr stark unterscheiden. Die Seesaiblinge des Silsersees und des Lago di Poschiavo bilden dabei einen gemeinsamen Ast im Stammbaum und sind sehr nahe verwandt, was einen gemeinsamen Ursprung der beiden Populationen suggeriert (Abbildung 3-24). Es fällt jedoch auf, dass sich die beiden Populationen auf dem Stammbaum nicht vermischen, was auf genetische Unterschiede zwischen den zwei Populationen hinweist.

Die Hauptkomponentenanalyse zeigt, dass es tatsächlich genetische Unterschiede zwischen den Seesaiblingen aus dem Silsersee und dem Lago di Poschiavo gibt. Die Unterschiede sind dabei so gross, dass die Individuen der beiden Populationen getrennt sind ohne Überlappung. Der Silsersee kann daher als Ursprung für die Besiedelung des Lago di Poschiavo mit grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden

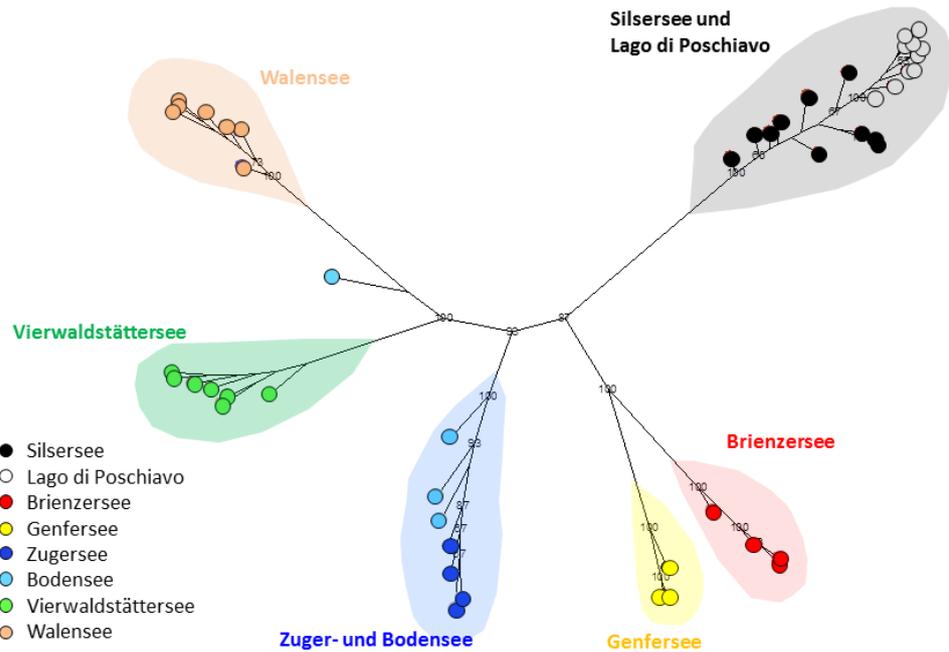


Abbildung 3-24. Phylogenetischer Stammbaum der untersuchten Seesaiblinge basieren auf 73'244 SNP Loci (Maximum Likelihood Baum erstellt mit dem Programm RAXML; statistischer Support von Knoten im Baum ist angezeigt als % des Bootstrap resamplings). Die Fische aus dem Lago Poschiavo sind als weisse Punkte dargestellt, die Fische aus dem Silsersee als schwarze Punkte.

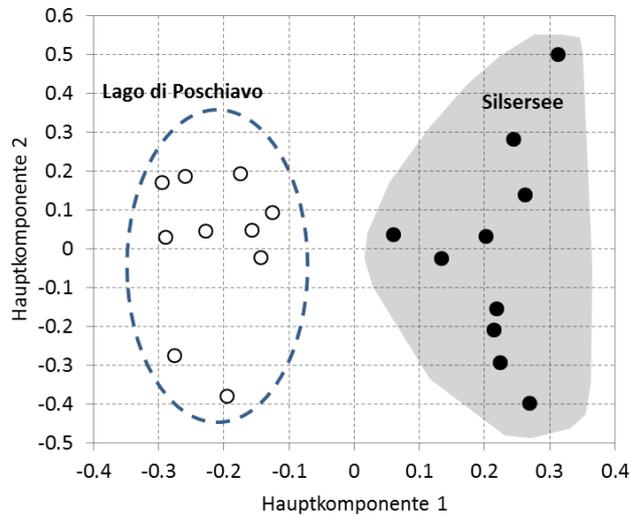


Abbildung 3-25. Hauptkomponenten-analyse basieren auf 4049 SNP Loci. Die erste Hauptkomponente unterscheidet zwischen den Silsersee und Lago di Poschiavo Seesaiblingen ohne Überlappung.

3.3.4.4 Forellen Silsersee

Auch im Silsersee ist die phänotypische Variation bei den Forellen hoch (Abbildung 3-26). Zu erwarten war hier auf der einen Seite die bei den Fischern als "Silserseeforelle" bekannte Forelle mit sehr grossen schwarzen Punkten, bei der es sich um die letzte einheimische Donauforellenpopulation in der Schweiz handeln könnte. Andererseits waren auch Atlantische Bachforellen zu erwarten. Tatsächlich fanden wir phänotypisch beide Typen und ihre Zwischenformen. Zusätzlich fanden wir Phänotypen die den Poschiavo Seeforellen (*S. sp.*

"Blackspot") entsprechen. Die adriatischen *Marmorata*- und *Cenerinus*-Phänotypen konnten jedoch nicht beobachtet werden. Die *Labrax* Phänotypen sind jedoch etwas häufiger vertreten als im Lago di Poschiavo, obwohl im Silsersee der atlantische Phänotyp zahlenmässig dominiert (Abbildung 3-19). Aufgrund der oft unsicheren Identifikation werden für alle weiteren Berechnungen die verschiedenen Forellenarten und die verschiedenen Elritzenarten jeweils als eine Einheit betrachtet.

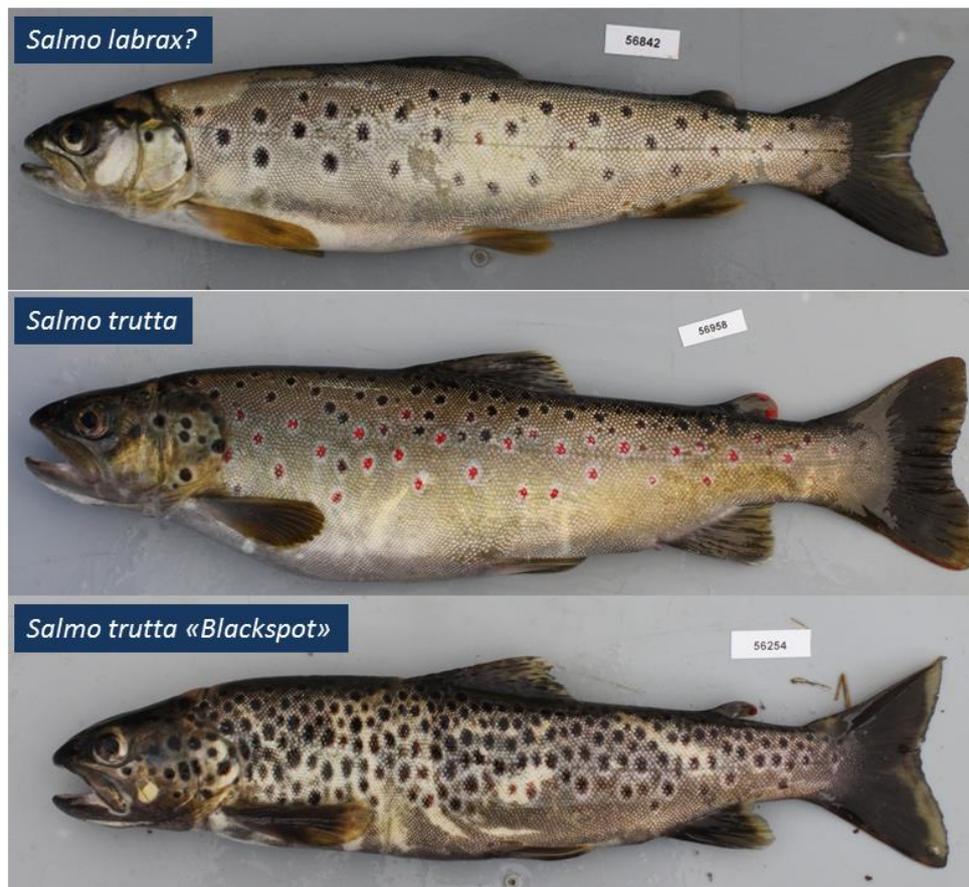


Abbildung 3-26. Forellen Phänotypen aus dem Silsersee (2012).

Äusserst interessant sind die genetischen Resultate im Silsersee ausgefallen. In der Tat befinden sich die Silserseeforellen nicht als Hybridschwarm zusammen mit den Forellen des Lago di Poschiavo im Zentrum des Stammbaumes, sondern zwei genetisch stark differenzierte Gruppen sind erkennbar, die sich an getrennten Zweigen des Stammbaumes finden. Die eine Gruppe gehört zu den Atlantischen Forellen, die andere erfreulicherweise zu den Donauforellen der Art *S. labrax* (Abbildung 3-20). Dies suggeriert, dass die genetische Linie im Silsersee trotz Vorhandensein von atlantischen Forellen überlebt hat. Noch nicht ganz klar ist heute, ob sich die Artzugehörigkeit aus den Phänotypen ablesen lässt, wie dies im Lago di Poschiavo der Fall ist. Die hier durchgeführten Analysen scheinen darauf hinzuweisen, dass eine phänotypische Trennung nicht einfach ist. Dies sollte in jedem Fall noch anhand einer grösseren Stichprobe überprüft werden.

Äusserst spannend in diesem Fall ist, dass zwei genetische stark differenzierte Linien im Silsersee überlebt haben und das, obwohl sie im selben Lebensraum vorkommen. Dies bedeutet, dass eine reproduktive Barriere zwischen den Arten *S. labrax* und *S. trutta* vorhanden ist. Für die Bewirtschaftung wäre wichtig herauszufinden, wieso sich die Arten nicht vermischen. Aufbauend auf dieser Information könnte die in der Schweiz einzigartige Donauforelle gefördert werden.

3.3.5 CEN Netze und Konfidenzintervalle

Schätzung der Konfidenzintervalle

Die Streuung der Anzahl Fische, die pro Netz in den verschiedenen Tiefen (Replikate) gefangen wurden, ist bei der Schätzung für zukünftige Vergleiche wichtig. Um die Streuung zu berechnen, wurden mit 10'000 Permutationen theoretische Fänge berechnet (pelagische und benthische CEN Netze separat). Die Resultate wurden anschliessend benutzt, um die 5% und 95%-Konfidenzintervalle für jede Art zu schätzen.

Die Resultate (Abbildung 3-27, Tabelle 8-2) zeigen, dass die Streuungen im zu erwartenden Bereich sind. Eine Zunahme oder eine Abnahme der Netzfänge einer Art um mehr als ca. 50% können demzufolge als signifikant betrachtet werden. Dies gilt insbesondere für die häufigeren Arten und entspricht so den Erwartungen der CEN prEN 14757 Norm. Die Unterschiede zwischen den Seen in diesen Resultaten (dies ist kein CPUE) sind auch auf den unterschiedlichen Aufwand zurückzuführen. Im nächsten Abschnitt erfolgt eine vergleichende Analyse der CEN Netze.

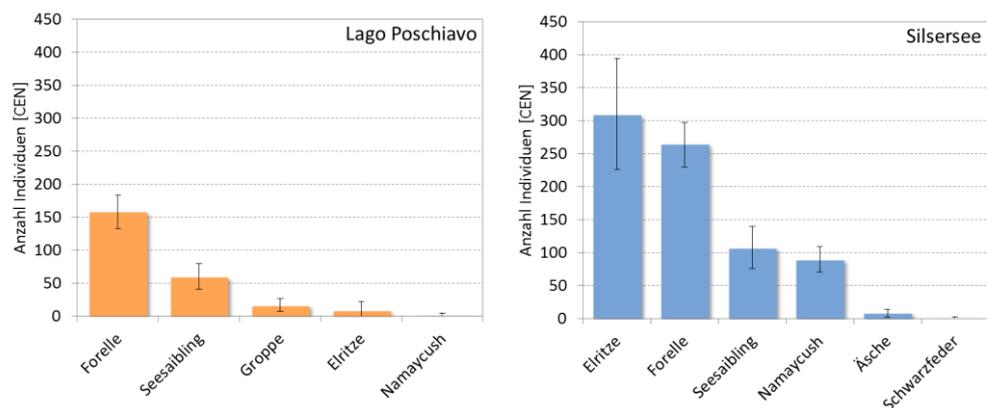


Abbildung 3-27. Anzahl Fische, die pro Art in den CEN Netzen gefangen wurden. Angegeben sind ebenfalls die 5% und 95%-Konfidenzintervalle, die anhand einer Permutation mit 10'000 Stichproben geschätzt wurden.

3.3.6 Habitatnutzung

3.3.6.1 Pelagial – Benthisch

In beiden Seen eine ähnliche Habitatnutzung.

Gewisse Fischarten bevorzugen die pelagischen, andere eher die benthischen Habitate im See. Im Fall der beiden Bündner Seen waren die Verteilungen relativ ähnlich. In beiden dominierten die Forellen den benthischen Teil. Im Silsersee waren dazu die Elritze noch sehr häufig, im Lago di Poschiavo die Groppen. In beiden Seen wurden auch Seesaiblinge in Grundnähe gefangen. Im Silsersee waren, auch bedingt durch das späte Abfischungsdatum im Oktober, relative viele laichreife Seesaiblinge dabei. Im Pelagial dominierten in beiden Seen die Seesaiblinge, diese waren im Lago di Poschiavo häufiger im Pelagial (Tabelle 8-1). Dazu kamen noch ein paar wenige Forellen und Namaycush.

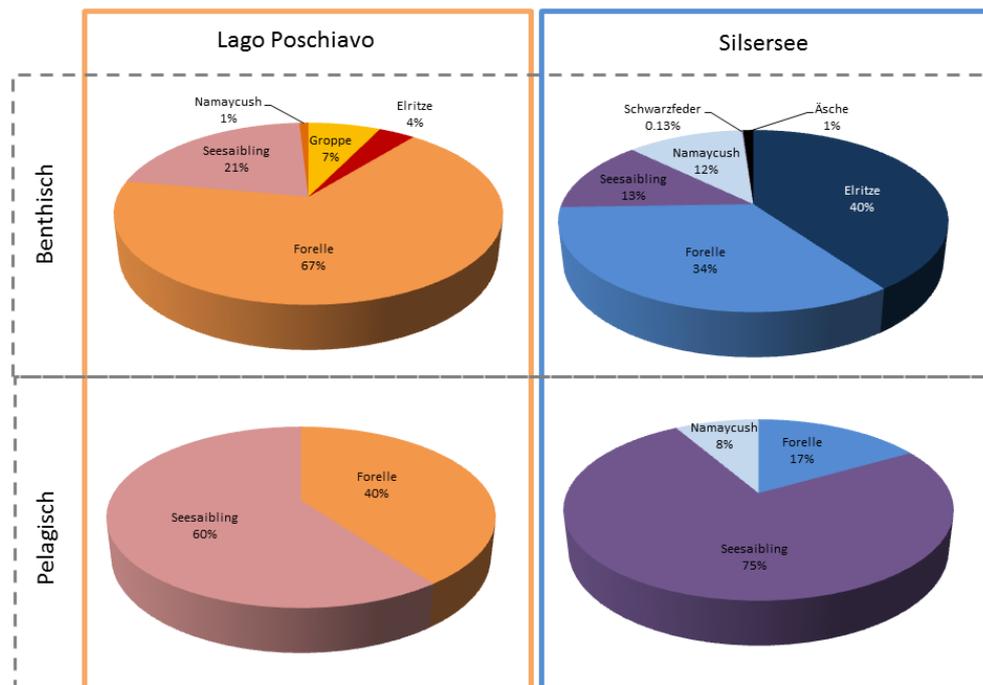


Abbildung 3-28. Nutzung der pelagischen und benthischen Habitate durch die verschiedenen Fischarten.

3.3.6.2 Tiefe

Wie in den meisten Seen befand sich die höchste Fischdichte auch im Lago di Poschiavo und im Silsersee in den obersten 10m (Abbildung 3-29). Diese Fänge blieben aber bis in Tiefen von 20-50 m recht konstant. Im Lago di Poschiavo war zwischen 20 und 30m sogar eine etwas erhöhte Fischdichte auszumachen. Die stark erhöhte Dichte bei 70m im Silsersee ist auf zwei Fische bei den tiefsten Vertikalnetzen zurückzuführen. Da in dieser Tiefe nur wenige Netze gesetzt wurden, werden ist die CPUE Berechnung möglicherweise ungenau (siehe auch Abbildung 3-30 für mehr statistische Aussagekraft)

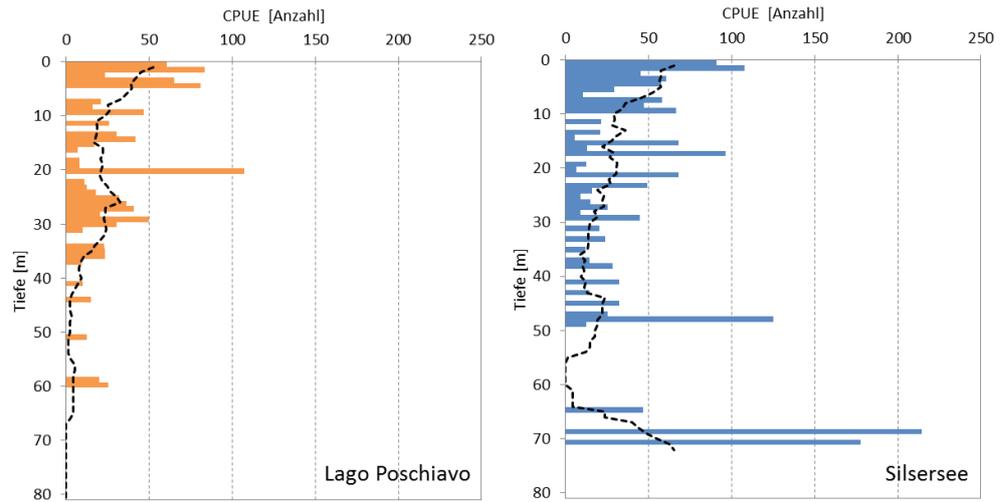


Abbildung 3-29. a) Die Anzahl der gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche (CPUE). Die schwarze Linie entspricht einem wandernden Mittelwert von jeweils 10m Tiefe.

*Forellen oben,
Saiblinge unten*

Interessant ist insbesondere die Aufschlüsselung pro Art und die Gruppierung der benthischen CEN Netze in verschiedene Tiefenzonen zur Vermeidung von Artefakten bei den CPUE Werten (Abbildung 3-30). Dabei wird ersichtlich, dass die Forellen insbesondere die oberen 20m der Wassersäule nutzten. Die Seesaiblinge bevorzugten grössere Wassertiefen um die 30m und sind an der Oberfläche kaum anzutreffen. Die Namaycush wurden meistens unterhalb von 20m gefangen und dies bis in die grössten Tiefen.

Ebenfalls interessant ist die Tiefenverteilung der Fische in den Vertikalnetzen, welche die gesamte Wassersäule bis zum Seegrund simultan befischen (Abbildung 3-31). Im Lago di Poschiavo wurden dabei Oberflächennah insbesondere Forellen gefangen. Die grösste Seesaiblingsdichte konnte erneut um 35m festgestellt werden. Auch ersichtlich wird dabei, dass in Ufernähe die Fischdichten höher sind. Im Silsersee ist die Verteilung relativ ähnlich, mit dem Unterschied, dass die Seesaiblinge im Pelagial die höchste Dichte nur über der maximalen Tiefe hatten und das Pelagial bei geringerer Tiefe mieden. Inwiefern dies mit der Futterverfügbarkeit oder mit einem erhöhten Prädationsdruck in geringeren Tiefen begründet werden kann, ist anhand unserer Daten nicht feststellbar.

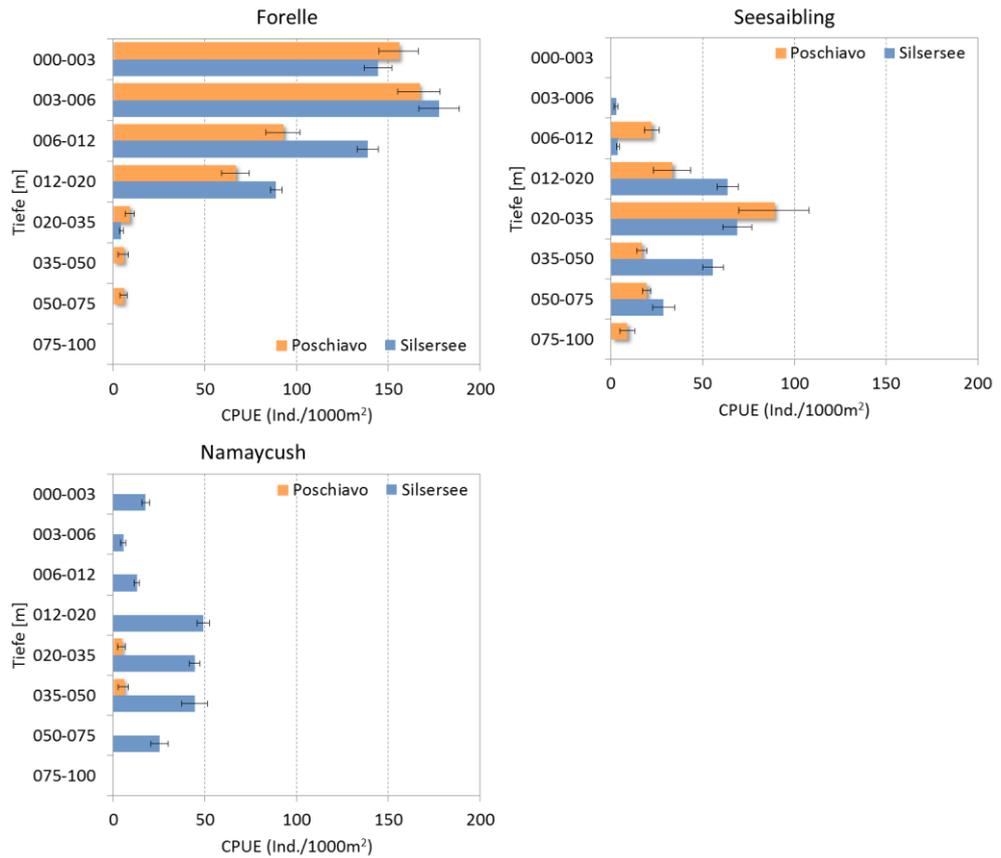


Abbildung 3-30. Tiefenverteilung der Forellen-, Seesaibling- und Namaycushfänge in den benthischen CEN Netzen.

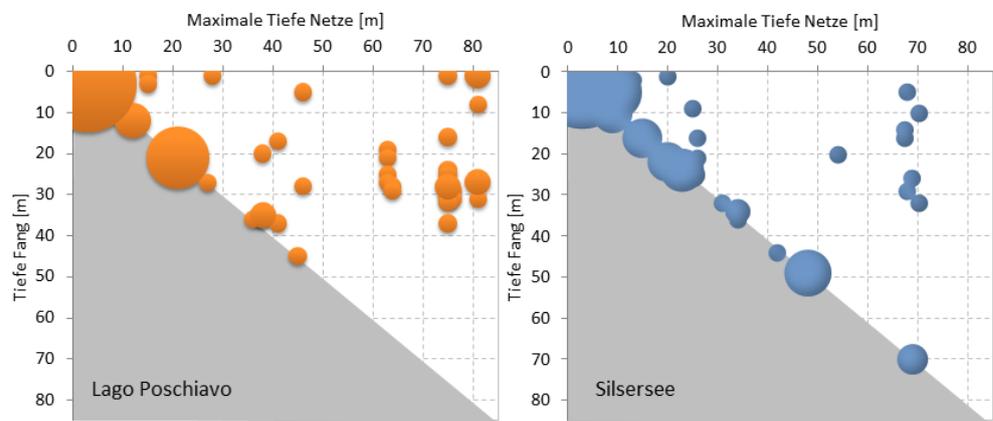


Abbildung 3-31. Tiefenverteilung der Fische in den Vertikalnetzen.

3.3.6.3 Uferhabitate

Habitate sind nicht alle gleich attraktiv

Die Befischung der Uferhabitate zeigt, dass grösstenteils Forellen gefangen wurden. Wie in vielen anderen Seen scheinen Substrate mit Versteckmöglichkeiten (Kiesel, Kies, Pflanzen, Zu- und Abfluss) höhere Fischdichten aufzuweisen. Substrate wie Sand, Schlick und Felsen waren für die Fische weniger attraktiv. Die Unterschiede waren jedoch in einem Permutationstest nicht signifikant.

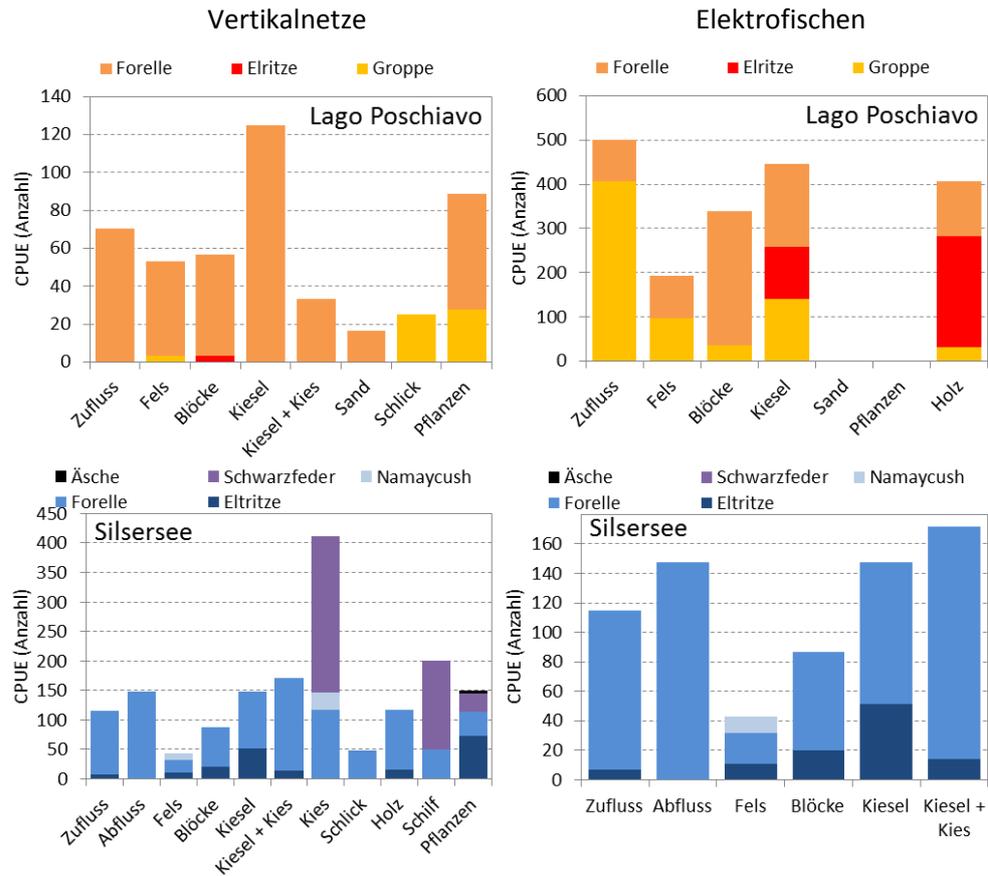


Abbildung 3-32. Anzahl für den Aufwand korrigierte Fische, die bei den verschiedenen Habitaten gefangen wurden.

Die Elektrofischereifänge und Netzfänge komplementieren sich gut, da in den Netzen Fische gefangen werden, die sich aktiv bewegen. Bei der Elektrofischerei hingegen fliehen die im offenen Wasser stehenden Fische und somit werden insbesondere die Arten gefangen, die im Substrat Schutz suchen oder dort leben, wie zum Beispiel die Groppe im Lago di Poschiavo. Somit können durch die Elektrofischerei Arten gefangen werden, die in den Netzen selten gefangen werden und umgekehrt.

3.3.7 Geografische Verteilung der Fänge

3.3.7.1 Lago di Poschiavo

Eher homogene Verteilung

Im Lago di Poschiavo konnten keine klaren Muster in der geografischen Verteilung der Fische festgestellt werden (Abbildung 3-33). Die Forellen sind entlang des Ufers relativ regelmässig verteilt. Die Seesaiblinge sind im pelagial auch eher regelmässig verteilt. Auffallend ist lediglich, dass die Seesaiblinge in den benthischen Netzen eher im nordöstlichen Teil des Sees gefangen wurden, wo auch die Angelfischer in dieser Woche oft gefischt haben.

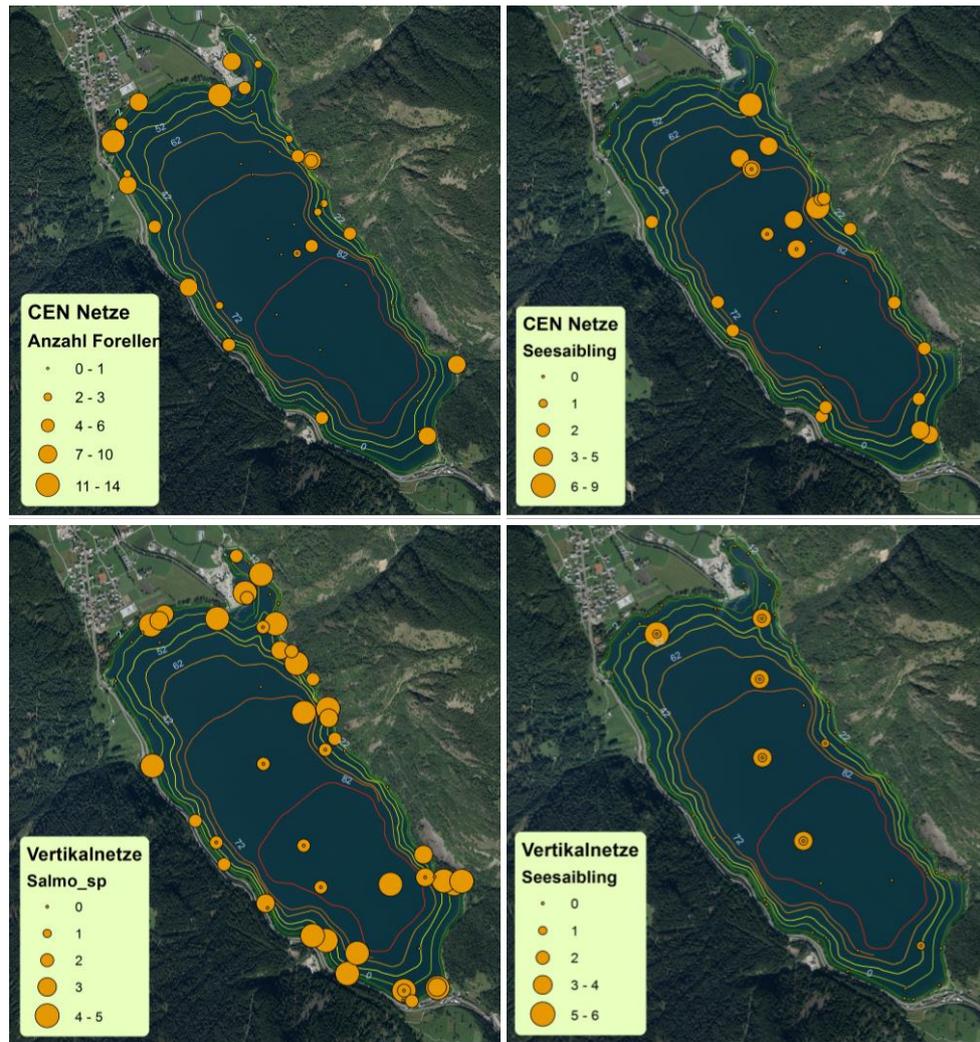


Abbildung 3-33. Forellen- und Saiblingsfänge (Anzahl Fische) der Vertikalnetz- und der CEN-Methode.

3.3.7.2 Silsersee

Im Silsersee fällt auf, dass die Forellen entlang des Nordostufers beider Seebecken in grösseren Dichten gefangen wurden. Die flacheren Partien des südöstlichen Ufers beherbergten weniger hohe Forellendichten. Die Namaycush waren weit verbreitet und lassen keine geografischen Muster erkennen. Die Seesaiblinge scheinen im benthischen Bereich (CEN Netze) (viele waren in Laichtracht) ebenfalls die Nordwestlichen Halden zu bevorzugen. Im Pelagial wurden sie fast ausschliesslich über den grössten Tiefen des Sees gefangen.

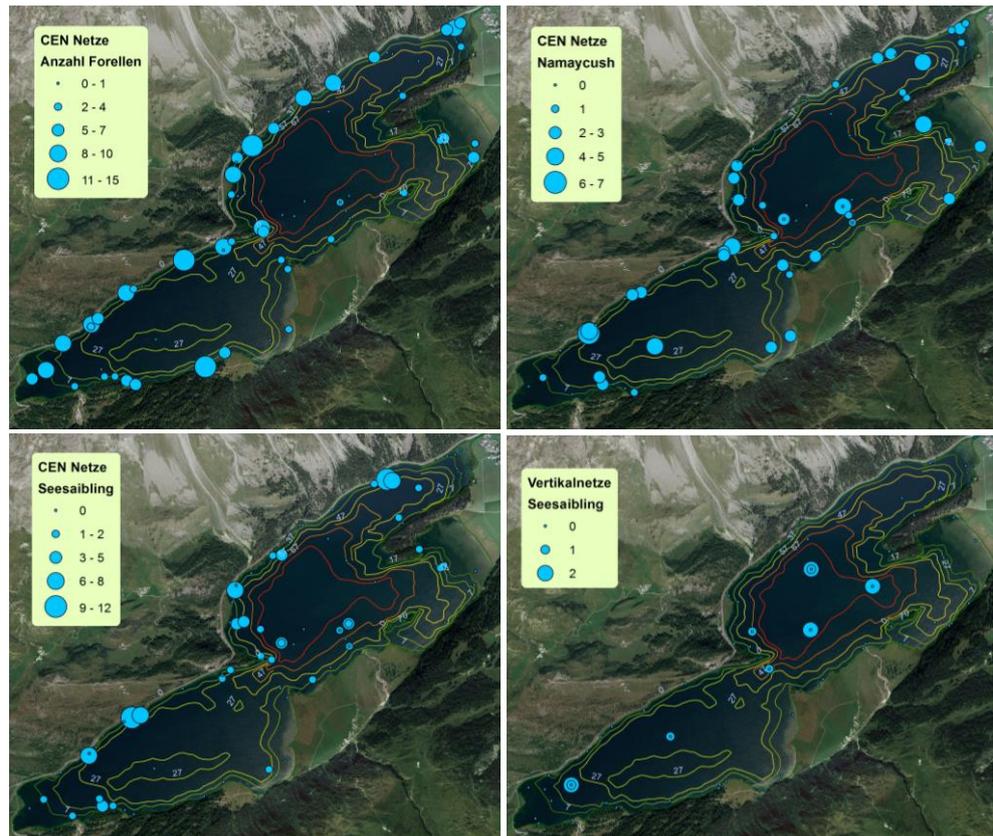


Abbildung 3-34. Forellen- und Saiblingsfänge (Anzahl Fische) der Vertikalnetz- und der CEN-Methode.

3.3.8 Echolotaufnahmen

3.3.8.1 Lago Poschiavo

Die Echolotaufnahmen vom Lago di Poschiavo zeigen (Abbildung 3-35), dass die Fische im Pelagial im nördlichen Teil des Sees eine höhere Dichte aufweisen, was die Resultate der benthischen Netze für Seesaiblinge bestätigt. Ein Grossteil der erfassten Signale (>80%) sind Fische mit einer Grösse <14cm. Die geschätzte Biomasse für den See beträgt 3.1 kg/ha für die obere Schicht (0-15m) und 8.6 kg/ha für die tiefe Schicht (15m-Seegrund) und ist somit die tiefste Biomasse pro ha aller Seen, die bisher im Rahmen des „Projet Lac“ erfasst wurde.

Im Vergleich zu den Netzfängen (geografische Verteilung und Tiefenverteilung der Fänge) lassen diese Resultate vermuten, dass die Echolotaufnahmen hauptsächlich Seesaiblinge erfasst haben. Die eher im Uferbereich lebenden Forellen wurden wohl nicht oder nur teilweise erfasst. Dies ist durch die methodischen Grenzen der Echolotaufnahmen zu erklären, die über dem Seegrund und im Litoral bei einer Tiefe <5m nicht effizient ist.

Viele Fische im Nordteil des Lago di Poschiavo

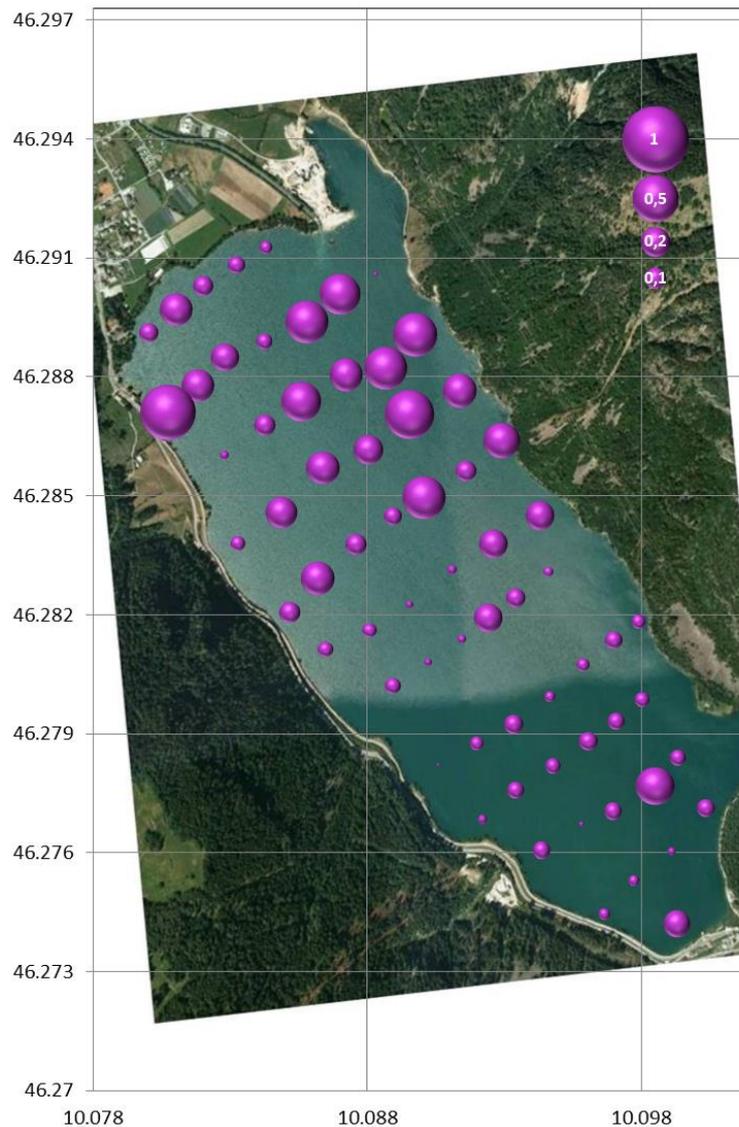


Abbildung 3-35. Echolotsequenz der unteren Seeschicht (15m-Seegrund) des Lago di Poschiavo durchgeführt bei Nacht (12 Transekte).

3.3.8.2 Silsersee

Die Echolotaufnahmen vom Silsersee zeigen, dass die Fische im Pelagial hauptsächlich im unteren Teil des Sees vorkommen (Abbildung 3-36). Ein Grossteil der erfassten Signale (82%) sind Fische mit einer Grösse <14cm. „Nur“ 18% sind grösser als 14cm. Die geschätzte Biomasse für den See beträgt 6.91kg/ha und ist somit im Vergleich mit anderen Seen des „Projet Lac“ sehr niedrig.

Auch im Fall des Silsersees sind vermutlich bei den Echolotaufnahmen hauptsächlich Seesaiblinge erfasst worden. Dies ist wahrscheinlich ebenfalls durch die methodischen Grenzen der Echolotaufnahmen zu erklären. Die repräsentative Beprobung der Engadiner Seen mit Netzen rechtfertigt sich somit vollumfänglich, da durch das Echolot hauptsächlich die pelagischen Fischarten erfasst werden, die in den Engadiner Seen nur einen Teil der Fischbiomasse ausmachen.

Viele Fische im Nordteil des Silsersersee

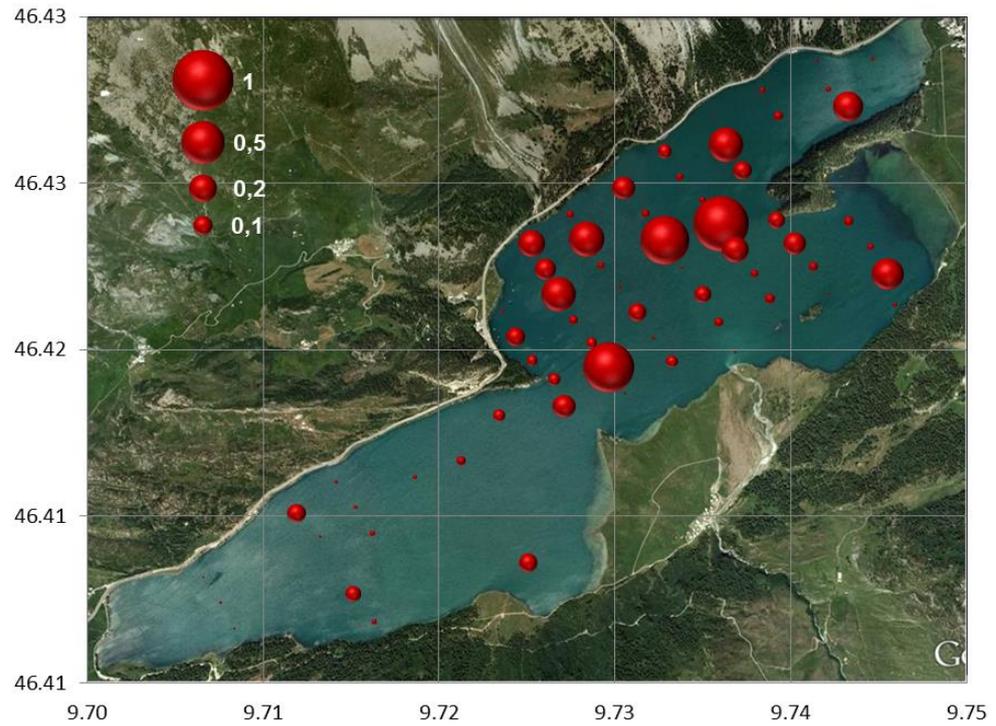


Abbildung 3-36. Echolotsequenz der gesamten Seetiefe des Silsersees durchgeführt bei Nacht (16 Transekte).

3.4 Fischereiliche Aspekte

3.4.1 Fänge der Angelfischer

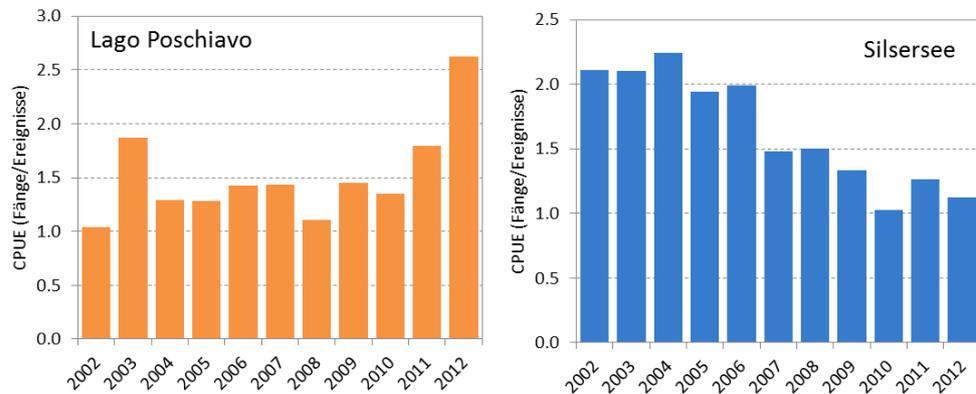


Abbildung 3-37. Fänge der Fischer von 2002-2011 (Daten Amt für Jagd und Fischerei, Graubünden).

3.4.1.1 Lago di Poschiavo

Zunahme der Seesaiblinge im Lago di Poschiavo

Die Fänge der Angelfischer (Abbildung 3-37), die im Kanton Graubünden als CPUE erhoben werden und somit aussagekräftig sind, haben im Lago di Poschiavo in den letzten Jahren markant zugenommen. Dies insbesondere durch die Fänge der Seesaiblinge, die erst vor ca. 10-15 Jahren im See aufgetaucht sind. Sie machen heute den Grossteil der Fischerfänge aus (85% im 2012 gegenüber 1% im 2003). Gleichzeitig haben die Forellenfänge abgenommen, wobei davon auszugehen ist, dass dies auch auf die Umorientierung auf den Seesaiblingsfang zurückzuführen sein könnte (Abbildung 3-38). Es ist aber auch möglich, dass die Forellen aufgrund der Konkurrenz durch die Seesaiblinge zurückgedrängt worden sind. Die Namaycush spielen in den Fängen der Angelfischer vom Lago di Poschiavo kaum eine Rolle.

3.4.1.2 Silsersee

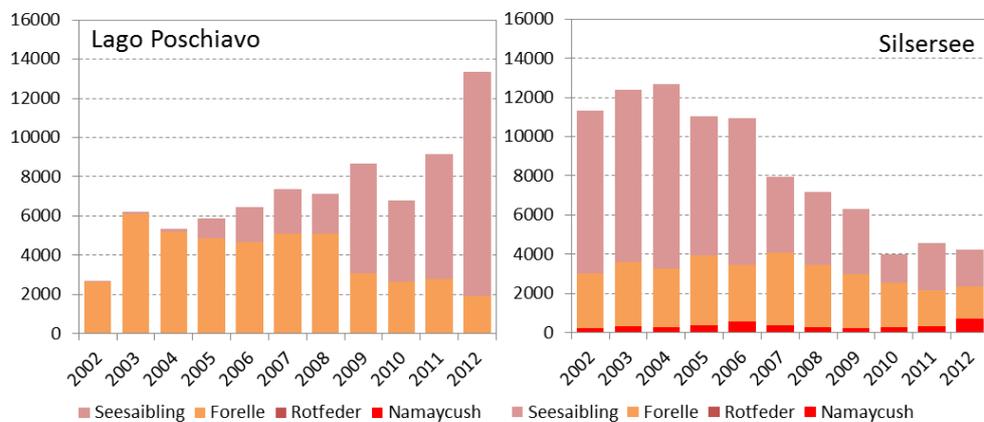


Abbildung 3-38. Anzahl gefangener Individuen pro Fischart im Lago di Poschiavo und im Silsersee von 2002 bis 2012.

Abnahme der Seesaiblinge im Silsersee

Im Silsersee zeigt sich ein anderes Bild. Die Fänge haben in den letzten Jahren markant abgenommen (Abbildung 3-37), wobei nur ein Teil dieser Abnahme auf einen verminderten Aufwand zurückzuführen ist. Die Abnahme ist grösstenteils auf eine Abnahme der Seesaiblingsfänge zurückzuführen. Interessant dabei ist, dass wir in den pelagischen Netzfängen im Poschiavosee nur ca. 50%-100% mehr Seesaiblinge gefangen haben als im Silsersee. In den benthischen Netzen wurden im Silsersee sogar mehr Seesaiblinge gefangen. In unseren standardisierten Fängen war die Seesaiblingsdichte in den beiden Seen somit recht ähnlich, während die Fänge der Fischer vom 2012 einen Faktor von 1:5 zugunsten des Lago di Poschiavo aufweisen.

3.4.2 Längenverteilung

Längenhistogramme zeigen normale Populationsstruktur

Die Längenverteilungen (<Abbildung 8-1) der häufigsten Arten lassen keine größeren Ungereimtheiten erkennen. Das in Netzfängen die Juvenilen etwas untervertreten sind, muss nicht zwingend auf eine mangelnde Rekrutierung hinweisen, da Jungfische tendenziell weniger gut gefangen werden. Erwähnenswert ist jedoch die hohe Anzahl an recht grossen Forellen und die hohe Anzahl an sehr grossen Namaycush die im Silsersee gefangen wurden.

Bezogen auf die Daten der CEN-Netze sind die Forellen im Silsersee ($\bar{X}=264\text{mm}$) deutlich grösser als im Lago di Poschiavo ($\bar{X}=178\text{mm}$). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($p<0.001$; Abbildung 3-39). Die Seesaiblinge hingegen sind in beiden Seen im Durchschnitt gleich gross (Abbildung 3-39). Im Silsersee ist die Streuung jedoch signifikant grösser (Levens Index $F=11.43$, $p=0.001$). Es gibt im Silsersee somit mehr Juvenile, aber auch mehr grosse Seesaiblinge.

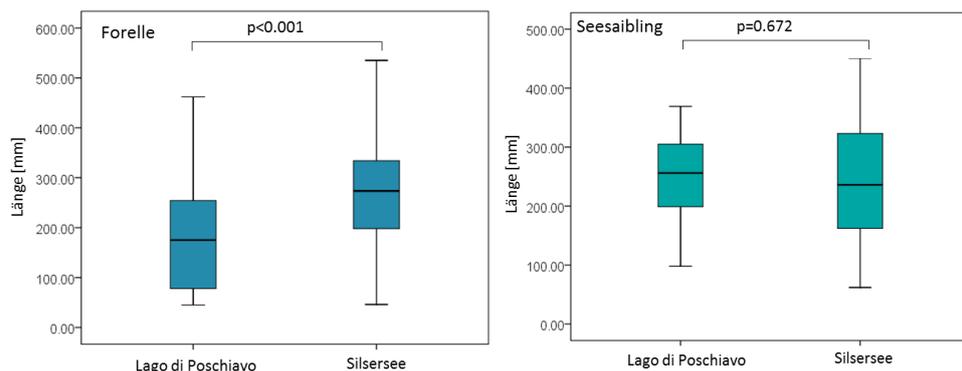


Abbildung 3-39. Längenverteilung der Forellen (links) und der Seesaiblinge (rechts) in den CEN-Netzfängen der beiden Seen.

3.4.3 Konditionsfaktor

Der Konditionsfaktor nach Foulton bei Fischen gibt einen Eindruck über den Ernährungszustand von Fischen (Ricker 1975). Bei den Forellen ist der Konditionsfaktor im Silsersee Signifikant ($T=-2.811$, $p=0.026$) höher als im Lago Poschiavo. Insbesondere bei kleineren Forellen ist die Differenz relativ gross

(Abbildung 3-40). Bei den Seesaiblingen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Seen festgestellt werden ($T=-0.471$, $p=0.657$).

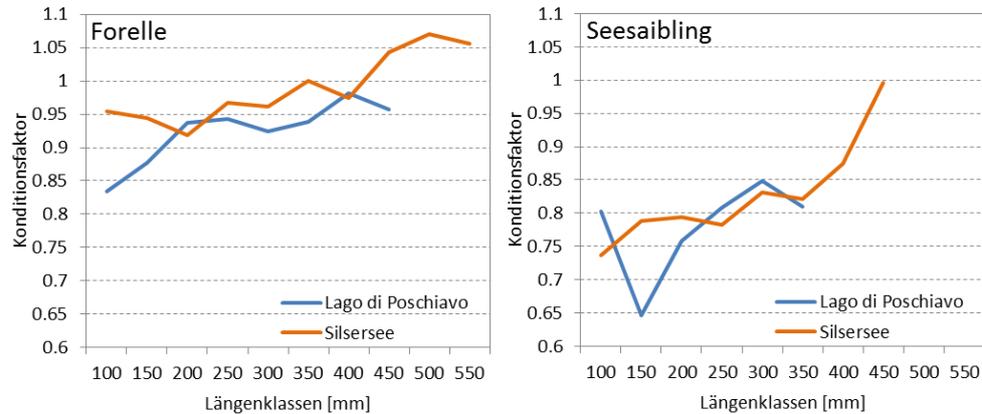


Abbildung 3-40. Konditionsindex der Forellen und der Seesaiblinge in beiden Seen für verschiedene Grössenklassen. (Fische kleiner als 75mm wurden aufgrund der Ungenauigkeit der Waage ausgeschlossen).

3.4.4 Vergleich der Fänge mit anderen Seen

Wenig Individuen, aber hohe Biomasse

Im Vergleich mit anderen Schweizer Seen fällt auf, dass in beiden Bündner Seen eher wenige Individuen in den Netzen gefangen wurde (Abbildung 3-41). Eine geringe Fischdichte wurde im Vergleich mit anderen Seen auch bei den Echolotaufnahmen beobachtet. Es fällt aber auch auf, dass in beiden Seen (insbesondere im Silsersee) hohe Biomassen gefangen wurden. Die Fische der beiden Seen sind also insgesamt gross im Schweizer Vergleich. Was auf die hohe Anzahl Salmoniden zurückzuführen sein könnte. Insbesondere im Silsersee wurden sehr viele grosse Namaycush gefangen, die diesen Zusammenhang zwischen Anzahl Individuen und der Biomasse stark nach oben schieben. Dieses Resultat steht im Widerspruch zu den Echolotaufnahmen, bei welchen eine hohe Dichte an kleinen Fischen beobachtet wurde. Dieser Gegensatz entsteht vermutlich weil die Hydro-akustik die litoralen Forellen und die am Seegrund lebenden Namaycush schlecht erfassen kann und weil die Netzfischerei auf kleine Fische weniger effizient ist.

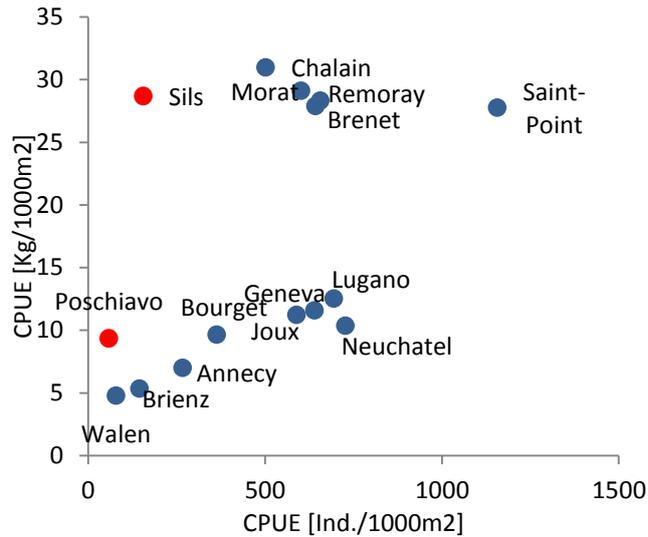


Abbildung 3-41. Vergleich der für den Aufwand korrigierten Fänge in den verschiedenen Seen. Repräsentiert sind die Fänge der CEN Netze.

3.4.5 Relation Fänge und Phosphorgehalt

Zusammenhang
Phosphor und
Fänge

Der Vergleich der Phosphorkonzentrationen, die im Wasser gemessen wurden, mit den standardisierten Fängen des „Projet Lac“ zeigt einen positiven Zusammenhang zwischen Phosphor und der Anzahl gefangener Fische sowie der Biomasse. Die Bündner Seen liegen bei der Anzahl gefangener Individuen im Bereich anderer oligotrophen Seen des Alpenraumes. Bei der Biomasse sind die Unterschiede zwischen den meisten Seen jedoch nicht sehr gross (Abbildung 3-42). Der Silsersee sticht jedoch aufgrund der hohen Biomasse bei einer geringen Anzahl Individuen heraus.

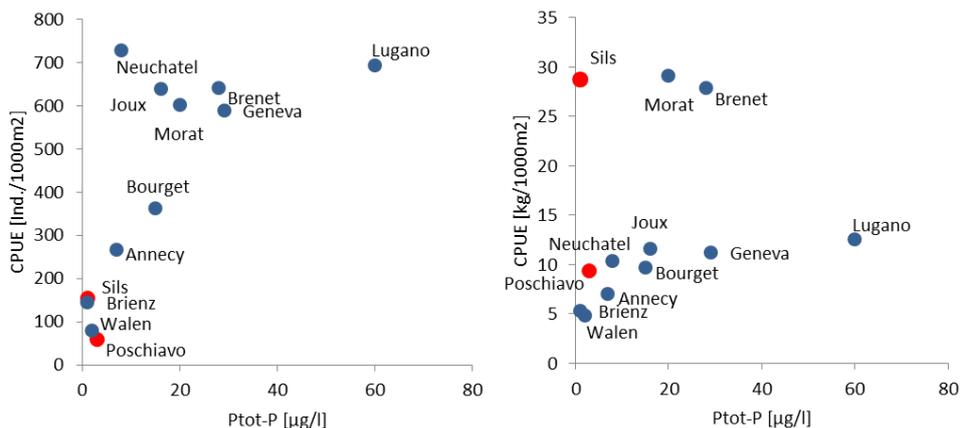


Abbildung 3-42. Zusammenhang zwischen Phosphorgehalt der Seen und dem für den Aufwand korrigierten Fischfang des „Projet Lac“ als Anzahl Individuen (links) und als Biomasse (rechts).

3.4.6 Längenselektivität der Maschenweiten

Da in beiden Seen nicht mit Netzen gefischt werden darf, sind die Maschenweiten der Fänge nicht von besonderem Interesse für die Bewirtschaftung, werden aber

in der Abbildung 8-3 für den Lago di Poschiavo und in der Abbildung 8-4 für den Silsersee im Anhang festgehalten.

3.4.7 Artenzusammensetzung

Salmonidenseen

Im Vergleich mit anderen Schweizer Seen und aufgrund der für die Netzfläche und die Verfügbarkeit der Habitats (Volumen) korrigierten Fänge gehören die Engadinerseen aufgrund der Fischartenzusammensetzung klar zu den Salmonidenseen. Nur die Rotfedern konnten sich im Silsersee, vermutlich aufgrund des guten Makrophytenbeständen, etablieren. Ist aber keine dominante Fischart.

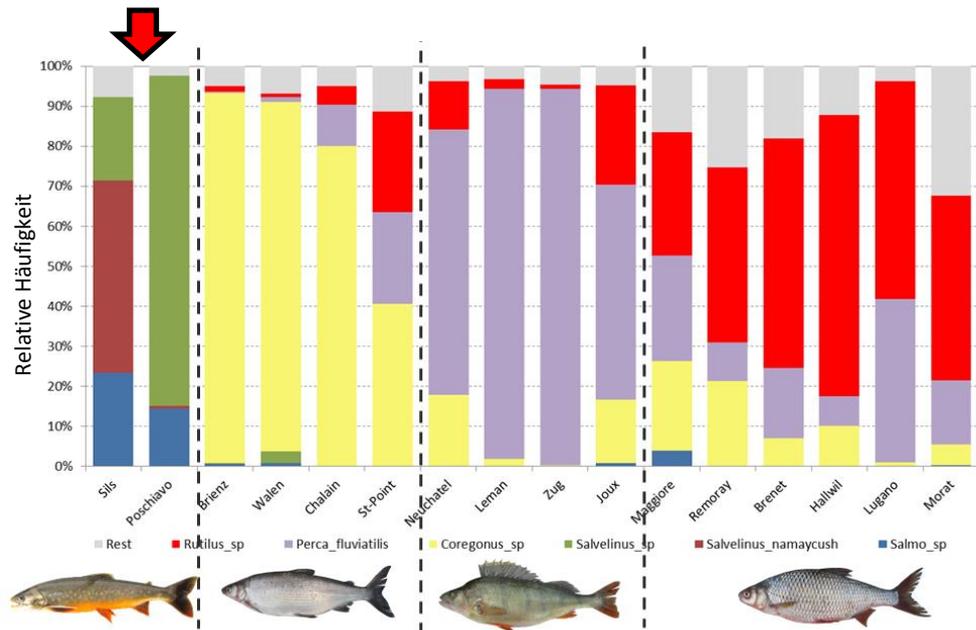


Abbildung 3-43. Vergleich der für den Aufwand und für die Fläche korrigierten Fänge in den verschiedenen Seen. Repräsentiert sind die Fänge der Vertikalnetze.

4 Synthese

4.1 Ökologische Bewertung des Lago di Poschiavo und des Silsersees

4.1.1 Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers

Engadiner Seen sind Salmonidenseen

Die maximalen Temperaturen im Sommer liegen sowohl beim Lago di Poschiavo als auch beim Silsersee bei ca. 16-18°C. Sie sind somit typische Salmonidengewässer. Es ist dabei interessant, dass die Oberfläche des fast 900m höher liegenden Silsersees (fast 1800müM) ähnliche Sommertemperaturen erreicht wie der Lago di Poschiavo (1000müM).

4.1.1.1 Lago di Poschiavo

Organisch ist der Lago di Poschiavo heute wenig belastet und nährstoffarm. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Lago di Poschiavo sind jedoch schon stark durch die Kraftwerksnutzung geprägt. Dies macht sich dadurch bemerkbar, dass die Pegelstände und die Trübung im Verlauf des Jahres sehr stark schwanken. Diese Schwankungen werden in Zukunft mit dem möglichen Pumpspeicherbetrieb noch zunehmen (Bonalmi *et al.* 2012). Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass sich die Funktion der für die Fische und andere Lebewesen so wichtigen Uferhabitate im Vergleich zum heutigen Zustand verschlechtern wird.

4.1.1.2 Silsersee

Im Allgemeinen sind relativ wenige Daten über den physikalischen und chemischen Zustand des Silsersees vorhanden (2014 wurden Nährstoffe und Zooplankton untersucht). Die Daten dieses Berichtes stammen von vor 2014 und meistens aus Gelegenheitsmessungen mit Ausnahme der Temperatur, die im Rahmen des Projet Lac im Sommer der Abfischungen erhoben wurden. Zusammengefasst ist der Silsersee ein organisch wenig belasteter und somit nährstoffarmer und kühler See.

4.1.2 Uferhabitatqualität

Uferhabitate zeigen im Lago di Poschiavo Defizite

Der Silsersee weist entlang der gesamten Uferlinie schöne, naturnahe Uferhabitate auf, wie sie in keinem der tiefer gelegenen tiefen Alpenrandseen vorkommen. Die Uferlinie sollte daher unbedingt erhalten werden. Im Gegensatz dazu sind im Lago di Poschiavo ca. 35% der Uferhabitate anthropogen beeinflusst. Es handelt sich dabei insbesondere um Blockwürfe und Mauern entlang der Hauptstrasse und der Siedlungen.

4.1.3 Artenvielfalt

4.1.3.1 Lago di Poschiavo

Die historische Artenvielfalt des zum Einzugsgebiet der Adria gehörende Lago di Poschiavo wurde stark durch die Einfuhr von Fischarten aus anderen Einzugsgebieten beeinflusst. Bei den Forellen konnten drei potentiell einheimische Phänotypen nachgewiesen werden: Neben der möglichen „Poschiavo“ Seeforelle fanden wir einige Marmorforellen und Adriaforellen. Dazu fanden wir aber auch viele atlantische Phänotypen. Die genetischen Untersuchungen haben dabei gezeigt, dass die Forellen einen extrem diversen Hybridschwarm aus Forellen des Rhein-, des Donau-, und des Po-Einzugsgebietes darstellen. Die genetischen Resultate haben die Vermutung einer vorhergegangenen Untersuchung (Keller et al. 2011) bestätigt und gezeigt, dass in der Tat genetische Unterschiede zwischen den Phänotypen beobachtet werden. Dies bedeutet, dass obwohl die ursprünglichen Poschiavo Forellen durch Hybridisierung mit eingeführten Forellenarten ihre Eigenständigkeit weitgehend verloren haben, auf der genetischen und morphologischen Ebene doch noch Rückstände dieser ursprünglichen Arten vorhanden sind. Allerdings gehen wir davon aus, dass die Unterschiede zwischen den Arten durch Hybridisierung mit den zahlenmässig häufigen Atlantischen Forellen noch weiter verloren gehen könnten. Dieses müsste durch gezieltes Monitoring überwacht werden, zumal diese Populationen die letzten Populationen von *Salmo cenerinus* und *S. marmorata* in der Schweiz sein dürften.

Bei der Frage zum Ursprung der Lago di Poschiavo Seesaiblinge hat sich herausgestellt, dass die Silsersee und Lago di Poschiavo Seesaiblinge zum gleichen Ast des Stammbaumes gehören, was einen gemeinsamen Ursprung suggeriert. Die beiden Populationen unterscheiden sich jedoch genetisch, weshalb der Silsersee als direkter Ursprung für die Lago di Poschiavo Seesaiblinge mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht in Frage kommt.

Bei den Elritzen handelt es sich ebenfalls um Fische aus zwei unterschiedlichen Einzugsgebieten, die den Arten *P. lumaireul* (Adria-Einzugsgebiet) und *P. phoxinus* (Atlantisches Einzugsgebiet) zuzuordnen sind. Ähnlich wie bei den Forellenarten entstanden auch diese beiden Arten wohl bereits vor über einer Million Jahre. Wir gehen davon aus, dass die südliche Elritze im Gebiet autochthon ist, während die nördlichen eingeschleppt wurden. Die ersten genetischen Resultate weisen darauf hin, dass die beiden Arten im Poschiavosee hybridisieren.

Dazu kommen noch die einheimischen Groppen, die Schwarzfeder, und die eingeführten Seesaiblinge und Namaycush. Gerade die Seesaiblinge wurden erst vor wenigen Jahren eingeführt und haben sich sehr rasch im See etabliert.

Somit ist das Artenspektrum im See zwar typisch für einen Salmonidensee, weicht aber durch die eingeführten Fischarten stark vom historischen Referenzzustand

ab. Um die Ausbreitung der allochthonen Fische nicht weiter zu unterstützen sollte für Besatzmassnahmen möglichst auf Donau- und Atlantische Forellen verzichtet werden, auch wenn die Elterntiere aus dem See entnommen wurden. Auch wäre es wichtig, die ökologischen Bedürfnisse, Verbreitung und Laichgründe der verschiedenen einheimischen Forellenarten zu ermitteln. So ist uns durch die Arbeit im Projekt Lac und unseren früheren Arbeiten an den Zuflüssen des Lago di Poschiavo aufgefallen, dass die Forellen im Kanal von LePrese weitgehend der Art *S. cenerinus* angehören, dass *S. trutta* aber auch vorkommt, und dass beide Arten dort genetisch deutlich differenziert sind. Im Kanal von Cantone auf der anderen Seite des Poschiavino hingegen, konnten wir gar keine *S. cenerinus* nachweisen. Stattdessen besteht die dortige Population fast ganz aus Atlantischen *S. trutta*. An höher gelegenen Standorten im Poschiavino Einzugsgebiet konnten wir im Jahre 2008 phänotypisch fast ausschliesslich Atlantische *S. trutta* nachweisen, unterhalb des Sees bei Brusio fanden wir *S. cenerinus*, *S. trutta* und vereinzelt *S. marmorata*.

4.1.3.2 Silsersee

Die historische Artenvielfalt des zum Donaeinzugsgebiet gehörenden Silsersees wurde ebenfalls stark durch die Einfuhr von Fischarten aus anderen Einzugsgebieten beeinflusst. Bei den Forellen konnten Phänotypen aus dem Rhein und dem des Donaeinzugsgebietes beobachtet werden. Die genetischen Untersuchungen haben dabei gezeigt, dass die Silserseeforellen nicht einen Hybridschwarm darstellen, sondern zwei genetisch stark differenzierte Gruppen. Die eine Gruppe gehört dabei zu den Atlantischen Forellen, während die andere zu den Donaforellen gehört. Somit deuten die genetischen Resultate darauf hin, dass eine genetische Linie der Art *S. labrax* im Silsersee überlebt hat, und dies in Sympatrie mit atlantischen Forellen. Phänotypisch ist die atlantische Forelle aber klar am häufigsten. Es wäre deshalb auch im Silsersee wichtig herauszufinden, wie die ökologischen Bedürfnisse dieser Arten im Silsersee aussehen, und weshalb sie sich nicht oder kaum vermischen.

4.2 Fischereiliche Aspekte

Die Untersuchungen der beiden Seen hat gezeigt, dass ihr Artenspektrum sehr ähnlich ist. Im Vergleich zu den Fischfangzahlen und dem Empfinden der Angelfischer können aber verschiedene Schlussfolgerungen gezogen werden, die für die Fischerei relevant sein können

4.2.1 Lago di Poschiavo

Die vermutlich wichtigsten Erkenntnisse der Abfischungen im Lago di Poschiavo liefern die Tiefenangaben der Fischfänge. Diese zeigen, dass die Forellen im Lago di Poschiavo hauptsächlich im Litoral des Sees gefangen werden. Die Seesaiblinge ihrerseits bevorzugen das Pelagial und eine Tiefe zwischen 20-40m. Somit

bevorzugen die beiden für die Fischerei wichtigsten Fischarten die Habitate, die durch eine allfällige Nutzung des Lago di Poschiavo für die Pumpspeicherung am stärksten beeinflusst werden: a) das Litoral durch die starken und regelmässigen Pegelschwankungen (starker Einfluss auf das Markozooobenthos, die eine wichtige Nahrungsquelle der Forellen, der Groppen, und der Elritzen darstellen); b) durch die starke Beeinflussung der Temperatur und der Trübung des Seesaiblingshabitates (Futter und Laichhabitat) im Hypolimnion. Wie bereits im UVB dargestellt muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die Pumpspeicherung sich negativ auf die Populationsgrössen der Fische des Lago di Poschiavo auswirken wird. Ob die Schaffung des kleinen Lago Botuls und die Renaturierung des Poschiavinodeltas diese negativen Auswirkungen kompensieren können, erscheint uns aufgrund der massiven limnologischen Auswirkungen fraglich. Die in diesem Projekt erhaltenen standardisierten Abfischungsergebnisse können in Zukunft als Referenz für die Bestandesentwicklung verwendet werden.

Ansonsten bestätigen unsere Resultate, dass die Seesaiblinge sich im Lago di Poschiavo etabliert haben und häufig vertreten sind. Die Namaycush waren in den Fängen hingegen selten vertreten. Da nun mit den Seesaiblingen eine neue Nahrungsquelle für die Namaycush im See vorhanden ist, könnte die Populationsgrösse der Namaycush in Zukunft möglicherweise zunehmen. Der mögliche Einfluss der beiden Saiblingsarten auf die einheimischen Forellenbestände des Sees, und vor allem auf die Poschiavo Seeforellen, ist unbekannt und bedarf weiterer Abklärungen (z. Bsp durch vergleichende Magenanalysen).

4.2.2 Silsersee

Im Silsersee sind die Seesaiblingsfänge in den letzten Jahren stark zusammengebrochen. Als mögliche Gründe wurden eine Reduktion der Seesaiblingspopulation vermutet oder ein geringeres Wachstum der Seesaiblinge. Unsere Netzfänge zeigen, dass die Seesaiblinge heute zwischen den beiden Seen keine so grossen Unterschiede aufweisen wie dies die Fischfangstatistiken erwarten lassen würde. Die Dichte der Seesaiblinge im See kann deshalb nicht als alleinige Ursache für die geringen Fänge im Silsersee herangezogen werden. Auch die Grösse der Seesaiblinge war in den beiden Seen vergleichbar, was nicht auf ein geringeres Wachstum schliessen lässt. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die im Vergleich zum Lago di Poschiavo geringeren Fänge zumindest teilweise auf eine geringere Fangwahrscheinlichkeit zurückzuführen sind, dies entweder durch die Nahrungswahl, oder die tiefere Verteilung der Seesaiblinge im Silsersee. Inwiefern der Fangrückgang auch durch einen Populationsrückgang verursacht wurde kann jedoch nicht beantwortet werden, da keine standardisierten Aufnahmen des früheren Bestandes vorliegen. Schliesslich zeigen die Tiefenverteilungen der Fische im See, dass sich die Namaycush zumindest im Herbst vorwiegend von Seesaiblingen ernähren dürften. Da die Längenverteilung

der Seesaiblinge keine Hinweise auf eine massive Prädation der Jungfische liefert, ist es schwierig einzuschätzen, ob und wie stark die Seesaiblingspopulation durch die Namaycush beeinflusst wird.

Insgesamt ist der Silsersee mit seiner Artenvielfalt für die Fischerei nach wie vor ein sehr attraktiver See. Insbesondere dürfte die hohe Dichte an grossen Forellen für die Fischer erfreulich sein. Für die Bewirtschaftung der Forellen im Silsersee wäre es wichtig herauszufinden wieso sich die beiden im See vorhandenen Forellenarten nicht vermischen. Gleichzeitig sollte versucht werden die ursprüngliche Linie zu fördern und auf Besatz mit atlantischen Forellen zu verzichten.

Auch die grosse Anzahl Namaycush dürfte das Anglerherz höher schlagen lassen, diese kommen aber vorwiegend in grossen Tiefen vor die schwieriger zu befischen ist. Dennoch muss auch hier festgehalten werden, dass derzeit sehr wenig über die Auswirkungen der eingeführten Seesaiblinge und Namaycush auf die Bestände der einheimischen Silserseeforellen bekannt ist. Falls es sich tatsächlich um die letzte Population autochthoner Donauforellen in der Schweiz handeln sollte, wären weitere Abklärungen diesbezüglich angebracht.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die beiden Bündner Seen sind die einzigen Seen im „Projet Lac“, die einen hohen Forellen- und Seesaiblingsbestand aufweisen. Daher haben wir nur wenige Quervergleichsmöglichkeiten innerhalb dieser Seetypologie.

Aus fischereilicher Sicht erscheint uns der Silsersee als attraktiver See, mit einem mehrheitlich natürlichem Ufer, natürlichen Zuflüssen und einem guten Fischbestand, den es zu erhalten gilt. Im Lago di Poschiavo sind die Fischbestände insgesamt geringer was vermutlich auf die anthropogene Beeinflussung des Sees zurückzuführen ist. Dabei wird insbesondere die Wasserkraftnutzung eine wichtige Rolle spielen und eventuell die etwas höhere Belastung des Wassers durch die Siedlungen im Einzugsgebiet. Aus fischereilicher Sicht ist das Risiko gross, dass ein Pumpspeicherbetrieb diese Populationen negativ beeinflussen wird. Um die Frage über die Fangbarkeit der Seesaiblinge im Silsersee zu klären, könnten Magenanalysen der im See vorkommenden Seesaiblinge eine Antwort liefern. Wenn der Zooplanktonanteil viel höher wäre als beispielsweise im Lago di Poschiavo, dann könnte die Nahrungsaufnahme eine Erklärung für die geringere Fangbarkeit darstellen. Interessant wäre auch ein Vergleich der „Projet Lac“ Daten mit den zum Silsersee limnologisch sehr unterschiedlichen aber im gleichen Einzugsgebiet liegenden St Moritzer- und Silvaplanersee.

Aus der Perspektive des Biodiversitätsschutzes ist in beiden Seen zu bedauern, dass die lokale einheimische Vielfalt, durch die Einfuhr von allochthonen

Fischarten stark beeinträchtigt wurde. Die noch vorhandene Donauforelle im Silsersee und die noch grössere Vielfalt im Lago Poschiavo sind jedoch aussergewöhnlich. Die noch vorhandenen Adriaforellen, Marmorforellen und Donauforellen sollten wo und wann immer möglich gefördert werden, insbesondere da es sich dabei um die einzigen bekannten noch existierenden Vorkommen in der Schweiz handelt. Weitere Untersuchungen zur Ökologie, insbesondere des Fortpflanzungsverhaltens dieser Forellen sind dafür notwendig.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1. Illustration der verschiedenen Protokolle der Fischprobenahme (Zeichnung © M. Goguilly).....	4
Abbildung 3-1. Temperaturprofile vom Lago di Poschiavo von 2007. Daten von (Bonalumi <i>et al.</i> 2012).....	6
Abbildung 3-2. Oberflächentemperatur des Lago di Poschiavo (2011). Daten: „Projet Lac“.....	6
Abbildung 3-3. Sauerstoffprofil vom Lago di Poschiavo vom Juli 2007. Daten aus (Bonalumi <i>et al.</i> 2012).....	7
Abbildung 3-4. Temperatur-profile vom Silsersee: Daten: Eawag.....	8
Abbildung 3-5. Oberflächentemperatur des Silsersees (2012). Daten: „Projet Lac“.....	8
Abbildung 3-6. Sauerstoff-profil vom Silsersee im Oktober 2000. Daten: Eawag.....	9
Abbildung 3-7. Ausschnitt der Kartierung der litoralen Habitats des Lago di Poschiavo.....	10
Abbildung 3-8. Häufigkeit der verschiedenen litoralen Habitats im Lago di Poschiavo.....	10
Abbildung 3-9. Kartierung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferzonen im Lago di Poschiavo (Luftaufnahmen © Swisstopo).....	11
Abbildung 3-10. Links: Poschiavinodelta 1891 aus (Adami <i>et al.</i> 2011). Rechts: Poschiavinodelta 2009 (Luftaufnahmen © Swisstopo).....	11
Abbildung 3-11. Ausschnitt der Kartierung der litoralen Habitats des Silsersees.....	12
Abbildung 3-12. Häufigkeit der verschiedenen litoralen Habitats im Silsersee.....	12
Abbildung 3-13. Kartierung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferzonen im Silsersee (Luftaufnahmen © Swisstopo).....	13
Abbildung 3-14. Karte der Befischungsstandorte im Lago di Poschiavo (Luftaufnahmen © Swisstopo).....	14
Abbildung 3-15. Karte der Befischungsstandorte im Silsersee (Luftaufnahmen © Swisstopo).....	15
Abbildung 3-16. Vergleich zwischen der südlichen Schwarzfeder (<i>Scardinius hesperidicus</i>) aus dem Silsersee und der nördlichen Rotfeder (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>) aus dem Lac Brenet.....	16
Abbildung 3-17. Vergleich Fänge des „Projet Lac“ mit den Fängen der Angelfischer von 2012.....	17
Abbildung 3-18. Forellen Phänotypen und ihre taxonomische Zuordnung aus dem Lago di Poschiavo (2012).....	19
Abbildung 3-19. Häufigkeiten der verschiedenen Forellenphänotypen.....	20
Abbildung 3-20. Phylogenetischer Stammbaum der untersuchten Forellen (Maximum Likelihood Baum basierend auf Analyse von 20'000 SNPs im Programm RAxML; graue Punkte auf den Knoten im Baum zeigen statistischen Support von >50% des Bootstrap resamplings an). Die Fische aus dem Lago Poschiavo und Seenahen Standorten aus zwei kleinen Zuflüssen sind als Vierecke, Fische aus dem Silsersee als Dreiecke und Referenzproben als Kreise gekennzeichnet.....	21
Abbildung 3-21. DAPC Analyse der Forellen aus dem Lago di Poschiavo. Die drei Phänotypen Marmorata, Trutta und Cenerinus sind genetisch klar verschieden. Die Blackspot Gruppe überlappt genetisch stark mit cenerinus, aber auch mit trutta, und hat klar auch marmorata Anteile.....	21
Abbildung 3-22. Phänotypen der Elritze im Lago di Poschiavo. Oben eine südliche Elritze (<i>P. cf. lumaireul</i>); Unten eine nördliche Elritze (<i>P. cf. phoxinus</i>).....	22
Abbildung 3-23. Stammbaum der Elritze aus dem Lago di Poschiavo mit einigen Referenzproben basierend auf DNA Sequenzen des mitochondrialen Gens Cytochrom B. Die Benennung der Poschiavo Individuen basiert auf dem Phänotyp. Dass beide Phänotypen mit beiden Sequenzen vorhanden sind, lässt auf Hybridisierung zwischen den Arten schliessen.....	23
Abbildung 3-24. Phylogenetischer Stammbaum der untersuchten Seesaiblinge basieren auf 73'244 SNP Loci (Maximum Likelihood Baum erstellt mit dem Programm RAxML; statistischer Support von Knoten im Baum ist angezeigt als % des Bootstrap resamplings). Die Fische aus dem Lago Poschiavo sind als weisse Punkte dargestellt, die Fische aus dem Silsersee als schwarze Punkte.....	24
Abbildung 3-25. Hauptkomponenten-analyse basieren auf 4049 SNP Loci. Die erste Hauptkomponente unterscheidet zwischen den Silsersee und Lago di Poschiavo Seesaiblingen ohne Überlappung.....	24
Abbildung 3-26. Forellen Phänotypen aus dem Silsersee (2012).....	25

Abbildung 3-27. Anzahl Fische, die pro Art in den CEN Netzen gefangen wurden. Angegeben sind ebenfalls die 5% und 95%-Konfidenzintervalle, die anhand einer Permutation mit 10'000 Stichproben geschätzt wurden.	26
Abbildung 3-28. Nutzung der pelagischen und benthischen Habitats durch die verschiedenen Fischarten.	27
Abbildung 3-29. a) Die Anzahl der gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche (CPUE). Die schwarze Linie entspricht einem wandernden Mittelwert von jeweils 10m Tiefe.....	28
Abbildung 3-30. Tiefenverteilung der Forellen-, Seesaibling- und Namaycushfänge in den benthischen CEN Netzen.....	29
Abbildung 3-31. Tiefenverteilung der Fische in den Vertikalnetzen.....	29
Abbildung 3-32. Anzahl für den Aufwand korrigierte Fische, die bei den verschiedenen Habitats gefangen wurden.	30
Abbildung 3-33. Forellen- und Saiblingsfänge (Anzahl Fische) der Vertikalnetz- und der CEN-Methode.	31
Abbildung 3-34. Forellen- und Saiblingsfänge (Anzahl Fische) der Vertikalnetz- und der CEN-Methode.	32
Abbildung 3-35. Echolotsequenz der unteren Seeschicht (15m-Seegrund) des Lago di Poschiavo durchgeführt bei Nacht (12 Transekte).....	33
Abbildung 3-36. Echolotsequenz der gesamten Seetiefe des Silsersees durchgeführt bei Nacht (16 Transekte).	34
Abbildung 3-37. Fänge der Fischer von 2002-2011 (Daten Amt für Jagd und Fischerei, Graubünden).	35
Abbildung 3-38. Anzahl gefangener Individuen pro Fischart im Lago di Poschiavo und im Silsersee von 2002 bis 2012.....	35
Abbildung 3-39. Längenverteilung der Forellen (links) und der Seesaiblinge (rechts) in den CEN-Netzfängen der beiden Seen.....	36
Abbildung 3-40. Konditionsindex der Forellen und der Seesaiblinge in beiden Seen für verschiedene Grössenklassen. (Fische kleiner als 75mm wurden aufgrund der Ungenauigkeit der Waage ausgeschlossen).	37
Abbildung 3-41. Vergleich der für den Aufwand korrigierten Fänge in den verschiedenen Seen. Repräsentiert sind die Fänge der CEN Netze.	38
Abbildung 3-42. Zusammenhang zwischen Phosphorgehalt der Seen und dem für den Aufwand korrigierten Fischfang des „Projet Lac“ als Anzahl Individuen (links) und als Biomasse (rechts).....	38
Abbildung 3-43. Vergleich der für den Aufwand und für die Fläche korrigierten Fänge in den verschiedenen Seen. Repräsentiert sind die Fänge der Vertikalnetze.....	39
<Abbildung 8-1. Längenverteilung der drei häufigsten Fischarten, bzw. Artenkomplexen (Forellen).	50
Abbildung 8-2. Längenverteilung von zwei für die Fischerei relevanten Arten bzw. Artenkomplexen (Forellen) im Vergleich mit anderen alpinen Seen. Diese Beanplots zeigen in grün die Verteilung der Grössen für jede Art als dicke schwarze horizontale Linie den Mittelwert einer Art pro See und als gestrichelte schwarze horizontale Linie den Mittelwert zwischen allen Seen.	51
Abbildung 8-3. Längenselektivität der verschiedenen Maschenweiten für die im Lago di Poschiavo am häufigsten gefangenen Fischarten oder Artenkomplexe (Forellen).....	51
Abbildung 8-4. Längenselektivität der verschiedenen Maschenweiten für die im Silsersee am häufigsten gefangenen Fischarten bzw. Artenkomplexen (Forelle).....	52

7 Literaturverzeichnis

- Adami V, Festi A, Nössing T, Costaraoss S, Grazioli V (2011) Projekt Lagobianco: Fachgutachten aquatische Fauna (Beilage 6 zum Hauptbericht UVB 1. Stufe). REPOWER, Poschiavo.
- Balk H, Lindem T (2006) Sonar 4, Sonar 5, Sonar 6 – Post-processing Systems. Operator Manual. Lindem Data Acquisition, Oslo.
- Bonalumi M, Anselmetti FS, Wuest A, Schmid M (2012) Modeling of temperature and turbidity in a natural lake and a reservoir connected by pumped-storage operations. *Water Resources Research* **48**.
- Colon M, Guillard J (2012) Etude hydroacoustique de l'ichtyofaune du lac de Brienz (Suisse) - (Campagne Septembre 2011). INRA, Thonon-Les-Bains.
- Degiorgi F, Grandmottet J-P (1993) relations entre la topographie aquatique et l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre, définition de modalités spatiales d'une stratégie de prélèvement reproductible. *Bull. Fr. de pisc.* **329**, 199-220.
- Degiorgi F, Guillard J, Grandmottet JP, Gerdaux D (1994) Deux techniques d'échantillonnage de l'ichtyofaune lacustre utilisées en France, bilan et perspectives. *Hydroécol. appl.* **5**, 27-42.
- Degiorgi F, Raymond J-C (2000) Guide technique. Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante. (ed. Agence de l'eau Csdlp), Lyon.
- Karr JR (1981) Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* **6**, 21-27.
- Keller I, Taverna A, Seehausen O (2011) Evidence of neutral and adaptive genetic divergence between European trout populations sampled along altitudinal gradients. *Molecular Ecology* **20**, 1888-1904.
- MacIennan D, Fernandes PG, Dalen J (2002) A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES J. Marine Scien.*, 365-369.
- Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* **191**, 1-382.

8 Anhang

8.1 Übersicht Fänge: CPUE der gefangenen Fische

Tabelle 8-1. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der gefangenen Individuen für die verschiedenen Fangarten, korrigiert für den Fangaufwand (Anzahl Individuen pro 1000m² Netzfläche oder Elektrofishfangfläche).

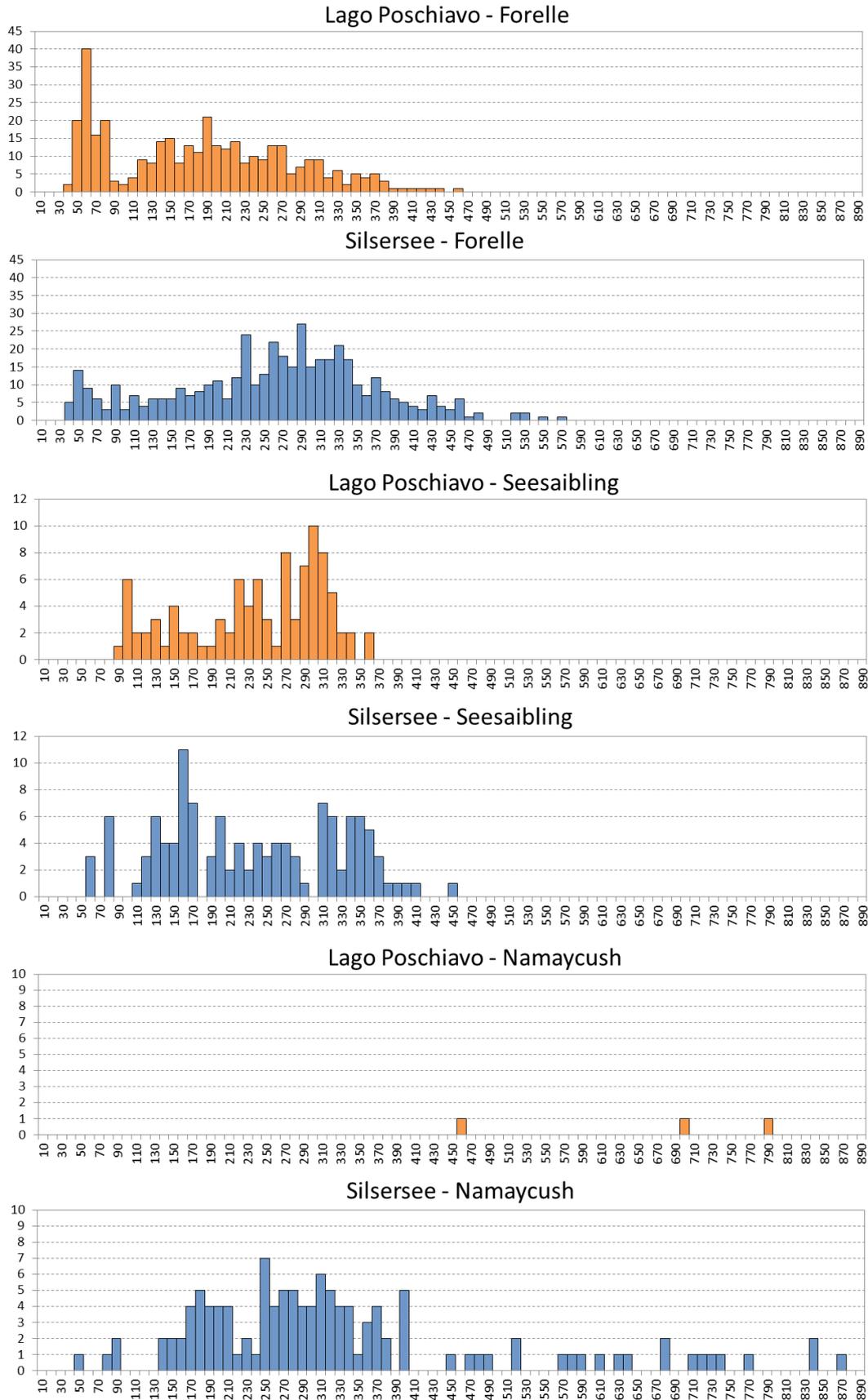
* Diese Taxa bestehen im Poschiavo jeweils aus mehreren Arten. Bei den Forellen wurden Phänotypen von *Salmo marmorata*, *S. cenerinus*, und *S. trutta* sowie Poschiavo-Seeforellen und Danubische Phänotypen nachgewiesen. Bei den Elritzen wurden im Lago di Poschiavo zwei Arten nachgewiesen: die einheimische *P. lumaireul* und die eingeführte *P. phoxinus*. Im Silsersee wurden Danubische Forellenphänotypen und *S. trutta* Phänotypen nachgewiesen.

Fischart	Poschiavo					Sils				
	CEN benth.	CEN pel.	Elec.	Vert. Benth.	Vert. Pel.	CEN benth.	CEN pel.	Elec.	Vert. Benth.	Vert. Pel.
CPUE Anzahl Individuen										
Groppe <i>Cottus gobio</i>	7.41	-	85.03	5.26	0.75	-	-	-	-	-
Elritze* <i>Phoxinus sp.</i>	3.70	-	39.12	1.31	-	102.16	-	225.21	26.14	0.52
Forelle* <i>Salmo sp.</i>	68.98	4.04	173.47	55.85	2.50	86.90	1.01	64.05	75.98	2.74
Kanadische Seeforelle <i>Salvelinus namaycush</i>	0.93	-	-	-	0.12	29.19	0.51	1.03	2.45	3.53
Seesaibling <i>Salvelinus alpinus</i>	21.76	6.06	-	-	4.75	32.50	4.55	-	-	1.83
Schwarzfeder <i>Scardinius hesperidicus</i>	-	-	-	-	-	0.33	-	-	15.52	0.13
Äsche <i>Thymallus thymallus</i>	-	-	-	-	-	2.65	-	-	0.82	-
Total Anzahl	102.8	10.1	297.6	62.4	8.1	253.7	6.1	290.3	120.9	8.8
Fischart	Poschiavo					Sils				
BPUe Biomasse	CEN benth.	CEN pel.	Elec.	Vert. Benth.	Vert. Pel.	CEN benth.	CEN pel.	Elec.	Vert. Benth.	Vert. Pel.
Groppe <i>Cottus gobio</i>	0.06	-	0.43	0.04	0.01	-	-	-	-	-
Elritze* <i>Phoxinus sp.</i>	0.01	-	0.13	0.01	-	0.36	-	0.88	0.19	0.004
Forelle* <i>Salmo sp.</i>	11.26	0.64	0.59	7.62	0.52	24.17	0.51	1.63	31.85	0.92
Kanadische Seeforelle <i>Salvelinus namaycush</i>	2.70	-	-	-	0.75	16.24	0.06	0.001	0.37	3.77
Seesaibling <i>Salvelinus alpinus</i>	2.18	1.27	-	-	0.90	4.79	1.12	-	-	0.44
Schwarzfeder <i>Scardinius hesperidicus</i>	-	-	-	-	-	0.08	-	-	4.67	0.04
Äsche <i>Thymallus thymallus</i>	-	-	-	-	-	0.93	-	-	0.32	-
Total Anzahl	16.2	1.9	1.2	7.7	2.2	46.6	1.7	2.5	37.4	5.2

8.2 Resultate der Permutationen

Tabelle 8-2. Zusammenstellung der Konfidenzintervallschätzung. Angegeben sind die minimale Anzahl (Min), die mittlere Anzahl (Mittel) die Maximale Anzahl (Max) der geschätzten Fischfänge, die pro Art für den gegebenen Aufwand erwartet werden können, die untere Konfidenzgrenze (5%), der beobachtete Wert (beobachtet) und die obere Konfidenzgrenze (95%). Der Aufwand für diese Fänge sind die 63 benthischen CEN- und die 12 pelagische CEN Netze.

Fischart	Poschiavo					Sils				
	Min.	Mittel	Max.	0.05	0.95	Min.	Mittel	Max.	0.05	0.95
Anzahl Individuen										
Groppe <i>Cottus gobio</i>	1	16	46	7	27	-	-	-	-	-
Elritze* <i>Phoxinus sp.</i>	0	8	38	0	22	162	306	485	226	394
Forelle* <i>Salmo sp.</i>	98	157	226	132	183	201	263	339	229	297
Kanadische Seeforelle <i>Salvelinus namaycush</i>	0	2	8	0	4	54	89	130	70	109
Seesaibling <i>Salvelinus alpinus</i>	26	59	105	41	79	49	106	187	76	140
Schwarzfeder <i>Scardinius hesperidicus</i>	-	-	-	-	-	0	8	21	2	14
Äsche <i>Thymallus thymallus</i>	-	-	-	-	-	0	1	5	0	3
Total Anzahl	125	242	423	180	315	466	774	1167	603	957



<Abbildung 8-1. Längenverteilung der drei häufigsten Fischarten, bzw. Artenkomplexen (Forellen).

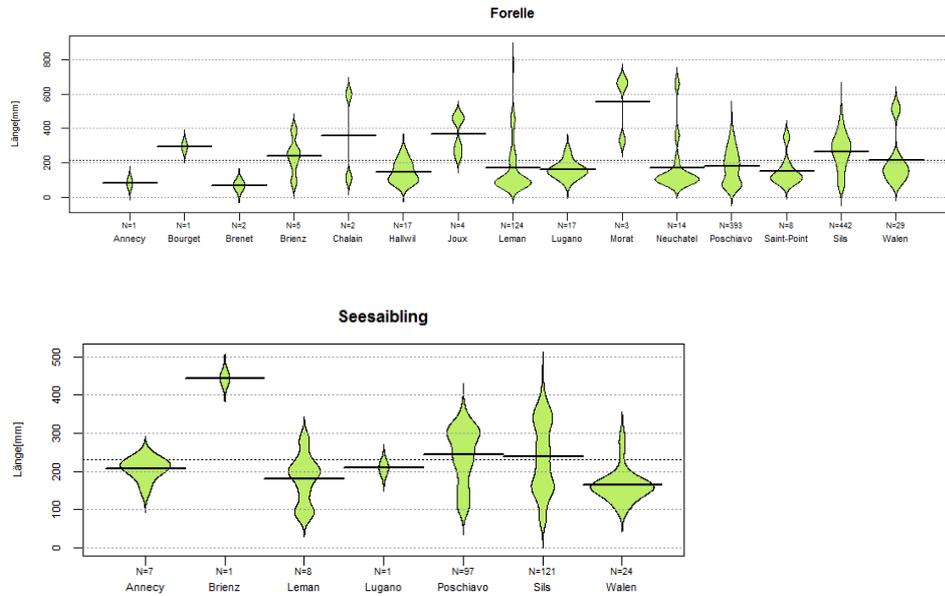


Abbildung 8-2. Längenverteilung von zwei für die Fischerei relevanten Arten bzw. Artenkomplexen (Forellen) im Vergleich mit anderen alpinen Seen. Diese Beanplots zeigen in grün die Verteilung der Grössen für jede Art als dicke schwarze horizontale Linie den Mittelwert einer Art pro See und als gestrichelte schwarze horizontale Linie den Mittelwert zwischen allen Seen.

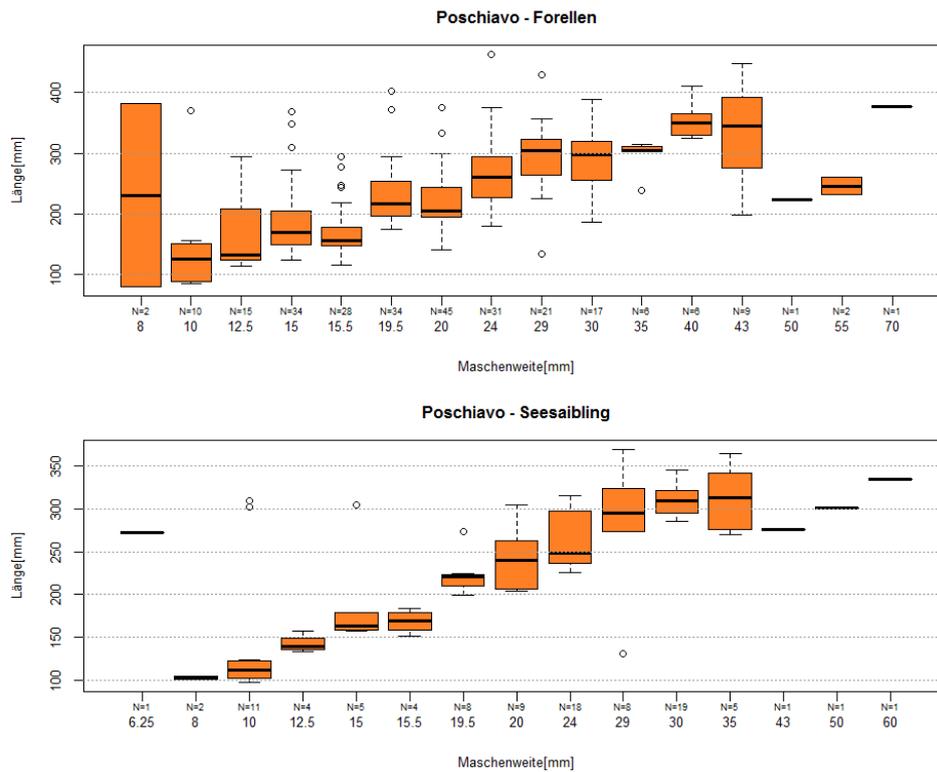


Abbildung 8-3. Längenselektivität der verschiedenen Maschenweiten für die im Lago di Poschiavo am häufigsten gefangenen Fischarten oder Artenkomplexe (Forellen).

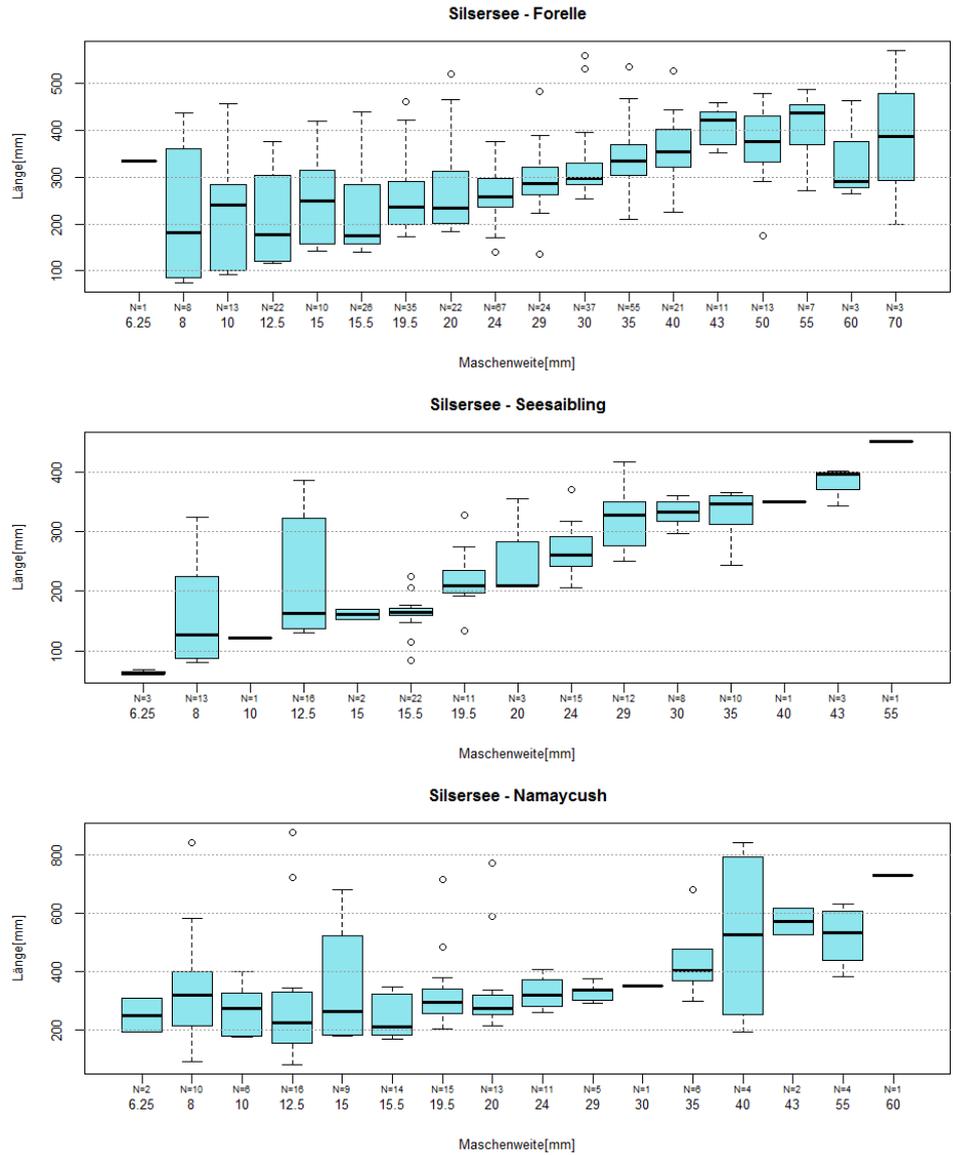


Abbildung 8-4. Längenselektivität der verschiedenen Maschenweiten für die im Silsersee am häufigsten gefangenen Fischarten bzw. Artenkomplexen (Forelle).