



STANDARDISIERTE BEFISCHUNG SARNERSEE

Resultate der Erhebungen vom September 2017



Impressum

Auftraggeber

Amt für Landwirtschaft und Umwelt
Abteilung Umwelt
St. Antonistrasse 4
Postfach 1661
6061 Sarnen

Auftragnehmer

Aquabios GmbH
Les Fermes 57
CH-1792 Cordast
Tel: +41 (0)78 835 73 71
<http://www.aquabios.ch>



In Zusammenarbeit mit: Teleos Sàrl, RAF Design GmbH, ECQUA GmbH, Polli Natur + Dienste, Fédération de pêche du Doubs (F).

Autoren

Pascal Vonlanthen: p.vonlanthen@aquabios.ch
Guy Périat: periat@teleos.info

Zitiervorschlag: Vonlanthen, P., Périat, G., 2018. Standardisierte Befischung Sarnersee – Resultate der Erhebungen vom September 2017. Aquabios GmbH. Auftraggeber: Kanton Obwalden, Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Abteilung Umwelt.

Foto Titelseite: Sonnenaufgang am Sarnersee.

Verdankungen

Wir bedanken uns beim Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Abteilung Umwelt des Kantons Obwalden für den Auftrag. Bei Armin Von Deschwanden, Jonathan Paris, Hervé Décourcière, Daniel Schlunke, Timon Polli, Thomas Kreienbühl, Stéphane Ecuier, Théo-Paul Hans und allen lokalen Fischern für die tatkräftige Mitarbeit bei den Feldarbeiten. Tim Alexander, Ole Seehausen und Ihr Team von der EAWAG für die zur Verfügung Stellung des Bootes und die Mithilfe bei der Feldarbeit. Herr Dr. Verner Nielsen für die zur Verfügung Stellung der Wassertemperaturdaten. Prof. Dr. Jean-François Rubin für die Altersbestimmung des Seesaiblings. Jennifer Vonlanthen-Heuck für die kritische Durchsicht des Dokumentes.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUSGANGSLAGE	5
2.1	NOTWENDIGKEIT VON STANDARDISIERTEN AUFNAHMEN DER FISCHE	5
2.2	FISCHE ALS INDIKATOREN FÜR DEN ZUSTAND EINES SEES	5
2.3	ZIELSETZUNG DER STANDARDISIERTEN BEFISCHUNG DES SARNERSEES	6
2.4	DER SARNERSEE	6
3	METHODEN	7
3.1	HABITATKARTIERUNG	7
3.2	BEFISCHUNG	8
3.3	DATENERFASSUNG UND SAMMLUNG VON PROBEN	10
3.4	ZUSÄTZLICH EINBEZOGENE DATEN	12
4	RESULTATE	13
4.1	PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE DATEN	13
4.2	HABITATKARTIERUNG	15
4.3	STANDARDISIERTE ABFISCHUNG	18
4.4	FISCHEREILICHE ASPEKTE	29
4.5	VERGLEICHE MIT ANDEREN SEEN	31
5	SYNTHESE	33
5.1	ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG DES SARNERSEES	33
5.2	FISCHEREILICHE NUTZUNG	35
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	36
7	LITERATURVERZEICHNIS	37
8	ANHANG	38
8.1	TIEFEVERTEILUNG DER FÄNGE	38
8.2	GEOGRAFISCHE VERTEILUNG	45
8.3	LÄNGENSELEKTIVITÄT VON MASCHENWEITEN	47

1 Zusammenfassung

In den schweizerischen Voralpenseen leben überdurchschnittliche viele endemische Fischarten, für welche die Schweiz eine ganz besondere Verantwortung trägt. Um ein Ökosystem mit den darin lebenden Organismen schützen und erhalten zu können, muss dessen Zustand bekannt sein. Erst seit dem Jahr 2010 wurden mit dem Forschungsprojekt „Projet Lac“ in den grossen und tieferen Alpenrandseen umfassende und standardisierte Aufnahmen des Fischbestands durchgeführt. Dabei kamen auch teils überraschende Erkenntnisse an den Tag. So wurden z.B. bisher nicht bekannte Arten entdeckt. Zudem kann die Entwicklung des Fischbestands in einem See über die Zeit mit Daten aus standardisierten Befischungen detaillierter und genauer verfolgt werden. Der vorliegende Bericht umfasst sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Sarnersee vom 11. bis zum 15. September 2017 durchgeführt wurden.

Der limnologische Zustand des Sees kann trotz den leichten Sauerstoffdefiziten als naturnah und gut funktionierend bezeichnet werden. Die Uferhabitate im Wasser sind vielfältig und für Fische attraktiv. Die Uferlinie ist jedoch stark verbaut und vielerorts naturfremd. Die für Fische besonders wichtigen Flussdeltas sind oft verbaut und drei Zuflüsse werden gar für die Kiesgewinnung genutzt, was ihren ökologischen Wert stark mindert.

Die Fischartenzusammensetzung im Sarnersee kann heute als naturnah bezeichnet werden. Dies obwohl einige standortfremde Arten (z.B. Seesaibling und Kaulbarsch) im See vorkommen. Die Resultate zeigen, dass die Fische im Herbst alle Bereiche des Sees besiedeln, so auch die maximale Tiefe (mit der Ausnahme der Groppe). Die Längenzusammensetzung der Fänge zeigen natürliche Altersstrukturen auf, wie sie in Netzfängen zu erwarten sind. Im See funktioniert also die natürliche Rekrutierung. Ein zusätzlicher Besatz scheint demzufolge für keine Fischart notwendig oder sinnvoll zu sein.

Die Angler fischen gezielt auf Seeforellen, Hecht, Felchen, Zander und Flussbarsche. Die Fischerei des

Sarnersees ist somit stark abhängig von der Entwicklung dieser Fischarten. In den letzten Jahren sind die Fänge der Angelfischer relativ stabil geblieben. Im Vergleich mit anderen Seen ist der Sarnersee ein für die Fischerei wenig ertragreicher See. Er weist aber einen guten Hecht- und Flussbarschbestand auf, der für die Fischerei attraktiv ist.

Der Sarnersee ist ein Beispiel für einen oligotrophen See, der im Verlauf des letzten Jahrhunderts durch die Eutrophierung nur wenig beeinträchtigt wurde. Dabei ist die natürliche Fischartenvielfalt im See weitgehend erhalten geblieben. Diesen Zustand gilt es zu erhalten. Die gewässerschützerischen Anstrengungen sollen fortgeführt werden, damit die Defizite im Sauerstoffgehalt in der Tiefe und bei der Ufermorphologie behoben werden können.

Bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung sollte darauf geachtet werden, dass biologische Hotspots in Seen, die sich u.a. bei Zu- und Ausflüssen befinden, prioritär revitalisiert werden. Auch andere Eingriffe wie Kiesentnahmen bei Gewässerdeltas sollten aus ökologischer Sicht eingestellt werden. Eine natürliche Dynamik der Seespiegelschwankungen sollte auch in Zukunft zugelassen werden, damit vielfältige Uferhabitate erhalten bleiben.

2 Ausgangslage

2.1 Notwendigkeit von standardisierten Aufnahmen der Fische

In den schweizerischen Voralpenseen leben überdurchschnittlich viele endemische Fischarten [1, 2], für welche die Schweiz eine ganz besondere Verantwortung trägt. Gemäss Zweckartikel des Bundesgesetzes über die Fischerei (Art. 1 Abs. 1 Bst. a, BGF, SR 923.0) soll die natürliche Artenvielfalt und der Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume erhalten, verbessert oder nach Möglichkeit wiederhergestellt werden. Die Kantone sind dabei gemäss Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF, SR 923.01) verpflichtet, die Gewässerabschnitte auf ihrem Gebiet zu bezeichnen, in denen Fische und Krebse mit dem Gefährdungsstatus 1-3 leben (Art. 10 Abs. 1 VBGF).

Um ein Ökosystem mit den darin lebenden Organismen schützen und erhalten zu können, muss der Zustand bekannt sein. Erst seit dem Jahr 2010 wurden

mit dem Forschungsprojekt „Projet Lac“ in den grossen und tieferen Alpenrandseen umfassende und standardisierte Aufnahmen des Fischbestands durchgeführt. Bis dahin beruhte das Wissen hauptsächlich nur auf Erfahrungen der Behörden und der Fischer, Einzelbeobachtungen, gezielten Monitorings (z.B. Felchenmonitorings) und artspezifischen wissenschaftlichen Studien.

Die Resultate des „Projet Lac“ ergänzten dieses Wissen. Dabei kamen auch teils überraschende Erkenntnisse an den Tag. So wurden z.B. bisher nicht bekannte Arten entdeckt. Die standardisierten Aufnahmen lieferten auch neue Erkenntnisse bezüglich Habitatnutzung, absoluten bzw. relativen Häufigkeiten und Längenzusammensetzung der einzelnen Fischarten. Zudem kann die Entwicklung des Fischbestands in einem See über die Zeit mit Daten aus dem „Projet Lac“ detaillierter und genauer verfolgt werden.

2.2 Fische als Indikatoren für den Zustand eines Sees

Die Artenzusammensetzung der Fischgemeinschaft eines Gewässers stellt einen hervorragenden Indikator für den Status eines Ökosystems dar [3, 4]. 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.
- Verschiedene Fischarten haben unterschiedliche Ansprüche an die Wasserqualität.

- Die Habitatansprüche variieren zwischen den verschiedenen Arten und zwischen den verschiedenen Altersstadien innerhalb einer Art.

Standardisierte und reproduzierbare Aufnahmen wie die des „Projet Lac“ sind notwendig, um Fischgemeinschaften erfolgreich als Bioindikator nutzen zu können. Da sich Fische räumlich bewegen, müssen diese standardisierten Aufnahmen simultan in allen Bereichen des Stillgewässers durchgeführt werden. Dies ist der Grund, weshalb eine standardisierte Befischung der Seen recht aufwendig ist und früher nicht durchgeführt wurde.

2.3 Zielsetzung der standardisierten Befischung des Sarnersees

Die Feldarbeiten des „Projet Lac“ wurden Ende 2014 abgeschlossen. Seit 2017 wird im Rahmen einer BAFU Studie versucht, die Befischungsmethode des „Projet Lac“ zu vereinfachen. Ziel ist es, den Aufwand und die Fischmortalität zu verringern, ohne die Datenqualität zu schmälern. Durch diese methodische Weiterentwicklung ergab sich den Kantonen 2017 die Gelegenheit, bisher nicht untersuchte Seen mit der neuen, leicht angepassten Methode untersuchen zu lassen. Die Zielsetzungen für die Befischung entsprechen denen der Abfischungen nach „Projet Lac“:

- Erhebung der Häufigkeiten der einzelnen Fischarten und der Vielfalt im See.
- Ausarbeitung der ersichtlichen Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren (z.B. Sauerstoffgehalt

im Tiefenwasser, Temperatur, Produktivität) und Artenvielfalt.

- In Zusammenarbeit mit der EAWAG und dem Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde von Bern: Sicherstellung von standardisierten Fotos, DNA-Proben und ganzen Fischen für die Wissenschaft, die in Zukunft als Referenz für den heutigen Zustand verwendet werden können.

Der vorliegende Bericht umfasst sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Sarnersee vom 11. bis zum 15. September 2017 durchgeführt wurden. Der Fokus der Auswertungen wird auf die Artenzusammensetzung und die Habitatnutzung der einzelnen Fischarten gelegt.

2.4 Der Sarnersee

Der Sarnersee nimmt eine Fläche von 7,5 km² ein und liegt im Kanton Obwalden in der Zentralschweiz. Er ist ca. 6 km lang und weist eine mittlere Breite von 1,3 km auf. Der See liegt auf 469 m ü. M. und weist eine maximale Tiefe von 51 m auf. Er liegt in einem von Gletschern ausgeschliffenen Tal. Nach der letzten Eiszeit war der Sarnersee Teil des heutigen Vierwaldstättersees. Er bildete den hintersten Abschnitt der Alpnacher Bucht. Im Lauf der Zeit führte das Geschiebe der Grossen Schliere, der Kleinen Schliere und der Grossen Melchaa zu einer Abschnürung und nachfolgenden Aufstauung des Sarnersees. Heute liegt der Seespiegel des Sarnersees 35 m über dem des Vierwaldstättersees [5].

Der südliche Zufluss des Sarnersees ist der 1875 in Giswil erstellte Dreiwässerkanal, der das Wasser der Laui und des Aakanals (Wasserrückgabe Kraftwerknutzung Lungernersee) mit sich führt. Weitere Zuflüsse sind z.B. die Kleine Melchaa, der Steinibach und die Grosse Melchaa, die 1880 bei Sarnen in den

See umgeleitet wurde. Zuvor floss die Grosse Melchaa am Ortsrand von Sarnen entlang und erst nördlich von Sarnen in die Sarneraa. Bei Sarnen am Nordostufer verlässt die Sarneraa den See.



Abbildung 2-1. Der Sarnersee mit seinen Zuflüssen (Grafik © Wikimedia, Tschubby)

3 Methoden

3.1 Habitatkartierung

In einem ersten Schritt der Datenerhebung wurden die fischrelevanten und unter Wasser liegenden Habitate kartiert. Fische verteilen sich nicht zufällig über die verschiedenen Habitattypen, sondern halten sich in gewissen litoralen Habitaten oder Tiefen zu einem gewissen Zeitpunkt im Jahr häufiger auf [6]. Je nach Art können sich die bevorzugten Habitat-Typen unterscheiden. Der Sarnensee wurde daher für die Habitatkartierung in drei Einheiten unterteilt [7]:

- Die litorale Zone (Abbildung 3-1), die im Durchschnitt bis in eine Tiefe von 6 m reicht.
- Die sublitorale Zone (Abbildung 3-1), zu der ebenfalls die benthische Zone gerechnet wird. Sie entspricht „der Halde“ innerhalb eines Sees (6-20 m).
- Die zentrale Zone (Abbildung 3-1), die sich aus pelagialen und profundalen Zonen zusammensetzt (> 20 m).

Die Zonen wurden anhand der Bathymetrie des Sees bestimmt. Die litorale Zone mit einer Tiefe < 3 m wurde von einem Boot aus vor Ort mit Hilfe von Luftaufnahmen in QGIS kartiert (Abbildung 3-2). Die Ufer wurden sobald die Uferlinie durch Blockwürfe, Mauern (Abbildung 3-2) usw. gesichert sind oder eine



hohe Bootsdichte (offene Bootsanlegestellen im See mit sichtbaren baulichen Massnahmen) aufwies als künstlich bezeichnet. Eingezäunte Schilfbestände und Boote, die im freien Wasser an Bojen fixiert waren, wurden als natürliche Ufer eingestuft.

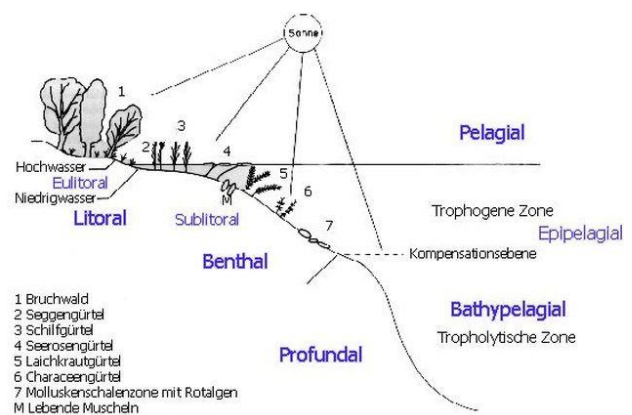


Abbildung 3-1. Limnologische Strukturierung von Seen [8]



Abbildung 3-2. Links: Kartierung der Uferhabitate vor Ort im See. Rechts: Beispiel eines hart verbauten Ufers am Sarnensee.

3.2 Befischung

3.2.1 Pelagische Multimaschen-Kiemennetze (Vertikalnetze)

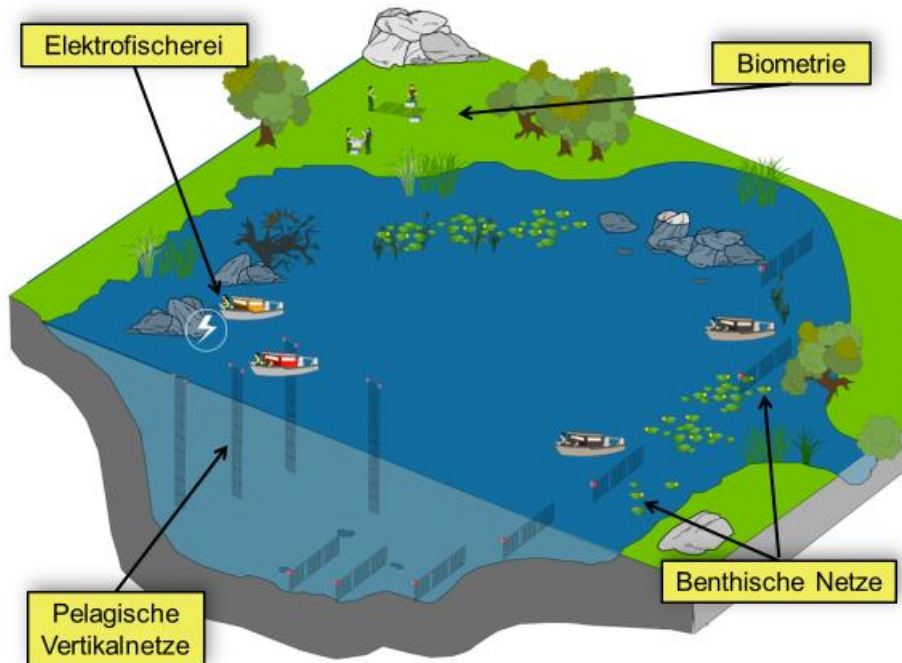


Abbildung 3-3. Oben: schematische Darstellung der durchgeführten Befischungen Unten links: Vertikales Multimaschennetz abgewickelt von einem Schwimmkörper. Darunter fischt das Netz die gesamte Seetiefe vom Seegrund bis zur Oberfläche. Unten rechts: Entnahme der Fische aus einem Vertikalnetz. Dabei wird neben der Art und der Länge auch die Tiefe, in denen die Fische gefangen wurden, erfasst.

Die im Rahmen des „Projet Lac“ eingesetzten vertikalen Kiemennetze haben sich bewährt. Diese Netze fischen jeweils simultan vom Seegrund bis zur Oberfläche. Folgende der CEN-Norm (CEN prEN 14757; im vorliegenden Dokument als CEN-Norm angesprochen) entsprechenden Maschenweiten wurden auf sechs Vertikalnetze verteilt eingesetzt (Breite des

Netzblatts pro Maschenweite in Klammern, die Höhe des Netzes entspricht jeweils der befischten Tiefe und ist variabel):

- **Netz 1:** MW 6.25 mm (0.5 m), MW 8 mm (0.5 m), MW 10 mm (1.0 m)
- **Netz 2:** MW 12.5 mm (1.0 m), MW 15.5 mm (1.0 m)
- **Netz 3:** MW 19.5 mm (1.0 m), MW 24 mm (1.0 m)
- **Netz 4:** MW 29 mm (1.0 m), MW 35 mm (1.0 m)
- **Netz 5:** MW 43 mm (2.0 m)
- **Netz 6:** MW 55 mm (2.0 m)

Alle sechs Vertikalnetze werden jeweils nebeneinander (Netzgruppe) an derselben Stelle im See und in der gleichen Tiefe gesetzt. Um eine mögliche geografische- und tiefenbedingte Variabilität in der Verteilung der Fische im See zu erfassen, wurden mehrere Netzgruppen gesetzt. Die erfolgte in unterschiedlichen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten im

3.2.2 Benthische Multimaschen Kiemennetze

Auch die benthischen Multimaschen Kiemennetze wiesen die von der CEN-Norm geforderten Maschenweiten auf (die Höhe des Netzblatts pro Maschenweite beträgt 1.5m, die Breite des Netzblatts ist in Klammern angegeben): 5 mm (50 cm), 6.25 mm (75 cm), 8 mm (1 m), 10 mm (1 m), 12.5 mm (1.5 m), 15.5 mm (2 m), 19.5 mm (2.5 m), 24 mm (2.5 m), 29 mm (3 m), 35 mm (3.5 m), 43 mm (4 m), 55 mm (5 m). Diese wurden jeweils über Nacht (ca. 14 Stunden) in verschiedenen Tiefen eingesetzt. Die Anzahl benthische Netze, die im Sarnersee pro Tiefenzone gesetzt werden müssen, sind in der CEN-Norm wie folgt definiert:

See. Eine Gruppe von sechs Netzen verbleibt ca. 20-24 Stunden im See, bevor sie wieder gehoben werden. Beim Heben der Netze wird nebst der Fischart und der Fischlänge auch die Fangtiefe jedes Fisches auf einen Meter genau protokolliert (Abbildung 3-3).

Diese Methode wurden im „Projet Lac“ als Vertikalnetz-Methode bezeichnet. Sie wurde an der Universität Besançon ausgearbeitet [6] und durch die EAWAG, dem BAFU und den Büros Aquabios GmbH und Teleos sàrl weiter entwickelt. Für die Standardisierung der Daten (Berechnung von CPUE-Werten, d.h. die Korrektur der Anzahl (NPUE) oder der Biomasse (NPUE) der gefangenen Fische für den getätigten Aufwand (Netzfläche)) wurde die Netzfläche pro Maschenweite herangezogen.

- 0-3m: 10 Netze
- 3-6m: 10 Netze
- 6-12m: 10 Netze
- 12-20m: 10 Netze
- 20-35m: 10 Netze
- 35-50m: 6 Netze

Jedes Netz war individuell markiert. Somit konnte zurückverfolgt werden, in welchem Netz, an welchem Standort, in welcher Tiefe und in welcher Maschenweite ein Fisch gefangen wurde. Die geografische Verteilung der Netze im See erfolgte, wie von der Norm vorgesehen, zufällig [9].

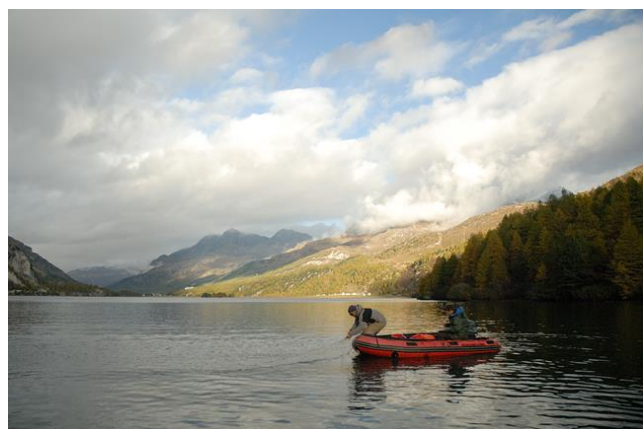


Abbildung 3-4. Heben von benthischen Multimaschennetzen: Links: in Ufernähe (Foto © EAWAG); Rechts: Setzen eines benthischen Netzes (Foto © Mikael Goguilly).

3.2.3 Elektrische Befischung

Gewisse Uferbereiche des Sees mit geringen Wassertiefen (<1m) wurde elektrisch befischt. Dabei wurden alle zuvor bei der Kartierung erfassten Habitate mehrmals befischt. Bei jeder Befischungsaktion

wurde mit einem Durchgang eine kurze habitatspezifische Strecke entweder zu Fuss oder mit dem Boot befischt. Die Länge der befischten Strecke wurde für die Standardisierung der Daten (CPUE) herangezogen.



Abbildung 3-5. Links: Elektrische Befischung von Schilf, die vom Boot aus durchgeführt wurde; Rechts: Befischung von Steinblöcken, die zu Fuss durchgeführt wurde (Foto © Andri Bryner, EAWAG).

3.2.4 Vorteile und Grenzen der Befischungsmethode mit standardisierten Netzen

Ziel der angewandten Befischungsmethode ist es, ein möglichst realitätsnahes und reproduzierbares Abbild des Fischbestands eines Sees zu erfassen. Der Befischungsaufwand und Zeitpunkt wurden so bestimmt, dass die Resultate mit anderen Seen vergleichbar sind (Zeitpunkt August-Oktober, Befischung an mindestens drei Tagen). Anhand dieses standardisierten Ansatzes können CPUE-Werte berechnet werden. Weiter wurden kleine Maschenweiten verwendet und Tiefen untersucht, die durch Berufsfischer nicht befischt werden. Dadurch weichen die Resultate auch von den Fischfangstatistiken ab.

Ein Nachteil ist, dass die Befischung nur einmal in einem Jahr durchgeführt wurde. Da sich das Verhalten der Fische je nach klimatischen Bedingungen und Nahrungsangebot im See ändern kann, können die realen Fischbestände von den erfassten abweichen. Der Befischungsaufwand des CEN-Protokolls ist darauf ausgerichtet, dass Bestandesänderungen von 50% oder mehr der dominanten Fischarten detektiert werden können, trotz den erwähnten Einschränkungen.

3.3 Datenerfassung und Sammlung von Proben

Alle gefangenen Fische wurden sofern möglich auf Artniveau bestimmt, vermessen und gewogen. Ausgewählte Individuen wurden zudem von der EAWAG

fotografiert, eine DNA-Gewebeprobe entnommen und für die Konservierung im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern vorbereitet.



Abbildung 3-6. Ausmaschen der Fische und Vorbereitung der Netze für den nächsten Einsatz am Abend.



Abbildung 3-7. Links: Messtation, die im Feld im Einsatz war. Rechts: Beispiel eines standardisierten Fotos der EAWAG (Foto © Timothy Alexander, EAWAG).



Abbildung 3-8. Links: Präparation eines Fisches für die Museumssammlung. Rechts: Konservierte Fische, die im Naturhistorischen Museum von Bern eingelagert sind (Foto © Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde von Bern).

3.4 Zusätzlich einbezogene Daten

3.4.1 *Fischfangstatistik*

Die Resultate der „Projet Lac“-Fänge wurden mit den Fängen der Angel- und Berufsfischer verglichen. Die Fangstatistiken wurden vom Bundesamt für Umwelt

(BAFU) und vom Amt für Landwirtschaft und Umwelt des Kantons Obwalden zur Verfügung gestellt und für spezifische Auswertungen mit einbezogen.

3.4.2 *Chemische und physikalische Messreihen*

Die verwendeten chemischen (P_{tot} , $\text{PO}_4\text{-P}$, NO_3^-) und physikalischen (Temperatur, Sauerstoff) Messresultate wurden vom Amt für Landwirtschaft und Umwelt des Kantons Obwalden zur Verfügung gestellt.

Zusätzlich wurden private Daten ausgewertet, die freundlicherweise von Herrn Dr. Verner Nielsen zur Verfügung gestellt wurden.

4 Resultate

4.1 Physikalische und chemische Daten

Für den Sarnersee liegen keine kontinuierlichen Messungen der physikalischen und chemischen Parameter vor. Periodisch wurden aber Messungen

durchgeführt. Vertikale Profile wurden in den folgenden Jahren erhoben und für die Auswertungen verwendet: 1972, 1978, 1979, 1980, 1981, 1987, 1994, 1999, 2003, 2007, 2011, 2015.

4.1.1 Temperatur

Messungen der Temperatur in den Sommermonaten (Juli und August) liegen für die Jahre 1972, 1978, 1980, 1987 vor. Rezentere Messungen der maximalen Sommertemperaturen liegen keine vor. Aus diesem Grund wurden für die Auswertungen noch private Messungen von Herrn *Dr. Verner Nielsen* herangezogen. Er misst seit 2011 kontinuierlich in Ufernähe die Oberflächentemperatur. Diese wird von einem Solarsensor mit einer Messsonde in einer Durchschnittstiefe von 40 cm erfasst. Der Sensor ist in einer Bootshütte an einer beschatteten Stelle im Wasser eingelassen.

Die von 1972-1987 vom Kanton maximal gemessene Temperatur liegt bei 21.2°C (17.08.1987). Die 20°C-Marke wird dabei im Sommer an der Seeoberfläche gemessen an der tiefsten Stelle des Sees (also im Pelagial) an manchen Tagen überschritten (Abbildung 4-1). Am Ufer werden im Sommer regelmässig Temperaturen >20°C gemessen (Abbildung 4-2). Je nach Jahr sogar Temperaturen >25°C. Die dabei maximal gemessene Temperatur stammt vom 02.07.2015 und betrug 29.4°C.

Heuscher mass am 2. August im heissen Sommer von 1900 in der Mitte des Sees eine Oberflächentemperatur von 22°C [10]. Der Sarnersee war und ist somit ein eher oberflächenwarmer und mässig tiefer Vor-alpensee.

Zudem zeigen die Resultate der Beprobungen, dass von einer kompletten vertikalen Durchmischung während der Frühlingszirkulation auszugehen ist. Diese Durchmischung der Wasserschichten ist für den See wichtig, weil damit das Oberflächenwasser mit Nährstoffen und die Tiefe mit Sauerstoff versorgt wird.

Heuscher dokumentierte von 1890-1896 in fünf von sechs Jahren Eisbildung auf dem Sarnersee [9]. Danach bildete sich im Verlauf der letzten 120 Jahre nur noch 1947, 1953, 1956, 1963 und 1981 eine geschlossene Eisdecke [11, 12].

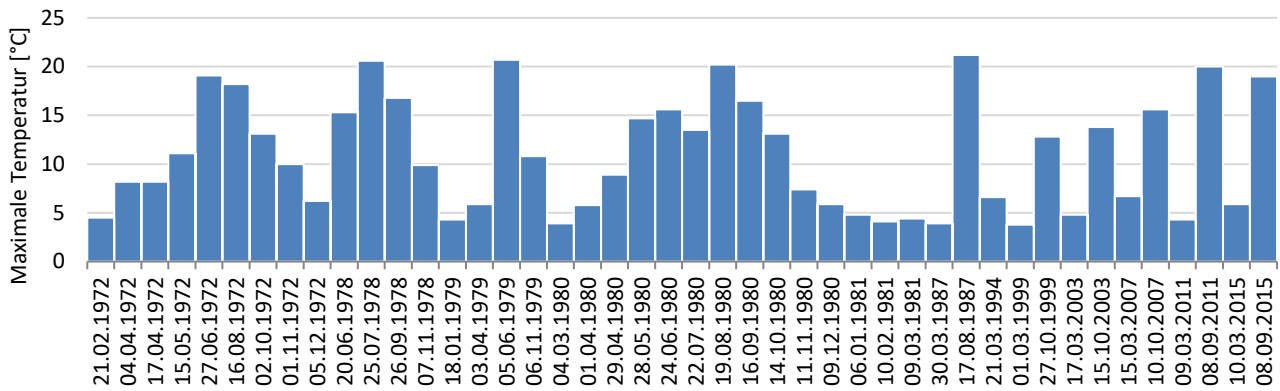


Abbildung 4-1. Maximale im Sarnersee entlang von Tiefenprofilen an der tiefsten Stelle des Sees gemessene Wassertemperatur (°C) (Daten Amt für Landwirtschaft und Umwelt Obwalden).

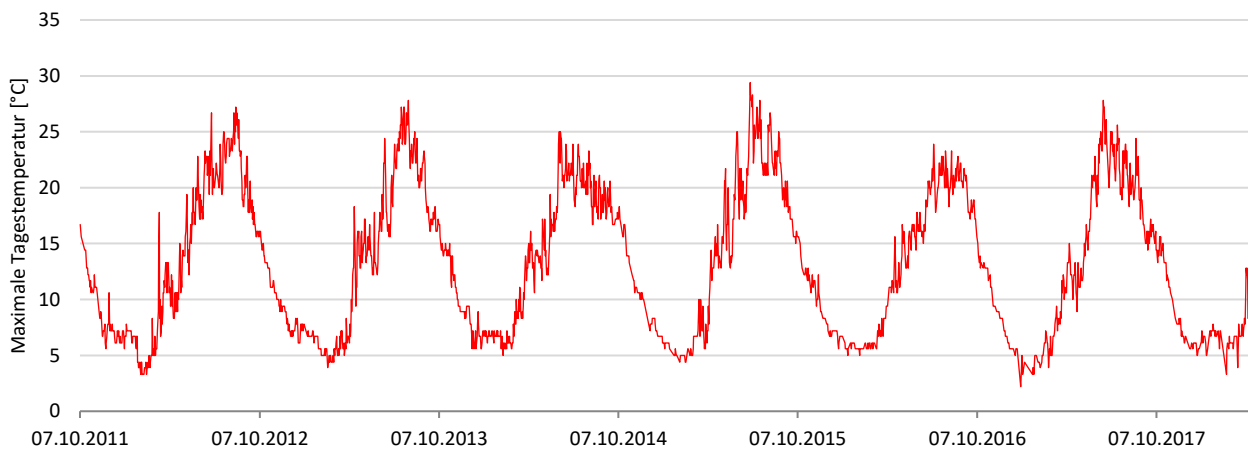


Abbildung 4-2. Messungen der Oberflächentemperatur in Ufernähe an einer schattigen Stelle (Daten: Herr Dr. Verner Nielsen, Sarren).

4.1.2 Sauerstoff

Die Resultate der Sauerstoffmessungen von 1972 bis 2015 (Tabelle 4-1) zeigen seit Messbeginn im Jahr 1972 einen eher wenig ausgeprägten Sauerstoffmangel unterhalb von 45 m Tiefe. Zuletzt wurde im September 2015 ein Wert von 3.3 mg/L O₂ an der maximalen Tiefe gemessen. Eine leicht erhöhte Sauerstoffzehrung ist in Sedimentnähe also nach wie vor nachweisbar. Seit den niedrigsten Werten, die 1980 gemessen wurden, hat sich die Sauerstoffsituation im See aber verbessert. Heute weisen die meisten Bereiche des Sees über das gesamte Jahr genügend Sauerstoff auf, um den Fischen und anderen Lebewesen eine natürliche Entwicklung zu ermöglichen.

Tabelle 4-1. Entwicklung der Sauerstoffmessungen entlang von Vertikalprofilen im Sarnersee von 1972 bis 2015.

Tiefe	21.02.1972	04.04.1972	17.04.1972	15.05.1972	27.06.1972	16.08.1972	02.10.1972	01.11.1972	05.12.1972	20.06.1978	25.07.1978	26.09.1978	07.11.1978	18.01.1979	03.04.1979	05.06.1979	06.11.1979	04.03.1980	01.04.1980	29.04.1980	28.05.1980	24.06.1980	22.07.1980	19.08.1980	16.09.1980	14.10.1980	11.11.1980	09.12.1980	06.01.1981	10.02.1981	09.03.1981	30.03.1987	17.08.1987	21.03.1994	12.03.1997	01.03.1999	27.10.1999	17.03.2003	15.10.2007	15.03.2007	10.10.2007	09.03.2011	08.09.2011	10.03.2015	08.09.2015	Sauerstoff (mg/L)
0m	10.6	11.2	12.4	10.2	10.4	10.9	10.2	9.5	8.1	10.3	10.8	11.3	10.5	9.8	11.8	10.1	9.2	9.5	12.2	13.7	10.9	12.5	11.8	9.5	10.3	9.9	9.1	9.2	9.5	11.2	10.4	11.3	10.0	12.1	8.2	9.5	9.0	10.8	9.7	9.5	11.8	8.9	11.1	9.4		
2.5m	10.7	11.3	12.4	10.4	10.4	11.0	10.1	9.5	8.3	10.5	11.7	11.6	10.5	9.6	11.8	11.3	9.2	10.6	12.1	13.5	11.1	12.5	11.8	10.0	10.3	9.9	9.1	9.2	9.6	11.4	12.6	11.4	11.8	12.1	8.2		9.2	10.5	9.2	9.4	8.8	11.8	9.0	10.9	9.4	
5m	10.5	11.0	12.3	10.4	10.9	11.2	10.2	9.7	8.4	10.9	11.8	10.7	10.5	9.6	11.8	11.2	9.2	9.6	11.9	13.3	11.5	12.3	11.6	9.5	10.3	9.8	9.0	9.2	9.6	11.4	12.7	11.5	10.4	11.9	8.2	9.6	9.2	11.4	9.1	9.3	7.6	11.4	9.6	11.0	9.6	
7.5m	10.7	10.6	11.6	10.3	9.3	8.6	10.0	10.0	8.4	10.8	10.8	7.6	10.5	9.6	11.8	10.4	9.1	8.6	12.0	12.6	11.7	11.1	11.0	9.6	9.6	9.9	9.0	9.2	9.5	11.4	12.7	11.5	9.9	12.1		9.2	8.9		6.9		9.0		9.3			
10m	10.8	10.4	10.6	10.0	9.0	7.4	7.9	9.9	8.3	10.0	10.3	6.9	10.5	9.6	11.8	10.4	9.0	10.5	11.8	11.5	11.5	10.6	10.7	8.1	8.2	7.7	9.1	9.2	9.6	11.3	12.6	11.3	9.3	12.1	8.1	9.5	8.3	11.0	8.0	9.9	6.6	11.5	8.6	11.0	9.1	
12.5m	10.7	10.3	10.1	9.4	9.2	6.8	6.3	8.5	8.3	9.8	9.4	7.4	10.5	9.6	11.5	10.1	8.2	10.5	11.4	11.5	10.8	10.4	10.5	8.4	7.4	6.8	9.1	9.2	9.6	9.7	12.0	11.4	9.0	12.3		7.7		8.3		5.6		8.8		8.7		
15m	10.8	9.9	9.7	9.0	9.2	6.7	5.3	6.6	8.3	9.9	9.1	7.8	8.6	9.6	10.7	9.8	6.7	10.5	11.2	11.3	10.4	10.7	10.3	7.4	7.4	6.5	9.1	9.2	8.2	10.6	11.7	11.4	8.7	12.0		7.9		8.2		6.3		9.0		8.7		
20-25m	9.4	9.3	9.0	8.0	7.6	7.5	6.1	6.3	8.4	9.9	10.0	8.2	7.9	9.6	10.5	9.6	7.5	10.0	10.9	11.4	10.4	10.2	10.0	8.5	7.7	7.1	9.1	9.0	9.6	8.0	10.8	11.4	9.2	12.1										4		
30-35m	7.7	8.2	8.2	7.9	8.5	6.1	5.4	5.2	6.5	8.9	9.7	7.9	7.8	9.6	10.2	9.2	7.4	9.8	10.2	10.1	10.0	9.8	9.5	8.5	7.7	7.2	7.2	6.6	8.9	10.0	10.2	11.5	9.0	11.4			9.3	8.2		8.3		6.1		9.1		8.6
40-45m	5.2	6.6	6.2	7.4	7.1	6.6	4.5	5.0	5.0	7.3	6.9	5.7	4.4	9.6	10.0	8.4	6.9	9.6	9.6	9.2	9.0	8.7	7.7	7.3	6.5	5.5	5.7	4.2	8.2	9.7	9.8	11.8	8.6	11.7	8.1		7.8	10.8	7.2	9.3	5.8	10.2	8.5	10.6	8.2	
49-52m	3.3	7.8	6.0	7.5	5.8	5.1	2.2	0.7	7.2	7.2	4.6	3.3	2.5	9.6	9.9	8.4	1.7	9.4	8.7	8.2	6.7	5.3	2.9	3.8	2.2	0.6	0.4	2.6	9.6	7.9	8.2			8.1	9.2	2.9	11.0	1.7	9.0	5.1	10.2	5.7	10.6	3.3		

4.1.3 Nährstoffe

Die Entwicklung der Phosphormessungen zeigen (Abbildung 4-3), dass der Sarnersee in den siebziger Jahren mit einem Höchststand bei ca. 17µg/l im Vergleich zu anderen voralpinen Seen nur schwach belastet war. Heute liegt der Gesamtphosphorgehalt bei einem für oligotrophe Seen typischen Wert von

2-4 µg/l. Der Sarnersee ist demnach ein nährstoffarmer (oligotropher) und wenig produktiver See.

Die Nitratmessungen (Abbildung 4-4) zeigen nach Höchstwerten in den 1980er Jahren ebenfalls eine Abnahme.

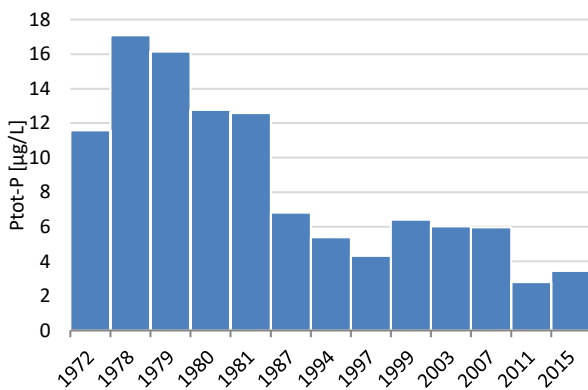


Abbildung 4-3. Gesamtphosphormessungen (Mittelwert aller Jahresmesswerte aus allen Tiefen) des Sarnersees von 1972 bis 2015.

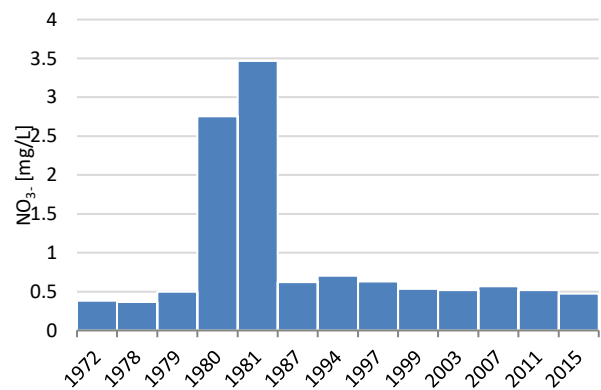


Abbildung 4-4. Nitratmessungen (Mittelwert aller Jahresmesswerte aus allen Tiefen) des Sarnersees von 1972 bis 2015.

4.2 Habitatkartierung

Die Habitatkartierung des Litorals (Abbildung 4-5) zeigt für den Sarnersee einen vergleichsweise hohen Anteil an strukturreichen Habitaten (Einzündungen von Zuflüssen, Blöcke, Geröll, Vegetation, Totholz), die den Fischen Unterschlupf bieten (Abbildung 4-6). Zudem ist die litorale Habitatvielfalt

hoch. Der Anteil des Litorals an der Seefläche ist mässig bis gering (8.7 % der Fläche mit einer Tiefe von 0 - 6 m)

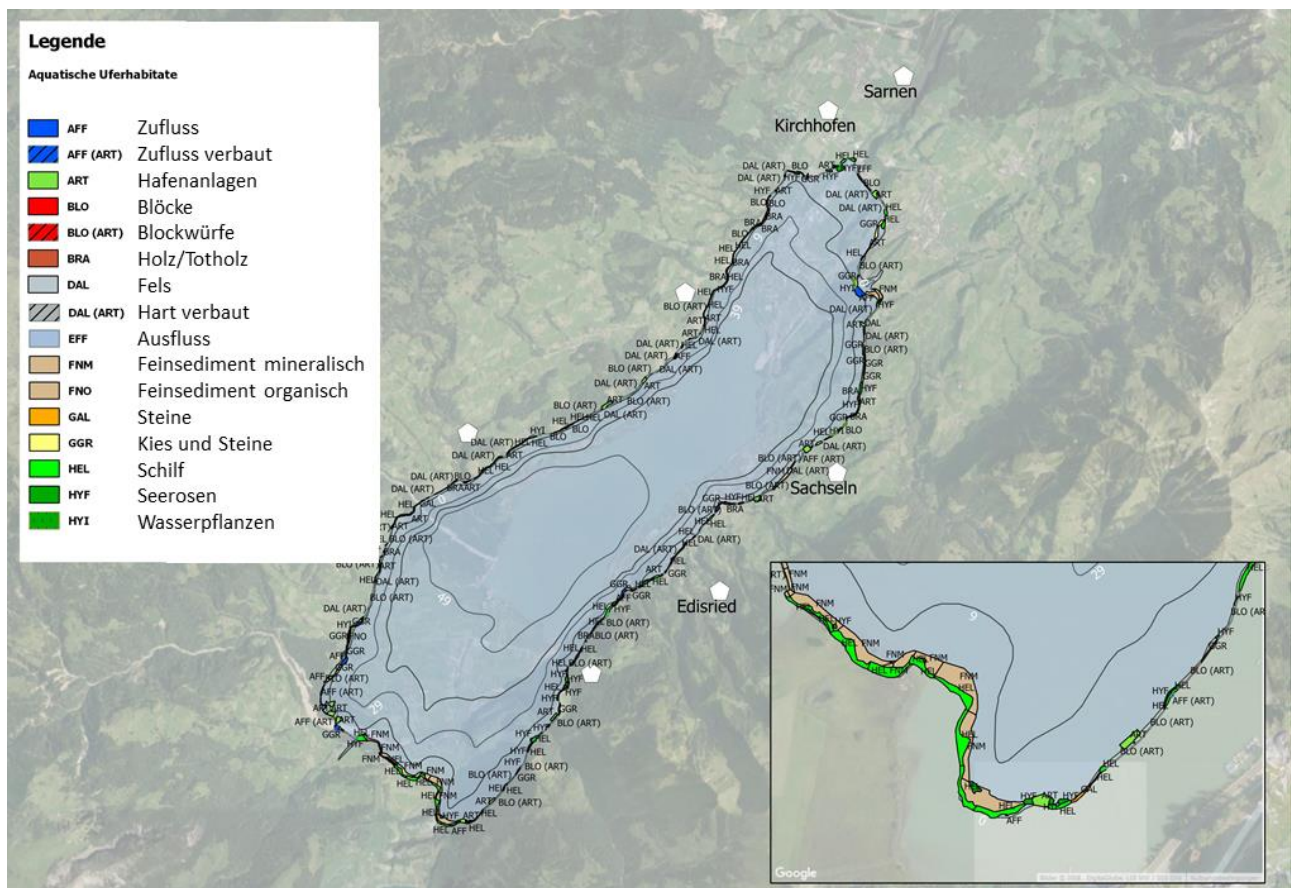


Abbildung 4-5. Ausschnitt der Standorte der littoralen Habitate für die habitatspezifischen Befischungen des Sarnersees.

Nur ca. 39 % der Seeuferlinie kann heute als natürlich oder naturnah bezeichnet werden. 61 % sind durch Verbauungen anthropogen stark beeinträchtigt (Abbildung 4-8). Das Ufer des Sarnersees ist also zu einem grossen Teil verbaut. Die Verbauungen bestehen dabei flächenmässig zu 12.6 % aus Hafenan-

lagen und Stegen für Boote, zu ca. 5.5 % aus Blockwürfen, zu 5.8 % aus hart verbauten Seeufern und zu hohen 1.5 % aus stark verbauten Zuflüssen (Abbildung 4-7). Die Verbauungen stehen damit grösstenteils in Zusammenhang mit Hafenanlagen, Strassen am Seeufer, Siedlungen und Hochwasserschutz.

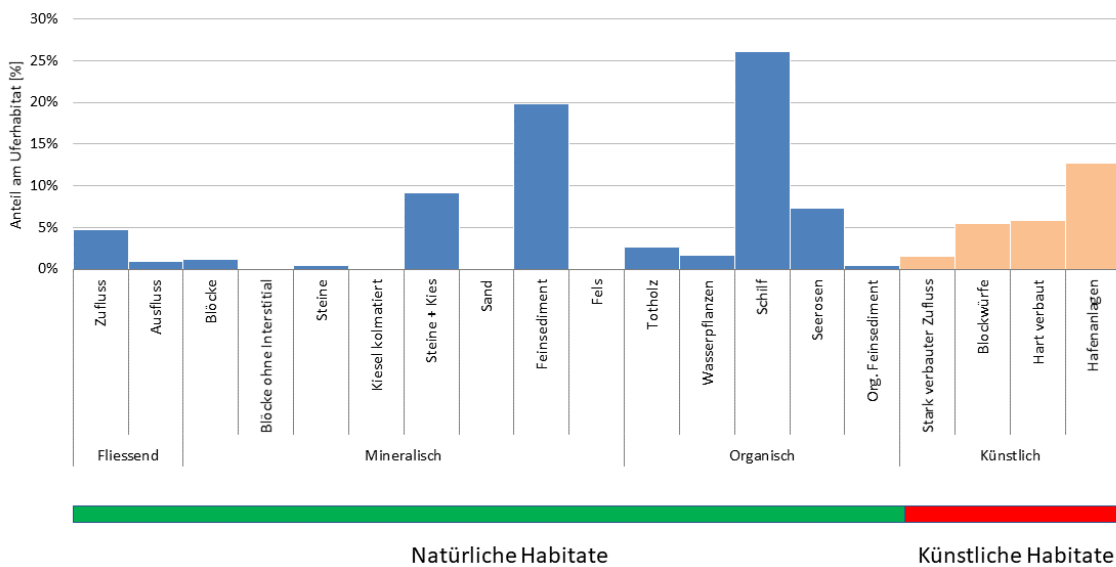


Abbildung 4-6. Flächenanteile der verschiedenen littoralen Habitate im Sarnersee.



Abbildung 4-7. Beispiel für einen hart verbauten Zufluss im Sarnensee.

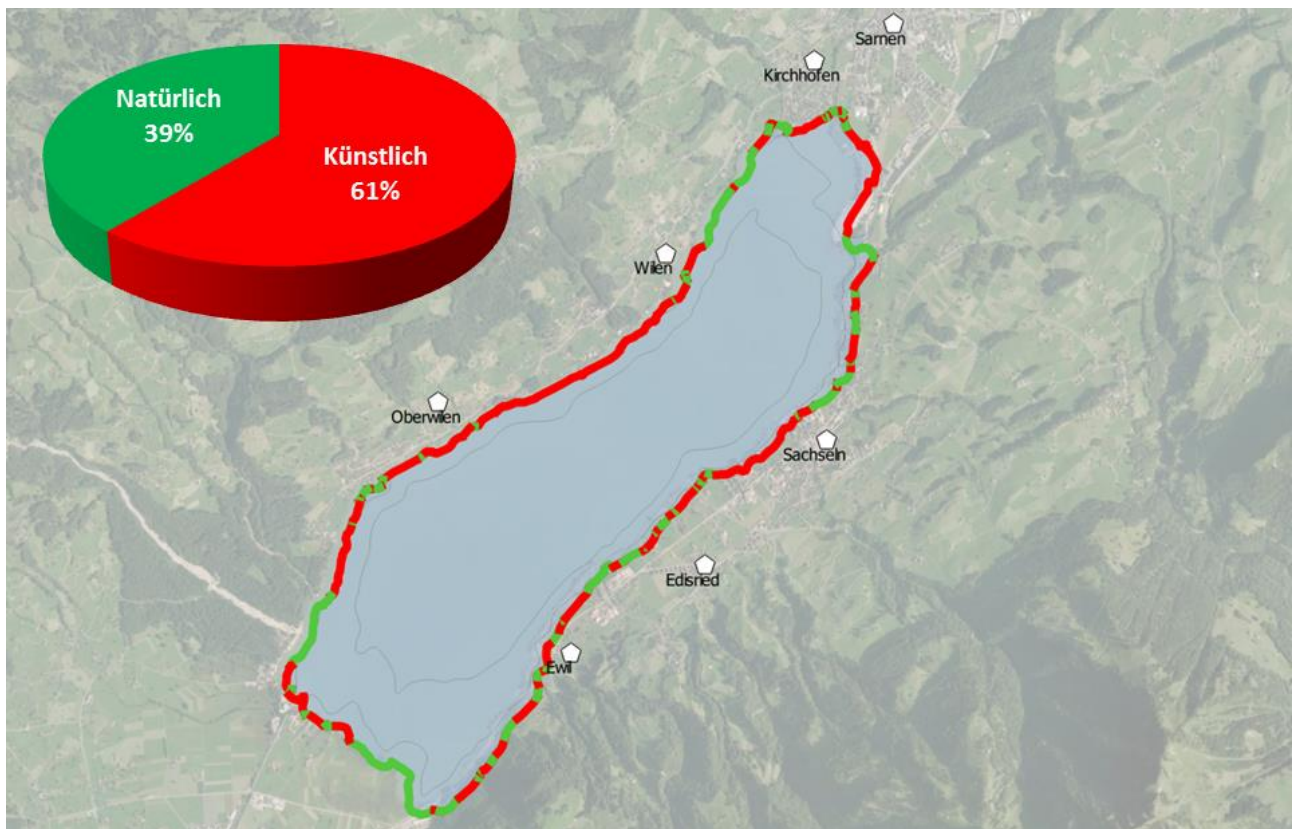


Abbildung 4-8. Verteilung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferlinie im Sarnensee.

4.3 Standardisierte Abfischung

4.3.1 Standorte der Probenahmen

Während vier Tagen wurden im Sarnersee insgesamt 105 benthische CEN und 20 pelagische Vertikalnetzgruppen (jeweils sechs Netze pro Gruppe) über Nacht eingesetzt. Zusätzlich wurden 61 Uferstrecken

(35 zu Fuss, 26 mit dem Boot) elektrisch befishcht. Insgesamt sind somit 186 Befischungsaktionen durchgeführt worden (Abbildung 4-9).

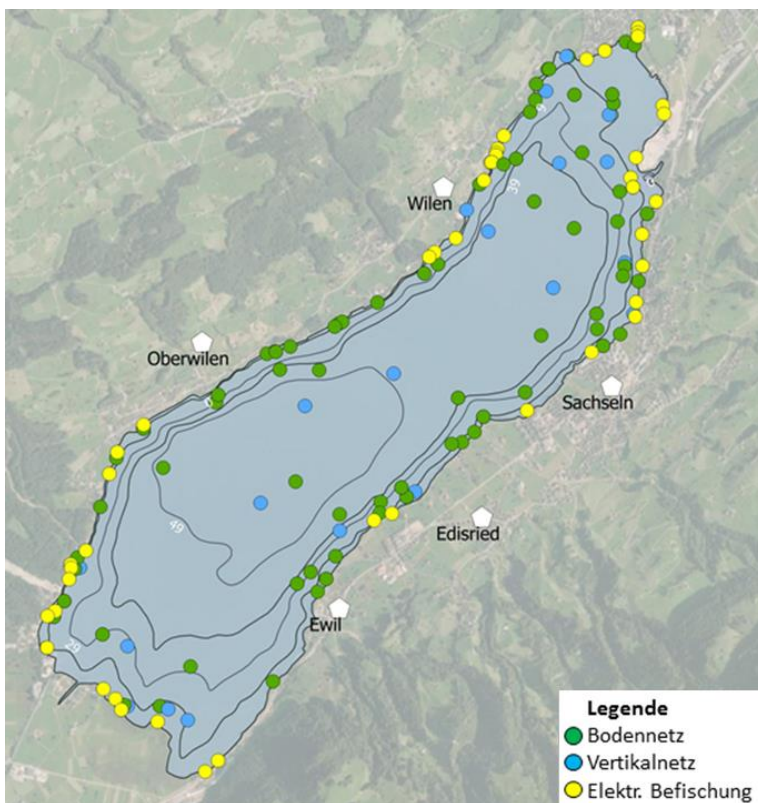


Abbildung 4-9. Karte der Befischungsstandorte im Sarnersee (Luftaufnahme © Google Basemap, Bathymetrie © Swisstopo).

4.3.2 Fischbestand und Artenvielfalt

Insgesamt wurden im Sarnersee bei der Befischung 2233 Fische und 20 Fischarten gefangen (Tabelle 4-2; Felchen nicht nach Arten getrennt, vgl. Kap 5.3.6). Über alle Fangmethoden gesehen waren Flussbarsche mit 1159 Individuen am häufigsten in den Fängen vertreten. Ebenfalls sehr häufig vertreten waren Rotaugen (N=444) und die standortfremden Kaulbarsche (N=259). Die Anzahl gefangener Felchen war mässig (N=93). Letztere wurden fast ausschliesslich in den Vertikalnetzen gefangen.

Fünf Arten wurden nur in benthischen Netzen nachgewiesen (Zander, Schleie, Nase, Blicke, Seesaibling).

Die gesamte Biomasse des Fanges betrug 164.67 kg (Tabelle 4-2). Die Flussbarsche stellten auch den grössten Anteil an der gefangenen Biomasse (58.41 kg), gefolgt vom Rotauge (28.88 kg), dem Alet (20.4 kg) und dem Hecht (18.47 kg). Die Biomasse der gefangenen Felchen betrug 10.09 kg.

Tabelle 4-2. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der gefangenen Fische pro Art und für die verschiedenen Fangmethoden.

Fischart		Anzahl Individuen				Biomasse [kg]			
Deutsch	Lateinisch	Benth.	Elektr.	Vert.	Total	Benth.	Elektr.	Vert.	Total
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	895	64	200	1159	41.89	0.66	15.86	58.41
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	333	6	105	444	23.98	0.07	4.84	28.88
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	220	2	37	259	3.19	0.00	0.38	3.58
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	8	-	85	93	1.81	-	8.28	10.09
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	19	1	36	56	0.26	0.004	0.77	1.04
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	10	35	11	56	0.34	0.04	1.11	1.49
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	11	18	5	34	5.71	8.29	6.41	20.40
Atlantische Forelle	<i>Salmo trutta</i>	-	29	1	30	-	0.33	1.91	2.25
Trüsche	<i>Lota lota</i>	7	16	2	25	0.25	0.19	0.08	0.52
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	13	-	5	18	0.19	-	0.10	0.29
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	6	6	3	15	0.03	0.02	0.02	0.07
Hecht	<i>Esox lucius</i>	6	5	3	14	1.53	0.43	16.50	18.47
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	8	3	-	11	0.13	0.04	-	0.17
Brachse	<i>Abramis brama</i>	5	-	1	6	3.02	-	1.63	4.65
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	2	1	-	3	3.17	0.003	-	3.18
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	3	-	-	3	4.24	-	-	4.24
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	3	-	-	3	4.06	-	-	4.06
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	2	-	-	2	2.78	-	-	2.78
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	1	-	-	1	0.04	-	-	0.04
Seesaibling, Art unbest.	<i>Salvelinus sp.</i>	1	-	-	1	0.07	-	-	0.07
Total		1553	186	494	2233	96.71	10.07	57.90	164.67
Anzahl Arten		19	12	13	20	19	12	13	20

4.3.3 Volumenkorrigierte Fänge

Die Fische und die zum Fang verwendeten Methoden sind nicht zufällig im Raum verteilt. Anhand der vorliegenden Daten können Häufigkeit und Biomasse der einzelnen Fischarten für die Verfügbarkeit der

verschiedenen Habitate (in diesem Fall das vorhandene Volumen der einzelnen Seekompartimente) korrigiert werden [13].

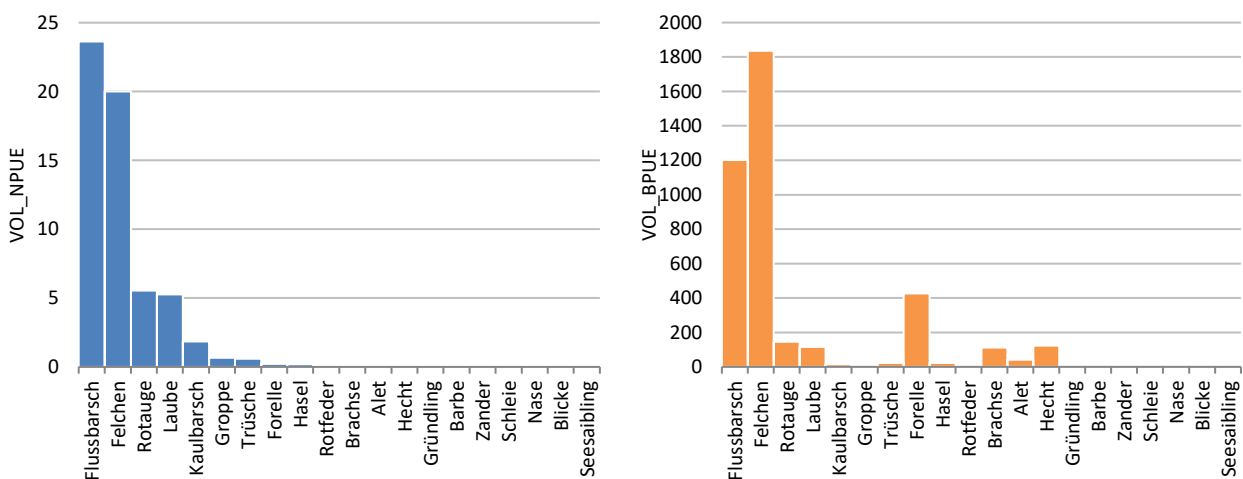


Abbildung 4-10. Die Anzahl (VOL_NPUE links, dabei handelt es sich um die Volumeneinheit des Sees und pro Netzfläche korrigierte Anzahl der gefangenen Fische) und die Biomasse (VOL_BPUE rechts, dabei handelt es sich um die pro Volumeneinheit des Sees und pro Netzfläche korrigierte Biomasse der gefangenen Fische) der mit den Vertikalnetzen gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit. Detaillierte Erklärungen zu der Berechnungsmethode können aus der folgenden Publikation entnommen werden [13].

Bei dieser Darstellung der Resultate dominiert ebenfalls der Flussbarsch die Fangzahlen, aber nur knapp vor den Felchen (Abbildung 4-10). Wird die Biomasse

für die Volumenkorrektur herangezogen, dann dominieren die Felchen in den Fängen, vor den Flussbarschen.

4.3.4 Museumssammlung

Von den gefangenen Fischen sind 469 für die Sammlung des Naturhistorischen Museums der Burgergemeinde Bern vorgesehen (Tabelle 4-3). Ob alle Individuen in die Sammlung aufgenommen werden können, ist derzeit noch nicht klar. Die Fische werden

erst im Jahr 2020 verarbeitet. 1389 genetische Proben wurden in die Sammlungen der EAWAG aufgenommen. Schliesslich wurden von der EAWAG insgesamt 1393 standardisierte Fotos erstellt

Tabelle 4-3. Liste der Anzahl Fische pro Fischart für welche: ein standardisiertes Foto vorliegt; die von der EAWAG entnommen wurden; bei der EAWAG eine DNA-Probe vorliegt; die im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde von Bern in die Sammlung aufgenommen werden sollen (Auskunft EAWAG, Stand 28.06.2018).

Fischart		Anzahl Individuen				
Deutsch	Lateinisch	Gefangen	Mit Foto	Entnommen durch EAWAG	Mit DNA Probe	Museum
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	1159	511	1122	505	71
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	444	365	432	370	56
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	259	204	246	205	41
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	93	89	91	87	90
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	56	54	54	54	44
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	56	22	55	21	23
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	34	29	29	28	28
Atlantische Forelle	<i>Salmo trutta</i>	30	19	30	19	20
Trüsche	<i>Lota lota</i>	25	24	25	25	24
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	18	18	18	18	16
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	15	15	15	16	15
Hecht	<i>Esox lucius</i>	14	13	13	11	13
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	11	11	11	11	11
Brachse	<i>Abramis brama</i>	6	6	6	6	4
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	3	3	3	3	3
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	3	3	3	3	3
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	3	3	3	3	3
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	2	2	2	2	2
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	1	1	1	1	1
Seesaibling, Art unbest.	<i>Salvelinus sp.</i>	1	1	1	1	1
Total		2233	1393	2160	1389	469
Anzahl Arten		20	20	20	20	20

4.3.5 Artenvielfalt

Tabelle 4-4. Artenfundliste des Sarnersees. Die Arten wurden aufgrund der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei als einheimisch oder eingeführt eingestuft. Die von Heuscher [10] 1900 als im See vorkommend bezeichneten Arten wurden als standortgerecht bezeichnet, fehlende Arten wurden als standortfremd eingestuft. Zudem wurden noch die im Fischatlas von 2003 [14], in den Daten vom CSCF und in der Fischfangstatistik erwähnten Arten berücksichtigt¹².

Fischart			Gefährdung VBGF	Ursprung VBGF	Ursprung im See	Nachweis der Fischart				
Familie	Art	Deutsch				Heuscher 1900	Fischatlas 2003	CSCF 1985-1998	Fangstat 2000-2017	Projet Lac 2017
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	3	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	
Coregonidae	<i>Coregonus</i> sp. ¹	Felchen, Art unbest.	4, E	Einheimisch	Standortgerecht ¹	●	●	●	●	●
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Groppe	4	Einheimisch	Standortgerecht		●	●		●
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	Brachse	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Barbus barbus</i>	Barbe	4	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Blicca bjoerkna</i>	Blicke	4	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	1, E	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Karpfen	3	Einheimisch	Standortfremd		●	●		
Cyprinidae	<i>Gobio gobio</i>	Gründling	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	Rotauge	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Scardinius</i> sp	Rotfeder	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Squalius cephalus</i>	Alet	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Tinca tinca</i>	Schleie	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Hecht	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Gadidae	<i>Lota lota</i>	Trüsche	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Nemacheilidae	<i>Barbatula barbatula</i>	Bartgrundel	NG	Einheimisch	Standortgerecht		●	●		
Percidae	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Kaulbarsch	NG	Einheimisch	Standortfremd		●	●		●
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>	Zander		Eingeführt	Standortfremd		●	●	●	●
Petromyzontidae	<i>Lampetra planeri</i>	Bachneunauge	2, E	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Regenbogenforelle		Eingeführt	Standortfremd		●	●		
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Atlantische Forelle	4 (2)	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Salmonidae	<i>Salvelinus fontinalis</i>	Bachsaibling		Eingeführt	Standortfremd		●	●		
Salmonidae	<i>Salvelinus</i> sp. ²	Seesaibling, Art unbest.	3	Einheimisch	Standortfremd ²	●				●
Salmonidae	<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	3, E	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		
Total					27	20	26	26	8	20
Total Anzahl Arten Einheimisch (VBGF)					24	20	23	23	7	19
Total Anzahl Arten Eingeführt (VBGF)					3	0	3	3	1	1
Total Anzahl Arten Standortgerecht (Seespezifisch)					21	19	21	21	7	17
Total Anzahl Arten Standortfremd (Seespezifisch)					6	1	5	5	1	3

¹ Heuscher vermutet 1900, dass die Felchen im Sarnersee nicht heimisch waren [10]. Erstes bekanntes Besatzjahr ist 1888. Als Ursprung für das Besatzmaterial werden der Zugersee und der Vierwaldstättersee angegeben. Demgegenüber erwähnt Steinmann [15], dass bereits 1850 ein Fischer namens Nöpflin im See Felchen gefangen hat. Zudem hat 1890 ein Dr. Ettlín Felchen aus dem Sarnersee an Fatio [16] verschickt. 1827 nennt Hartmann [17] den Sarnersee nicht unter den Felchenseen, seine Angaben zu den Felchen sind aber nicht sehr präzise und damit nicht als sichere Quelle zu werten. Heute sind die Felchen aus dem Sarnersee genetisch am nächsten mit denen aus dem Vierwaldstättersee verwandt [18]. Aus diesen Gründen kann derzeit nicht klar beurteilt werden, ob Felchen im Sarnersee standortgerecht sind oder nicht. Da der Sarnersee ursprünglich nach der Eiszeit mit dem Vierwaldstättersee verbunden war (Verlängerung des Alpnachersees), dürfte eine natürliche Besiedlung möglich gewesen sein. Aus diesem Grunde werden die Felchen in diesem Bericht als standortgerecht eingestuft.

² Heuscher [10] erwähnt 1900, dass Seesaiblinge im Sarnersee nicht existierten und ein erster Besatzversuch 1895 erfolglos durchgeführt wurde. Hartmann erwähnt den Seesaibling 1827 ebenfalls nicht im Sarnersee [17].

Im Rahmen des „Projet Lac“ wurden im Sarnersee insgesamt 20 Fischarten gefangen (Tabelle 4-4, 21 Arten falls beide Felchenarten berücksichtigt werden, vgl. Kapitel 5.3.6). Davon sind 19 Arten im Sarnersee nach VBGF heimisch und eine (Zander) ist eingeführt. Wird die Artenliste von Heuscher von 1900 [10] als historische Referenz herangezogen, dann sind 17 der im Rahmen dieses Projektes gefangenen Fischarten standortgerecht und drei standortfremd (Seesaibling, Zander, Kaulbarsch).

Bis heute wurden im ganzen See insgesamt 27 Fischarten dokumentiert. Vor 1900 wurden im Sarnersee

4.3.6 Artenvielfalt der Felchen

Bei den im Rahmen des „Projet Lac“ gefangenen Felchen konnten Ökotypen von zwei Arten Albeli (*Coregonus zugensis*) und Balchen (*Coregonus suidteri*) nachgewiesen werden (Abbildung 4-11). Das Albeli ist dabei im See häufig. Vom Balchen konnte nur ein Exemplar gefangen werden. Zusätzliche Versuche der EAWAG, während der Laichzeit weitere Balchen zu fangen, brachten keinen Erfolg. Es ist daher davon auszugehen, dass der Balchen im Sarnersee

20 Arten dokumentiert [10], wovon eine (Seesaibling) schon damals als sicher standortfremd betrachtet wurde. Von den 19 historisch standortgerechten Fischarten konnten bei den Befischungen des „Projet Lac“ im Jahr 2017 noch 17 Arten nachgewiesen werden. Es fehlen lediglich der Aal und das Bachneunauge. Letzteres ist aus Zuflüssen des Sarnersees heute noch bekannt und Aale werden durch Fischer noch sporadisch gefangen und kommen in der Sarneraa vor (Auskunft Armin von Deschwanden).

selten ist. Immerhin konnte der Balchen im See wieder nachgewiesen werden, nachdem in einer wissenschaftlichen Studie angenommen wurde, dass dieser im See ausgestorben war [2]. Die effektive Anzahl gefangener Arten kann demzufolge von 20 auf 21 erhöht werden. Weitere Untersuchungen sind noch im Gange und werden im Rahmen der taxonomischen Revision der Felchenarten der Schweiz publiziert.



Abbildung 4-11. Albeli (*Coregonus zugensis*) und Balchen (*Coregonus suidteri*) gefangen am gleichen Tag im Sarnersee.

4.3.7 Weitere erwähnenswerte Fänge

Sehr positiv und bisher einmalig bei den Seebefischungen, die im Rahmen des „Projet Lac“ erfolgt

sind, ist der Nachweis von vom Aussterben bedrohten Nasen in einem See. Im Sarnersee wurden gar

zwei Individuen an verschiedenen Standorten gefangen. Beide Fänge erfolgten nicht in der Nähe eines Zuflusses. Die Nase ist im See auch historisch belegt [10]. Die erste der gefangenen Nasen war 50 cm lang und 1.41 kg schwer (Abbildung 4-12). Die Auswertung der Schuppen lässt ein Alter von 8+-Jahre vermuten. Die zweite war 49.5 cm lang und 1.373 kg schwer und war vermutlich neun jährig (9+). Es handelte sich in jedem Fall bei beiden Fischen um adulte Tiere.

Ebenfalls nachgewiesen (Abbildung 4-13) wurde der standortfremde Seesaibling (*Salvelinus sp.*) sowie die Seeform der atlantischen Forelle (*Salmo trutta*/Seeforelle).

Weiter konnte sowohl die Brachse (*Abramis brama*) als auch die Blicke (*Blicca bjoerkna*) im Sarnensee nachgewiesen werden (Abbildung 4-14).



Abbildung 4-12. Eine im Sarnensee gefangene Nase (*Chondrostoma nasus*).



Abbildung 4-13. Links: Ein im Sarnensee gefangener Seesaibling (*Salvelinus sp.*, 19.9 cm, 73 gr, Alter: 4+, Kohorte 2013); Rechts: Die Seeform der atlantischen Forelle (*Salmo trutta*, 54 cm, 1.913 kg).



Abbildung 4-14. Links: Brachse (*Abramis brama*, kleines Auge im Vergleich zur Kopfgrösse, 50 cm, 1.631 kg); Rechts: Blicke (*Blicca bjoerkna*, grosses Auge im Vergleich zur Körpergrösse, 15.7 cm, 37 gr).

4.3.8 CEN-Netze und Konfidenzintervalle

Die Streuung der Anzahl Fische, die pro benthischem CEN-Netz in den verschiedenen Tiefen (Replikate) gefangen wurden, ist für zukünftige Vergleiche mit dem heutigen Zustand der Fischfauna wichtig. Um die Streuung zu bestimmen, wurden 1'000 Permutationen der Fangdaten durchgeführt. Die Resultate wurden anschliessend benutzt, um die Konfidenzintervalle für jede Art zu schätzen.

Die Resultate (Tabelle 4-5) zeigen, dass die Streuung für die meisten Arten im Bereich von ca. 50 % liegt. Somit kann eine zukünftige Zunahme oder eine Abnahme der Fänge einer Art um mehr als ca. 50 % bei den meisten Arten als signifikant betrachtet werden. Insgesamt entspricht diese Varianz den Erwartungen der CEN prEN 14757 Norm. Zukünftige repräsentative Befischungen können somit statistisch mit denen von 2017 verglichen werden.

Tabelle 4-5. Zusammenstellung der Konfidenzintervallschätzungen für die Fänge mit den CEN-Netzen. Angegeben sind die minimale Anzahl (Min), die mittlere Anzahl (Mittel) die maximale Anzahl (Max), die pro Art für den gegebenen Aufwand erwartet werden können, die untere (5%) und die obere Konfidenzgrenze (95%).

Fischart			Konfidenz CEN Befischungen (benthische Netze)				
Familie	Art	Deutsch	Minimum	Mittelwert	Maximum	0.95	0.05
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	353	901	1625	1225	639
Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	Rotaugen	189	341	540	448	250
Percidae	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Kaulbarsch	136	232	372	303	171
Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	2	21	59	36	9
Cyprinidae	<i>Scardinius</i> sp	Rotfeder	0	13	36	23	5
Cyprinidae	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	0	11	32	21	3
Cyprinidae	<i>Squalius cephalus</i>	Alet	1	11	28	19	4
Coregonidae	<i>Coregonus</i> sp.	Felchen, Art unbest.	1	8	17	13	4
Cyprinidae	<i>Gobio gobio</i>	Gründling	0	8	25	16	2
Gadidae	<i>Lota lota</i>	Trüsche	1	7	13	11	3
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Hecht	0	6	15	10	3
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Groppe	1	6	12	10	3
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	Brachse	0	5	12	8	2
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>	Zander	0	3	8	6	1
Cyprinidae	<i>Tinca tinca</i>	Schleie	0	3	9	6	0
Cyprinidae	<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	0	2	7	4	0
Cyprinidae	<i>Barbus barbus</i>	Barbe	0	2	12	6	0
Cyprinidae	<i>Blicca bjoerkna</i>	Blicke	0	1	6	3	0
Salmonidae	<i>Salvelinus</i> sp.	Seesaibling, Art unbest.	0	1	8	3	0
Total			684	1581	2836	2171	1099

4.3.9 Habitatnutzung

4.3.9.1 Habitattypen

Gewisse Fischarten bevorzugen die pelagischen, andere eher die benthischen oder profundalen Habitate in einem See (Abbildung 4-15). Im Fall des Sarnersees ist – wie in allen bisher untersuchten Seen – die grösste Artenvielfalt im Litoral und an der Halde zu finden. In Ufernähe dominieren Arten wie Alet, Flussbarsch, Hecht und Rotauge. An der Halde

wurden insbesondere Flussbarsche, Rotaugen, Zander, Kaulbarsche und erste Felchen gefangen. Das Pelagial war klar die Domäne der Felchen. Gefangen wurden aber auch Forelle und Laube. Das Profundal schliesslich wird von Felchen, Kaulbarschen, Trüschchen, Seesaiblingen und Groppen bewohnt.

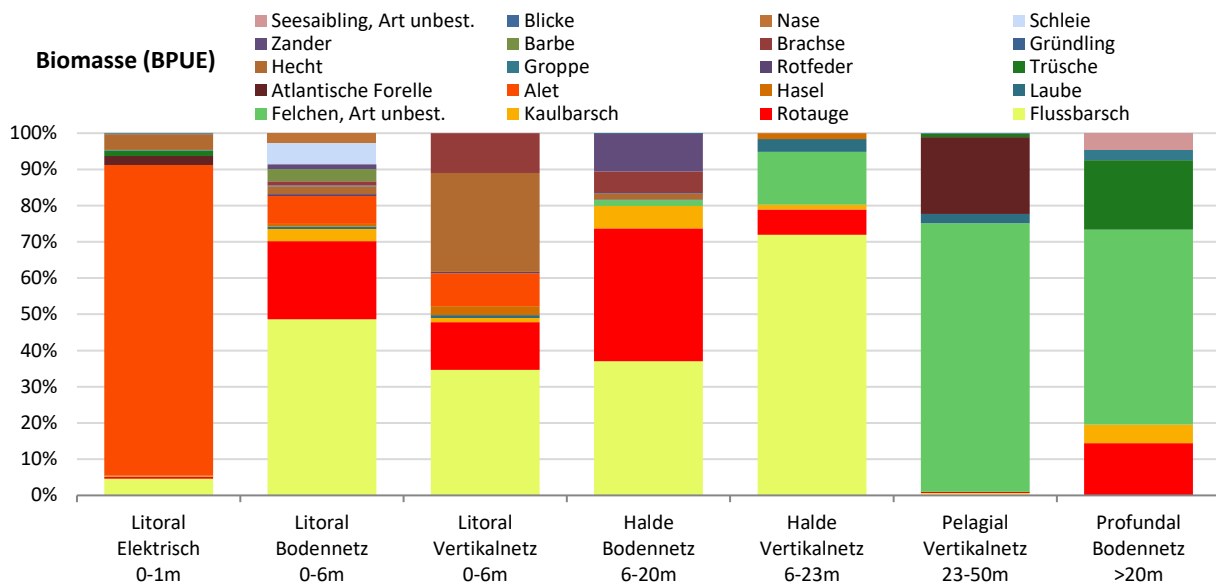


Abbildung 4-15. Jeder Balken zeigt den Anteil der verschiedenen Arten im Fang (Biomasse) für die verschiedenen Habitaten (Litoral, Halde, Pelagial, Profundal) und Befischungsmethoden (Elektrisch, Bodennetz, Vertikalnetz).

4.3.9.2 Tiefenverteilung

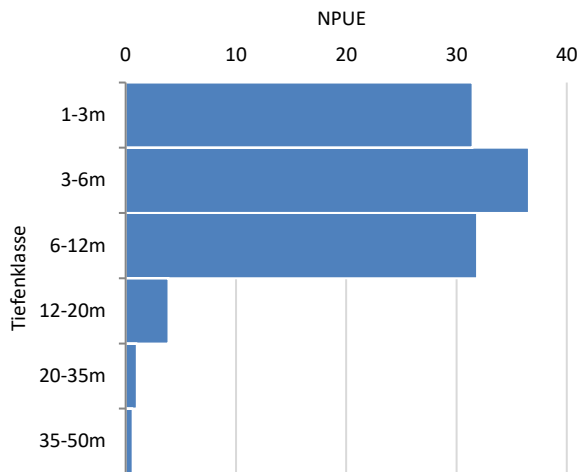
Die höchste Fischdichte in benthischen Netzen für alle Fischarten wurden in Tiefen zwischen 0 und 12 m beobachtet (Abbildung 4-16). Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche und Rotaugen zurückzuführen.

In den Vertikalnetzen wurden in allen Tiefen Fische gefangen. Die höchsten Dichten wurden dabei zwischen 0 und 16 m beobachtet. Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche und Felchen zurückzuführen.

Einzelne artspezifische Tiefenverteilungen können dem Anhang entnommen werden. Folgende Beobachtungen sind erwähnenswert:

- Es wurden keine Groppen unterhalb von 38m gefangen.
- Trüschchen besiedeln den See bis zur maximalen Tiefe.
- Alet und Hasel wurden nur sehr oberflächennah gefangen.
- Felchen besiedeln die gesamte Seetiefe. Dabei wurden sie bis zur maximalen Tiefe von 51 m in recht hohen Zahlen gefangen.
- Flussbarsche befinden sich im Frühherbst insbesondere zwischen 0 und 16 m Tiefe.
- Hechte wurden von 0-12 m Tiefe gefangen.
- Beide Nasen wurden ufernah gefangen.
- Der Kaulbarsch kommt vom Ufer bis in Tiefen von ca. 35 m vor.

Bodennetze / Alle Arten



Vertikalnetze / Alle Arten

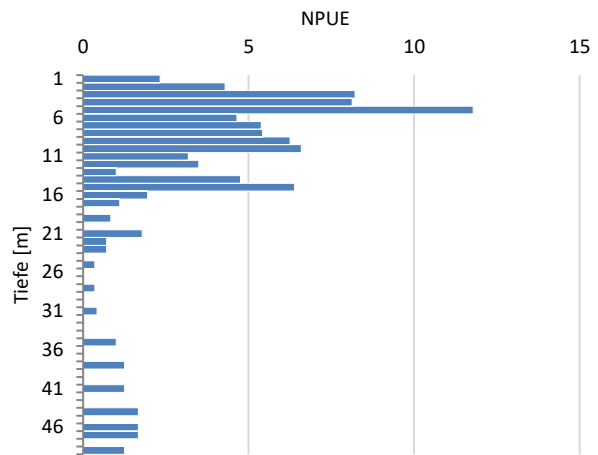


Abbildung 4-16. Die Anzahl (NPUE) der gefangenen Fische dargestellt für verschiedene Tiefen: Links für Bodennetze in Tiefenklassen; Rechts für pelagische Vertikalnetze.

4.3.10 Geografische Verteilung der Fänge

Bei der geografischen Verteilung konnten im Gegensatz zu anderen Seen keine besonderen Muster erkannt werden. Die typische Verteilung von pelagialen oder uferbezogenen Arten wurden aber auch im Sarnersee beobachtet. Dies ist schön am Beispiel der Felchen und der Flussbarsche zu erkennen (Abbildung 4-17). Die Felchen dominieren klar im zentralen Bereich des Sees und wurden daher auch hauptsächlich in den vertikalen Netzen gefangen, die diesen

Seeteil spezifisch befischen. Demgegenüber halten sich Flussbarsche in Ufernähe auf und sind im Offenwasser kaum anzutreffen.

Die Kombination von Fangtiefe und Standort im See zeigt zudem im Detail, wie die Fische im Raum verteilt sind (Abbildung 4-18).

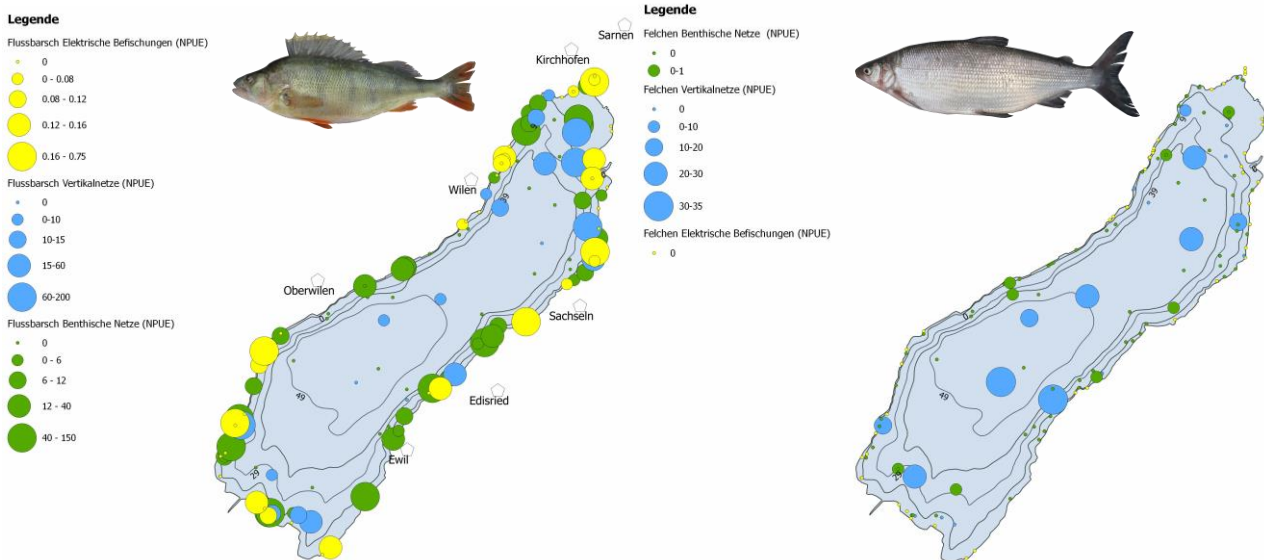


Abbildung 4-17. Geografische Verteilung der Flussbarsch- und Felchenfänge im Sarnersee (alle Protokolle). Die Karten für weitere ausgewählte Arten befinden sich im Anhang.

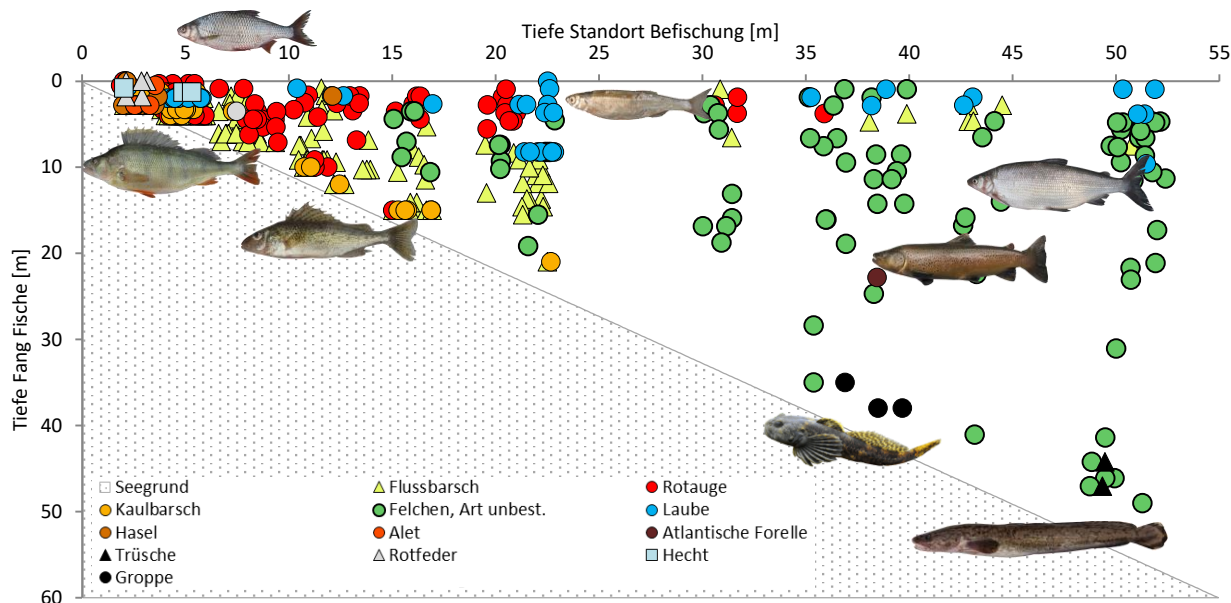


Abbildung 4-18. Dargestellt sind die mit Vertikalnetzen gefangenen Fische (Punkte) also Kombinationen zwischen Fangtiefe (Y-Achse) und geografischer Verteilung (Tiefe, in der ein Netz gesetzt wurde, X-Achse).

4.3.10.1 Uferhabitate

Die Resultate der elektrischen Befischung zeigen eine heterogene Verteilung der Fische in den verschiedenen Uferhabitaten (Abbildung 4-19). Auffällig ist die hohe Dichte bei Zuflüssen, Totholz, Blöcken.

Wenige Fische werden auf kolmatiertem Kies, auf Sand, bei hart verbauten Ufern und bei Schilf gefangen.

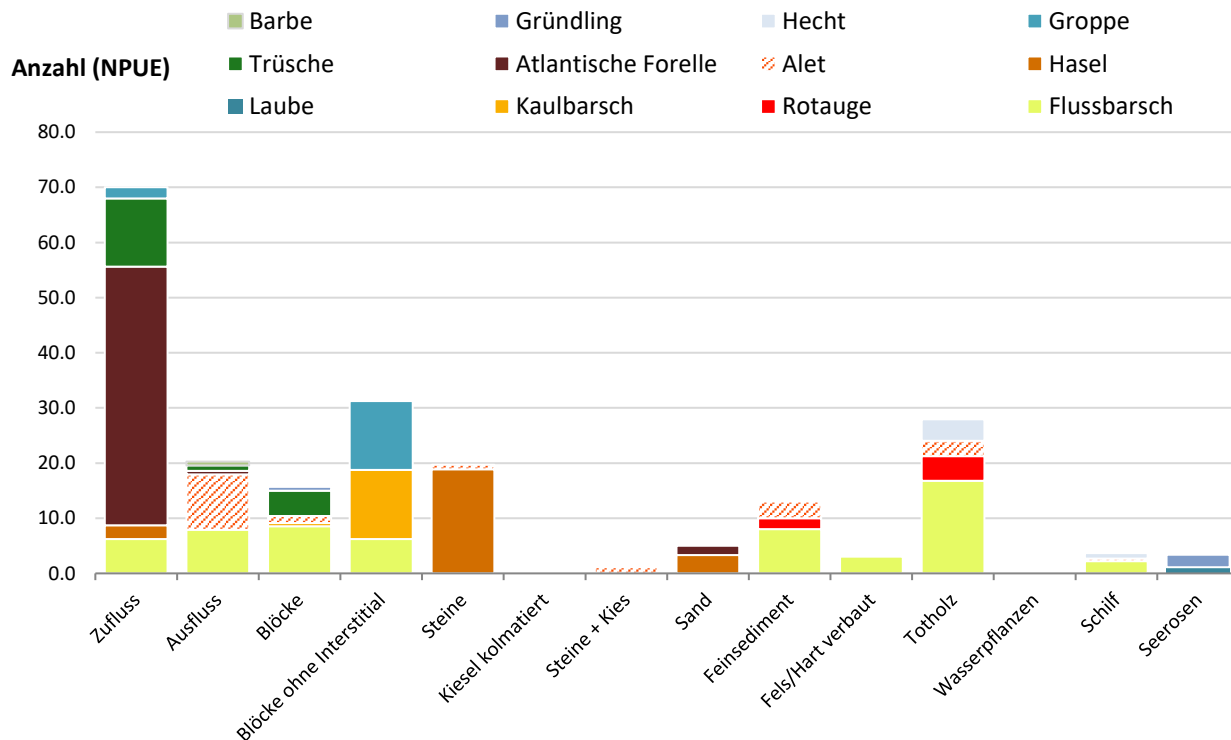


Abbildung 4-19. Anzahl Fische, korrigiert für die befischte Fläche, die mittels Elektrofischerei in den verschiedenen Habitaten gefangen wurden.

Am meisten positive Zusammenhänge mit gewissen Fischarten (Tabelle 4-6) zeigen die Habitate Zufluss, Ausfluss, Totholz, Blöcke ohne Interstitial und Seerosen. Dies zeigt wie wichtig auch am Seeufer Strukturen für das Vorkommen von Fischen sind.

Insgesamt und bezogen auf die Artenvielfalt ergänzen sich die Elektrofischereifänge und die Netzfänge

gut, da mit den Netzen Arten gefangen werden, die sich aktiv bewegen. Bei der Elektrofischerei hingegen werden insbesondere benthische Arten gefangen, die in strukturierten Uferbereichen Schutz suchen, während die im offenen Wasser stehenden Fische mehrheitlich fliehen. Ausserdem können einige Arten mit Netzen nicht effizient gefangen werden (z.B. Groppe und Schmerle).

Tabelle 4-6. Tabelle mit berechneten positiven und negativen Assoziationen³ zwischen Fischen und Habitaten.

Fischart	Zufluss	Ausfluss	Blöcke	Blöcke ohne Interstitial	Steine	Steine + Kies	Sand	Feinsediment	Fels/Hart verbaut	Totholz	Schilf	Seerosen
N tot = 59	N=5	N=5	N=9	N=2	N=6	N=3	N=4	N=3	N=3	N=6	N=9	N=4
Flussbarsch	0.3	0.6	0.7	0.3	-1.0	-1.0	-1.0	0.6	-0.4	2.4	-0.6	-1.0
Rotauge	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	2.7	-1.0	7.3	-1.0	-1.0
Kaulbarsch	-1.0	-1.0	-0.5	10.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Laube	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	11.0
Hasel	0.2	-1.0	-1.0	-1.0	8.2	-1.0	0.6	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Alet	-1.0	5.2	-0.2	-1.0	-0.5	-0.3	-1.0	0.8	-1.0	0.7	-0.7	-1.0
Atlantische Forelle	10.4	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.6	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Trüsche	7.3	-0.3	2.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Groppe	0.7	-1.0	-1.0	9.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Hecht	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	8.6	1.4	-1.0
Gründling	-1.0	-1.0	1.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	8.2
Barbe	-1.0	11.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Mittelwert	1.0	0.7	-0.3	0.9	-0.2	-0.9	-0.8	-0.4	-0.9	0.9	-0.7	0.8

³ Unter einer Assoziation wird hier die Beobachtung verstanden, dass in gewissen Habitaten mehr oder weniger Individuen einer Art gefangen werden als dies bei einer zufälligen Verteilung in den verschiedenen Habitaten der Fall wäre. Dabei bedeutet ein positiver Wert, dass eine Art häufiger vorkommt als dies durch Zufall erwartet würde. Ein negativer Wert bedeutet, dass eine Art seltener anzutreffen ist als dies durch Zufall erwartet würde.

4.4 Fischereiliche Aspekte

4.4.1 Längenselektivität der Maschenweiten

Die Längenselektivität der Netze ist abhängig von der Fischart [19, 20]. Bei den Felchen und den Flussbarschen sind die Maschenweiten eher grössenselektiv als beispielsweise bei Seeforellen und Seesaiblingen. Anhand der standardisierten Fänge kann für jede

Fischart und für jede Maschenweite die Verteilung und somit die Selektivität bestimmt werden. Welche Fischlängen durch die erlaubten Maschenweiten gefangen werden, ist dem Anhang (Kapitel 9.3) zu entnehmen.

4.4.2 Längenverteilung

Die Längenverteilungen (Abbildung 4-20) belegen für die am häufigsten gefangenen Arten ein gutes Jungfischauftreten. Die natürliche Rekrutierung (Erneuerung des Fischbestands durch natürliche Prozesse wie die natürliche Fortpflanzung) scheint also im Sarnersee zu funktionieren. Bei den Felchen ist der Fang von kleinen Fischen (<100mm) mit Kiemennetzen wenig effizient, weshalb eine geringe Fangzahl in dieser Grössenklasse nicht überraschend ist.

Bei den Flussbarschen fällt nebst der 0+-Kohorte, die sehr stark ausgeprägt ist, die grosse Anzahl grösserer und adulter Fische auf (>150 mm, Abbildung 4-21). Dies ist im Gegensatz zu mesotrophen oder eutrophen Seen, in denen grössere Flussbarsche oft untervertreten sind.

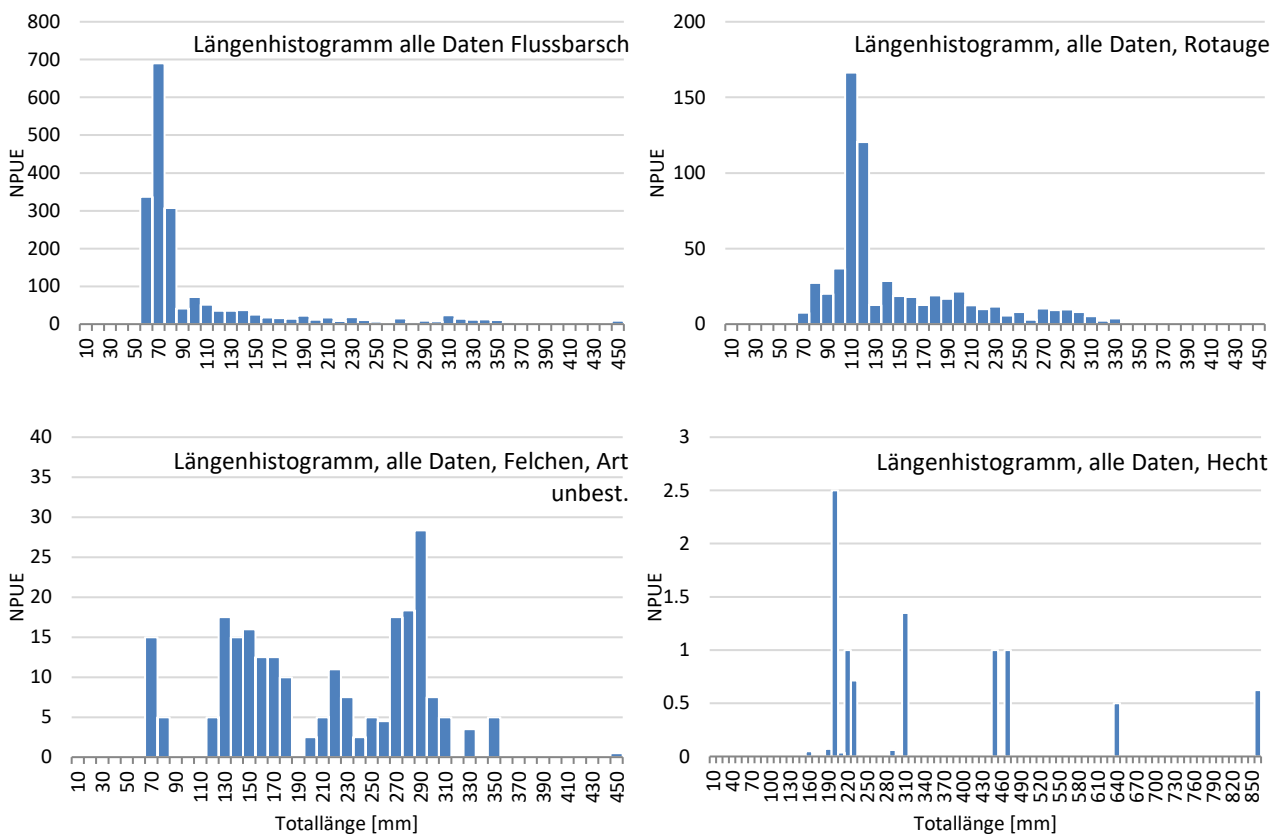


Abbildung 4-20. Längenverteilung der Felchen, Flussbarsche, Rotaugen, Felchen und Hechte der „Projet Lac“-Fänge im Sarnersee.



Abbildung 4-21. Beispiel eines grösseren Flussbarschs (353 mm, 599 Gr.). Insgesamt wurden bei der Befischung 260 Flussbarsche gefangen, die grösser als 150 mm und 118, die grösser als 250 mm lang waren.

4.4.3 Vergleich mit Fangstatistik

Die Anglerfänge (Abbildung 4-22) haben sich seit 1994 kaum verändert. Nachdem von 2005 bis 2010 zwischenzeitlich weniger Fische gefangen wurden, sind die Werte heute wieder ähnlich hoch wie in den späten 1990er Jahren. Nur von 1988 bis 1993 waren die Fänge deutlich höher. Dies lag insbesondere an den Felchenfängen.

Der Vergleich der relativen Häufigkeiten der Fischarten in den Angelfischerfängen und den Berufsfischerfängen (Letzte Fänge eines Berufsfischers stammen von 2007) mit den „Projet Lac“-Daten zeigt eine Überschätzung der Abundanz der Felchen, Hechte und Zander in den Fischereistatistiken und eine Unterschätzung der anderen Fischarten (Abbildung

4-23). Bei den „Projet Lac“-Fängen dürften die Forellen, bedingt durch den Fang einer grossen Seeforelle überschätzt sein.

Insgesamt weichen die relativen Häufigkeitsschätzungen der verschiedenen Fischarten der „Projet Lac“-Fänge recht stark von der Fischfangstatistik ab. Dabei sind besonders die häufig gefangenen Arten der Fischfangstatistik und der „Projet Lac“ Fänge relevant. Diese Resultate bestätigen damit, dass standardisierte und nicht gezielte Abfischungen erforderlich sind, um eine vergleichbare Einschätzung (zwischen verschiedenen Seen und innerhalb eines Sees über die Zeit) der Fischartenzusammensetzung zu erhalten.

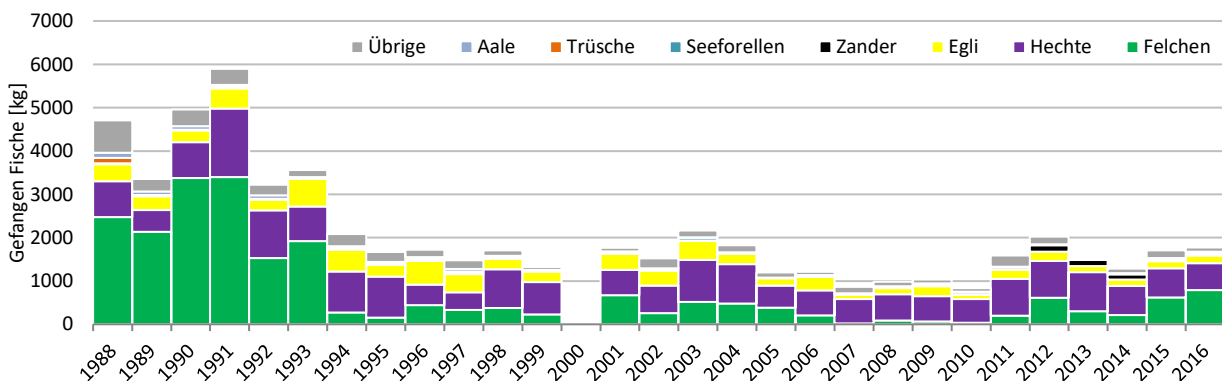


Abbildung 4-22. Entwicklung der Angelfischerfänge im Sarnersee von 1988 bis 2016 (ohne 2000).

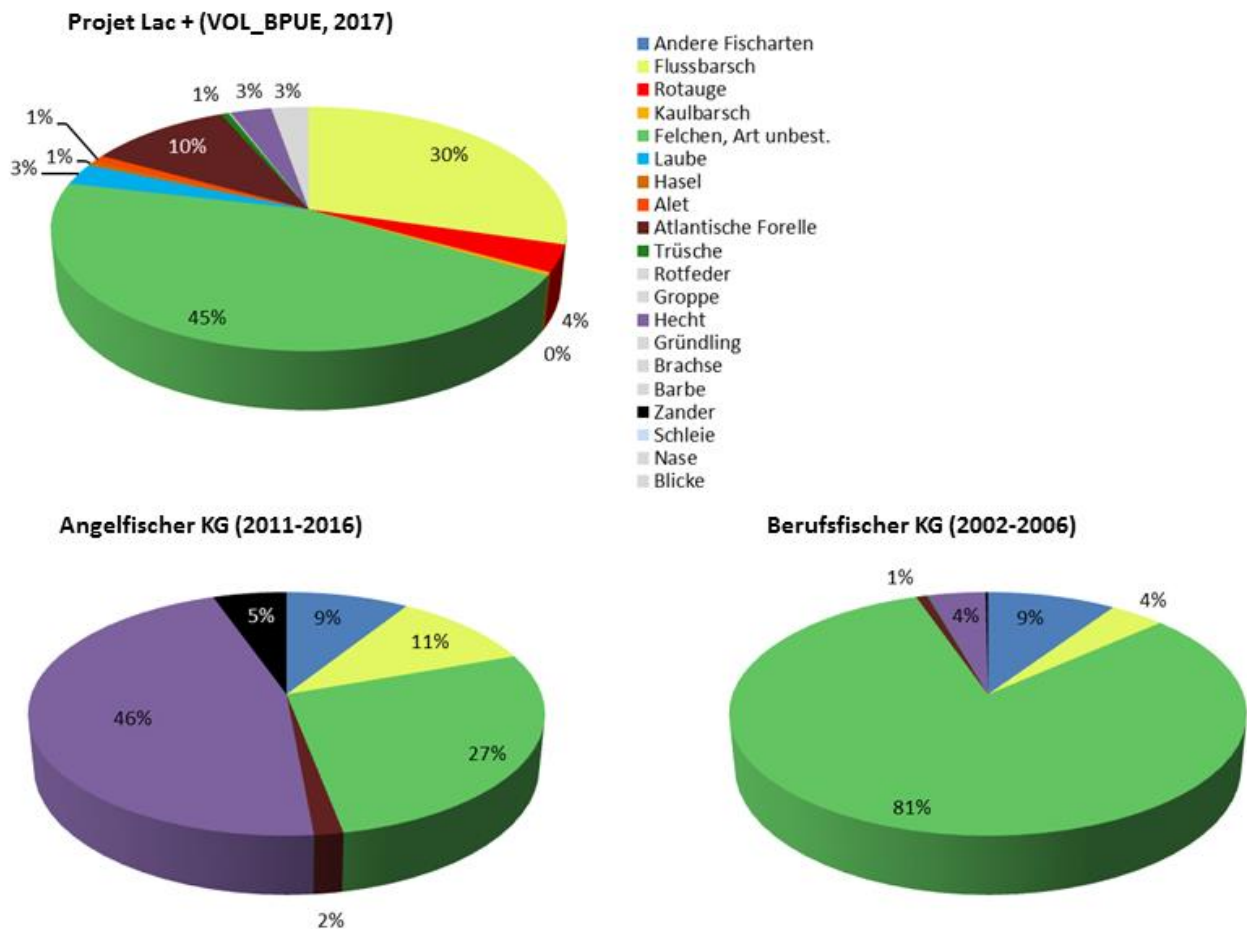


Abbildung 4-23. Anteil der verschiedenen Fischarten im Fang der Angelfischerfänge (Mittelwert von 2011-2016), der Berufsfischerfänge (Mittelwert von 2002 – 2006) und des „Projet Lac“ (volumenkorrigierte Biomasse).

4.5 Vergleiche mit anderen Seen

4.5.1 Fischbestand nach „Projet Lac“

Im Vergleich mit anderen Alpenrandseen und aufgrund der für die Netzfläche und die Verfügbarkeit der Habitate korrigierten Fänge [13] entspricht der Sarnersee heute einem Typ der zwischen einem Flussbarschsee und einem Felchensee liegt. (Abbildung 4-24).

Dies dürfte auf die eher kleine Grösse des Sees mit der damit einhergehenden geringen Ausdehnung

des Pelagials und der eher mässigen Dichte der Felchen in den standardisierten Fängen im Sarnersee zurückzuführen sein. Dadurch fallen die Flussbarsche im Sarnersee im Vergleich zu typischen Felchen dominierten Seen wie dem Thuners- oder Walensee etwas mehr ins Gewicht.

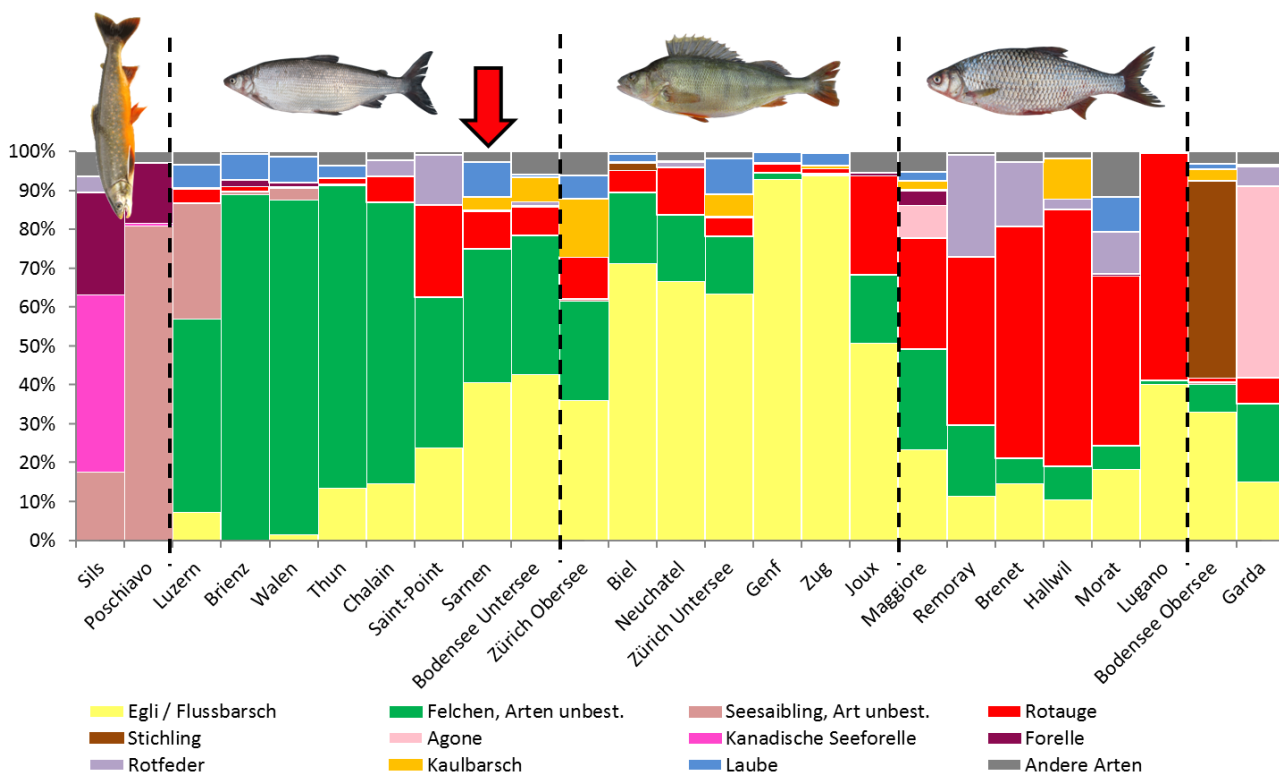


Abbildung 4-24. Vergleich relativen Häufigkeit der Fänge der einzelnen Arten (Anzahl Fische), die in den verschiedenen Seen in Vertikalnetzen gefangen wurden. Die Daten sind volumenkoriigiert (Vgl. Kapitel 5.3.3) um zwischen den Seen besser vergleichen zu können [13].

4.5.2 Angel- und Berufsfischerfänge

Die im Mittel zwischen 2002 und 2006 gefangenen Fische der Berufsfischer, fallen im Sarnersee (die Fangmengen sind korrigiert für die Seefläche aber nicht für den Fischereiaufwand da dieser nicht bekannt ist) im Vergleich mit anderen Voralpenseen wenig aus-

giebig aus (Abbildung 4-25). Auch bei den Angelfischern ist der Hektarertrag im schweizweiten Vergleich niedrig. Da heute keine Berufsfischerei mehr betrieben wird, kann der Befischungsdruk im See als eher gering eingestuft werden.

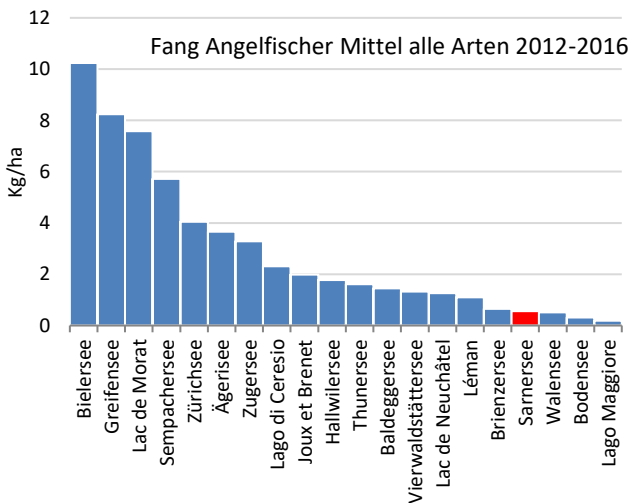
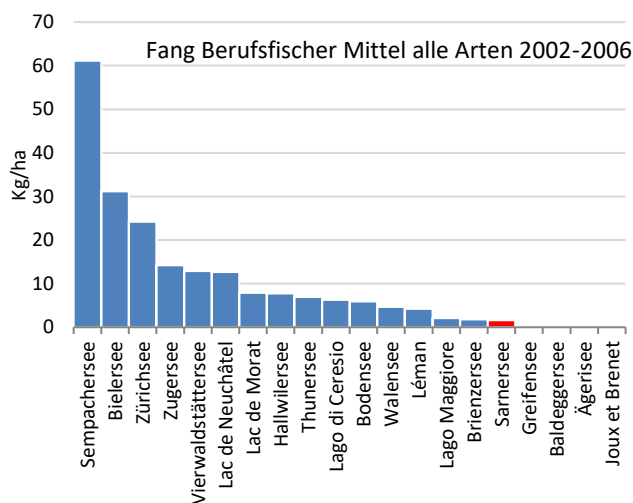


Abbildung 4-25. Mittelwert der Berufsfischerfänge von 2002-2006 und der Angelfischerfänge von 2012-2016 in verschiedenen Schweizer Seen (Daten BAFU). Die Fangmengen sind korrigiert für die Seefläche aber nicht für den Fischereiaufwand da dieser nicht bekannt ist.

5 Synthese

5.1 Ökologische Bewertung des Sarnersees

5.1.1 *Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers*

Für den Sarnensee fehlen umfangreiche und kontinuierliche limnologische Daten. Die periodisch durchgeführten Messungen erlauben trotzdem eine allgemeine Beurteilung des limnologischen Seezustands.

Der Sarnensee ist heute ein mässig tiefer, oligotropher und eher oberflächenwarmer Voralpensee. Die anthropogene Nährstoffbelastung war im See nie sehr ausgeprägt. Trotzdem kann heute in der Tiefe und während der Schichtung des Sees im Herbst ein leichter Sauerstoffmangel beobachtet werden. Dieser ist auf die nährstoffreichen Jahre mit einer höheren Phyto- und Zooplanktonproduktion und natürliche Methangasaustösse zurückzuführen.

Die Zersetzung von organischem Material führt in der Tiefe also nach wie vor zu Sauerstoffzehrung.

5.1.2 *Uferhabitate*

Die Habitatkartierung des Sarnersees zeigt im Litoral einen hohen Anteil an strukturierten Habitaten wie Zuflüsse, Blöcke, Totholz und Steine. Diese bieten den Fischen am Ufer gute Versteckmöglichkeiten. Insgesamt ist die litorale Habitatvielfalt im Sarnensee eher hoch.

Die Uferlinie und damit die Vernetzung mit dem Umland ist im Sarnensee jedoch stark beeinträchtigt. So sind ca. 61 % der Uferlinie verbaut. Es handelt sich dabei grösstenteils um Mauern und Blockwürfe, die grösstenteils mit Hafenanlagen, Strassen am Seeufer und Siedlungen im Zusammenhang stehen.

Die längsten zusammenhängenden naturnahen Ufer liegen im Naturschutzgebiet Hanenried, im Mündungsgebiet des Steini- und Gerisbachs sowie nordöstlich von Wilen (Abbildung 5-1), wobei das Steini- und Gerisbachdelta und die Gerisbachmündung stark durch Kiesentnahmen beeinflusst werden.

Während der Frühlingszirkulation werden alle Tiefen wieder ausreichend mit sauerstoffreichem Wasser versorgt.

Seit den Höchstständen, die Anfangs der 1980er Jahren beobachtet wurde, hat sich die Nährstoffbelastung im See reduziert und der See ist heute natürlicherweise nährstoffarm. Vermutlich wird sich das leichte Sauerstoffdefizit, das heute in der Tiefe noch festgestellt werden kann, in Zukunft noch mindern.

Insgesamt kann der limnologische Zustand trotz den leichten Defiziten an den tiefsten Stellen als naturnah und gut funktionierend bezeichnet werden.

Strukturierte und vielfältige Ufer sind für Fische in verschiedenen Altersstadien besonders wichtig. Im Rahmen der Revitalisierungsplanung sollte darauf geachtet werden, dass besonders wertvolle Lebensräume wie Zuflüsse, Ausfluss und Flachufer prioritär behandelt werden. Auf Kiesentnahmen in Flussdeltas sollte im Sinne einer natürlichen Gestaltung der Uferhabitate möglichst verzichtet werden. Schwemmholz, Totholz oder umgefallene Bäume sollten, wo dies möglich ist, im See belassen werden.

Insgesamt kann der Zustand der Uferhabitate im Wasser als naturnah bezeichnet werden. Die Uferlinie ist jedoch stark verbaut und vielerorts naturfremd. Die Vernetzung der Uferhabitate ist somit ungenügend. Viele Flussdeltas sind verbaut und drei Zuflüsse werden für die Kiesgewinnung genutzt, was ihren ökologischen Wert stark mindert.

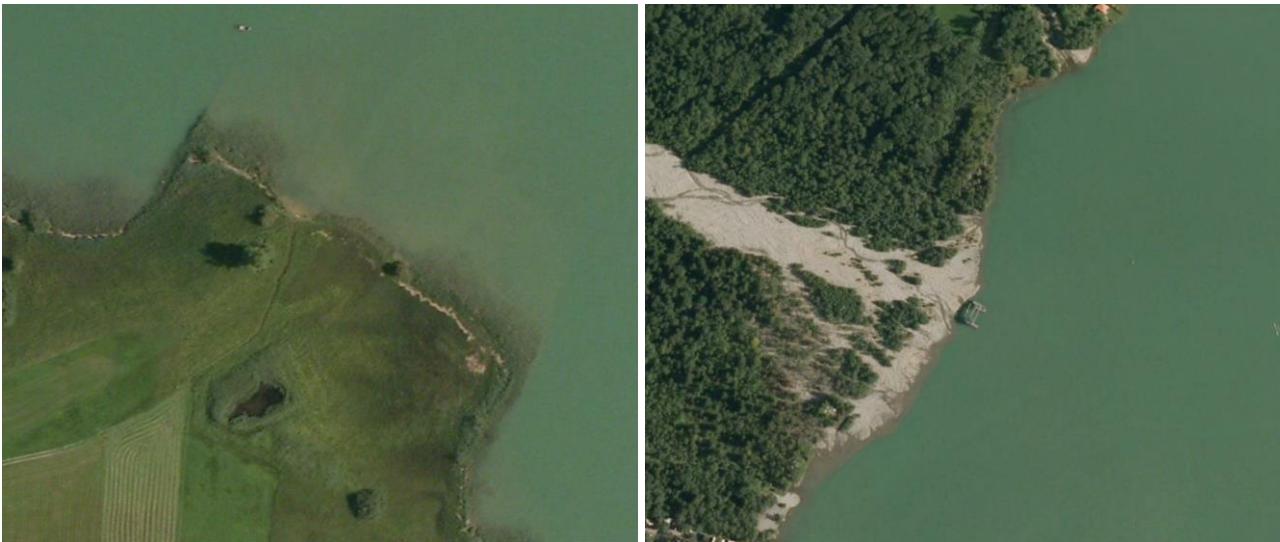


Abbildung 5-1. Links: Google Earth Luftaufnahme des naturnahen Uferabschnitts im Naturschutzgebiet Hanenried. Rechts: Aufnahme der Mündung des Steinibachs mit Beeinträchtigung (eingeschränkte Deltabildung) durch Kiesentnahme.

5.1.3 Artenvielfalt und „Projet Lac“-Fänge

Im Rahmen dieses Projektes wurden im Sarnersee 20 Fischarten gefangen (Felchen als Artengruppe als eine Art eingerechnet). Davon sind 17 Arten aufgrund von Literaturangaben standortgerecht und 19 laut VBGF einheimisch. Drei (Kaulbarsch, Zander, Seesaibling) gelten aufgrund der Literaturangaben als standortfremd. Die meisten der im Rahmen des „Projet Lac“ nicht gefangenen Arten wurden in den letzten Jahren im Sarnersee oder in seinen Zuflüssen noch nachgewiesen (Bachneunauge, Schmerle, Äsche, Aal). Im Sarnersee nicht mehr nachgewiesen wurden die nicht einheimischen Regenbogenforellen und Bachsaiblinge sowie der standortfremde Karpfen.

Der Fischbestand im Sarnersee wird durch Felchen und Flussbarsche dominiert. Dies weil Felchen im Pelagial und Flussbarsche am Ufer und an der Halde häufig waren. Damit entspricht der Sarnersee heute einem Typ der zwischen einem Flussbarschsee und einem Felchensee liegt. Die Fische besiedeln dabei die gesamte Seetiefe, wobei die Groppe die untersten 10 m des Sees meidet. Dies dürfte auf die geringe Mobilität dieser Art und der in dieser Tiefe noch heute saisonal herrschenden Sauerstoffmangel zurückzuführen sein.

Der Anteil an standortfremden Arten im Fischbestand ist eher gering. Nur der Kaulbarsch kommt in signifikanten Mengen im See vor, ist aber weniger häufig als in anderen Seen wie dem Zürich- oder Hallwilersee. Somit hält sich der Anteil an standortfremden Arten im Vergleich zu anderen Seen, wie zum Beispiel dem Bodensee, in Grenzen.

Insgesamt kann die Fischartenzusammensetzung im Sarnersee als naturnah bezeichnet werden. Der fischökologische Zustand wird trotz einigen standortfremden Arten und trotz leichten Defiziten im Sauerstoffgehalt und bei den Uferhabitaten als gut eingestuft.

5.2 Fischereiliche Nutzung

Die Berufsfischerei wurde im Sarnersee 2007 eingestellt. Die Angler fischen gezielt auf Seeforellen, Hecht, Felchen, Zander und Flussbarsche. Die Fischerei des Sarnersees ist somit stark abhängig von der Entwicklung dieser Fischarten.

In den letzten Jahren sind die Fänge der Angelfischer relativ stabil geblieben. Im Vergleich mit anderen Seen ist der Sarnersee ein für die Fischerei wenig ertragreicher See. Er weist aber einen guten Hecht- und Flussbarschbestand auf, der für die Fischerei attraktiv ist. Das Vorhandensein des Hechtbandwurms als Fischkrankheit schränkt die Nutzung der Felchen etwas ein.

Die Längenzusammensetzung der Fänge zeige natürliche Altersstrukturen auf, wie sie in Netzfängen zu erwarten sind. Im See funktioniert also die natürliche

Rekrutierung. Ein zusätzlicher Besatz im See scheint demzufolge nicht notwendig oder sinnvoll zu sein.

Der einzige gefangene Seesaibling könnte gemäss Altersbestimmung aus den Besatzmassnahmen aus dem Jahre 2013 stammen. Ob sich diese Art auch ohne Besatz im See halten kann, ist unklar. Da es sich beim Seesaibling um eine erwiesenermassen standortfremde Art handelt, sollte auf weitere Besatzmassnahmen verzichtet werden (Art. 6 Abs. 1 Bst. b, BGF). Dasselbe gilt auch für alle anderen nicht einheimischen oder standortfremden Fischarten.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Mit der vorliegenden Studie wurde die Fischfauna im Sarnensee erstmals mit einem methodisch standardisierten Verfahren erhoben. Bei der intensiven und aufwändigen Beprobung in der Zeit vom 11. - 15. September 2017 handelt es sich um eine stichprobenartige Momentaufnahme des Fischbestands, die während der Schichtung des Sees und ausserhalb der Fortpflanzungszeit der meisten Fischarten erhoben wurde. Das standardisierte Vorgehen erlaubt eine Charakterisierung des heutigen Fischvorkommens und ermöglicht einen Vergleich mit den anderen 27 Seen der Schweiz, die nach demselben Ansatz beprobt wurden. Ebenso kann die Entwicklung des Fischbestands, auch der fischereilich nicht relevanten Arten, mit der Zeit wissenschaftlich verfolgt werden. Diese Aufnahme hat nicht den Anspruch, ein vollständiges Bild über den Fischbestand im Sarnensee und deren Änderung im Jahresverlauf geben zu können. Hierfür sind die erhobenen Ergebnisse zeitlich zu eingeschränkt.

Der Sarnensee ist ein Beispiel für einen oligotrophen See, der im Verlauf des letzten Jahrhunderts durch die Eutrophierung nur wenig beeinträchtigt wurde. Dabei ist die natürliche Fischartenvielfalt im See weitgehend erhalten geblieben. Obwohl der See in der Tiefe ein leichtes Sauerstoffdefizit aufweist und die Seeufer stark verbaut sind, kann der Fischbestand im See heute als naturnah und in einem guten Zustand betrachtet werden. Diesen Zustand gilt es zu erhalten. Die gewässerschützerischen Anstrengungen sollen fortgeführt werden, damit die Defizite im Sauerstoffgehalt in der Tiefe und bei der Ufermorphologie behoben werden können.

Gerade bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung sollte darauf geachtet werden,

dass biologische Hotspots in Seen, die sich u.a. bei Zu- und Ausflüssen befinden, prioritär revitalisiert werden. Auch andere Eingriffe wie Kiesentnahmen bei Gewässerdeltas sollten aus ökologischer Sicht eingestellt werden. Eine natürliche Dynamik der Seespiegelschwankungen sollte auch in Zukunft zugelassen werden, damit vielfältige Uferhabitate erhalten bleiben.

Der Sarnensee wird heute nur noch durch Angelfischer fischereilich genutzt. Im Vergleich zu Seen mit Berufsfischerei kann der Nutzungsdruck demzufolge als eher gering eingestuft werden. Die natürliche Fortpflanzung reicht aus, um diese Nutzung zu ermöglichen. Von weiteren Besatzmassnahmen im See ist daher abzusehen. Dies gilt insbesondere für standortfremde Arten wie dem Seesaibling. Sollen gewisse Fischarten weiterhin besetzt werden, empfehlen wir eine Erfolgskontrolle der Besatzmassnahmen durchzuführen. Dies weil eine aktuell in Arbeit befindende Studie darauf hinweist, dass diese Massnahme bei Forellen häufig wenig erfolgreich ist (Periat et al. in Vorbereitung).

Schliesslich zeigen die Befischungen am Sarnensee, wie wichtig standardisierte und vergleichbare Aufnahmen der Fischfauna nach dem Vorbild des „Projet Lac“ sind. Diese erlauben es, einen Einblick in die Bestände von befischten und wenig befischten Fischarten zu erhalten. Weiter zeigen diese Aufnahmen, wie sich die Fische im Raum des Sees und über die Habitate verteilen und wo Defizite in der Qualität der Lebensräume, z.B. in der Tiefe des Sees und bei den stark verbauten Ufern, vorliegen. Anhand dieser ersten Aufnahme wird es in Zukunft möglich sein, die Entwicklung der Fischfauna im Sarnensee wissenschaftlich zu verfolgen.

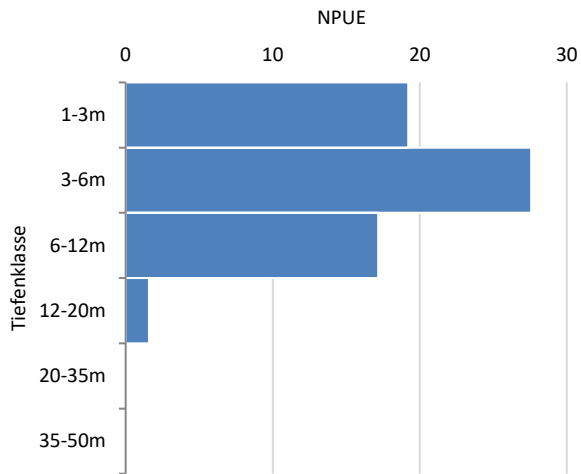
7 Literaturverzeichnis

1. Kottelat, M., and J. Freyhof. 2007. *Handbook of European Freshwater Fishes*. Cornol, Switzerland: Publications Kottelat.
2. Vonlanthen, P., D. Bittner, A. G. Hudson, K. A. Young, R. Müller, B. Lundsgaard-Hansen, D. Roy, C. R. Largiadèr, and O. Seehausen. 2012. Anthropogenic eutrophication drives extinction by speciation reversal in adaptive radiations. *Nature* 482: 375–362.
3. Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6: 21–27.
4. Degiorgi, F., and J. C. Raymond. 2000. *Guide technique - Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante*. Bron.
5. Wikipedia. 2018. Der Sarnersee.
6. Degiorgi, F. 1994. Etude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. Besançon: Université de Franche-Comté.
7. Degiorgi, F., J. Guillard, J. P. Grandmottet, and D. Gerdaux. 1993. Les techniques d'étude de l'ichtyofaune lacustre utilisés en France: bilan et perspectives. *Hydroécol. Appl.* 5: 27–42.
8. Schwimmclub Oberursel e.V. Der Aufbau heimischer Seen.
9. Appelberg, M., B. Berquist, and E. Degerman. 2000. Using fish to assess environmental disturbance of Swedish lakes and streams - a preliminary approach. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*: 311–315.
10. Heuscher, J. 1900. *Untersuchungen über die Fischereiverhältnisse des Sarnersees*. Pfäffikon: Universität Zürich.
11. Verlag Brunner AG. 2001. *Katastrophen-Sepp. Die Obwaldner Fotografen-Dynastie Reinhard*. Verlag Brunner.
12. Scherrer, Simon. 2009. Schnee- und Temperatur(variabilität) im Schweizer Alpenraum. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.
13. Alexander, T. J., P. Vonlanthen, G. Périat, F. Degiorgi, J. C. Raymond, and O. Seehausen. 2015. Estimating whole-lake fish catch per unit effort. *Fisheries Research* 172: 287–302.
14. Zaugg, B., P. Stucki, J. C. Pedroli, and A. Kirchhofer. 2003. *Fauna Helvetica - Pisces Atlas*. Neuchâtel: CSCF/SZKF.
15. Steinmann, P. 1950. Monographie der schweizer Koregonen. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 12+13.
16. Hofer, J. 1911. Die Fischfauna des Kantons Aargau. *Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft* 12: 61–74.
17. Hartmann, G. L. 1827. *Helvetische Ichthyologie, oder ausführliche Naturgeschichte der in der Schweiz sich vorfindenden Fische*. Zürich: Orell, Füssli und Compagnie.
18. Hudson, A. G., P. Vonlanthen, and O. Seehausen. 2011. Rapid parallel adaptive radiations from a single hybridogenic ancestral population. *Proc. R. Soc. B.* 278: 58–66.
19. Fujimori, Y., and T. Tokai. 2001. Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. *Fisheries Science* 67: 644–654.
20. Regier, H.A., and D.S. Robson. 1966. Selectivity of Gill Nets Especially to Lake Whitefish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 23: 423–454.

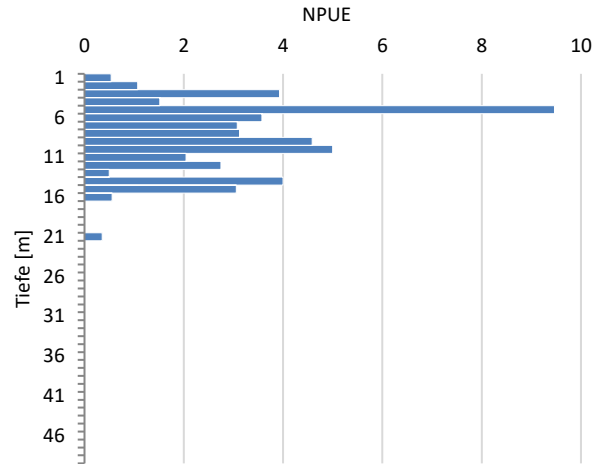
8 Anhang

8.1 Tiefeverteilung der Fänge

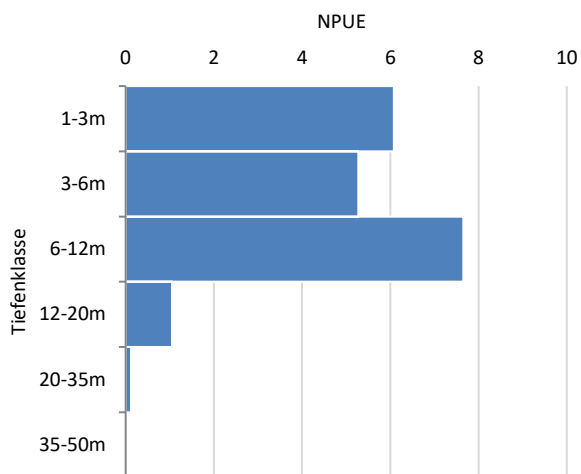
Bodennetze / Flussbarsch



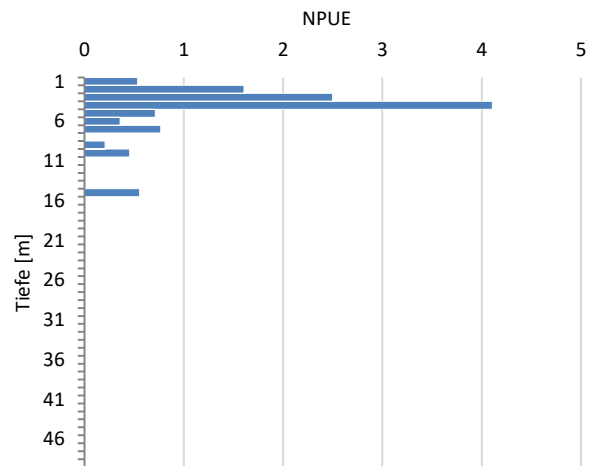
Vertikalnetze / Flussbarsch



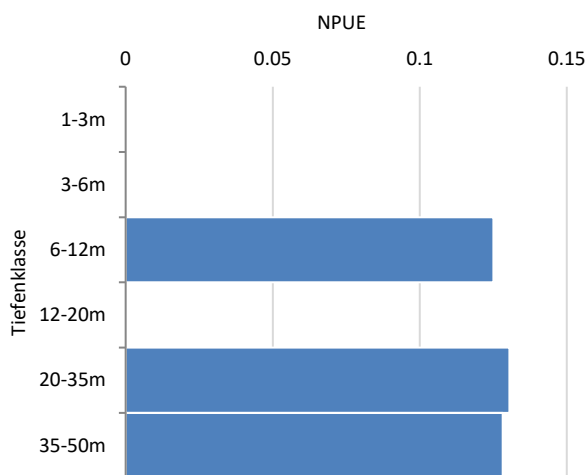
Bodennetze / Rotaugen



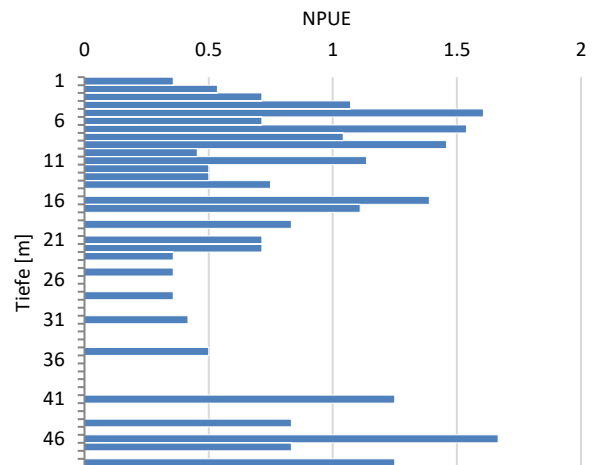
Vertikalnetze / Rotaugen



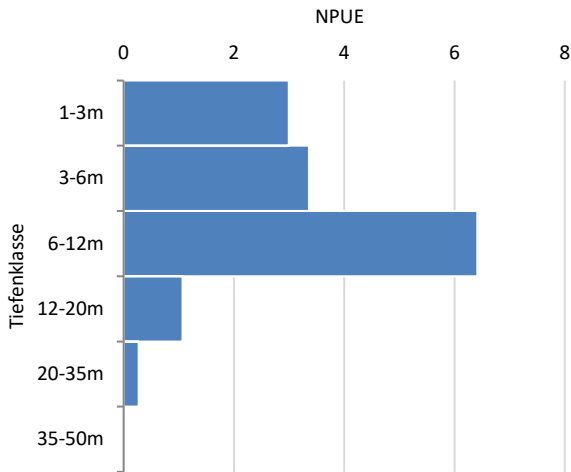
Bodennetze / Felchen, Art unbest.



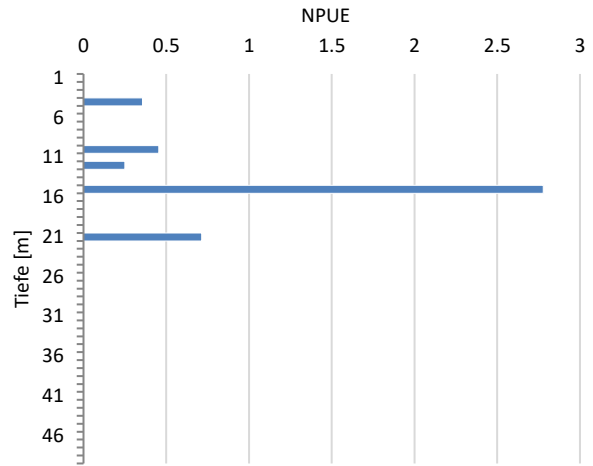
Vertikalnetze / Felchen, Art unbest.



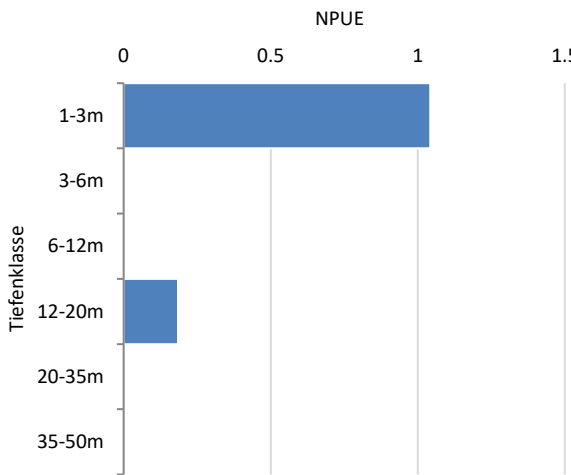
Bodennetze / Kaulbarsch



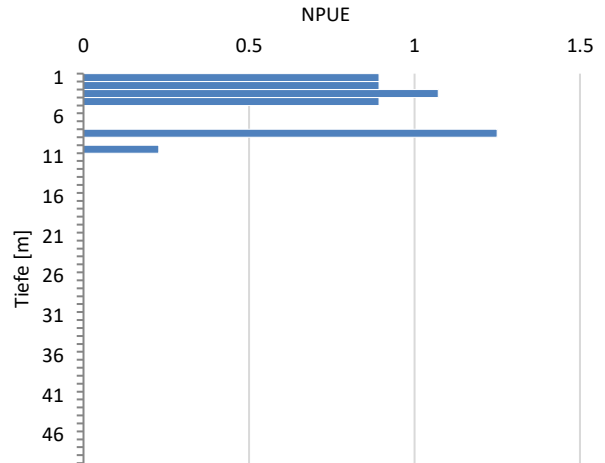
Vertikalnetze / Kaulbarsch



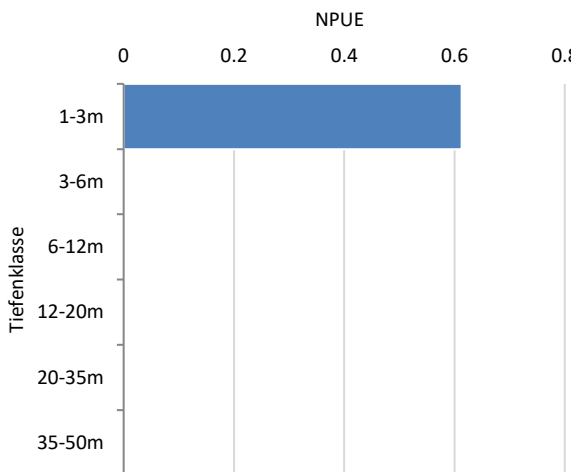
Bodennetze / Laube



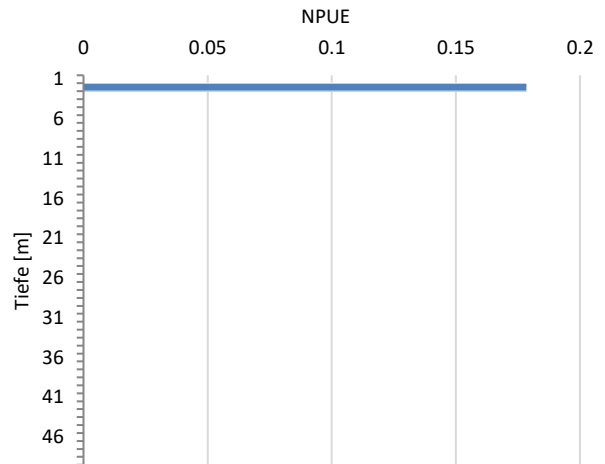
Vertikalnetze / Laube



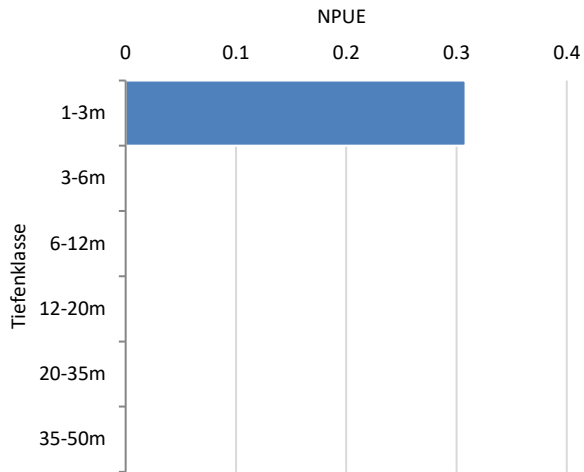
Bodennetze / Hasel



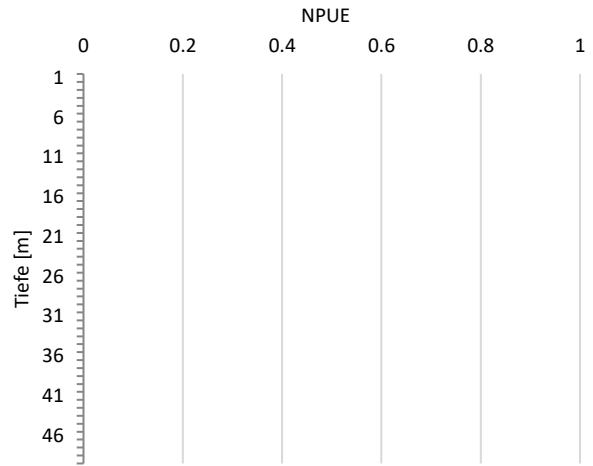
Vertikalnetze / Hasel



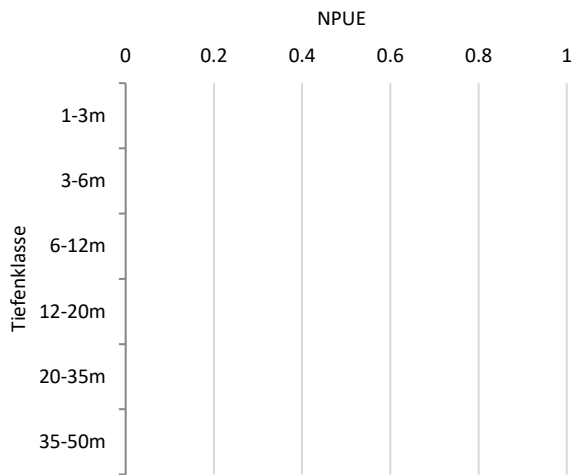
Bodennetze / Alet



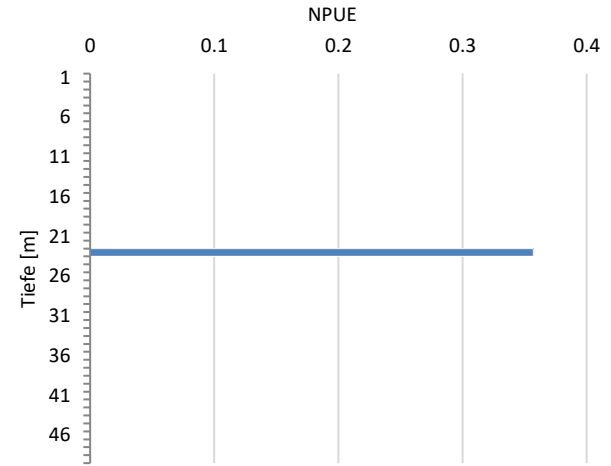
Vertikalnetze / Alet



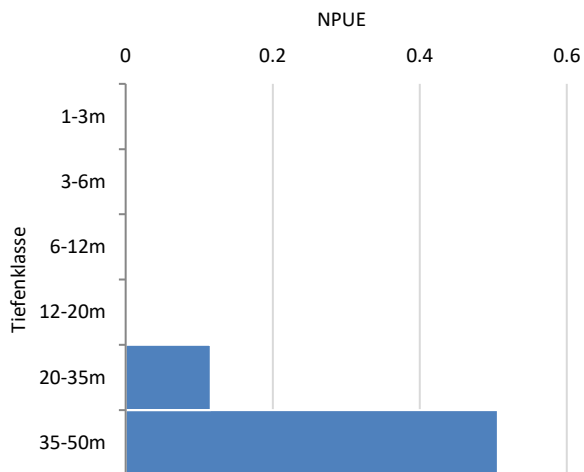
Bodennetze / Atlantische Forelle (Seeforelle)



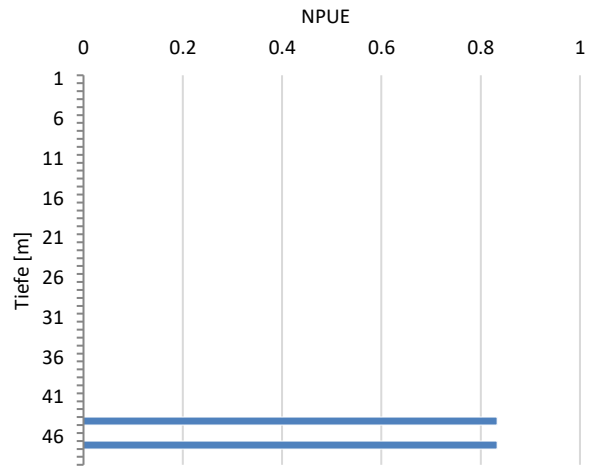
Bodennetze / Atlantische Forelle (Seeforelle)



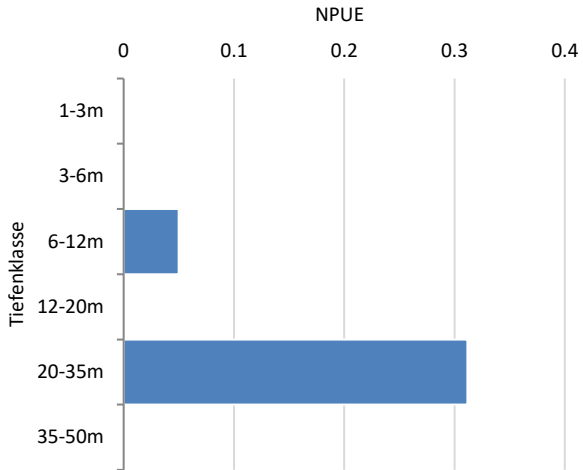
Bodennetze / Trüsche



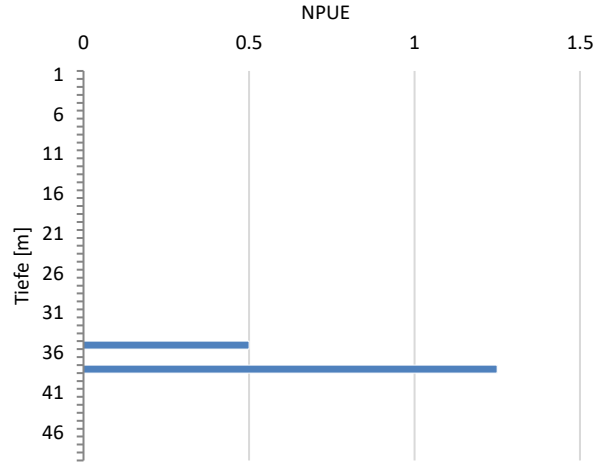
Vertikalnetze / Trüsche



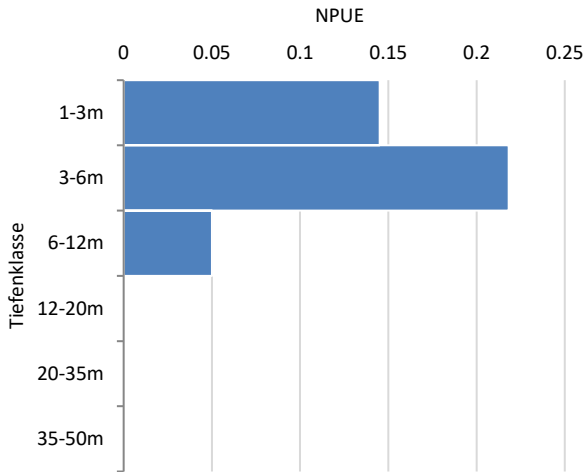
Bodennetze / Groppe



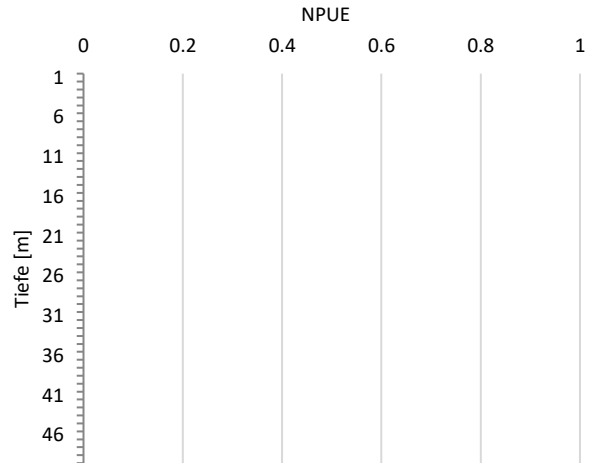
Vertikalnetze / Groppe



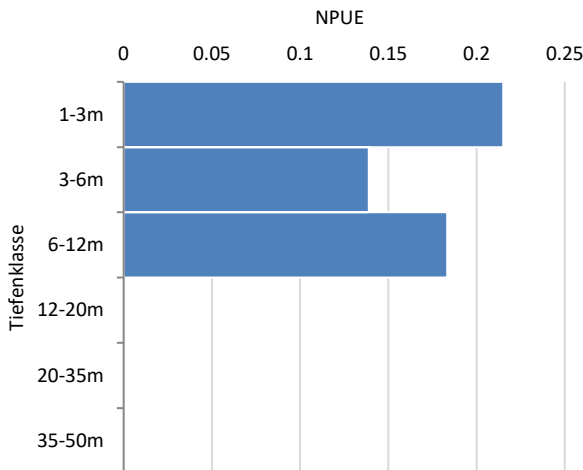
Bodennetze / Hecht



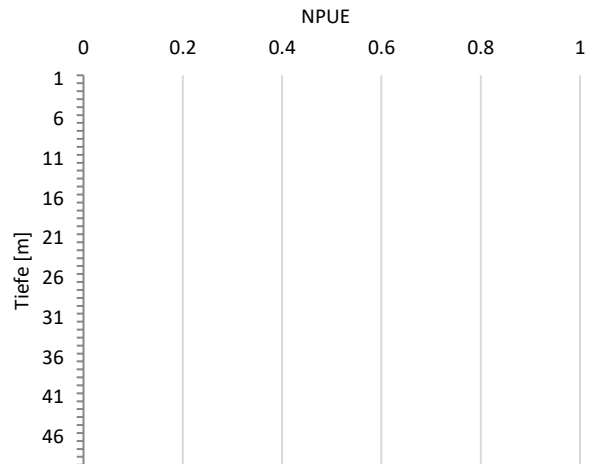
Vertikalnetze / Hecht



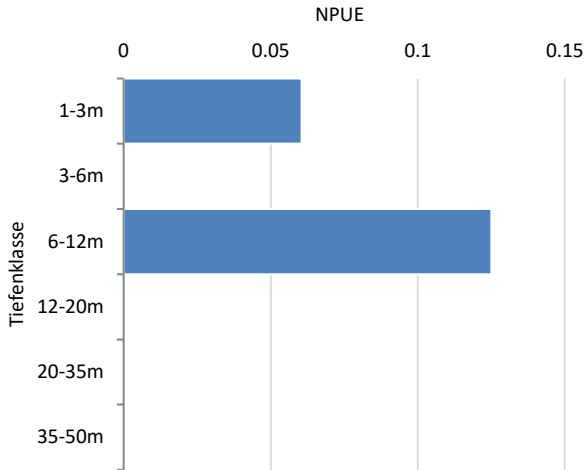
Bodennetze / Gründling



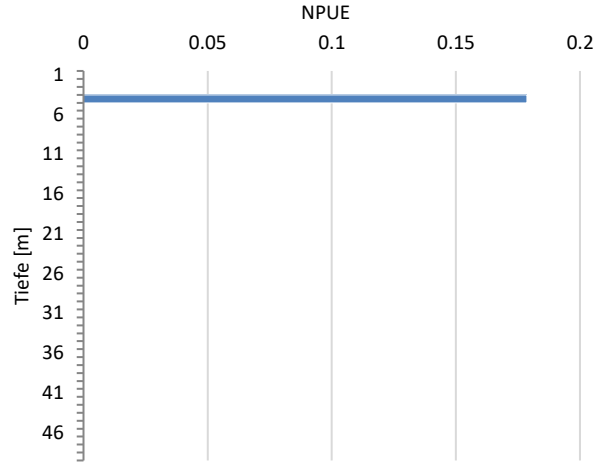
Vertikalnetze / Gründling



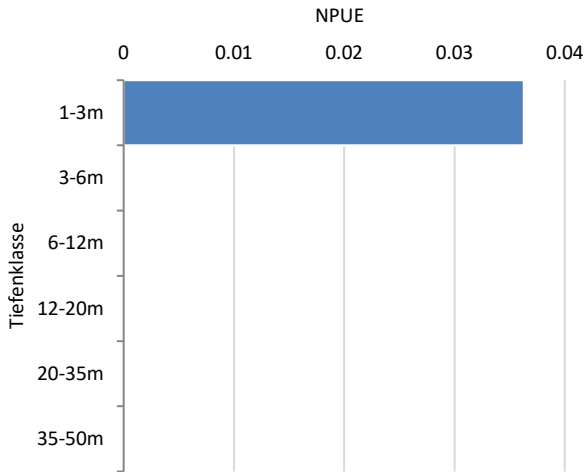
Bodennetze / Brachse



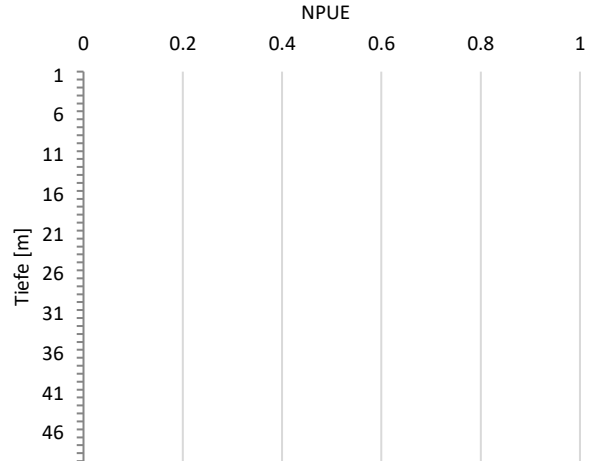
Vertikalnetze / Brachse



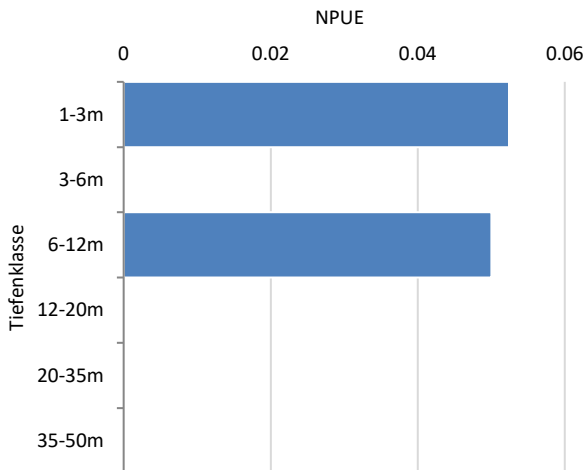
Bodennetze / Barbe



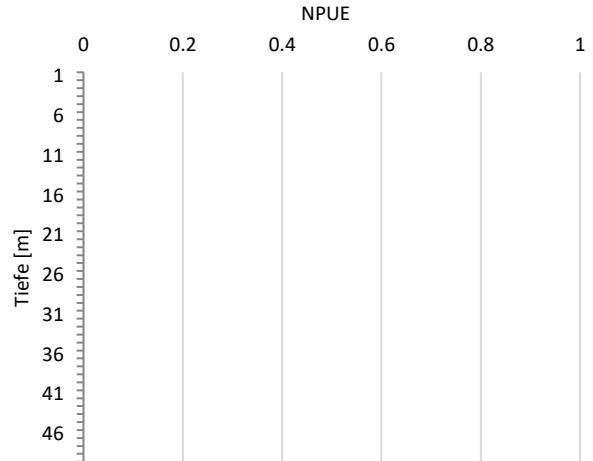
Vertikalnetze / Barbe



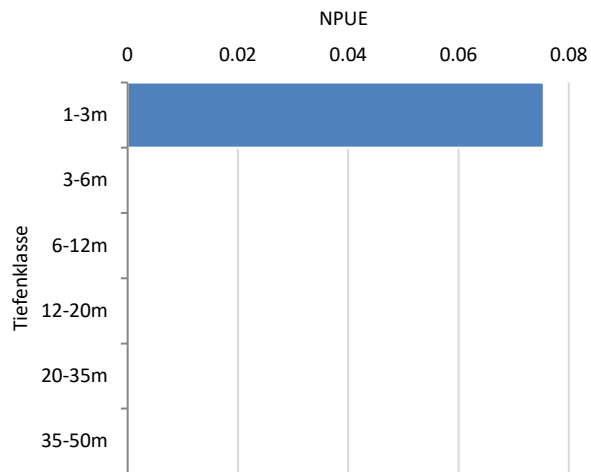
Bodennetze / Zander



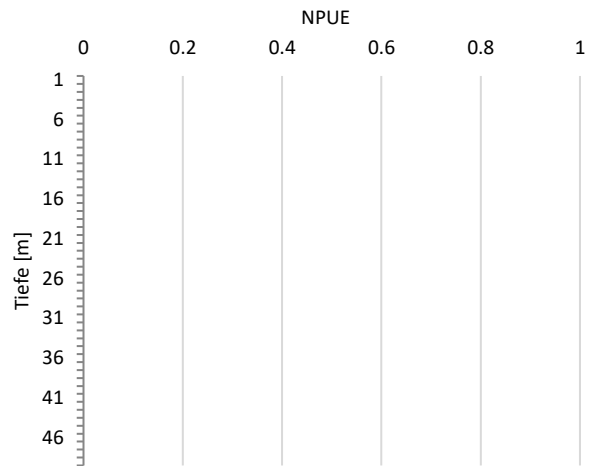
Vertikalnetze / Zander



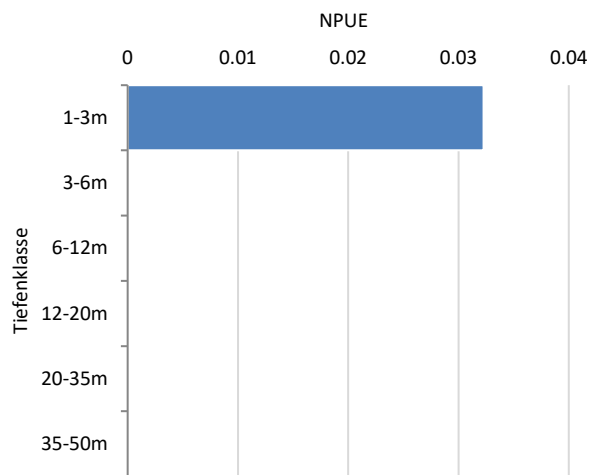
Bodennetze / Schleie



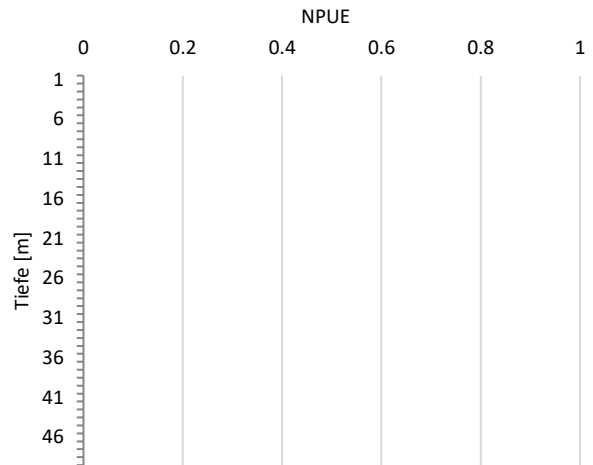
Vertikalnetze / Schleie



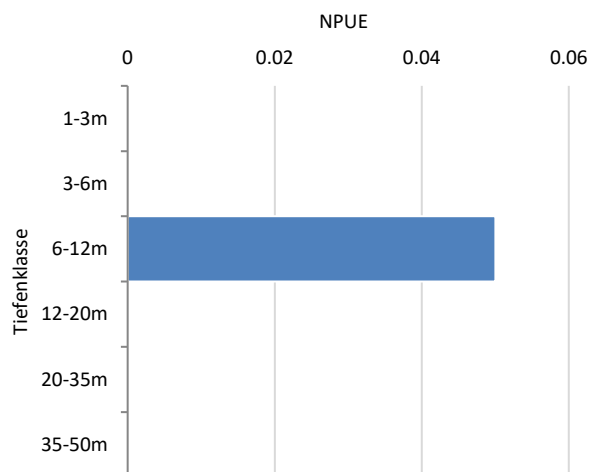
Bodennetze / Nase



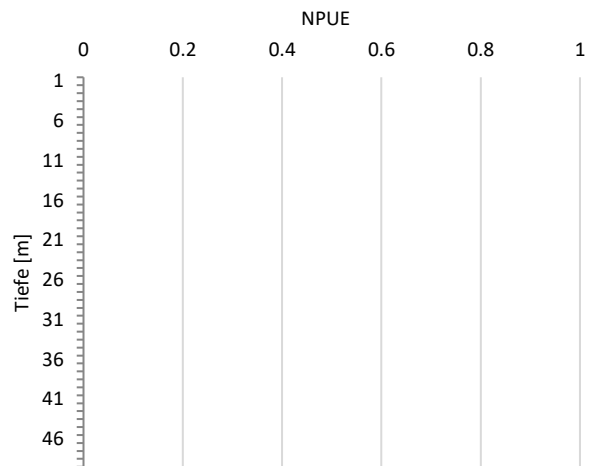
Vertikalnetze / Nase



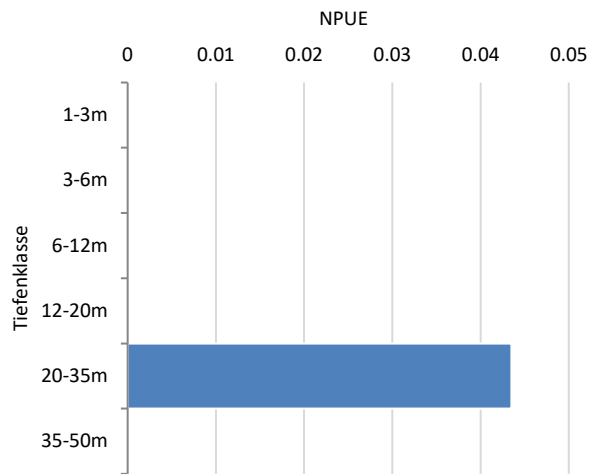
Bodennetze / Blicke



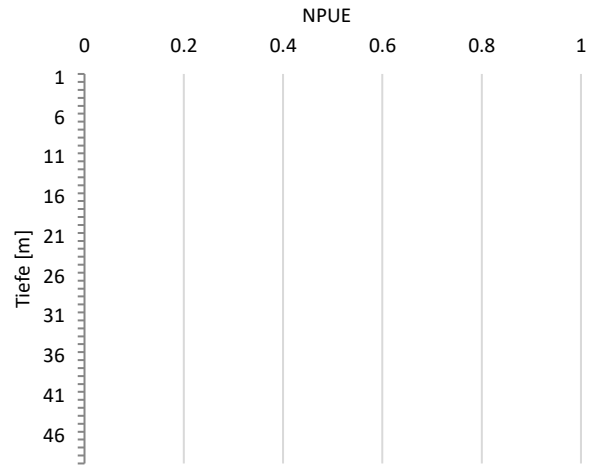
Vertikalnetze / Blicke



Bodennetze / Seesaibling, Art unbest.



Vertikalnetze / Seesaibling, Art unbest.



8.2 Geografische Verteilung

Legende

Groppe Benthische Netze (NPUE)

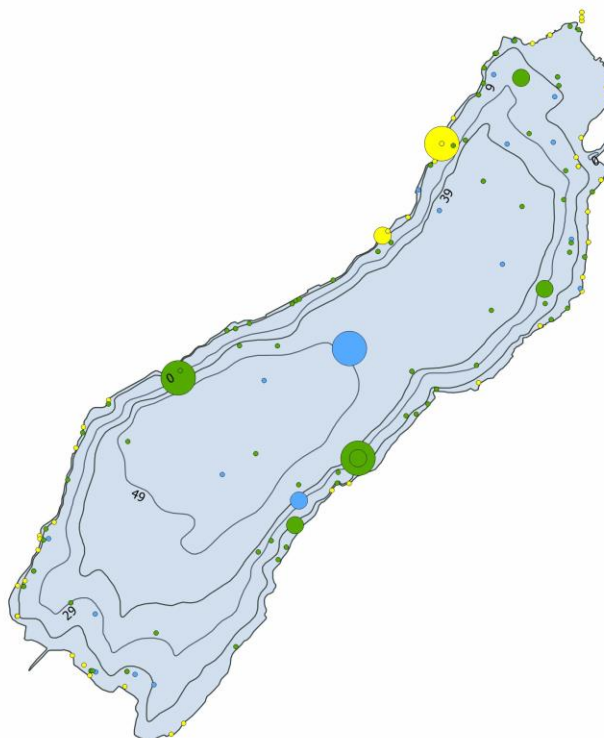
- 0
- 0-1
- 1-2.5

Groppe Vertikalnetze (NPUE)

- 0
- 0-2.5
- 2.5-5

Groppe Elektrische Befischungen (NPUE)

- 0
- 0-0.1
- 0.1-0.25



Legende

Hecht Elektrische Befischungen (NPUE)

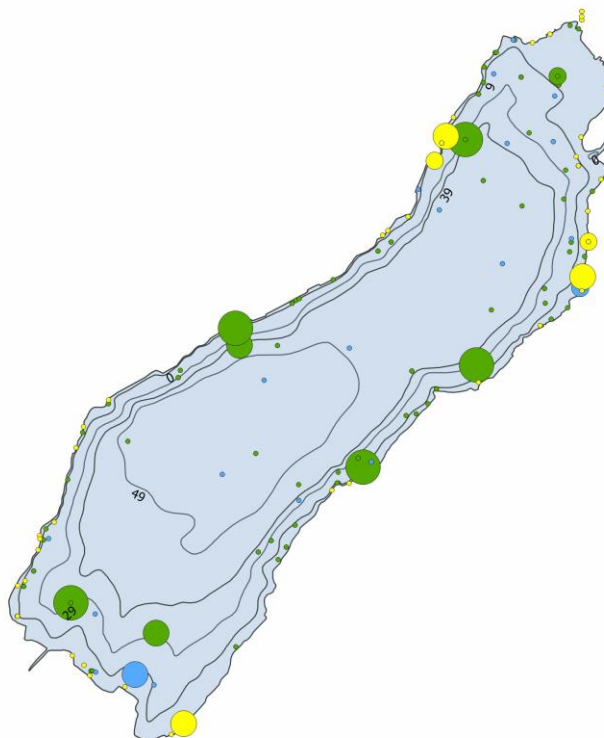
- 0
- 0-0.05
- 0.05-0.1

Hecht Vertikalnetze (NPUE)

- 0
- 0.0 - 0.5
- 0.5 - 1.25

Hecht Benthische Netze (NPUE)

- 0
- 0-0.5
- 0.5-0.83
- 0.83-1



Legende

Nase Benthische Netze (NPUE)

- 0
- 0-0.5



Legende

Rotauge Benthische Netze (NPUE)

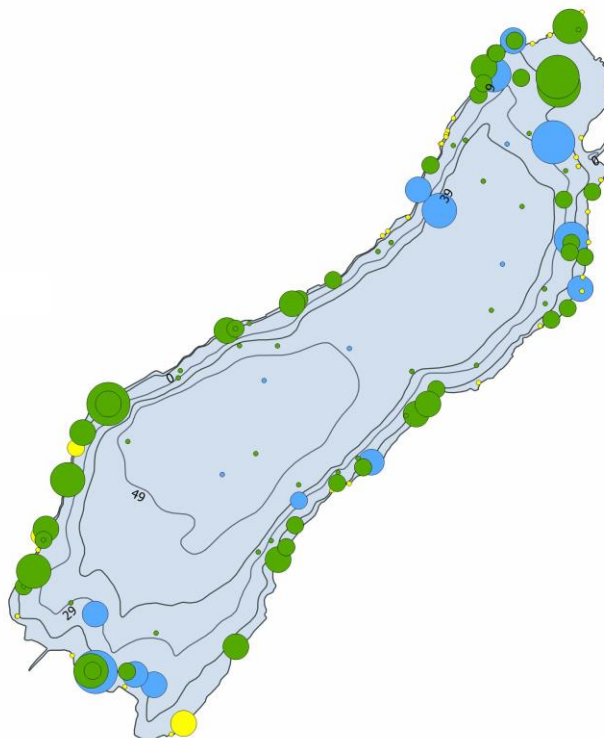
- 0
- 0-5
- 5-10
- 10-20
- 20-45

Rotauge Elektrische Befischungen (NPUE)

- 0
- 0-0.1
- 0.1-0.2

Rotauge Vertikalnetze

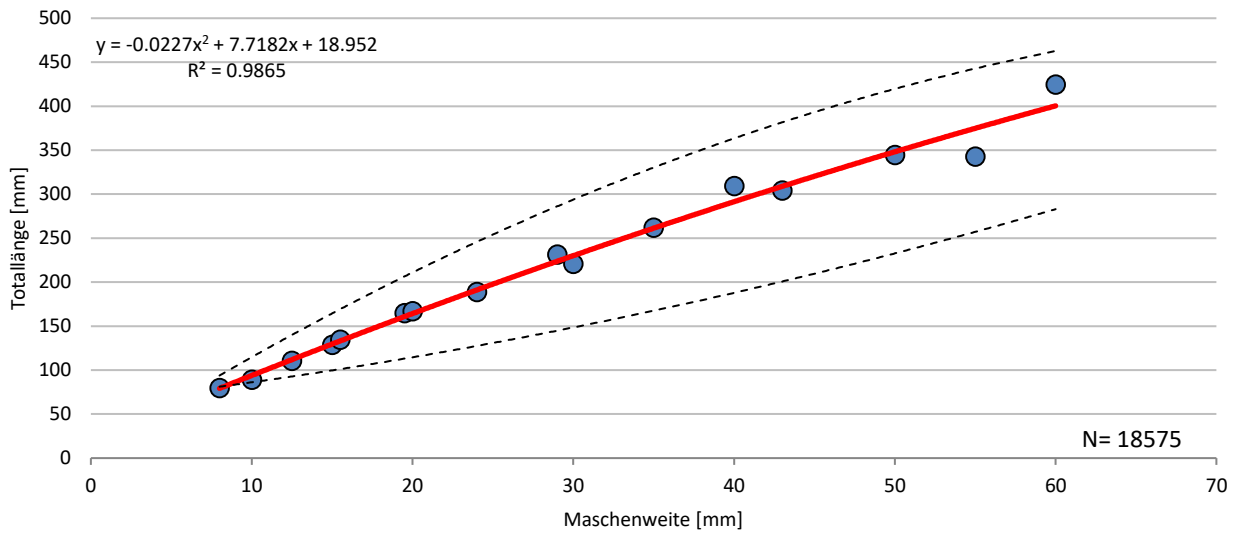
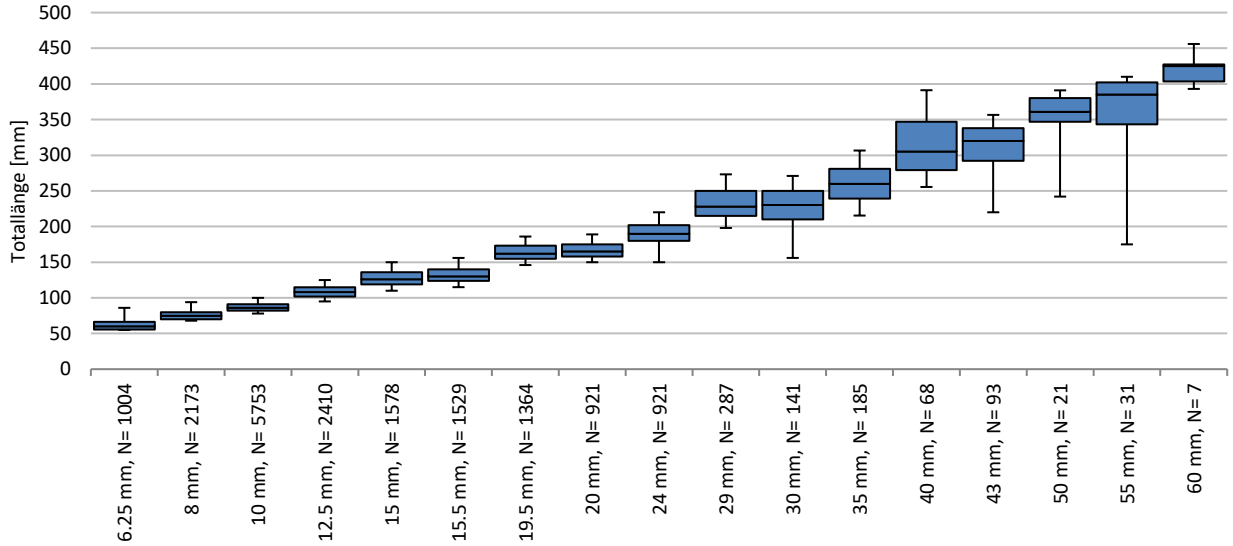
- 0
- 0-5
- 5-15
- 15-30
- 30-50



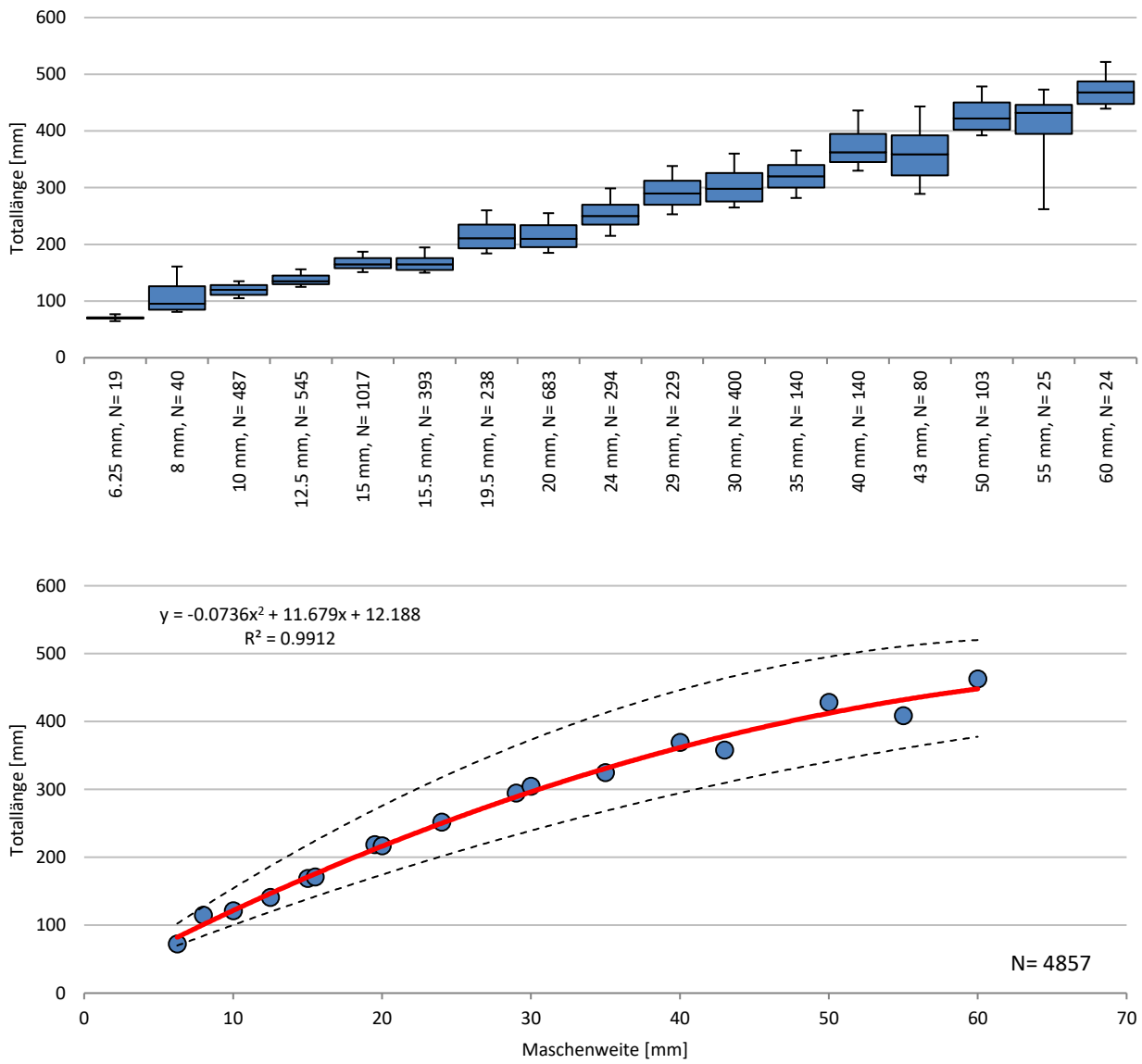
8.3 Längenselektivität von Maschenweiten

Dabei handelt es sich um die Resultate der Fänge aus allen im Rahmen des „Projekt Lac“ untersuchten Seen.

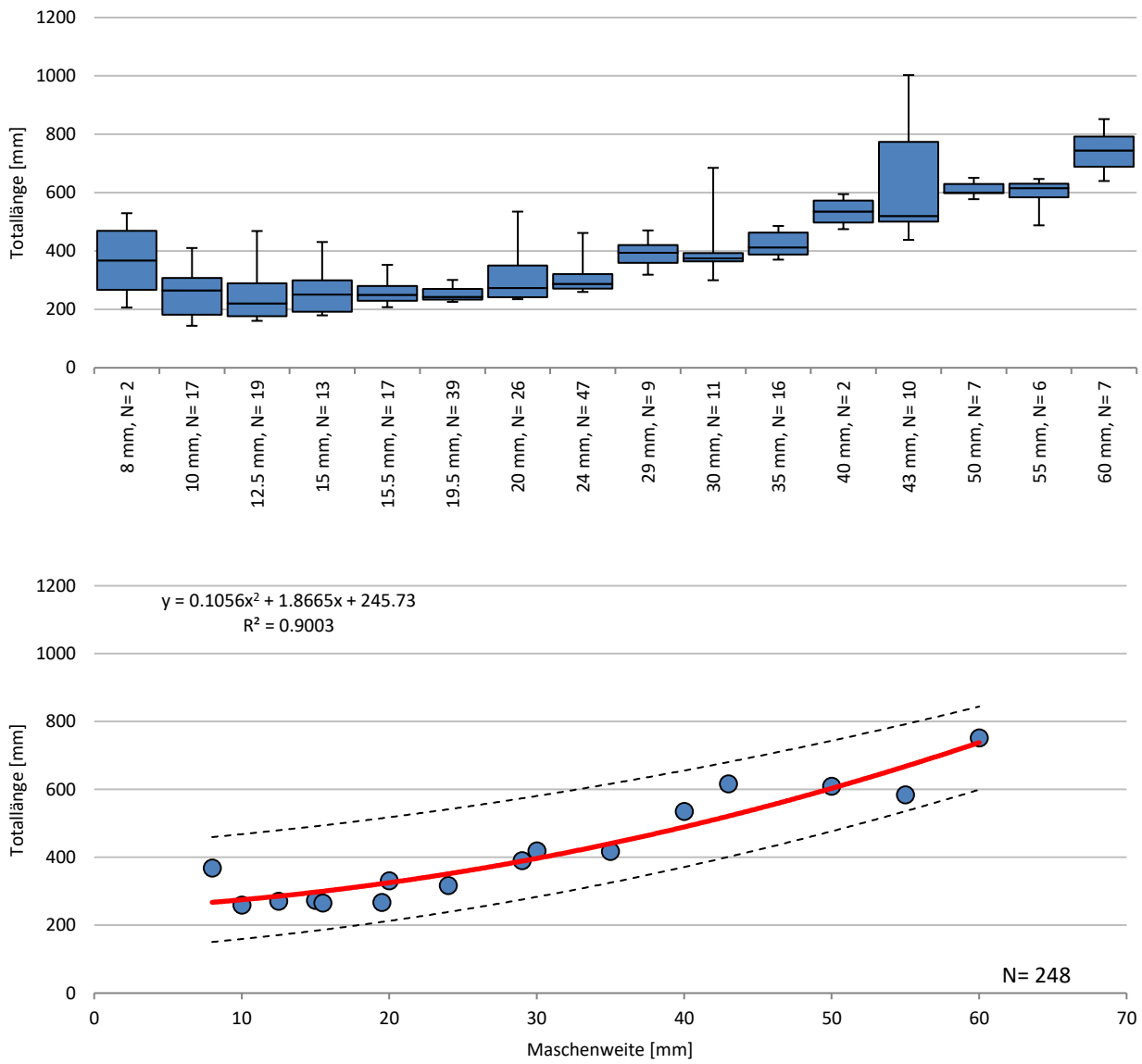
8.3.1 Flussbarsch



8.3.2 Felchen



8.3.3 Hecht



8.3.4 Rotauge

