



kanton **glarus** 



Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Walensee



Impressum

Autoren:

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

In Zusammenarbeit mit:

Ole Seehausen, Eawag
Tim Alexander, Eawag
Carmela Doenz, Eawag
Jessica Rieder, Eawag

Danksagung:

Die Autoren möchten sich recht herzlich bei allen bedanken, die beim Projekt mitgearbeitet oder das Projekt unterstützt haben. Insbesondere sind dies: Michael Kugler, Christof Jäggi, Kurt Keller, Christoph Birrer, Andreas Zbinden, Jakob Brodersen, Diego Dagani, Johannes Hellmann, Jonas Streit, Jennifer Pulver, Hervé Decourcière, Jonathan Paris, Gregory Tourreau, François Degiorgi, Michael Gougouilly, Thomas Röögli, Erwin Schaeffer, Jennifer Vonlanthen-Heuck. Finanziert wurde das Projekt vom BAFU, von der Eawag vom Amt für Natur, Jagd und Fischerei des Kantons St Gallen, und der Abteilung Jagd und Fischerei vom Kanton Glarus.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	2
2	AUSGANGSLAGE	3
2.1	WESHALB EIN „PROJET LAC“	3
2.2	ZIELSETZUNG	4
3	METHODEN	5
3.1	CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE MESSREIHEN	5
3.2	HABITATKARTIERUNG	5
3.3	PROBENAHRME DER FISCHE	5
3.4	FISCHFANGSTATISTIKEN	6
4	RESULTATE	7
4.1	PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE DATEN	7
4.2	HABITATKARTIERUNG	9
4.3	STANDARDISIERTE ABFISCHUNG	11
4.4	FISCHEREILICHE ASPEKTE	21
5	SYNTHESE	26
5.1	ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG DES WALENSES	26
5.2	FISCHEREILICHE NUTZUNG	27
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	28
7	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	29
8	LITERATURVERZEICHNIS	30
9	ANHANG	31
9.1	ÜBERSICHT FÄNGE: CPUE DER GEFANGENEN FISCHE	31
9.2	RESULTATE DER PERMUTATIONEN	31

1 Zusammenfassung

Um unsere Gewässer effizient bewirtschaften und schützen zu können, muss deren Ist-Zustand bekannt sein. Im „Projet Lac“ wird die Fischartenzusammensetzung in den alpinen Seen zum ersten Mal überhaupt standardisiert erhoben und mit den Umweltbedingungen verglichen. Dieser Bericht fasst die Resultate für den Walensee zusammen.

Der Walensee ist insgesamt ein nährstoffarmer und zum Teil auch trüber See. Diese Kombination führt dazu, dass die Produktivität des Walensees im Vergleich mit anderen Schweizer Seen gering ausfällt. Gewisse historische Dokumente lassen erahnen, dass sich der physikalische und chemische Zustand des Sees nach dem Bau des Escher Kanals und mit den damit einhergegangenen Zufluss von Gletscherwasser, verändert hat. Bezüglich Ufermorphologie ist zu erwähnen, dass der Anteil an natürlichen Uferstrukturen im See relativ hoch ist. Nichts desto trotz sind verschiedene Abschnitte hart verbaut oder mit Blockwürfen gesichert. Positiv zu erwähnen ist die Tatsache, dass im See keine Kiesgewinnung mehr stattfindet.

15 Fischarten wurden im Rahmen dieses Projektes im Walensee gefangen, wobei keine invasiven Arten festgestellt werden konnten. Die Fänge werden im Pelagial durch die Coregoniden und im Litoral durch Egli, Hasel, Rotaugen, und Elritze dominiert. Die Fischartenzusammensetzung im Walensee entspricht somit derjenigen eines typischen Felchensees. Hervorzuheben bei der Artenvielfalt sind die drei morphologisch unterscheidbare Seesaiblings-Ökotypen. Insgesamt zeigen diese Resultate ein von einem nährstoffarmen, kühlen, mineralisch bedingt eher trüben, grossen und tiefen Voralpensee zu erwartendes Artenspektrum.

Der Walensee ist durch eine relativ gut erhaltene Ufermorphologie und einer guten Wasserqualität charakterisiert. Diese Habitate stellen für die typischen Fischarten eines Felchensees eine gute Lebensgrundlage dar. Unsere Resultate zeigen, dass natürliche Flachwasserbereiche mit Kies und Kiesel ebenso wie Zuflüsse für die Fische attraktive Habitate darstellen. Die Renaturierung solcher Habitate sollte demzufolge, thematisiert werden, insbesondere in der Nähe von Ortschaften und von Strassen.

Schliesslich zeigen die Resultate, dass die eher kleinen Albeli zwar sehr häufig sind, aber kaum fischereilich genutzt werden. Eine gewisse Ertragssteigerung bei den Albeli, und sekundär bei den Seesaiblings, durch den Einsatz von kleineren Maschenweiten scheint demzufolge möglich zu sein, ohne die nachhaltige Entwicklung dieser Arten längerfristig zu gefährden. Im Gegenteil, der starke Befischungsdruck auf die selteneren Grossfelchen könnte dadurch reduziert werden.

Stichwörter

Fische - Biodiversität - Inventar - "Projet Lac" - See - Morphologie - Walensee

2 Ausgangslage

2.1 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 jeglicher Anlagen, welche die Umwelt beeinträchtigen könnten, eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen, in welcher der Ausgangszustand des Ökosystems bestimmt werden muss (Art. 10b USG). Bezüglich der aquatischen Fauna sind die Kantone laut der 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 jedoch 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; deren Datengrundlage beruht fast ausschliesslich auf den Fischfangstatistiken.

Fische als
Bioindikator

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 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. 24 Seen erforscht werden.

2.2 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 Burggemeinde von Bern gesammelt.

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 Walensee vom 22-26. Oktober 2012 durchgeführt wurden. Ein Fokus der Auswertungen wird auf die Artenzusammensetzung und die Habitatnutzung der Fische gelegt. Weiter werden das Wachstum der Felchen, insbesondere der Albeli, thematisiert.

3 Methoden

3.1 Chemische und physikalische Messreihen

Für die meisten grossen alpinen Seen werden durch die kantonalen Behörden Monitorings von chemischen und physikalischen Parametern durchgeführt. Diese wertvollen Daten werden für die Interpretation der Resultate mit einbezogen.

3.2 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. Die Ufer werden sobald das Ufer durch Blockwürfe, Mauern, usw. gesichert sind oder eine hohe Bootsdichte (offener Bootsanlegestellen im See) als künstlich bezeichnet.

3.3 Probenahme der Fische

Verschiedene sich ergänzende Methoden

Vier Protokolle werden in jedem See simultan durchgeführt (Abbildung 3-1):

- a) Die Echolotuntersuchungen sollten vom INRA Thonon durchgeführt werden. Das Echolotgerät welches vom INRA eingesetzt wird, wurde am ersten Tag nach wenigen Einsatzminuten beschädigt und konnte vor Ort nicht mehr repariert werden. Daher konnte im Walensee leider keine Echolotaufnahmen durchgeführt werden.
- b) Fische werden mit zwei verschiedenen Kiemennetzmethoden gefangen. Die erste entspricht der in der EU angewandten Methode der Wasserrahmenrichtlinie (prEN 14757; im Dokument als CEN-Methode angesprochen), die eine zufällige Verteilung der Netze vorsieht (Appelberg 2000). 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.

- c) Verschiedene Uferhabitate mit geringen Wassertiefen (<1m) werden elektrisch befischt. Dabei wird immer ein Durchgang entweder zu Fuss oder mit dem Boot durchgeführt. Die befishete 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.

Beispiel der Probenahme-strategie

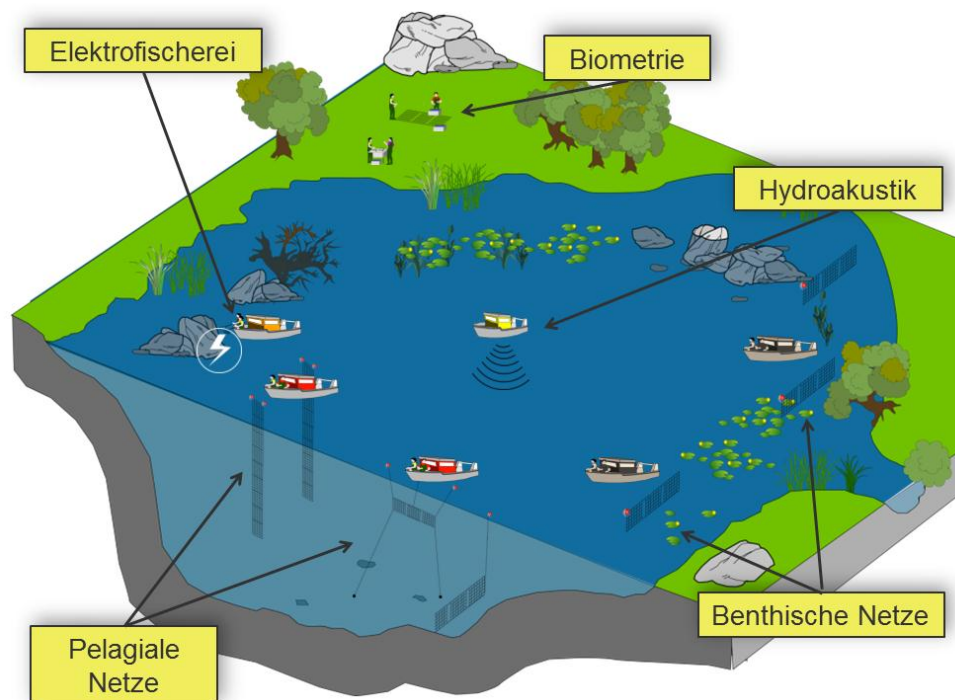


Abbildung 3-1. Illustration der verschiedenen Protokolle der Fischprobenahme (Zeichnung © M. Goguilly).

3.4 Fischfangstatistiken

Die Resultate der „Projet Lac“-Fänge werden mit den Fängen der Angel- und Berufsfischer verglichen. Die Fangstatistiken werden deshalb für gewisse Auswertungen mit einbezogen.

4 Resultate

4.1 Physikalische und Chemische Daten

Verschiedene physikalische und chemische Messreihen werden von der Wasserversorgung der Stadt Zürich im Auftrag des Kantons St. Gallen durchgeführt. Für die ökologische Bewertung der voralpinen Seen sind unter anderem die Temperatur, die Nährstoffbelastung, der Sauerstoffgehalt und die Trübung von Bedeutung.

Ein eher kühler See

Die Temperaturprofile aus den Jahren 2008-2013 zeigen, dass Temperaturschwankungen bis in Tiefen von ca. 40-60m vorkommen (Abbildung 4-1). Die Oberflächentemperatur überschreitet dabei im Sommer nur selten die 21 C-Marke. Die in dieser Zeitspanne höchste gemessene Temperatur betrug 21.8 °C. Insgesamt ist der Walensee somit ein eher kühler Voralpensee.

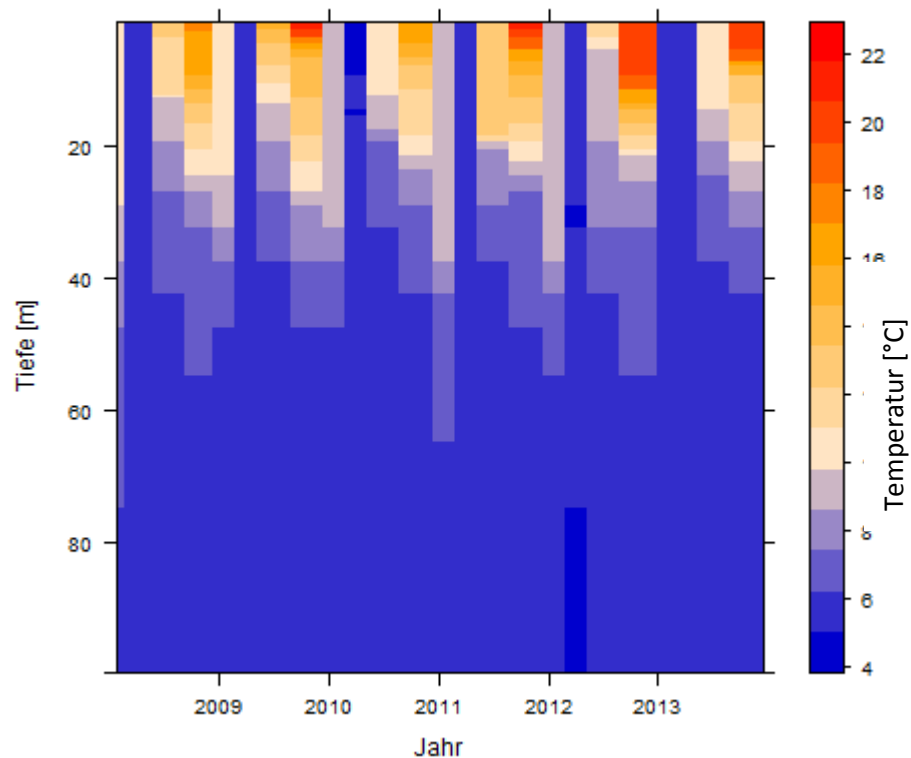


Abbildung 4-1. Temperaturprofile vom Walensee von 2008-2013. Daten: Wasserversorgung, Stadt Zürich.

Sauerstoffreiches Tiefenwasser

Die Sauerstoffmessungen zeigen, dass alle Seetiefen gut mit Sauerstoff versorgt sind (Abbildung 4-2). Bei der Messung der Sauerstoffsättigung scheinen methodische Ungenauigkeiten vorzuliegen, was die tieferen Konzentrationen bei einigen Messungen erklären könnte.

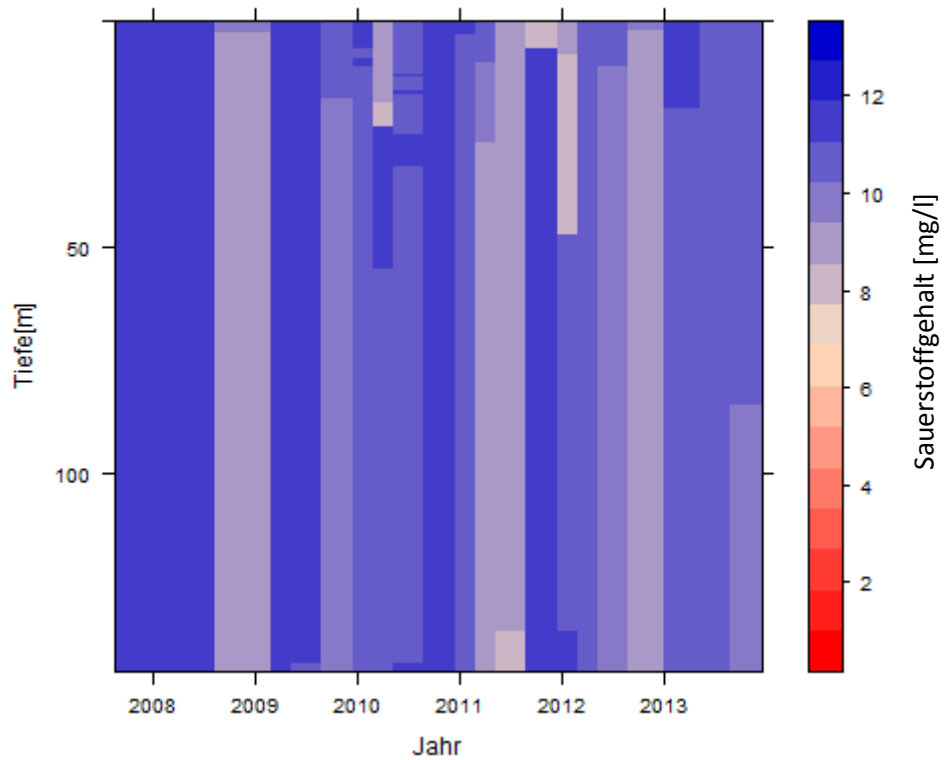


Abbildung 4-2. Sauerstoffprofile vom Walensee von 2008-2013. Daten: Wasserversorgung, Stadt Zürich.

Nach den Höchstständen in den 70er Jahren hat der Phosphorgehalt rasch abgenommen. Ungefähr seit Anfang der 90er Jahren ist dieser stabil bei ca. 5 µg/l oder knapp darunter.

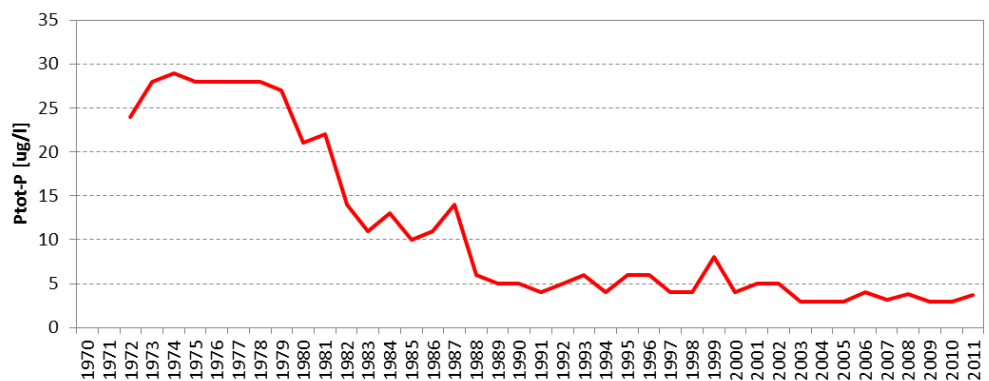


Abbildung 4-3. Entwicklung des Gesamtphosphorgehaltes des Wassers im Walensee von 1970 bis 2011. Daten: Bundesamt für Umwelt (Bafu).

Die Secchi-Tiefenmessungen zeigen, dass die Trübung im Verlauf des Jahres stark schwankt (Abbildung 4-4). Insgesamt ist der Walensee jedoch weniger Trüb als der ebenfalls durch Gletscherwasser beeinflusste Brienersee. Vor dem Bau des

Escher Kanals, welcher die Linth in den Walensee umleitete, soll der Walensee jedoch deutlich klarer gewesen sein und eine höhere Primärproduktion erlaubt haben (Steinmann 1950; Steinmüller 1827).

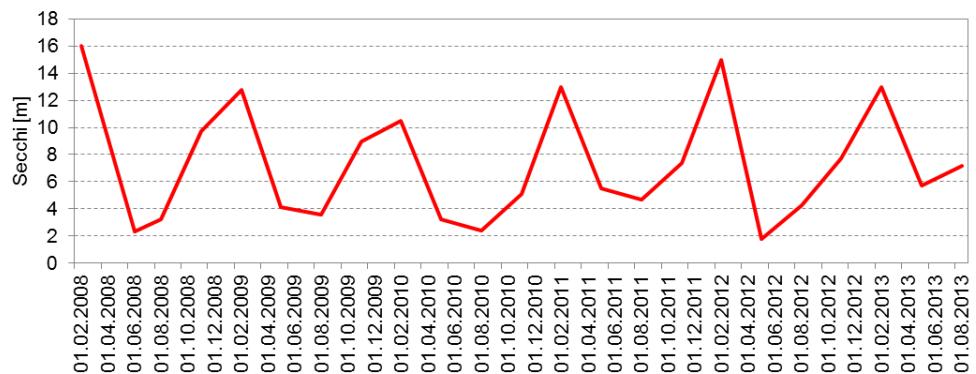


Abbildung 4-4. Entwicklung der Secchitiefe von 2008 bis 2013. Daten: Wasserversorgung, Stadt Zürich.

4.2 Habitatkartierung

Viele strukturierte Habitate

Die Habitatkartierung (Abbildung 4-5) des Walensees zeigt, dass strukturierte litorale Habitate (Blöcke und Kiesel), die den Fischen Unterschlupf bieten, weit verbreitet sind (Abbildung 4-6). Die Habitate Kies, Holz und Schilf sind im Litoral wenig vertreten. Auf den ganzen See bezogen ist der Walensee durch steile Ufer, und somit Flächenmässig relativ wenig litoral charakterisiert.

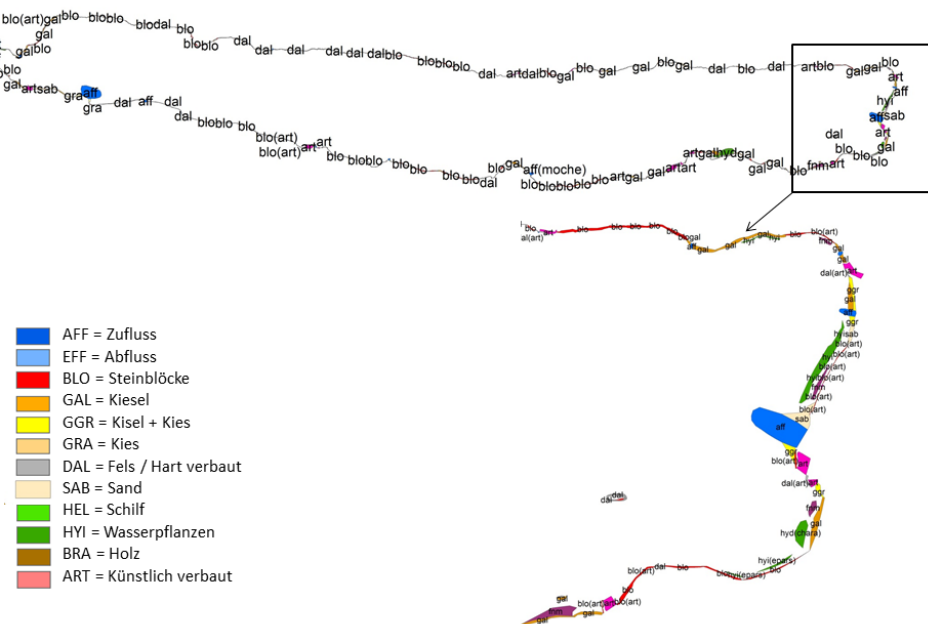


Abbildung 4-5. Ausschnitt der Kartierung der litoralen Habitate des Walensees.

Mehrheitlich natürliche Ufer

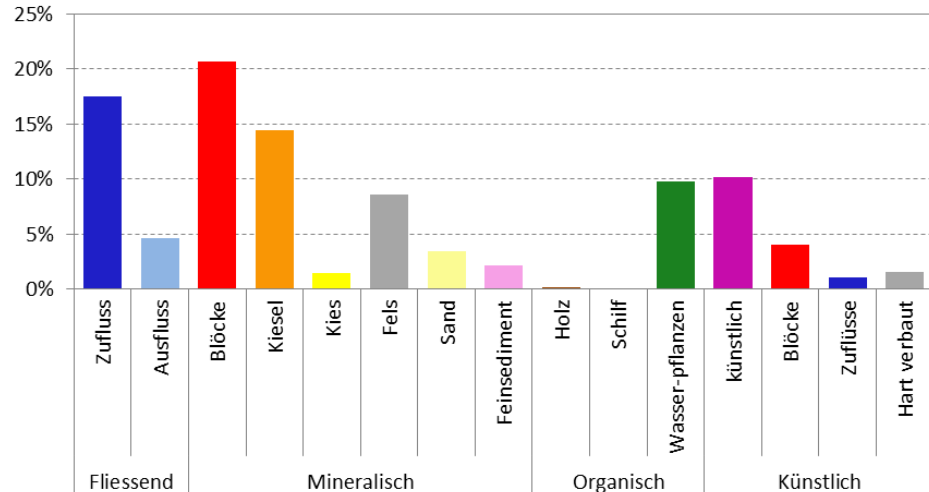


Abbildung 4-6. Relative Häufigkeit der verschiedenen litoralen Habitate im Walensee.

Nur ein Viertel des Seeufers ist durch Verbauungen anthropogen beeinflusst (Abbildung 4-7). Die Verbauungen bestehen dabei flächenmässig zu ca. 65% aus Hafenanlagen, zu 20% aus Blockwürfen und zu 10% hart verbauten Seeufern. Die Verbauungen stehen grösstenteils in Verbindung mit Siedlungen oder Strassen in Seenähe. Für die Ausbildung von natürlichen Flussdeltas und somit für die Laichplätze der Seesaiblinge ist positiv anzumerken, dass keine Kiesgewinnung mehr im Walensee stattfindet.

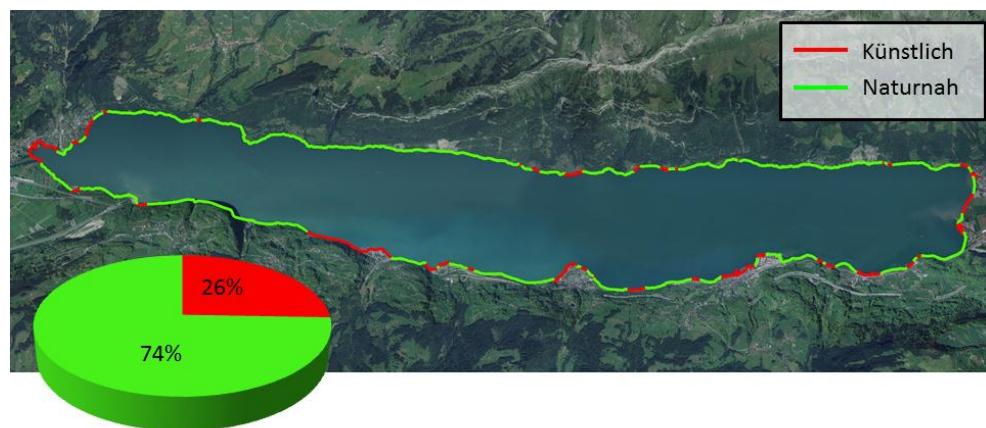


Abbildung 4-7. Kartierung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferzonen im Walensee (Luftaufnahmen © Swisstopo).

4.3 Standardisierte Abfischung

4.3.1 Standorte der Probenahmen

191 Befischungsaktionen

Über fünf Tage wurden im Walensee insgesamt 81 benthische CEN-, 12 pelagische CEN-, 38 Uferhabitat spezifische Vertikal-Netze und 20 pelagische Vertikal-Netze über Nacht gesetzt. Zusätzlich wurden 40 Uferstrecken elektrisch befischt. Insgesamt sind somit 191 Befischungsaktionen durchgeführt worden (Abbildung 4-8).

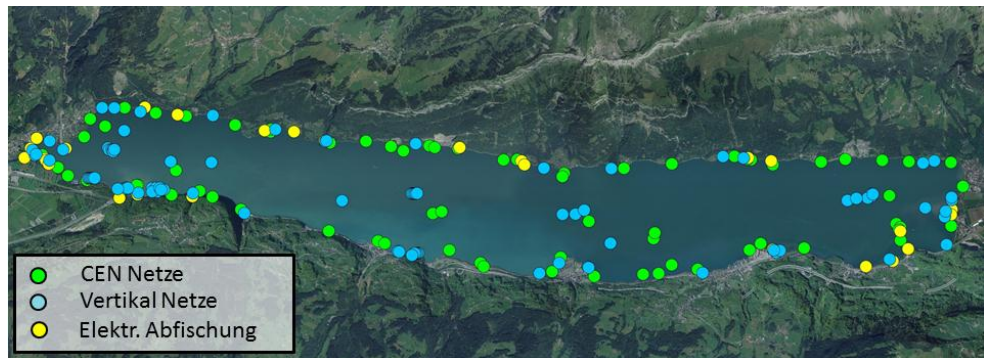


Abbildung 4-8. Karte der Befischungsstandorte im Walensee (Luftaufnahmen © Swisstopo).

4.3.2 Fischbestand und Artenvielfalt

Felchen : die am häufigsten auftretende Arten

Insgesamt wurden im Walensee 15 Fischarten (die zwei Felchenarten werden in Tabelle 4-1 nicht unterschieden) und 1382 Fische gefangen (Abbildung 4-9, Tabelle 4-1). Anzahlmässig waren die Felchen in unseren Fängen klar am häufigsten vertreten. Auch Egli, Lauben, Hasel, Groppen und Elritze waren regelmässig in den Fängen vorhanden. Die Felchen dominierten auch die Biomasse der Fänge, wobei weitere Arten einen signifikanten Anteil der Biomasse darstellten. Bei der Zusammenstellung der Felchen wird nicht zwischen Grunder, Blaalig und Albeli unterschieden, da die Jungfische nicht voneinander getrennt werden konnten. Der für den Aufwand korrigierten CPUE für die gefangene Anzahl Individuen und der BPUE für die Biomasse ist im Anhang aufgeführt (Tabelle 9-1).

Tabelle 4-1. Zusammenstellung der Anzahl der gefangenen Individuen für die verschiedenen Fangmethoden. Die Grossfelchen und Albeli werden gemeinsam als Coregoniden bezeichnet, da juvenile Grossfelchen im Feld nicht vom Albeli unterschieden werden konnten.

Fischart		Anzahl Individuen				Biomasse [kg]			
Deutsch	Lateinisch	CEN	Elektrisch	Vertikal	Total	CEN	Elektrisch	Vertikal	Total
Coregoniden	<i>Coregonus sp</i>	197	-	641	838	8.73	-	28.88	37.60
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	132	23	20	175	4.11	0.35	0.72	5.18
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	11	-	53	64	0.22	-	2.27	2.49
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	37	1	21	59	3.98	0.09	1.97	6.05
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	18	28	5	51	0.07	0.10	0.02	0.18
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	-	44	3	47	-	0.09	0.02	0.11
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	23	-	10	33	3.48	-	1.41	4.89
Trüsche	<i>Lota lota</i>	14	16	2	32	2.54	1.06	0.12	3.72
Forelle	<i>Salmo trutta</i>	1	24	4	29	1.55	1.02	4.76	7.33
Seesaibling	<i>Salvelinus sp</i>	2	-	22	24	0.15	-	0.76	0.90
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2	8	1	11	0.48	0.20	1.30	1.98
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	4	4	1	9	0.10	0.00	0.27	0.37
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	2	-	5	7	1.53	-	6.90	8.43
Bartgrundel	<i>Barbatula barbatula</i>	2	1	-	3	0.01	0.00	-	0.01
Total		445	149	788	1382	26.94	2.91	49.40	79.25
Anzahl Arten		13	9	13	14	13	9	13	14

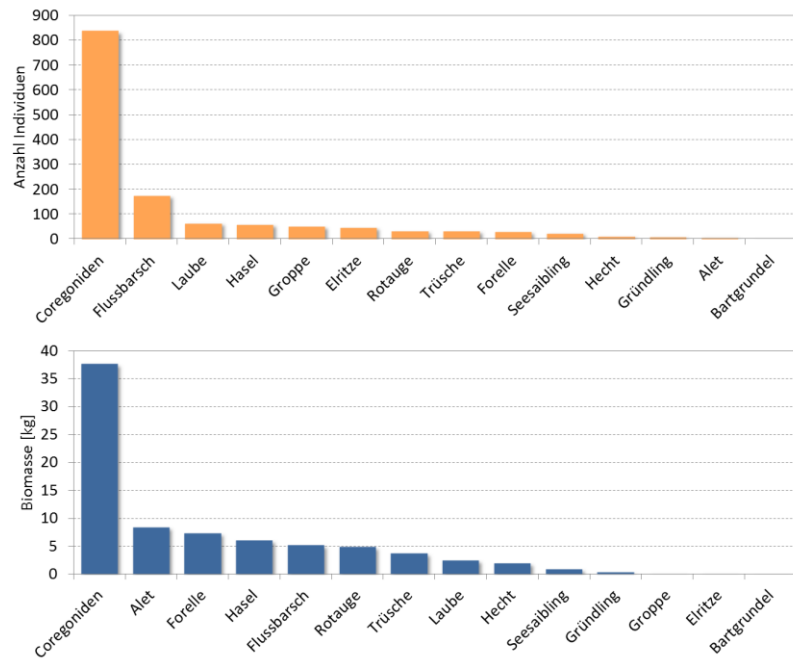


Abbildung 4-9. Grafische Darstellung der im Rahmen vom “Projet Lac” gefangenen Fische im Walensee.

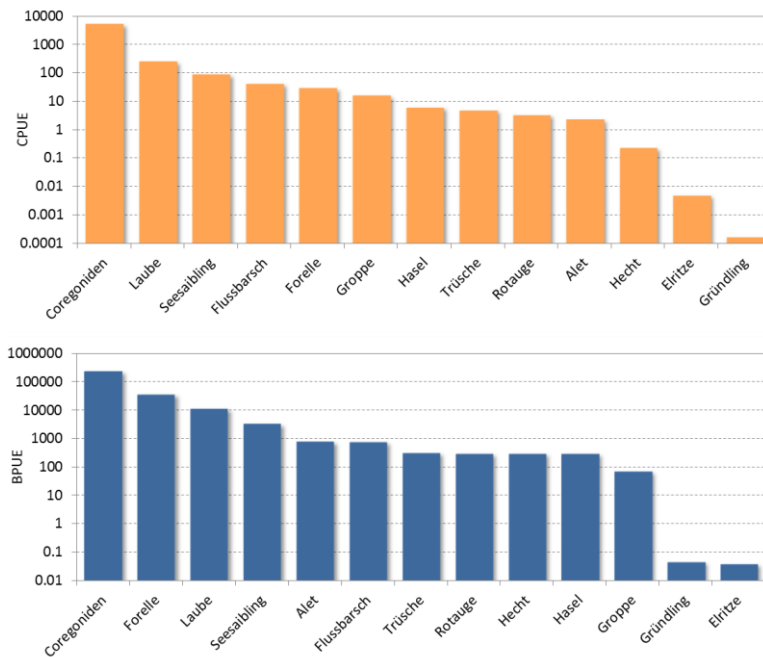


Abbildung 4-10. Die Anzahl (oben) und die Biomasse (unten) der gefangenen Fische im Walensee korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit. Die Y-Achse ist in logarithmischer Skala dargestellt, um die Differenzen ersichtlich darzustellen.

Fische sind nicht zufällig im Raum verteilt. Anhand der “Projet Lac” Daten kann die Häufigkeit und die Biomasse der einzelnen Fischarten für die Verfügbarkeit der verschiedenen Habitate (in diesem Fall das vorhandene Volumen der einzelnen Habitate) korrigiert werden. Dabei wird ersichtlich, dass die Felchen die

Fischfauna klar dominieren (Abbildung 4-10). Häufige Begleitarten sind Laube, Seesaibling, Flussbarsch, Forelle, Groppe, Hasel, Trüsche und Rotauge. Die Fischzusammensetzung des Walensees ist somit typisch für einen tiefen oligotrophen Voralpensee.

4.3.3 Museumssammlung

Von den gefangenen Fische wurden 301 in die Museumssammlung vom Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde von Bern aufgenommen (Tabelle 4-2). Insgesamt 475 weitere genetische Proben wurden in die EAWAG Fischprobensammlung aufgenommen.

Tabelle 4-2. Liste der im naturhistorischen Museum von Bern oder an der Eawag aufbewahrten Fische.

301 Individuen und
14 Arten im Museum

Sammlung		Museum	Eawag
Fischart			
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	29	28
Bartgrundel	<i>Barbatula barbatula</i>	2	
Coregoniden	<i>Coregonus sp</i>	30	299
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	30	19
Hecht	<i>Esox lucius</i>	11	
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	8	
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	24	29
Trüsche	<i>Lota lota</i>	30	
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	30	76
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	28	19
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	24	5
Forelle	<i>Salmo trutta</i>	29	
Seesaibling	<i>Salvelinus sp</i>	19	
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	7	
Total		301	475

4.3.4 Historische Artenvielfalt

Heute eine geringe Artenvielfalt

Im Rahmen des "Projet Lac" wurden 15 Fischarten gefangen. Insgesamt wurden im See mindestens 30 Arten beschrieben. Die Äsche, die Brachse und die Barbe sind im See heute noch mit Sicherheit vorhanden, wurden aber im Rahmen dieses Projektes nicht gefangen. Im Vergleich mit den historischen Daten (Steinmüller 1827) fällt auf, dass gewisse Arten, die an wärmere und produktivere Gewässer angepasst sind (Brachse, Karpfen, Nase), vor der Linthkorrektur häufig waren. Heute sind diese nur noch selten vertreten. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die heutige Artenzusammensetzung nicht der natürlichen und ursprünglichen entspricht. Dass starke Veränderungen stattgefunden haben müssen berichtete auch Paul Steinman (Steinmann 1950). Weiter wurde nach der Linthkorrektur ein Zusammenbruch der Fischerfänge festgestellt, ein weiteres Indiz für eine starke Veränderung in der Zusammensetzung der Fischfauna (Steinmann 1950).

Tabelle 4-3. Artenfundliste im Walensee. Die Fänge des „Projet Lac“ sind rot umrandet. Anzumerken gilt es, dass es sich bei den Seesaiblingen unter Umständen um mehrere Arten handeln könnte (siehe Abschnitt 4.3.5.1).

Familie	Code	Art	1827	1991	1998	2003	2012	2013
			Steinmüller	Pedroli et al	ANF	BAFU	Fischerei	ProjetLac
Percidae	PER	<i>Perca fluviatilis</i> Flussbarsch	1	1	1	1	1	1
Cyprinidae	GAR	<i>Rutilus rutilus</i> Rotaugen	1	1	1	1		1
	ROT	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> Rotfeder		1	1	1		
	CCO	<i>Cyprinus carpio</i> Karpfen	1	1	1	1		
	BRE	<i>Abramis brama</i> Brachse	1	1	1	1		
	BRB	<i>Blicca bjoerkna</i> Blicke		1	1	1		
	ABL	<i>Alburnus alburnus</i> Laube	1	1	1	1		1
	BAF	<i>Barbus barbus</i> Barbe	1			1		
	CHE	<i>Squalius cephalus</i> Alet	1	1	1	1		1
	VAN	<i>Leuciscus leuciscus</i> Hasel	1	1	1	1		1
	BLN	<i>Telestes souffia</i> Strömer		1				
	HOT	<i>Chondrostoma nasus</i> Nase	1	1	1	1		
	TAN	<i>Tinca tinca</i> Schleie	1	1	1	1		
	VAI	<i>Phoxinus phoxinus</i> Elritze		1	1	1		1
	SPI	<i>Alburnoides bipunctatus</i> Schneider	1					
	GOU	<i>Gobio gobio</i> Gründling		1		1		1
Salmonidae	TRL	<i>Salmo trutta</i> Forelle	1	1	1	1	1	1
	SAT	<i>Salmo salar</i> Atlantischer Lachs	1					
	OBL	<i>Salvelinus umbla</i> Seesaibling	1	1	1	1	1	1
	TAC	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Regenbogenforelle		1		1		
	COR	<i>Coregonus sp</i> Coregoniden		1	1	1		
		<i>C. oregonus duplex</i>	1				1	1
		<i>Coregonus zuerichensis</i>	1					
		<i>Coregonus heglingus</i>	1				1	1
Esocidae	BRO	<i>Esox lucius</i> Hecht	1	1	1	1	1	1
Gadidae	LOT	<i>Lota lota</i> Trüsche	1	1	1	1	1	1
Nemacheilidae	LOF	<i>Barbatula barbatula</i> Bartgrundel	1	1		1		1
Cottidae	CHA	<i>Cottus gobio</i> Groppe	1	1	1	1		1
Thymallidae	OBR	<i>Thymallus thymallus</i> Äsche	1	1	1	1		
Petromyzonti	LAM	<i>Lampetra planeri</i> Bachneunauge	1			1		
Anguillidae	ANG	<i>Anguilla anguilla</i> Aal	1	1	1	1		
Anzahl einheimische Arten			24	23	20	24	7	15
Anzahl eingeführte Arten			0	1	0	1	0	0
Total Anzahl Arten			30	24	20	25	7	15

4.3.5 Besondere und wenig bekannte Vielfalt

4.3.5.1 Seesaiblinge

Mehr als eine Seesaiblingsart?

Die im Rahmen des „Projet Lac“ gefangenen Seesaiblinge lassen vermuten, dass im Walensee möglicherweise mehrere Seesaiblingsarten vorkommen: Eine Tiefenform sowie eine Normalform. Viele der gefangenen Seesaiblinge hatten sehr grosse Augen und waren trotz geringer Grösse relativ alt (Doenz et al., pers. Mitteilung). Beides sind Merkmale, die typischerweise mit dem Leben in grosser Tiefe in Verbindung gebracht werden und die auch für die heute ausgestorbenen Tiefseesaiblingsarten des Bodensees und Neuenburgersees charakteristisch waren. Die Tiefseesaiblinge des Walensees konnten anhand der Augengrösse weiter in zwei Gruppen unterteilt werden (Abbildung 4-11a,b), die gemäss stabilen Isotopen auch ökologisch differenziert sind. Ausser den zwei Tiefenformen wurden auch „normal“ aussehende Seesaiblinge gefangen, die mehr dem typischen Bild eines Seesaiblings entsprechen (Abbildung 4-11c). Ob es sich bei den unterschiedlichen Saiblingsformen des Walensees tatsächlich um verschiedene Arten handelt, wird in genetischen Studien weiter untersucht.



Abbildung 4-11. Verschiedene Saiblingsmorphen im Walensee (Arbeit von Carmela Doenz).

4.3.5.2 Felchen

Früher wurden im Walensee mindestens drei Felchenarten beschrieben (Steinmann 1950). Zum Teil wurde zusätzlich noch zwischen sommer- und winterlaichenden Kleinfelchen unterschieden. Heute können genetisch und morphologisch „nur“ noch zwei Felchenarten unterschieden werden (Vonlanthen 2009; Vonlanthen *et al.* 2012). Dabei wird aber ersichtlich, dass die zwei Arten morphologisch klar anhand der Kiemenreusendornen (Abbildung 4-13), des Wachstums (Abbildung 4-14) und der allgemeinen Erscheinung (Abbildung 4-15) identifizierbar sind.



Abbildung 4-12. Die heutigen zwei Felchenarten des Walensees (oben Albeli *Coregonus heglingus*, unten der Felchen (oder Grunder) *Coregonus duplex*).

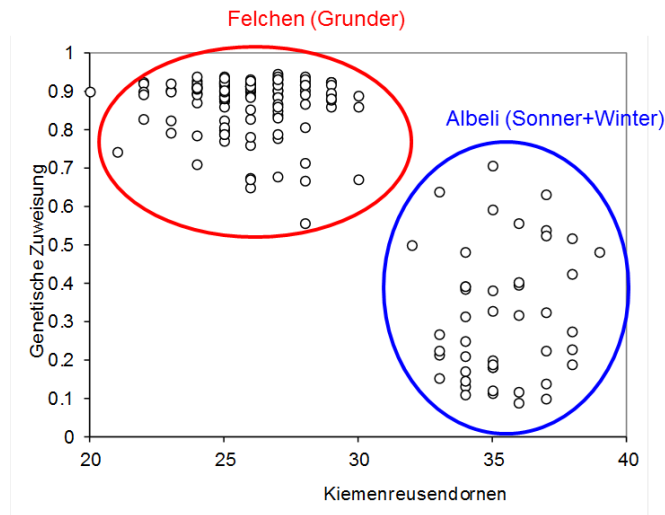


Abbildung 4-13. Genetische Zuweisung der Felchen in zwei Gruppen im Vergleich mit der Anzahl Kiemenreusendornen (Daten 2004-2006 (Vonlanthen 2009)).

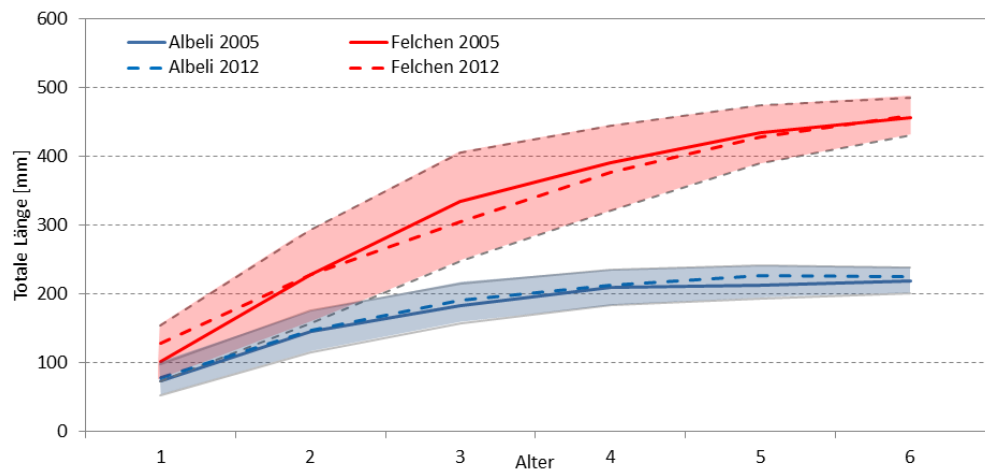


Abbildung 4-14. Wachstum der Coregonen im Walensee (Daten 2005 + 2012). Rot und blau schattiert sind die 95% Konfidenzintervalle.

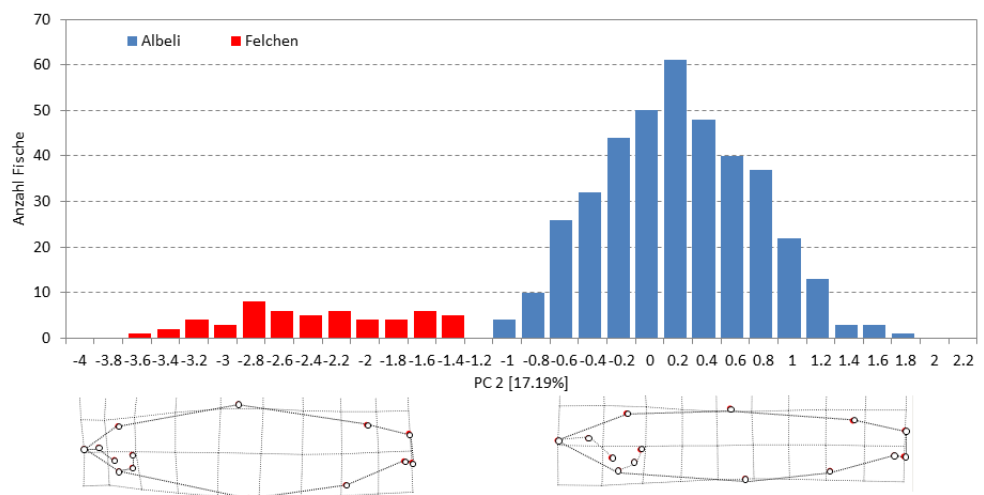


Abbildung 4-15. Morphologische Differenzierung zwischen den Felchen und den Albeli im Walensee (Daten 2004-2006).

Der Vergleich des Wachstums der beiden Arten von 2005 (Vonlanthen 2009) und 2012, basierend auf Längenrückberechnungen der Schuppen zeigt, dass sich dieses weder für die Felchen noch für die Albeli in den letzten sieben Jahren signifikant verändert hat (Abbildung 4-14). Wobei anzumerken ist, dass die Stichprobe für die Felchen von 2012 nur aus zwei Individuen besteht und somit eher wenig aussagekräftig ist.

4.3.5.3 Rotaugen

Eine Masterarbeit, die an der Eawag durchgeführt wurde, hat Rotaugen aus verschiedenen Seen genetisch und morphologisch untersucht. Dabei ist herausgekommen, dass sich die Rotaugen des Walensees genetisch und morphologisch von den Rotaugen aus anderen Seen unterscheiden (Rieder 2014). Die Rotaugen des Walensees sollten somit als eigenständige Managementeinheit betrachtet werden.

4.3.6 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 4-16, Tabelle 9-2) zeigen, dass für die Felchen die Streuung eher hoch ist. Eine Zunahme oder eine Abnahme der Fänge einer Art um mehr als ca. 50% kann demzufolge als signifikant betrachtet werden. Für die Hasel und das Rotauge ist die Varianz etwas geringer. Insgesamt entspricht diese Varianz den Erwartungen der CEN prEN 14757 Norm. Zukünftige representative Abfischungen können somit statistisch mit denen von 2012 verglichen werden.

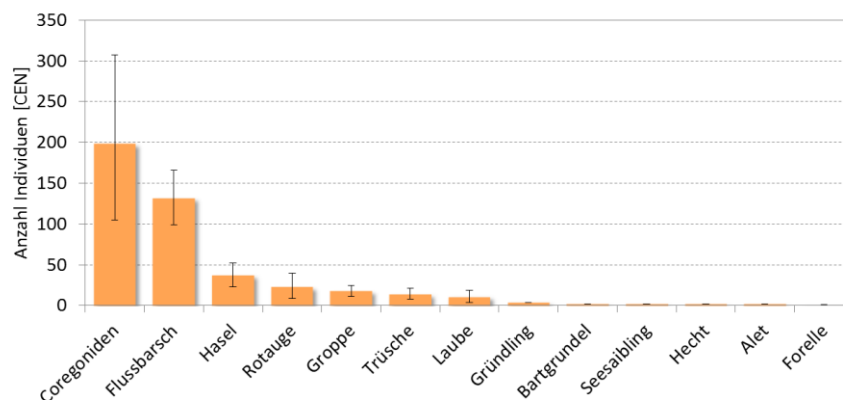


Abbildung 4-16. Anzahl Fische, die pro Art in den CEN Netzen gefangen wurden. Angegeben sind ebenfalls die 5% und 95%-Konfidenzintervalle, die anhand einer Permutation mit 10'000 Stichproben geschätzt wurden.

4.3.7 Habitatnutzung

4.3.7.1 Pelagial – Benthisch

In beiden Seen eine ähnliche Nutzung.

Gewisse Fischarten bevorzugen die pelagischen, andere eher die benthischen Habitate in einem See. Im Fall des Walensees war die Verteilung klar und typisch für einen Felchensee. In den benthischen Netzen dominieren die Flussbarsche, Rotaugen, Hasel und Trütschen. Viele verschiedene weitere Arten begleiten diese. Die in den benthischen Netzen gefangenen Felchen waren dabei fast ausschliesslich laichreife Tiere. Im Pelagial ist - wie zu erwarten - die Artenvielfalt geringer und die Felchen dominieren die Fänge mit 92.9% Anteil der gefangenen Fische (Abbildung 4-17).

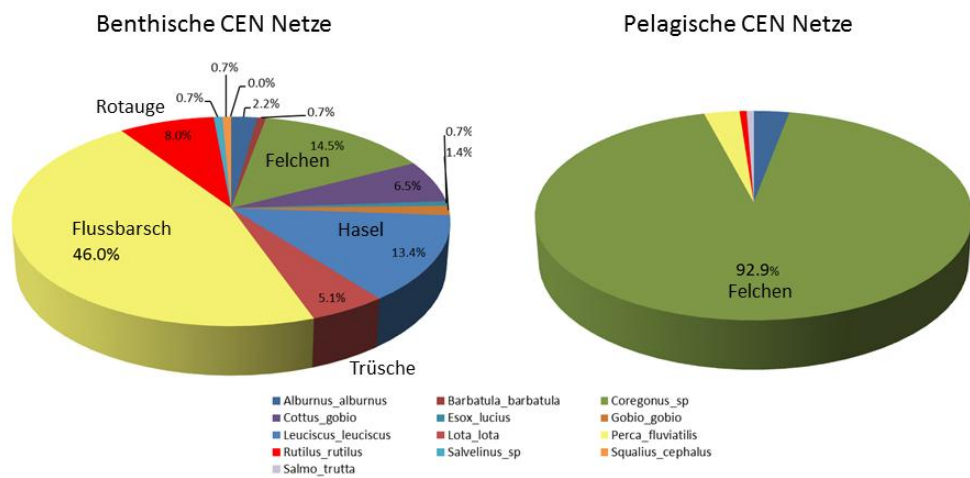


Abbildung 4-17. Nutzung der pelagischen und benthischen Habitate durch die verschiedenen Fischarten.

4.3.7.2 Tiefe

Fische nutzen die gesamte Tiefe

Da die Abfischungen im Walensee relativ spät im Jahr erfolgten, finden wir die höchste Fischdichte nicht wie üblich in den ersten 10m Tiefe, sondern gegen 20m Tiefe (Abbildung 4-18). Diese Verteilung wird aber auch sehr stark durch die hohe Felchendichte im See beeinflusst. Interessant und wichtig ist die Beobachtung, dass die Fische den gesamten Tiefengradienten im See besiedeln. Dabei konnten Trütschen, Felchen und Groppen in grossen Tiefen gefangen werden. Interessant ist auch, dass - ähnlich wie im Brienzensee (Vonlanthen & Périat 2012) - an der tiefsten Stellen im See eine erhöhte Felchendichte festgestellt werden kann. Dieses lässt auf die Verfügbarkeit von profundalen Nahrungsressourcen und Laichplätzen für Felchen schliessen. Genetische Untersuchungen sind erforderlich, um abzuklären, inwieweit es sich bei den profundalen Felchen um genetisch differenzierte Populationen handelt. Ähnliches lässt sich für die Groppen sagen, deren (insgesamt viel geringere) Abundanz in unseren Fängen ebenfalls in grossen Tiefen am grössten war.

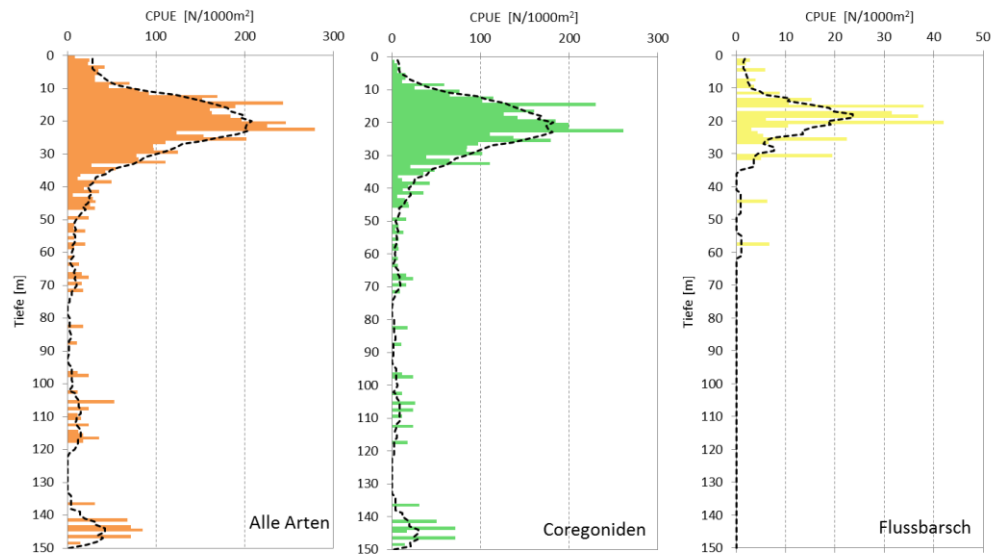


Abbildung 4-18. Die Anzahl der gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche (CPUE) dargestellt für die Tiefe. Die schwarz gestrichelte Linie entspricht einem wandernden Mittelwert von jeweils 7m Tiefe.

4.3.7.3 Uferhabitate

Habitate sind nicht alle gleich attraktiv

Die Befischung der Uferhabitate zeigt, dass die Anzahl Fische und die verschiedenen Fischarten nicht zufällig in den Habitaten verteilt sind. Insbesondere die strukturierten mineralischen Substrate Kies, Kiesel und Blöcke scheinen eine höhere Fischdichte aufzuweisen. Substrate wie Sand, Feinsediment und Felsen waren für die Fische weniger attraktiv. Da am Ufer nur wenige Fische gefangen wurden (siehe Tiefenverteilung) kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere die Cypriniden im Sommer am Ufer häufiger vertreten sind.

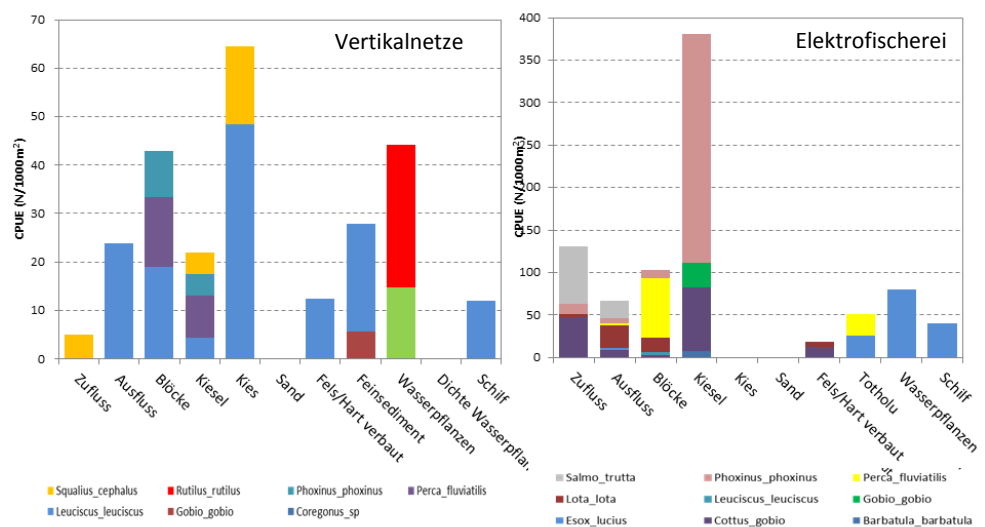


Abbildung 4-19. Anzahl für den Aufwand korrigierte Fische, die bei den verschiedenen Habitaten gefangen wurden.

Die Elektrofischereifänge und die Netzfänge komplementieren sich gut, da bei den Netzen Arten 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 Schutz suchen oder dort leben. Dazu gehören im Walensee beispielsweise die Groppe und das Elritze, die bei den Elektroabfischungen besonders häufig gefangen wurden.

4.3.8 Geografische Verteilung der Fänge

Eher homogene Verteilung

Bei der geografischen Verteilung können insbesondere die typischen pelagischen (Felchen) und littoralen (Egli, Hasel, Rotaugen) Muster der Artenverteilung festgestellt werden. Ansonsten sind keine auffälligen geografischen Muster feststellbar, wie dies beispielsweise in bestimmten grossen Seen der Fall ist (Genfersee, Lago Maggiore, Neuenburgersee, Lago die Garda). Nur die Seesaiblingsdichte schien während unseren Abfischungen im unteren Seeteil etwas höher zu sein (Abbildung 4-20).

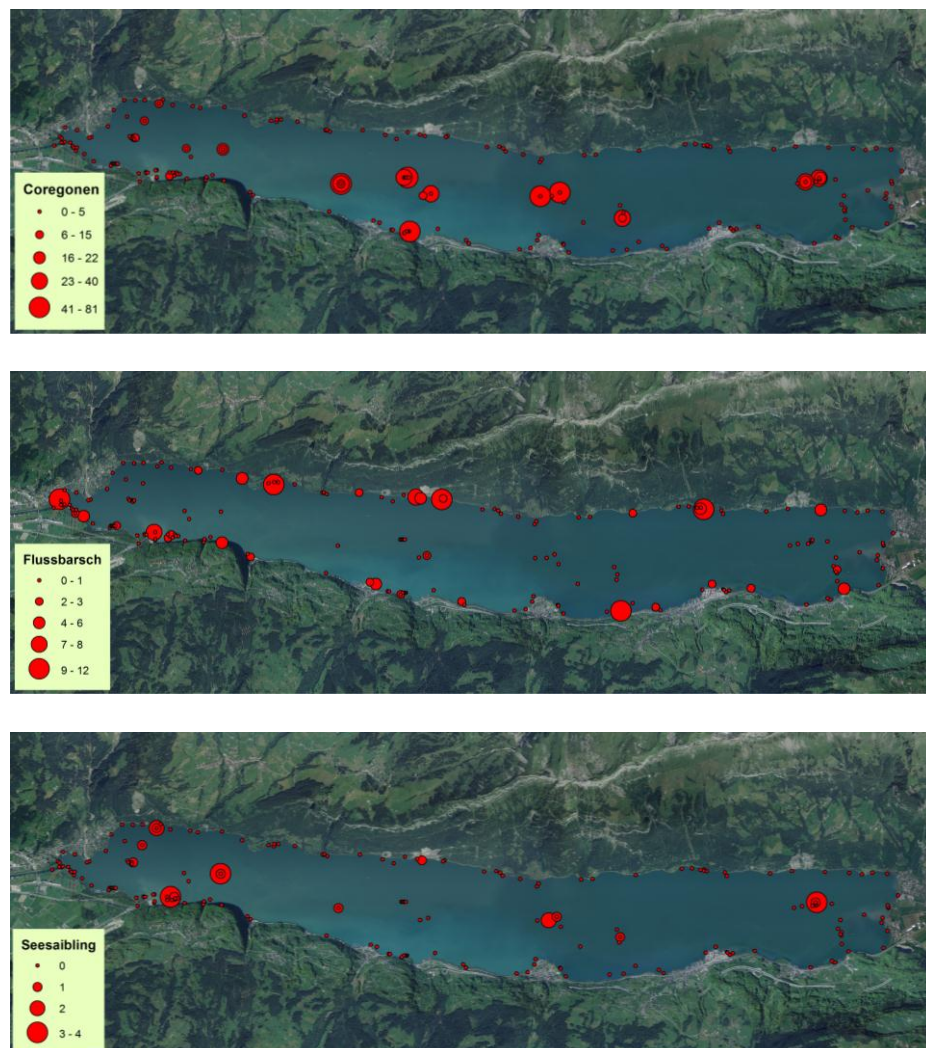


Abbildung 4-20. Coregonen-, Flussbarsch- und Seesaiblingsfänge im Walensee (alle Protokolle).

4.4 Fischereiliche Aspekte

4.4.1 Fischfangstatistik

Bei der Entwicklung der Berufsfischerfänge ist eine starke Korrelation der gesamten Fänge mit dem Phosphorgehalt ersichtlich (Abbildung 4-21). Insbesondere Albeli, Seesaiblinge und Cypriniden wurden während der nährstoffreichen Phase häufiger gefangen. Zu erwähnen ist bei der Interpretation dieser Daten auch, dass die Anzahl Berufsfischer in den 70er Jahren höher war als heute. Heute fangen die Fischer zu einem grossen Teil Grunder und nur wenige Albeli. Dies im Gegensatz zu unseren Fängen, die zu über 95% aus Albeli bestanden (nur 2 identifizierbare Grossfelchen wurden gefangen).

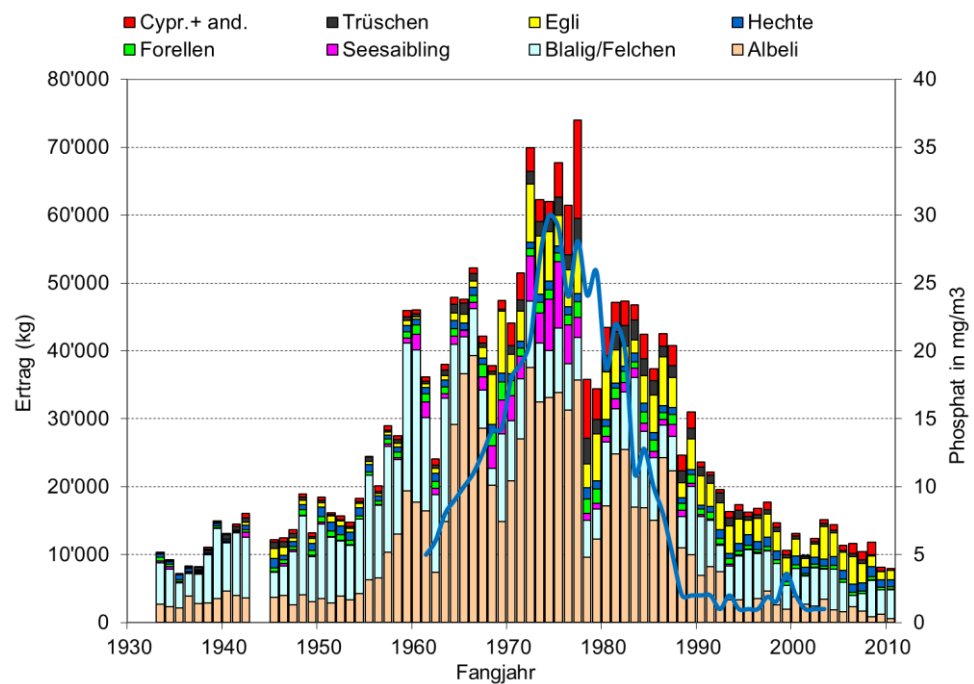


Abbildung 4-21. Entwicklung der Angel- und Berufsfischerfänge im Walensee von 1933-2011 (Daten + Grafik Amt für Jagd und Fischerei St. Gallen).

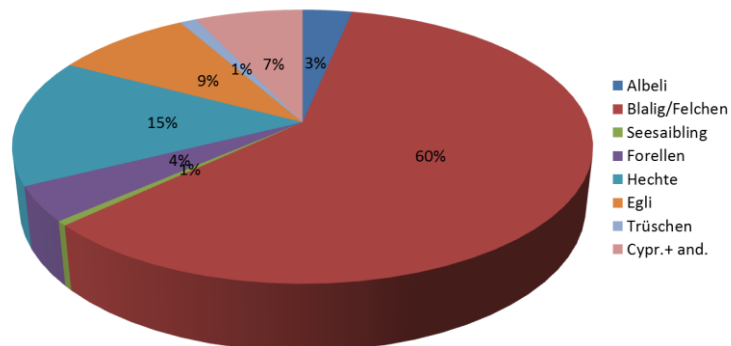


Abbildung 4-22. Verteilung der Angel- und Berufsfischerfänge von 2011 auf die verschiedenen Fischarten (Daten + Grafik Amt für Jagd und Fischerei St. Gallen).

4.4.2 Längenselektivität der Maschenweiten

Die Längenselektivität der Netze ist abhängig von der Fischart (Fujimori & Tokai 2001; Regier & Robson 1966). Bei den Felchen und den Eglis sind die Maschenweiten eher grössenselektiv als zum Beispiel für Seeforellen und Seesaiblinge. Anhand der standardisierten Fänge kann für jede Fischart und für jede Maschenweite die Verteilung und somit die Selektivität bestimmt werden (Abbildung 4-23). Welche Fischlängen durch die im Walensee erlaubten Maschenweiten gefangen werden ist in Abbildung 4-24 dargestellt.

4.4.3 Längenverteilung

Normale Populationsstrukturen

Die Längenverteilungen (Abbildung 4-24) der häufigsten Arten lassen keine größeren Ungereimtheiten erkennen. Bei den Coregoniden scheinen wenige Jungfische vorhanden zu sein. Dies ist vermutlich auf die schlechte Fangwahrscheinlichkeit der jungen Felchen zurückzuführen. Auffallend ist auch wie selten Grossfelchen im Vergleich zu den Kleinfelchen im See sind. Schliesslich zeigen unsere Daten, dass bei den Felchen und bei den Seesaiblingen ein Grossteil der Population anhand der erlaubten Maschenweiten kaum befischt werden kann (Abbildung 4-24).

4.4.4 Vergleich der Fänge mit anderen Seen

Ein typischer Felchensee

Im Vergleich mit anderen Schweizer Seen und aufgrund der für die Netzfläche und die Verfügbarkeit der Habitat korrigierten Fängen, entspricht der Walensee heute einem typischen Felchensee und ähnelt in der Fischartenzusammensetzung dem ebenfalls sehr wenig produktiven Brienersee. Historische Dokumente weisen darauf hin, dass vor der Konstruktion des Escher Kanals die Artenzusammensetzung unterschiedlich war, mit mehr Cypriniden und einer höheren Produktivität (Steinmann 1950; Steinmüller 1827).

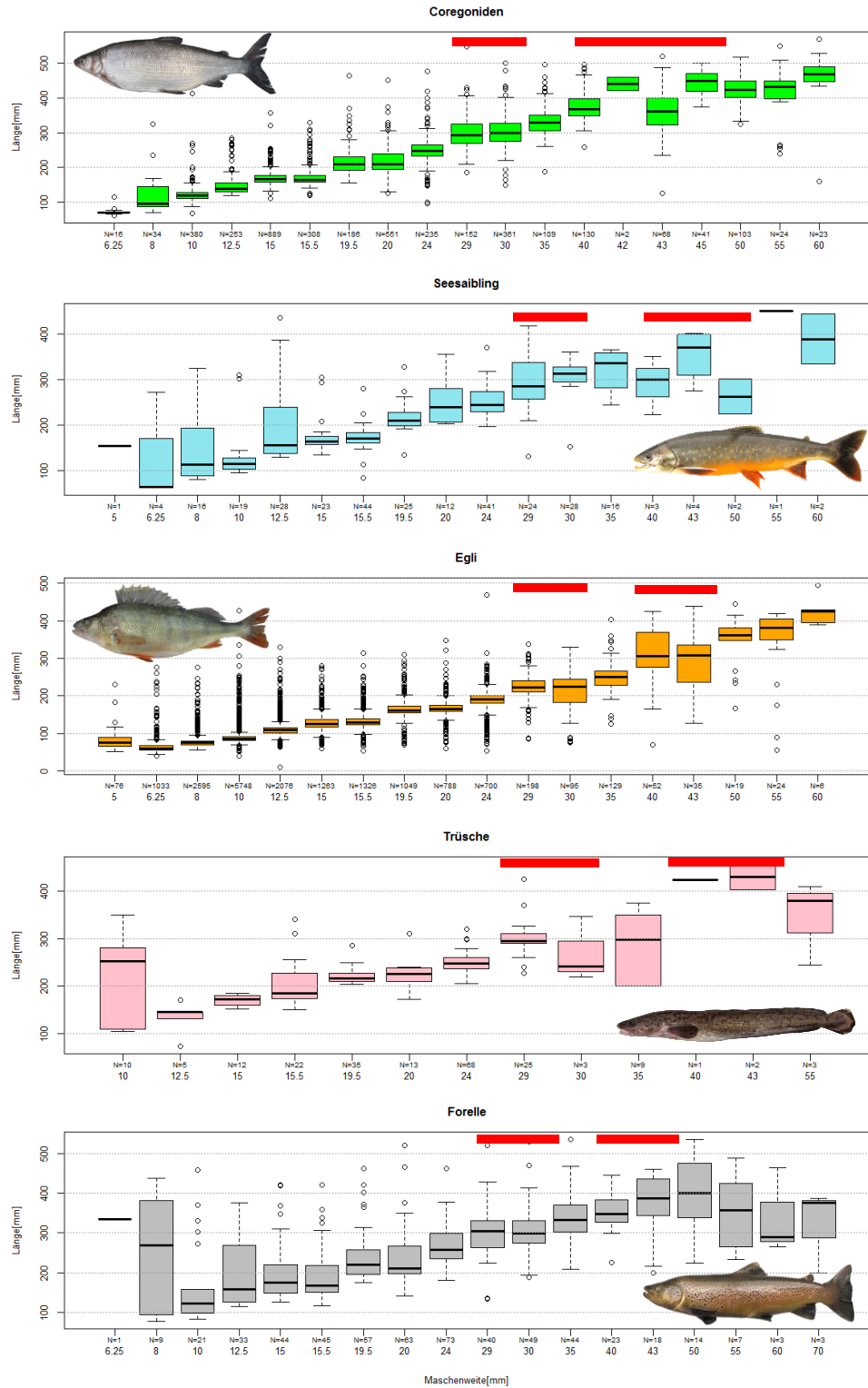


Abbildung 4-23. Längenselektivität der Netzmaschen (Alle Fänge "Projet Lac" 2010-2013).

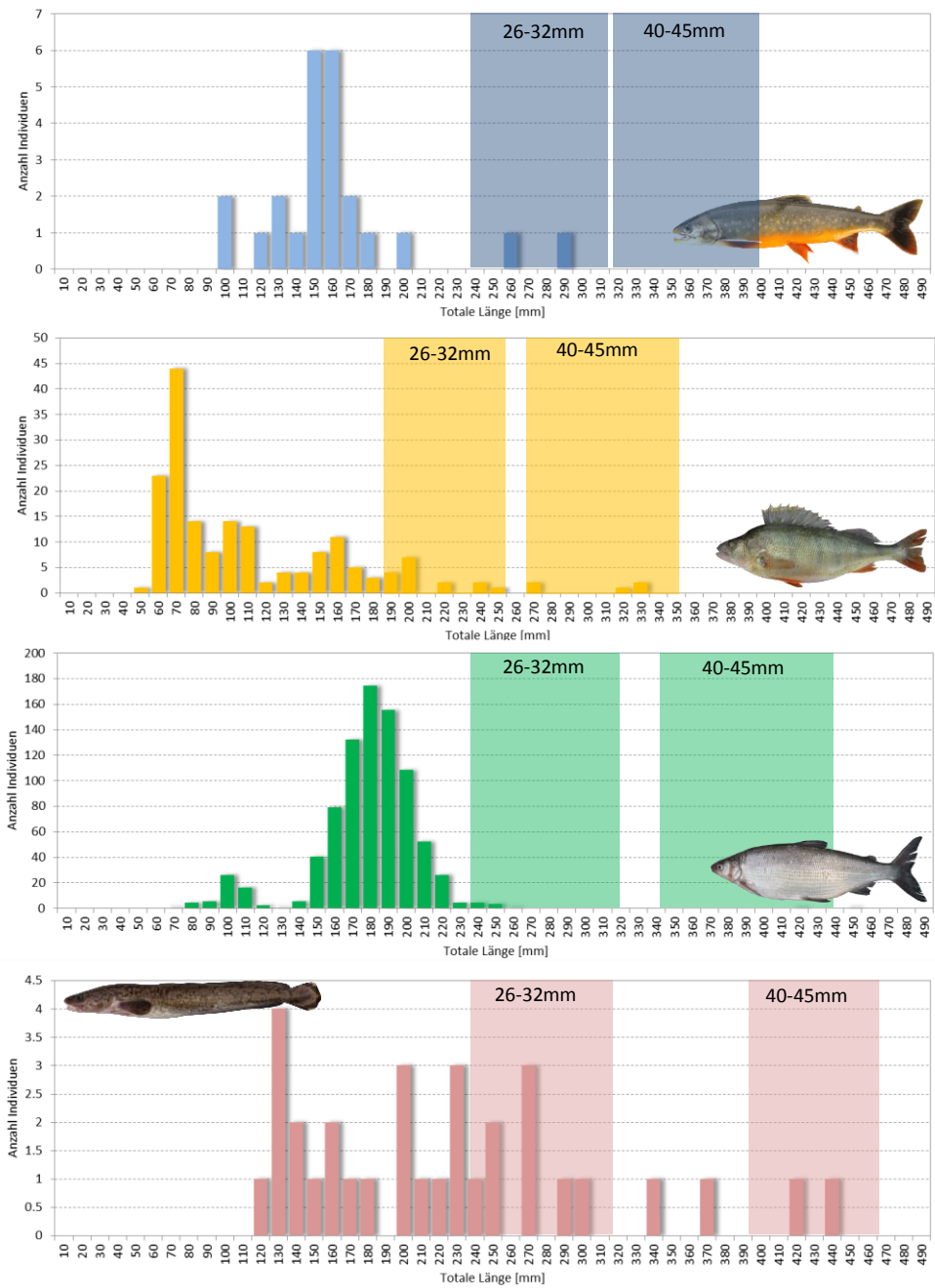


Abbildung 4-24. Längenverteilung der Coregoniden, Flussbarsche und Seesaiblinge der "Projet Lac" Fänge.

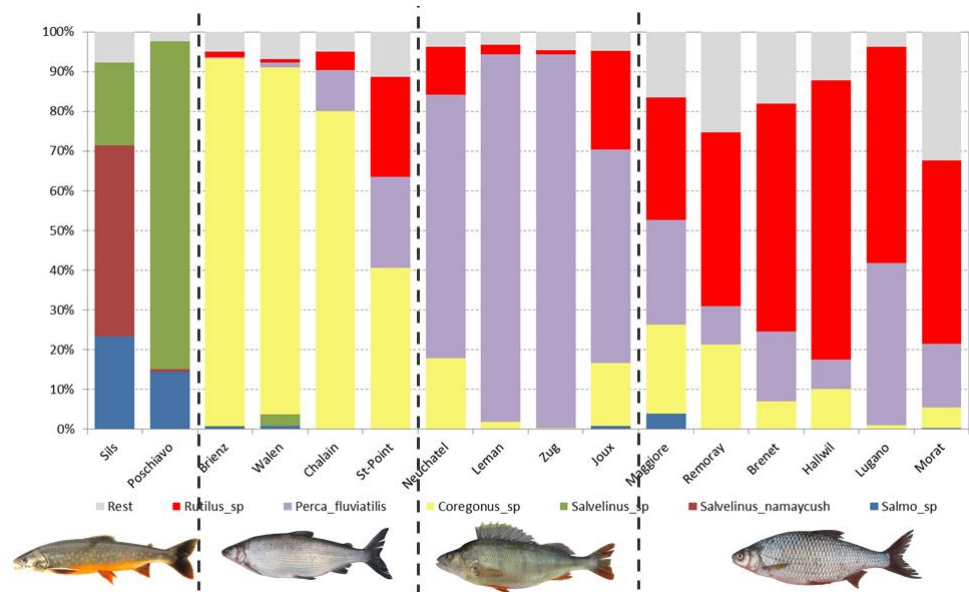


Abbildung 4-25. Vergleich der für den Aufwand und für die Fläche korrigierten Fänge in den verschiedenen Seen. Repräsentiert sind die Fänge der Vertikalnetze.

4.4.5 Relation Felchenfänge und Phosphorgehalt

Zusammenhang Phosphor und Fänge

Der Vergleich der gemessenen Phosphorkonzentrationen des Wassers mit den standardisierten Fängen zeigt, dass die Anzahl Felchen mit zunehmendem Phosphor in den Seen abnimmt. Die Biomasse hingegen nimmt zuerst tendenziell etwas mit dem Phosphorgehalt zu, bevor sie in den eutrophen Seen wieder abnimmt.

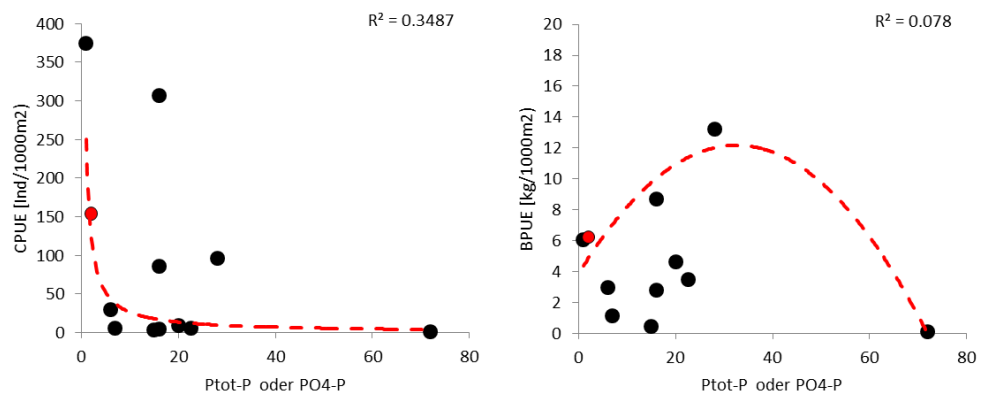


Abbildung 4-26. Zusammenhang zwischen Phosphorgehalt der Seen und dem für den Aufwand korrigierten Felchenfang in den CEN Pelagialnetzen des „Projet Lac“ als Anzahl Individuen (links) und als Biomasse (rechts). Als roter Punkt wird der Walensee hervorgehoben.

5 Synthese

5.1 Ökologische Bewertung des Walensees

5.1.1 Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers

Geringe Produktivität

Der Walensee ist insgesamt ein nährstoffarmer und zum Teil auch trüber See. Diese Kombination führt dazu, dass die Produktivität des Walensees im Vergleich mit anderen Schweizer Seen gering ausfällt. Trotzdem war auch der Walensee in den letzten Jahrzehnten der erhöhten Nährstoffbelastung ausgesetzt. Die organische Belastung und dabei insbesondere die Phosphorkonzentration des Sees hat danach wieder abgenommen und liegt heute im tiefen Bereich.

Gewisse historische Dokumente lassen darauf schliessen, dass sich der physikalische und chemische Zustand des Sees nach dem Bau des Escher Kanals und mit den damit einhergegangenen Zufluss von Gletscherwasser, stark verändert hat. Insbesondere die Trübung des Wassers wird dabei angesprochen (Steinmann 1950; Steinmüller 1827).

5.1.2 Habitatdefizite

Hoher Anteil an naturbelassenem Ufer

Insgesamt bestätigen unsere Resultate, dass natürliche und gut strukturierte litorale Habitate nicht nur in Fliessgewässern für die Fischfauna wichtig sind, sondern auch in Seen (Vadeboncoeur *et al.* 2011). Genau diese attraktiven Habitate sind im Walensee mehr oder weniger gut erhalten. Der Anteil an natürlichen Uferstrukturen ist im See relativ hoch. Nichts desto trotz sind verschiedene Abschnitte hart verbaut oder mit Blockwürfen gesichert. Positiv zu erwähnen ist die Tatsache, dass im See keine Kiesgewinnung mehr stattfindet.

5.1.3 Artenvielfalt

Walensee ist ein Felchensee

15 Fischarten wurden im Rahmen dieses Projektes im Walensee gefangen, wobei keine invasiven Arten festgestellt werden konnten. Die Fänge werden im Pelagial durch die Coregoniden und im Litoral durch Egli, Hasel, Rotaugen, und Elritze dominiert. Die Fischartenzusammensetzung im Walensee entspricht somit derjenigen eines typischen Felchensees.

Bei den Coregoniden können heute genetisch und morphologisch noch zwei Arten unterschieden werden, der Grunder oder Felchen und das Albeli. Die Albeli erreichen dabei eine maximale Grösse von knapp über 25cm, was in etwa der Grösse entspricht, die schon im 17-18. Jahrhundert beobachtet wurde (Steinmann 1950) und der Grösse, die wir bei den Probenahmen von 2005 festgestellt haben. Der sogenannte Blalig, konnte in den letzten Jahren nicht mehr beobachtet werden. Die Fänge zeigen auch, dass der hohe Sauerstoffgehalt des Was-

sers bis in die tiefsten Regionen des Sees es den Coregonen erlaubt, diese tiefen Habitats auch zu nutzen. So konnten laichreife Coregonen bis zur maximalen Tiefe des Sees gefangen werden.

Hohe Vielfalt bei den Seesaiblingen

Hervorzuheben ist bei der Artenvielfalt auch die Vielfalt der Seesaiblinge. Carmela Doenz, die im Rahmen Ihrer Diplomarbeit die Vielfalt der Seesaiblinge in verschiedenen Seen untersucht hat, konnte im Walensee drei morphologisch unterscheidbare Ökotypen feststellen, die sich auch in ihrer Ökologie unterscheiden. Inwiefern es sich dabei um unterschiedliche Arten handelt muss genetisch noch überprüft werden. Nichtsdestotrotz ist die Entdeckung der Tiefseeseesaiblinge sehr erfreulich. Insbesondere da bekannt ist, dass ähnliche Arten, die früher im Bodensee oder im Neuenburgersee vorkamen, heute ausgestorben sind.

Ein zu erwartendes Artenspektrum im Walensee

Insgesamt zeigen diese Resultate ein von einem nährstoffarmen, kühlen, mineralisch bedingt eher trüben, grossen und tiefen Voralpensee zu erwartendes Artenspektrum. Der Walensee ist heute im Vergleich mit anderen Schweizer Seen ein wenig produktiver See, was sich auch in unseren standardisierten Abfischungen gezeigt hat. Es ist nicht ganz klar, ob dieser wenig produktive Zustand auch dem natürlichen Zustand entspricht, da vor dem Bau des Escher Kanals gewisse Cyprinidenarten häufig gewesen sein sollen, die heute eher selten sind. Dem gegenüber steht die Aussage, dass die Albeli schon früher meistens nur ca. 25cm Länge erreichten (Steinmann 1950; Steinmüller 1827), was eher auf eine geringe Produktivität hinweist.

5.2 Fischereiliche Nutzung

Im Laufe der Jahre haben sich die Fänge der Berufsfischer stark verändert. Während der Jahre mit hoher Nährstoffbelastung stiegen insbesondere die Albeli-, Seesaibling- und Cyprinidenfänge der Fischer stark an. Heute sind die Fänge seit mehreren Jahre stabil auf einem ähnlichen Niveau wie vor der Nährstoffbelastung. Dabei machen die Grunder/Felchen den Grossteil des Fanges der Fischer aus.

Im Gegensatz dazu, konnten wir mit den standardisierten Fängen feststellen, dass Albeli viel häufiger im See vorkommen als der Grunder. Die Abnahme der Albelifänge muss somit entweder auf einen Rückgang des Wachstums, oder auf eine verminderte Befischungsintensität zurückzuführen sein. Auffallend war auch, dass wir im Vergleich mit anderen Seen im Walensee sehr viele Seesaiblinge gefangen haben. Die Daten zur Selektivität der Kiemennetze zeigen, dass sowohl die Albeli als auch die Seesaiblinge mit 26mm-Netzen nur wenig effizient gefangen werden können, da ein Grossteil der Population zu klein ist und durch die Maschen schwimmt. Aufgrund der Selektivität der Maschenweiten und der Grössenverteilung, die wir beobachtet haben, erscheint für Felchen eine Maschenweite von 20-24mm ideal zu sein, um einen höheren Albeliertrag zu ermöglichen. Dabei würden Albeli mit einem Alter von 3-6 Jahren gefangen. Die Nachhaltigkeit der

Fischerei würde somit nicht tangiert. Um die in der Tiefe lebenden kleinen Seesaiblinge zu fangen, müssten sogar 15-20mm kleine Netze verwendet werden. Inwiefern die Fischerei auf kleine Fischarten wirtschaftlich überhaupt sinnvoll angewiesen ist können wir jedoch nicht beurteilen.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ein einzigartiges Ökosystem?

Wenig produktive Seen wie dies der Walensee zweifelsohne ist, die durch die Verschmutzungen des letzten Jahrhunderts nicht grundlegend verändert wurden, sind einzigartige und seltene Ökosysteme im Alpenraum. Aufgrund von historischen Hinweisen muss jedoch davon ausgegangen werden, dass der Bau des Escher Kanals sich massiv auf die Limnologie des Sees ausgewirkt hat. Aufgrund der heute zur Verfügung stehenden historischen Daten, ist es allerdings schwierig abzuschätzen, inwiefern und wie stark sich die Fischartenzusammensetzung verändert hat.

Gut erhaltene Morphologie

Der Walensee ist durch eine relativ gut erhaltenen Ufermorphologie, und einer guten Wasserqualität charakterisiert. Diese Eigenschaften stellen für die typischen Fischarten eines Felchensees eine gute Lebensgrundlage dar. Unsere Resultate zeigen, dass natürliche Flachwasserbereiche mit Kies und Kiesel ebenso wie Zuflüsse für die Fische attraktive Habitate darstellen. Die Renaturierung solcher Habitate sollte demzufolge, thematisiert werden, insbesondere in der Nähe von Ortschaften und von Strassen.

Fischereiliche Nutzung

Schliesslich zeigen die Resultate des „Projet Lac“, dass der Walensee im Vergleich mit anderen alpinen Seen ein wenig produktiver See ist. Die eher kleinen Albeli sind zwar sehr häufig, werden aber kaum fischereilich genutzt. Eine gewisse Ertragssteigerung bei den Albeli, und sekundär bei den Seesaiblingen, durch den Einsatz von kleineren Maschenweiten scheint möglich zu sein, ohne die nachhaltige Entwicklung dieser Arten längerfristig zu gefährden. Im Gegenteil, der starke Befischungsdruck auf die selteneren Grossfelchen könnte dadurch reduziert werden.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1. Illustration der verschiedenen Protokolle der Fischprobenahme (Zeichnung © M. Goguilly).....	6
Abbildung 4-1. Temperaturprofile vom Walensee von 2008-2013. Daten: Wasserversorgung,	7
Abbildung 4-2. Sauerstoffprofile vom Walensee von 2008-2013. Daten: Wasserversorgung, Stadt Zürich.	8
Abbildung 4-3. Entwicklung des Gesamtphosphorgehaltes des Wassers im Walensee von 1970 bis 2011. Daten: Bundesamt für Umwelt (Bafu).....	8
Abbildung 4-4. Entwicklung der Secchitiefe von 2008 bis 2013. Daten: Wasserversorgung, Stadt Zürich.	9
Abbildung 4-5. Ausschnitt der Kartierung der litoralen Habitats des Walensees.	9
Abbildung 4-6. Relative Häufigkeit der verschiedenen litoralen Habitats im Walensee.	10
Abbildung 4-7. Kartierung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferzonen im Walensee (Luftaufnahmen © Swisstopo).	10
Abbildung 4-8. Karte der Befischungsstandorte im Walensee (Luftaufnahmen © Swisstopo).	11
Abbildung 4-9. Grafische Darstellung der im Rahmen vom "Projet Lac" gefangenen Fische im Walensee.	12
Abbildung 4-10. Die Anzahl (oben) und die Biomasse (unten) der gefangenen Fische im Walensee korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit. Die Y-Achse ist in logarithmischer Skala dargestellt, um die Differenzen ersichtlich darzustellen.....	12
Abbildung 4-11. Verschiedene Saiblingsmorphen im Walensee (Arbeit von Carmela Doenz).	15
Abbildung 4-12. Die heutigen zwei Felchenarten des Walensees (oben Albeli <i>Coregonus heglungus</i> , unten der Felchen (oder Grunder) <i>Coregonus duplex</i>).	15
Abbildung 4-13. Genetische Zuweisung der Felchen in zwei Gruppen im Vergleich mit der Anzahl Kiemenreusendornen (Daten 2004-2006 (Vonlanthen 2009)).	16
Abbildung 4-14. Wachstum der Coregonen im Walensee (Daten 2005 + 2012). Rot und blau schattiert sind die 95% Konfidenzintervalle.....	16
Abbildung 4-15. Morphologische Differenzierung zwischen den Felchen und den Albeli im Walensee (Daten 2004-2006).	16
Abbildung 4-16. 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.	17
Abbildung 4-17. Nutzung der pelagischen und benthischen Habitats durch die verschiedenen Fischarten.	18
Abbildung 4-18. Die Anzahl der gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche (CPUE) dargestellt für die Tiefe. Die schwarz gestrichelte Linie entspricht einem wandernden Mittelwert von jeweils 7m Tiefe.	19
Abbildung 4-19. Anzahl für den Aufwand korrigierte Fische, die bei den verschiedenen Habitats gefangen wurden.	19
Abbildung 4-20. Coregonen-, Flussbarsch- und Seesaiblingsfänge im Walensee (alle Protokolle).	20
Abbildung 4-21. Entwicklung der Angel- und Berufsfischerfänge im Walensee von 1933-2011 (Daten + Grafik Amt für Jagd und Fischerei St. Gallen).....	21
Abbildung 4-22. Verteilung der Angel- und Berufsfischerfänge von 2011 auf die verschiedenen Fischarten (Daten + Grafik Amt für Jagd und Fischerei St. Gallen).....	21
Abbildung 4-23. Längenselektivität der Netzmaschen (Alle Fänge "Projet Lac" 2010-2013).....	23
Abbildung 4-24. Längenverteilung der Coregoniden, Flussbarsche und Seesaiblings der "Projet Lac" Fänge.....	24
Abbildung 4-25. Vergleich der für den Aufwand und für die Fläche korrigierten Fänge in den verschiedenen Seen. Repräsentiert sind die Fänge der Vertikalnetze.....	25
Abbildung 4-26. Zusammenhang zwischen Phosphorgehalt der Seen und dem für den Aufwand korrigierten Felchenfang in den CEN Pelagialnetzen des „Projet Lac“ als Anzahl Individuen (links) und als Biomasse (rechts). Als roter Punkt wird der Walensee hervorgehoben.	25

8 Literaturverzeichnis

- Appelberg M (2000) Using fish to assess environmental disturbance of Swedish lakes and streams - a preliminary approach. *Fiskeriverket information* **1**, 1-28.
- 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.
- Fujimori Y, Tokai T (2001) Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. *Fisheries Science* **67**, 644-654.
- Karr JR (1981) Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* **6**, 21-27.
- Regier HA, Robson DS (1966) Selectivity of Gill Nets Especially to Lake Whitefish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **23**, 423-&.
- Rieder J (2014) *Ecological Genomics of Roach (Rutilus rutilus) Across Swiss Alpine Lakes*, Universität Bern.
- Steinmann P (1950) Monographie der schweizerischen Koregonen. Beitrag zum Problem der Entstehung neuer Arten. Spezieller Teil. *Schweizer Zeitschrift für Hydrobiologie* **12**, 340-491.
- Steinmüller JR (1827) *Neue Alpina - Eine Schrift der schweizerischen Naturgeschichte, Alpen- und Landwirtschaft*. in de Steinerischen Buchhandlung, Winterthur.
- Vadeboncoeur Y, McIntyre PB, Vander Zanden MJ (2011) Borders of Biodiversity: Life at the Edge of the World's Large Lakes. *Bioscience* **61**, 526-537.
- Vonlanthen P (2009) *On speciation and its reversal in adaptive radiations - The central European whitefish system*, Universität Bern.
- Vonlanthen P, Bittner D, Hudson AG, et al. (2012) Eutrophication causes speciation reversal in whitefish adaptive radiations. *Nature* **482**, 357-362.
- Vonlanthen P, Périat G (2012) Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Brienersee, p. 40. Eawag, Kastanienbaum.

9 Anhang

9.1 Übersicht Fänge: CPUE der gefangenen Fische

Tabelle 9-1. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der gefangenen Individuen für die verschiedenen Fangarten, korrigiert für den Fangaufwand (Anzahl Individuen pro 1000m² Netzfläche oder Elektrofischfangfläche).

Fischart		CPUE (Anzahl Individuen/1000m ²)					BPUE (kg/1000m ²)				
		CEN	CEN	Elec.	Vertikal	Vertikal	CEN	CEN	Elec.	Vertikal	Vertikal
Deutsch	Lateinisch	benthisch	pelagisch		benthisch	pelagisch	benthisch	pelagisch	benthisch	pelagisch	
Coregoniden	<i>Coregonus sp</i>	10.97	79.29	-	0.71	37.1	0.59	3.33	-	0.02	1.67
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	34.84	2.53	15.85	3.54	0.87	1.10	0.05	0.24	0.12	0.03
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	1.65	2.53	-	-	3.07	0.01	0.10	-	-	0.13
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	10.15	-	0.69	12.02	0.23	1.09	-	0.06	1.24	0.01
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	4.94	-	19.3	-	0.29	0.02	-	0.07	-	0.00
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	-	-	30.32	2.12	-	-	-	0.06	0.02	-
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	6.04	0.51	-	1.41	0.46	0.86	0.18	-	0.42	0.05
Trüsche	<i>Lota lota</i>	3.84	-	11.03	-	0.12	0.70	-	0.73	-	0.01
Forelle	<i>Salmo trutta</i>	-	0.51	16.54	-	0.23	-	0.79	0.70	-	0.28
Seesaibling	<i>Salvelinus sp</i>	0.55	-	-	-	1.28	0.04	-	-	-	0.04
Hecht	<i>Esox lucius</i>	0.55	-	5.51	-	0.06	0.13	-	0.14	-	0.08
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	1.1	-	2.76	0.71	-	0.03	-	0.00	0.19	-
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	0.55	-	-	2.12	0.12	0.42	-	-	3.18	0.14
Bartgrundel	<i>Barbatula barbatula</i>	0.55	-	0.69	-	-	0.00	-	0.00	-	-
Total		75.73	85.37	102.69	22.63	43.83	4.99	4.45	2	5.19	2.44

9.2 Resultate der Permutationen

Tabelle 9-2. Zusammenstellung der Konfidenzintervallschätzung für die Fänge mit den CEN Netzen. 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%).

Fischart		Anzahl Fische				
Deutsch	Lateinisch	Min.	Mittel	Max.	0.05	0.95
Coregoniden	<i>Coregonus sp</i>	47	198	447	105	307
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	74	132	199	99	166
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	9	37	74	23	52
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	2	23	60	9	40
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	7	18	31	11	25
Trüsche	<i>Lota lota</i>	3	14	31	8	21
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	2	11	27	4	19
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	0	4	16	0	9
Bartgrundel	<i>Barbatula barbatula</i>	0	2	7	0	4
Seesaibling	<i>Salvelinus sp</i>	0	2	6	0	4
Hecht	<i>Esox lucius</i>	0	2	7	0	4
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	0	2	8	0	6
Forelle	<i>Salmo trutta</i>	0	1	5	0	3
Total Anzahl		144	434	869	259	630