



STANDARDISIERTE BEFISCHUNG SEMPACHERSEE

Resultate der Erhebungen vom September 2018



Impressum

Auftraggeber

Kanton Luzern
Dienststelle Landwirtschaft und Wald
Centralstrasse 33
CH-6210 Sursee

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, Polli Natur + Dienste, Fédération de pêche du Doubs (F).

Autoren

Pascal Vonlanthen: p.vonlanthen@aquabios.ch
Thomas Kreienbühl: thomas.kreienbuehl@ecqua.ch
Guy Périat: periat@teleos.info

Zitiervorschlag: Vonlanthen, P., Kreienbühl, T. & Périat, G., 2019. Standardisierte Befischung Sempachersee – Resultate der Erhebungen vom September 2018. Aquabios GmbH. Auftraggeber: Kanton Luzern, Dienststelle Landwirtschaft und Wald, Sursee.

Foto Titelseite: Sicht über den Sempachersee (Foto © P. Vonlanthen).

Danksagung

Wir danken der Abteilung Natur, Jagd und Fischerei der Dienststelle Landwirtschaft und Wald des Kantons Luzern für den Auftrag und der Sektion Lebensraum Gewässer des BAFU für den Beitrag. Thomas Küng, Peter Ulmann, Jonathan Paris, Hervé Décourcière, François Degiorigi, Daniel Schlunke, Timon Polli, Erwin Schäffer Stéphane Ecuier, Romain Triponnet, Loïc Bailly, Jean-Philippe Couasné, Christian Rossignon und Thomas Poulleau danken wir für die tatkräftige Unterstützung bei den Feldarbeiten. Jan-Pieter Forssmann danke für die sprachliche Korrektur des Dokuments.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUSGANGSLAGE	5
2.1	NOTWENDIGKEIT VON STANDARDISIERTEN AUFNAHMEN DER FISCHBESTÄNDE	5
2.2	FISCHE ALS INDIKATOREN FÜR DEN ZUSTAND EINES SEES	5
2.3	ZIELSETZUNG DER STANDARDISIERTEN BEFISCHUNG DES SEMPACHERSEES	6
2.4	DER SEMPACHERSEE	6
3	METHODEN	7
3.1	BEFISCHUNG	8
3.2	DATENERFASSUNG UND SAMMLUNG VON PROBEN	11
3.3	ZUSÄTZLICH EINBEZOGENE DATEN	11
4	RESULTATE	12
4.1	PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE DATEN	12
4.2	HABITATKARTIERUNG	14
4.3	STANDARDISIERTE ABFISCHUNG	17
4.4	VERGLEICH DER ZWEI UNABHÄNGIGEN BEFISCHUNGEN	30
4.5	FISCHEREILICHE ASPEKTE	36
4.6	VERGLEICHE MIT ANDEREN SEEN	39
5	SYNTHESE	41
5.1	ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG DES SEMPACHERSEES	41
5.2	FISCHEREILICHE NUTZUNG	42
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	44
7	GLOSSAR	46
8	LITERATURVERZEICHNIS	48
9	ANHANG	49
9.1	TIEFENVERTEILUNG DER FÄNGE	49
9.2	GEOGRAFISCHE VERTEILUNG	56
9.3	ANZAHL UND BIOMASSE DER BEIDEN FANGWOCHEEN IM VERGLEICH	59
9.4	LÄNGENSELEKTIVITÄT VON MASCHENWEITEN	60

1 Zusammenfassung

In den schweizerischen Voralpenseen leben überdurchschnittlich 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 teils auch tiefen Alpenrand- und Mittellandseen umfassende und standardisierte Aufnahmen des Fischbestands durchgeführt. Dabei kamen teils überraschende Erkenntnisse an den Tag. So wurden beispielsweise mit genetischen Untersuchungen bisher nicht bekannte Arten identifiziert.

Die Entwicklung des Fischbestands in den Seen lässt sich künftig genau verfolgen, wenn die Datenerhebungen mittel- bis langfristig regelmässig wiederholt werden. Der vorliegende Bericht umfasst exemplarisch sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Sempachersee vom 17. bis 27. September 2018 durchgeführt wurden.

Der limnologische Zustand des Sees kann als mesotroph (mässig produktiv) bis eutroph (nährstoffreich) eingestuft werden. In der Tiefe tritt jährlich ein Sauerstoffdefizit auf, das ein natürliches Aufkommen von tiefenangepassten Fischarten schmälert. Die negativen Auswirkungen der Eutrophierung werden durch Belüftung (Zwangszirkulation)/Zufuhr von Sauerstoff gemindert. Das Seeufer erweist sich als weniger stark verbaut als bei anderen Seen und ist vielerorts naturnah. Trotzdem ist die Vernetzung der aquatischen mit den terrestrischen Lebensräumen an 25 % des Ufers ungenügend. Das ökologische Potenzial zugunsten von Uferrenaturierungen ist für viele Fischarten dementsprechend vorhanden.

Im Vergleich zu anderen Seen ist der Sempachersee gleichwohl ein überdurchschnittlich ertragreicher und für die Berufs- und Angelfischer attraktiver See. Er weist einen guten Felchen- und Flussbarschbestand auf. Aber auch andere attraktive Arten kommen im See vor wie Hecht, Wels oder Zander. Im

Rahmen der standardisierten Befischungen wurden insgesamt 20 Fischarten nachgewiesen. Die meisten Arten zeigen für Netzfänge natürliche Längenstrukturen auf. Im See scheint die Rekrutierung für die meisten Fischarten zu funktionieren. Die Felchen unterliegen jedoch einem starken Befischungsdruck und ihr natürliches Aufkommen ist durch den aktuellen Seezustand geschmälert. Ihre Rekrutierung wird deshalb durch Besatzmassnahmen gestützt.

Der Sempachersee ist ein Beispiel für einen See, dessen limnologische Eigenschaften im Verlauf des letzten Jahrhunderts durch Eutrophierung und wasserbauliche Eingriffe (Absenkung des Seespiegels) stark beeinträchtigt wurden. Die ehemals im See vorkommenden Felchenarten sind dadurch verschwunden. Mehrere standortfremde Fischarten, z.B. der Wels, der Kaulbarsch und der Blaubandbärbling, haben den See neu besiedelt. Der ökologische Zustand der Fischgemeinschaft ist im Sempachersee daher als beeinträchtigt einzustufen. Die räumliche Verteilung der Fische und die relativen Häufigkeiten der Arten im See sind aber naturnäher, als dies aufgrund des Trophiegrades und der limnologischen Defizite zu erwarten war, gerade auch im Vergleich zu anderen, stark durch Nährstoffe belasteten Seen der Schweiz.

Die auf Gewässerschutz zielenden Anstrengungen sollten daher fortgeführt werden, damit die Defizite hinsichtlich des Sauerstoffgehalts in der Tiefe sowie der Ufermorphologie behoben werden können. Bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung ist darauf zu achten, dass biologische Hotspots im See, die sich u.a. bei Zu- und Ausflüssen befinden, prioritär angegangen werden.

2 Ausgangslage

2.1 Notwendigkeit von standardisierten Aufnahmen der Fischbestände

In den Schweizer Voralpenseen leben überdurchschnittlich viele endemische Fischarten [1, 2], für welche die Schweiz eine ganz besondere Verantwortung trägt. Gemäss des Zweckartikels des Bundesgesetzes über die Fischerei (Art. 1, Abs. 1, Bst. a BGF, SR 923.0) sollen 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 der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF, SR 923.01) verpflichtet, diejenigen Gewässerabschnitte auf ihrem Gebiet, in denen Fische und Krebse mit dem Gefährdungsstatus 1-3 leben (Art. 10 Abs. 1 VBGF), zu benennen.

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. Bis dahin beruhte das Wissen hauptsächlich auf Erfahrungen der Behörden und der Fischer, Einzelbeobachtungen, gezielten Monitorings (z.B. Felchenmonitorings) und artenspezifischen wissenschaftlichen Studien.

Die Resultate des „Projet Lac“ ergänzen dieses Wissen. Dabei kamen auch teilweise überraschende Erkenntnisse an den Tag. So wurden beispielsweise, durch den Einsatz von genetischen Methoden 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 längerfristige Entwicklung des Fischbestands in einem See mit den Daten des «Projet Lac» detaillierter und genauer verfolgt werden. Verwendete Fachbegriffe sind im Glossar (Kapitel 7) erklärt.

2.2 Fische als Indikatoren für den Zustand eines Sees

Die Artenzusammensetzung der Fischgemeinschaft eines Gewässers stellt einen hervorragenden Indikator für dessen Status als Ökosystem dar [3, 4]. Hervorzuheben sind diesbezüglich folgende Punkte:

- Fische sind langlebig und widerspiegeln deshalb Effekte über einen langen Zeitraum.
- Fische nutzen ein grosses Nahrungsspektrum, 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 des Fischbestands wie die des «Projet Lac» sind notwendig, um Fischgemeinschaften erfolgreich als Bioindikator nutzen zu können. Da sich Fische räumlich bewegen, müssen diese standardisierten Aufnahmen gleichzeitig in allen Bereichen des Stillgewässers durchgeführt werden. Dies ist der Grund, weshalb eine standardisierte Befischung der Seen recht aufwendig ist und früher in der Schweiz nicht durchgeführt wurde.

2.3 Zielsetzung der standardisierten Befischung des Sempachersees

Die Feldarbeiten des eigentlichen «Projet Lac» wurden Ende 2014 abgeschlossen. 2017 und 2018 wurde im Rahmen einer BAFU-Studie versucht, die Befischungsmethode des «Projet Lac» zu vereinfachen. Ziel war es, den Aufwand und die Fischmortalität zu verringern, ohne die Datenqualität zu schmälern. Durch diese methodische Weiterentwicklung ergab sich für die Kantone 2017 und 2018 die Gelegenheit, im Zuge des «Projet Lac» bisher nicht untersuchte Seen mit der neuen, leicht angepassten Methode begutachten zu lassen. Die Ziele der standardisierten Befischungen orientieren sich an denen des «Projet Lac»:

- Erhebung der Häufigkeit einzelner Fischarten sowie der Vielfalt im See.
- Darstellung der evidenten Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren (z.B. Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser, Temperatur, Produktivität) und Artenvielfalt.

Nicht zur Untersuchung gehörten die Erstellung von standardisierten Fotos, die Entnahme von DNA-

Proben und von ganzen Fischen für die Wissenschaft. Es wurden jedoch einzelne Proben entnommen.

Bisher war noch nie ein See zweimal hintereinander befischt worden. An keinem Schweizer See hatte man also bislang zeigen können, dass zwei identische Aufnahmen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt worden waren, dasselbe Ergebnis erbrachten. Der Sempachersee wurde 2018 zweimal mit genau der gleichen Methode befischt. Die Anzahl der Befischungsaktionen und die Standorte waren identisch.

Der vorliegende Bericht umfasst sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Sempachersee vom 17. bis zum 20. September 2018 und vom 24. bis zum 27. September 2018 durchgeführt wurden. Für die standardmässig durchgeführten Auswertungen wurden die Ergebnisse beider Befischungen zusammengefasst. Der Fokus der Auswertungen liegt dabei auf der Artenzusammensetzung und der Habitatnutzung der einzelnen Fischarten. Der Vergleich der beiden Befischungen wird in einem spezifischen Kapitel behandelt.

2.4 Der Sempachersee

Der Sempachersee nimmt eine Fläche von 14.4 km² ein und liegt auf 505 m.ü.M. im Kanton Luzern (Abbildung 2-1). Er ist ca. 7.5 km lang und weist eine maximale Tiefe von 87 m auf [5]. Das Volumen des Sees beträgt ca. 0.64 km³. Der mittlere Abfluss liegt bei 1.3 m³/s. Daraus ergibt sich eine mittlere Aufenthaltsdauer des Wassers von 15 Jahren. Das hydrologische Einzugsgebiet des Sempachersees beträgt 62 km². In den See münden 16 zumeist kleine Bäche. Der Ausfluss ist die Suhre, die durch den Kanton Aargau fliesst und bei Aarau in die Aare mündet.

Der Sempachersee liegt im oberen Teil des Suhretals. Dieses wurde durch Gletscher ausgeschliffen und so

ist der See noch heute von den Moränenzügen des ehemaligen Reussgletschers umgeben [5].

Im Mittelalter wurde der Seespiegel des Sempachersees mehrmals abgesenkt, wonach er meistens wieder anstieg [6]. Im Jahr 1806 kam es dann, zum Zweck der Landgewinnung, zu einer dauerhaften Absenkung des Seespiegels um ca. 1.8 m. Dabei wurden frühgeschichtliche Siedlungsplätze freigelegt (Jungsteinzeit, Bronzezeit und Mittelalter). Heute wird der See durch ein Wehr bei Sursee reguliert.



Abbildung 2-1. Der Sempachersee (Grafik © Wikimedia).

3 Methoden

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 bestimmten Zeitpunkten im Jahr häufiger auf [7]. Je nach Fischart können sich die bevorzugten Habitattypen unterscheiden. Der Sempachersee wurde daher für die Habitatkartierung in drei Einheiten unterteilt [8] (Abbildung 3-1):

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

Die Zonen wurden anhand der Seegrundvermessung (Bathymetrie) bestimmt. Die litorale Zone bis zu einer Tiefe von < 3 m wurde von einem Boot aus und

Auch weil der Sempachersee eine der längsten mittleren Wasseraufenthaltszeiten der Schweizer Voralpenseen hat, kam es ab den 1970er-Jahren zu einer Eutrophierung des Sees. Obwohl bereits 1972 in Sempach eine Abwasserreinigungsanlage (ARA) in Betrieb genommen wurde, stieg die Phosphorkonzentration im See bis 1984 an. Erst nach dem massiven Fischsterben von 1984 nahm der Phosphatgehalt durch den Bau weiterer ARAs, die Inbetriebnahme einer Seebelüftung und infolge weiterer Massnahmen in der Landwirtschaft langsam wieder ab [5].

mit Zuhilfenahme von Luftaufnahmen mit QGIS kartiert (Abbildung 3-2). Die Ufer wurden als künstlich bezeichnet, sofern die Uferlinie durch Blockwürfe, Mauern (Abbildung 3-2) usw. gesichert sind oder eine hohe Bootsdichte (offene Bootsanlegestellen im See mit sichtbaren baulichen Massnahmen) aufweisen. Eingezäunte Schilfbestände wurden als naturnahe Ufer eingestuft.

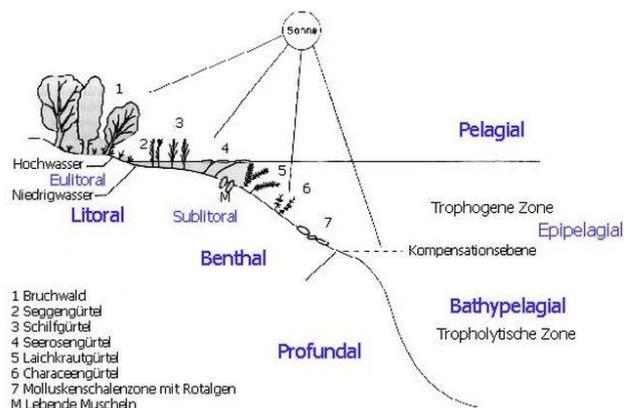


Abbildung 3-1. Limnologische Strukturierung von Seen [9]

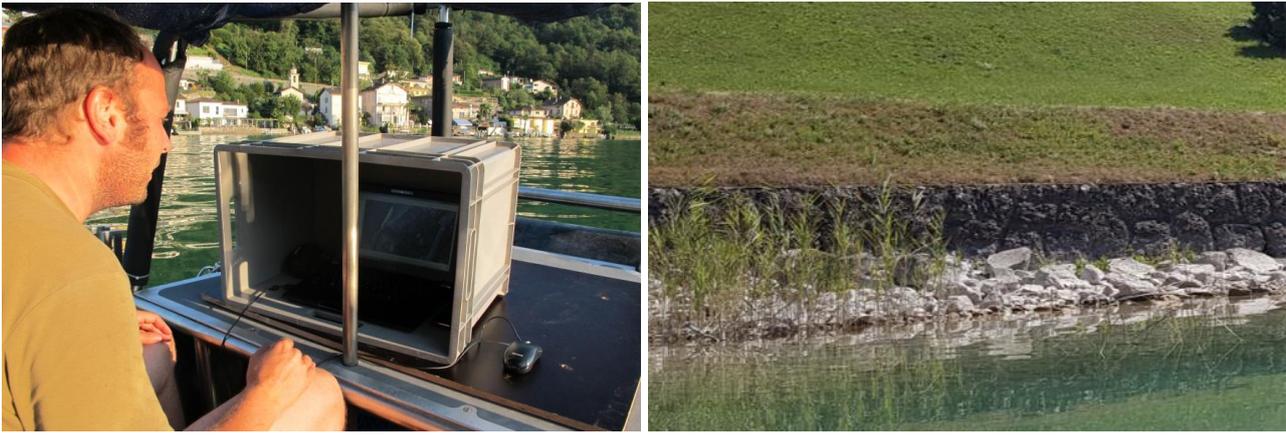


Abbildung 3-2. Links: Kartierung der Uferhabitate vor Ort im See. Rechts: Beispiel eines hart verbauten Ufers.

3.1 Befischung

3.1.1 Pelagische Multimaschen-Kiemennetze (Vertikalnetze)

Die im Rahmen der standardisierten Befischungen eingesetzten vertikalen Kiemennetze haben sich im Rahmen des «Projet Lac» bewährt. Diese Multimaschennetze fischen jeweils vom Seegrund bis zur Oberfläche. Folgende Maschenweiten der CEN-Norm (CEN prEN 14757 [10]) wurden auf sechs Vertikalnetze verteilt eingesetzt. Die Breite des Netzblatts pro Maschenweite ist in Klammern angegeben. 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 wurden jeweils als Netzgruppe nebeneinander an derselben Stelle im See und in der gleichen Tiefe gesetzt. Um die geografische und tiefenbedingte Variabilität hinsichtlich der Verteilung der Fische im See zu erfassen, wurden

mehrere Netzgruppen gesetzt. Dies geschah jeweils in unterschiedlichen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten im See. Eine Netzgruppe von sechs Netzen verblieb etwa 20 bis 24 Stunden im See, bevor sie wieder gehoben wurde. Die Zeit, die eine Netzgruppe im Wasser exponiert war, wurde protokolliert. Beim Heben und auswerten der Netze wurde neben der Fischart und der Fischlänge auch die Fangtiefe jedes Fisches auf einen Meter genau protokolliert (Abbildung 3-3).

Diese Methode wird als Vertikalnetz-Methode bezeichnet. Sie wurde an der Universität Besançon konzipiert [7] und durch die EAWAG, das BAFU und die Büros Aquabios GmbH und Teleos sàrl weiterentwickelt. Für die Standardisierung der Daten wird die Netzfläche pro Maschenweite herangezogen. Das ermöglicht, unter Beachtung der eingesetzten Zeit, die Berechnung des Fangaufwandes resp. von CPUE-Werten (engl. für Fang pro Aufwandeinheit). Beim NPUE wird die Anzahl der gefangenen Fische mit dem Fangaufwand (Netzfläche) in Beziehung gesetzt. Beim BPUE wird mit Blick auf die Biomasse der gefangenen Fische genau gleich vorgegangen wie beim NPUE.

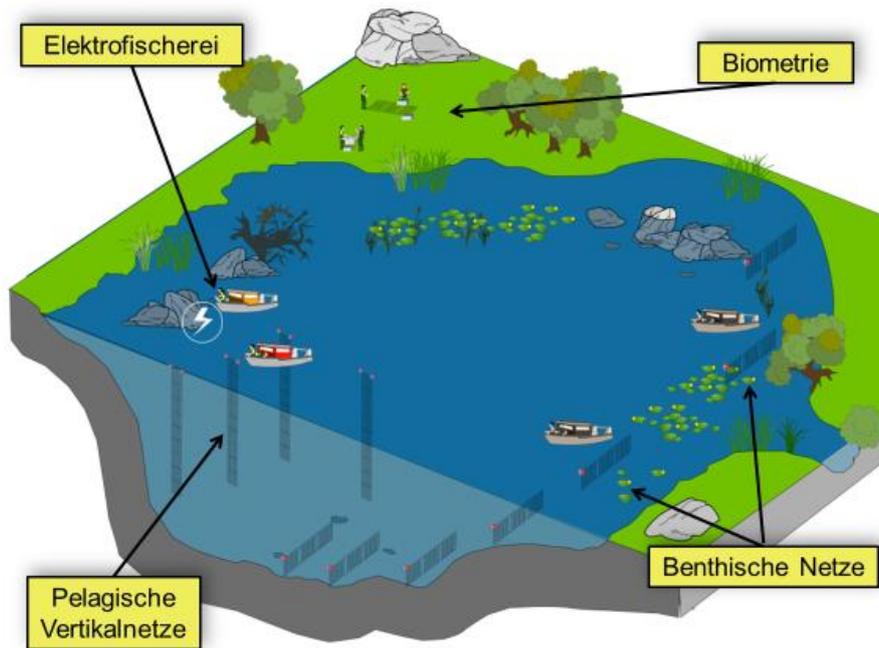


Abbildung 3-3. Oben: Schematische Darstellung der durchgeführten Befischungs- und Untersuchungsmethoden. Unten links: Vertikales Multimaschennetz abgewickelt von einem Schwimmkörper. Mit diesem Netz wird die gesamte Seetiefe vom Seegrund bis zur Oberfläche befischt. Unten rechts: Entnahme der Fische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

3.1.2 Benthische Multimaschen-Kiemennetze

Auch die benthischen Multimaschen-Kiemennetze weisen die von der CEN-Norm geforderten Maschenweiten auf. Die Höhe des Netzblatts pro Maschenweite beträgt 1.5 m, die Breite des Netzblatts ist jeweils 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).

Die benthischen Multimaschennetze wurden jeweils über Nacht (ca. 14 Stunden) in verschiedenen Tiefen eingesetzt (Abbildung 3-4). Die Anzahl benthischer Netze, die im Sempachersee pro Tiefenzone zu setzen sind, sind in der CEN-Norm wie folgt definiert:

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

- 35-50m: 6 Netze
- 50-75m: 4 Netze
- > 75m: keine Vorgabe

Jedes Netz ist individuell markiert. Somit kann 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 [11].



Abbildung 3-4. Links: Setzen eines benthischen Multimaschennetzes. Rechts: Heben eines benthischen Netzes.

3.1.3 Elektrische Befischungen

Gewisse Uferbereiche des Sees mit geringen Wassertiefen (bis 1 m) wurden elektrisch befishcht (Abbildung 3-5). Dabei wurden alle zuvor bei der Kartierung erfassten Habitate an verschiedenen Standorten mehrmals befishcht. Bei jeder Befischungsaktion wird eine kurze Strecke entweder zu Fuss oder mit

dem Boot befishcht. Hierbei wurde die Länge der befishchten Strecke für die Standardisierung der Daten (CPUE) verwendet.



Abbildung 3-5. Links: Elektrische Befischung, die vom Boot aus durchgeführt wird. Rechts: Befischung zu Fuss von Steinblöcken.

3.1.4 Vorteile und Grenzen der Befischungsmethoden mit standardisierten Netzen

Ziel der angewandten Befischungsmethoden war es, ein möglichst realitätsnahes und reproduzierbares Abbild des Fischbestands im See zu erhalten. Der Befischungsaufwand und der Zeitpunkt wurden so be-

stimmt, dass die Resultate mit anderen Seen verglichen werden können (Zeitpunkt August-Oktober; Befischung an mindestens drei Tagen). Anhand dieses standardisierten Ansatzes konnten CPUE-Werte

berechnet werden. Ausserdem wurden Maschenweiten verwendet, die Berufsfischer nicht verwenden dürfen. Es wurde auch an Orten und in Tiefen gefischt, die Berufsfischer meiden. Dadurch weichen nun die Resultate zwangsläufig von den Resultaten der Fischfangstatistiken ab. Ein Nachteil ist, dass die

Befischung nur einmal im Jahr durchgeführt werden konnte. Da sich das Verhalten der Fische je nach klimatischen Bedingungen und Nahrungsangebot im See ändert, können die realen Fischbestände von den erfassten abweichen.

3.2 Datenerfassung und Sammlung von Proben

Alle gefangenen Fische wurden möglichst auf Artniveau bestimmt, vermessen und gewogen. Von ausgewählten Individuen wurde zudem ein standardisiertes Foto gemacht und eine DNS-Gewebeprobe

entnommen. Die gefangenen Fische wurden entweder verwertet oder an einen Tierpark als Tierfutter weitergegeben.



Abbildung 3-6. Links: Messstation (Biometrie), wie sie im Feld im Einsatz war. Rechts: Beispiel eines standardisierten Fotos.

3.3 Zusätzlich einbezogene Daten

3.3.1 Fischfangstatistik

Die Resultate der standardisierten Befischungen wurden mit den Fängen der Angel- und Berufsfischer verglichen. Dazu wurden die Luzerner Fangstatistik (Daten Kanton Luzern) und eine Zusammenstellung

der kantonalen Fangstatistiken (Daten Kantone + BAFU) eingesehen und für spezifische Auswertungen miteinbezogen.

3.3.2 Chemische und physikalische Messreihen

Die verwendeten chemischen (P_{tot}) und physikalischen (Temperatur, Sauerstoff) Messresultate wurden vom Kanton Luzern zur Verfügung gestellt.

4 Resultate

4.1 Physikalische und chemische Daten

4.1.1 Temperatur

Vom Sempachersee steht eine lange, zwischen 1969 und 2018 aufgenommene Messdatenreihe zur Verfügung. Dafür wurde fast monatlich ein Vertikalprofil des Sees erfasst. Die Auswertung der maximal gemessenen Oberflächentemperatur im Sommer zeigt, dass der Sempachersee sich im Sommerhalbjahr immer über 20 °C erwärmt (Abbildung 4-1). Der

höchste Wert stammt vom August 2003 mit 25,7 °C. Die Werte entsprechen nicht den maximal vorkommenden Oberflächentemperaturen, da die Aufnahmen der Vertikalprofile an einem zufällig ausgewählten Tag im Probemonat stattfinden. Der Sempachersee war und ist somit ein oberflächenwarmer und relativ tiefer Mittellandsee.

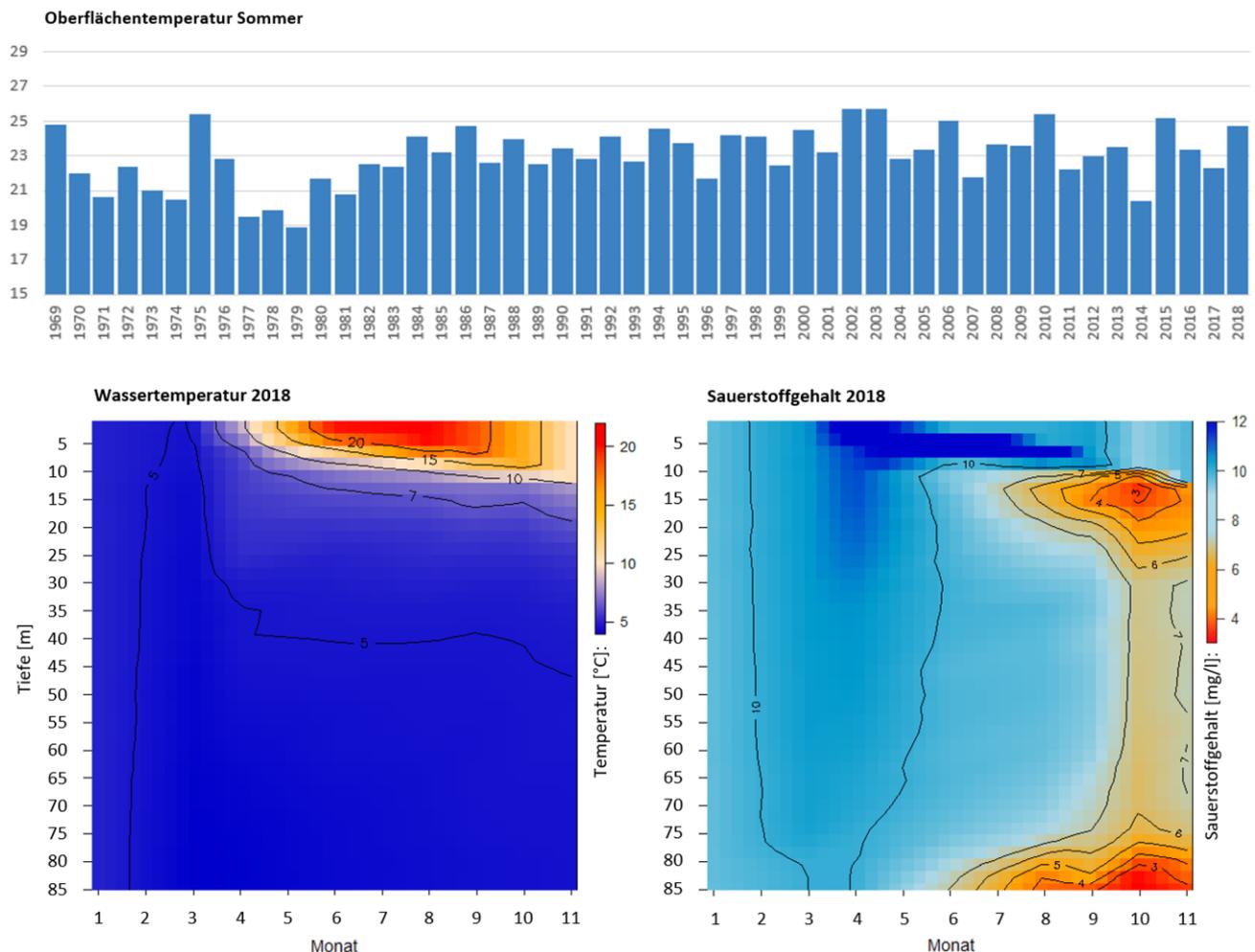


Abbildung 4-1: Oben: Maximal gemessene Oberflächentemperatur des Sempachersees im Sommer (1969 bis 2018). Gemessen bei Probenahmen der Vertikalprofile (Stichproben). Unten links: Interpolierte Temperaturmessungen entlang von Vertikalprofilen im Sempachersee aus dem Jahr 2018, dem Jahr der standardisierten Befischung. Unten rechts: Interpolierte Sauerstoffmessungen entlang von Vertikalprofilen im Sempachersee aus dem Jahr 2018, Januar bis November (Daten: Kanton Luzern).

Im Winter kühlt der See gut aus und es ist davon auszugehen, dass jährlich eine vertikale Durchmischung des Wassers erfolgt. Die vertikale Durchmischung wird zudem im Winter durch die Luftzugabe im Tiefenwasser erzwungen.

Bei Messungen im Winter lag die minimal gemessene Oberflächentemperatur immer unterhalb von 6 °C. Die Durchmischung der Wasserschichten ist für den See wichtig, weil damit das Oberflächenwasser mit Nährstoffen und das Tiefenwasser mit Sauerstoff versorgt werden.

4.1.2 Sauerstoff

Sauerstoffmessungen aus dem Jahr 2018 zeigen, dass der Sempachersee ab Juni im Tiefenwasser eine stark erhöhte Sauerstoffzehrung aufweist (Abbildung 4-1). Die Sauerstoffkonzentration sinkt spätestens im August ab einer Tiefe von 82 m unter 4 mg/l. Noch im November lag die Sauerstoffkonzentration in Tiefen zwischen 80 und 85 m unterhalb von 4.1 mg/l.

Auch im Metalimnion kam es ab Juli zu einer erhöhten Sauerstoffzehrung. In 14 m Tiefe lag die Sauerstoffkonzentration ab September unterhalb von 4 mg/l. Bis in den Oktober breitete sich diese Zone bis auf 11 m Tiefe aus. In 20 m Tiefe lag die Sauerstoffkonzentration bei 4.34 mg/l. Im November verbesserte sich die Sauerstoffkonzentration, lag aber zwischen 15 und 20 m Tiefe immer noch unterhalb von 5 mg/l.

4.1.3 Gesamtphosphor

Die Entwicklung des Gesamtphosphors (P_{tot}) seit 1965 ist in Abbildung 4-2 dargestellt. In den Siebzigerjahren stieg der Gesamtphosphor sprunghaft an und erreichte seinen Höhepunkt im Jahr 1984. Im selben Jahr ereignete sich auch das grosse Fischsterben im Sempachersee. Dabei verendeten 26 Tonnen Fische. Der Grund war eine durch Eutrophierung verursachte Massenentwicklung einer Blaualge. Nach

Im Jahr der Befischung (2018) erreichte der See bereits im Juni eine Temperatur von über 20 °C (Abbildung 4-1). Bis im September hielt sich dieses Temperaturniveau. Die Messsonde (Vertikalprofil) mass am 13. August eine Oberflächentemperatur von 24,69 °C. Bis 6 m Tiefe lag die Temperatur zu diesem Zeitpunkt über 20 °C. Danach nahm die Wassertemperatur kontinuierlich ab. Bei 10 m Tiefe lag sie noch bei 9,59 °C, bei 20 m Tiefe noch bei 5,93 °C.

Das Sauerstoffminimum im Metalimnion ist beispielhaft für nährstoffreiche (eutrophe) Seen. Durch Abbauprozesse von organischem Material aus der Primärproduktion kommt es zu einer ausgeprägten Sauerstoffzehrung. Nur dank der künstlichen Sauerstoffzufuhr bleibt die Sauerstoffkonzentration in weiten Teilen des Sempachersees ganzjährig bei mehr als 4 mg/l. Nur Unterhalb von 75 bis 80 m, also in der Nähe des Seegrunds, nimmt die Konzentration wieder ab. Am Seegrund konzentriert sich abgestorbenes organisches Material aus den oberen Schichten (pers. Mitteilung, Robert Lovas).

Sauerstoffkonzentrationen unterhalb von 4 mg/l erschweren den meisten Fischen das Überleben. Heute weisen sowohl das Meta- als auch das Hypolimnion eine überdurchschnittliche Sauerstoffzehrung auf. Diese dauert vom Juni bis in den Dezember. Natürlicherweise sollte im Sempachersee in allen Tiefen und allen Jahreszeiten kein Sauerstoffmangel auftreten (Sauerstoffkonzentration > 4 mg/l).

1984 sank der Wert durch seeexterne und -interne Massnahmen kontinuierlich ab. Heute liegt die Phosphorkonzentration unter dem Wert von 1965. Betrachtet man die letzten 10 Jahre (Abbildung 4-2 rechts), ist jedoch kein weiterer Rückgang zu erkennen. Sank der Gesamtphosphor noch im Jahr 2012 auf unter 0.015 mg/l, liegt er heute wieder auf einem

ähnlichen Niveau wie 2008. Im Jahr 2018 lag der Gesamtphosphor zwischen 0.025 und 0.030 mg/l.

Der Sempachersee ist heute also ein mesotropher See ($P_{\text{tot}} < 0.030 \text{ mg/l}$). In einzelnen Jahren steigt der

Gesamtphosphor jedoch immer noch über 0.030 mg/l. So zum Beispiel in den Jahren 2008 (0.031 mg/l) und 2018 (0.030 mg/l). In diesen Jahren war der See zeitweise leicht eutroph.

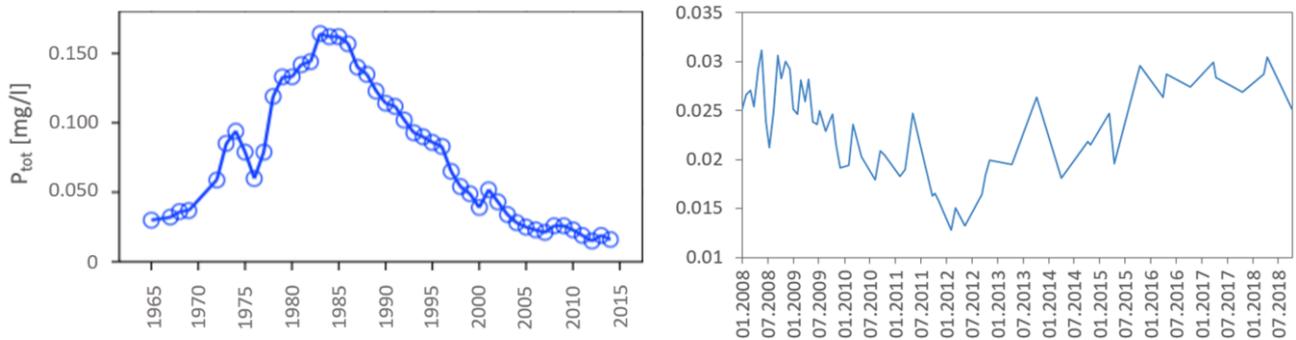


Abbildung 4-2. Links: Entwicklung des Gesamtphosphors im Sempachersee zwischen 1965 und 2015 (adaptiert von [5]). Rechts: Entwicklung des Gesamtphosphors (Durchschnittswerte aus Vertikalprofilen) in den letzten 10 Jahren (2008 bis 2018; Daten: Kanton Luzern).

4.2 Habitatkartierung

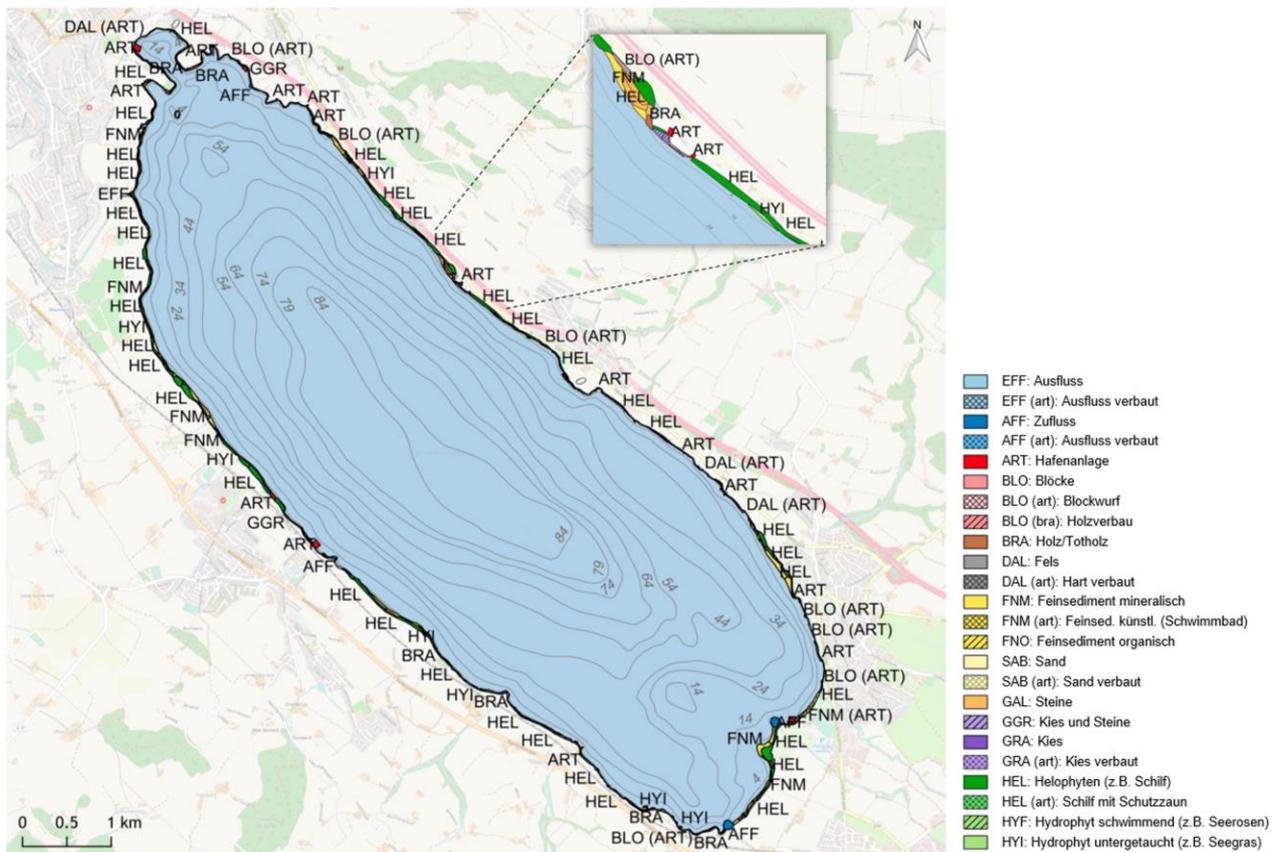


Abbildung 4-3. Karte der litoralen Habitate, die für die habitatspezifischen Befischungen des Sempachersees im Feld festgestellt wurden (© openstreetmap; Bathymetrie © Swisstopo).

Die Habitatkartierung des Litorals (Abbildung 4-3) zeigt einen vergleichsweise hohen Anteil an strukturreichen Habitaten wie Einmündungen von Zuflüssen, Schilf oder Totholz. Diese bieten den Fischen

Unterschlupf und Laichsubstrat. Mineralische Substrate sind demgegenüber eher seltener. Die litorale Habitatvielfalt ist insgesamt recht hoch. Der Anteil des Litorals an der Seefläche ist eher gering. Er liegt bei 5.6 % der Gesamtfläche (Tiefe Litoral: 0 - 6 m).

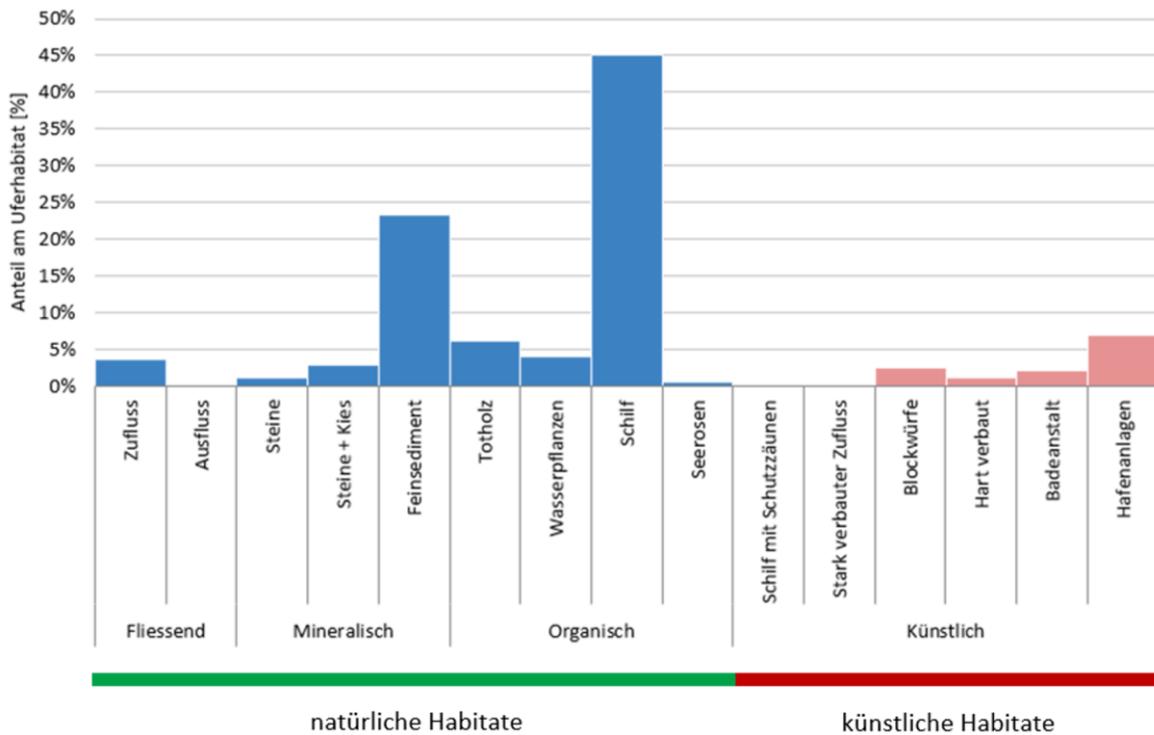


Abbildung 4-4. Flächenanteile der verschiedenen litoralen Habitats im Sempachersee.



Abbildung 4-5. Beispiel für einen hart verbauten Zufluss des Sempachersees.

Etwa 73 % der Seeuferlinie kann als morphologisch natürlich oder naturnah bezeichnet werden. 27 % sind durch Verbauungen anthropogen stark verändert (Abbildung 4-6). Dies entspricht knapp über einem Viertel der Uferlinie. Im Vergleich mit anderen Seen ist die Uferlinie eher weniger häufig beeinträchtigt.

Die Verbauungen bestehen flächenmässig zu 6.9 % aus Hafenanlagen und Stegen für Boote, zu ca. 2.5 %

aus Blockwürfen, zu 2.1 % aus Badeanstalten, zu 1.1 % aus hart verbauten Seeufern, zu 0.2 % aus eingezäuntem Schilf und zu 0.1 % aus stark verbauten Zuflüssen (Abbildung 4-4). Die Verbauungen stehen damit grösstenteils in Zusammenhang mit Hafenanlagen, Strassen am Seeufer, Siedlungen und Hochwasserschutz. Zu bedenken gilt indes, dass durch die Senkung des Seespiegels die Uferlänge gegenüber dem natürlichen Zustand massiv reduziert wurde.

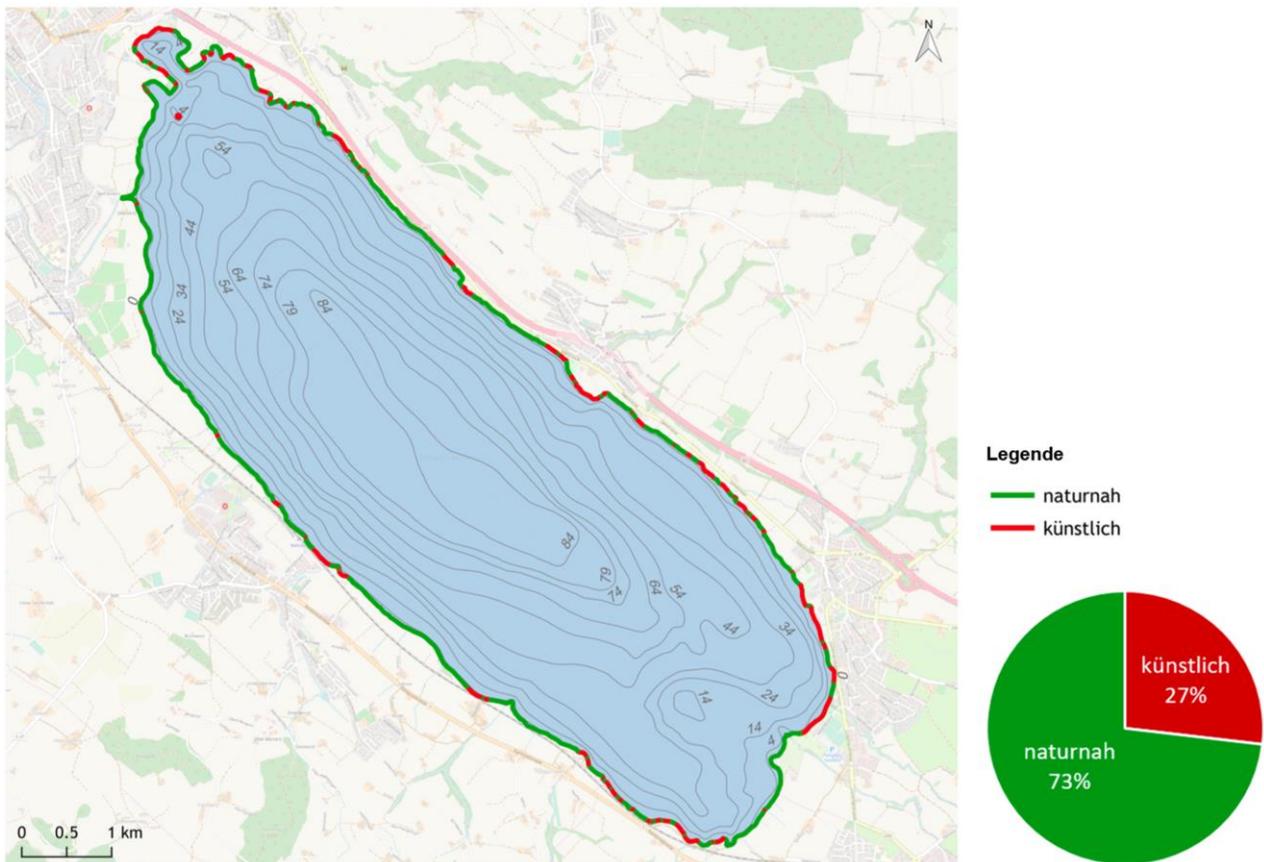


Abbildung 4-6. Verteilung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferabschnitte am Sempachersee (© openstreetmap; Bathymetrie © Swisstopo).

4.3 Standardisierte Abfischung

4.3.1 Standorte der Probenahmen

Der Sempachersee wurde zweimal mit dem gleichen Vorgehen befishet. Ziel dieser Wiederholung war es, die Aussagekraft einer Einzelbefischung zu überprüfen. Die Resultate beider Befischungen werden hier zusammen dargestellt. In Kapitel 4.4 werden sie miteinander verglichen. Insgesamt wurden im Sempachersee während acht Tagen 184 benthische CEN-

und 36 pelagische Vertikalnetzgruppen (jeweils sechs Netze pro Gruppe) über Nacht eingesetzt. Zusätzlich wurden 120 Uferstrecken (86 zu Fuss, 34 mit dem Boot) elektrisch befishet. Somit sind alles in allem 340 Befischungsaktionen durchgeführt worden (Abbildung 4-7).

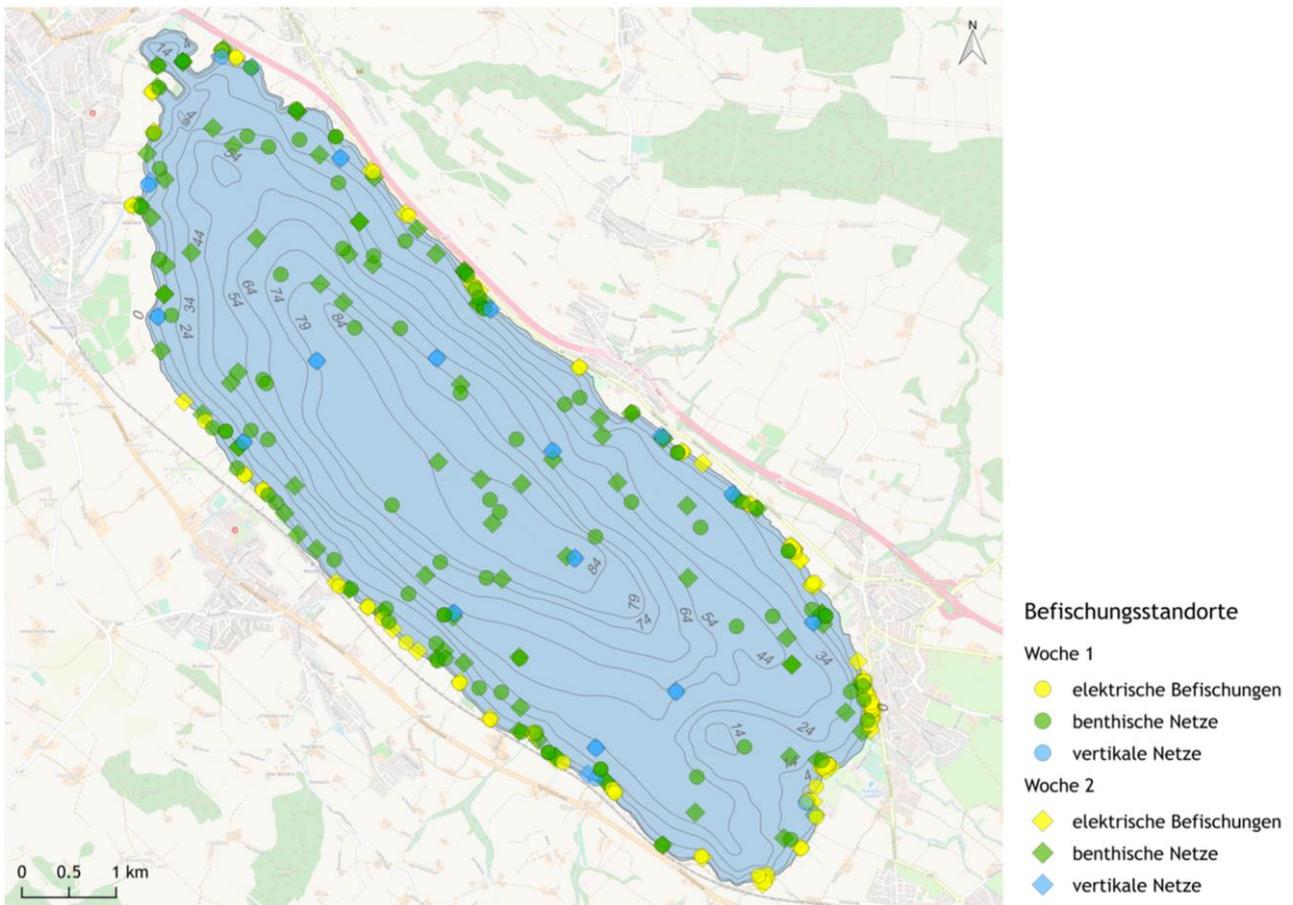


Abbildung 4-7. Karte der Befischungsstandorte im Sempachersee (© openstreetmap; Bathymetrie © Swisstopo).

4.3.2 Fischbestand und Artenvielfalt

Insgesamt wurden im Sempachersee bei den standardisierten Befischungen über zwei Wochen hinweg 13'186 Fische gefangen, wobei 20 Fischarten (+ ein Hybride und eine Krebsart) nachgewiesen werden konnten (Tabelle 4-1; Felchen nicht nach Arten getrennt, vgl. Kap 5.3.6). Betrachtet man sämtliche Fangmethoden zusammen, dann waren Flussbarsche mit 7'698 Individuen am häufigsten in den Fängen vertreten. Ebenfalls sehr häufig vertreten waren Felchen (N=1'903) und Rotaugen (N=1'109). Danach folgen die standortfremden Arten Kaulbarsch (N=698) und Sonnenbarsch (N=529).

Die Felchen wurden zu einem grossen Teil in den Vertikalnetzen gefangen, waren allerdings auch oft in

den tief gesetzten benthischen Netzen vertreten. Zander wurden ausschliesslich mit benthischen Netzen gefangen.

Die gesamte Biomasse des Fanges betrug 564.51 kg (Tabelle 4-1). Dies entspricht einem Bruchteil (0.6 %) der durch die Angel- und Berufsfischer gefangenen Fischmenge. Die Flussbarsche stellten auch den grössten Anteil an der gefangenen Biomasse (188.90 kg), gefolgt von Alet (90.77 kg), Felchen (78.41 kg) und Schleien (34.62 kg). Ebenfalls nennenswerte Biomassen waren bei den Rotaugen (33.78 kg), Barben (31.71 kg) und den Karpfen (30.43 kg) zu verzeichnen. Die Biomasse der gefangenen Welse betrug 20.53 kg.

Tabelle 4-1. 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>	5402	287	2009	7698	147.25	1.58	40.07	188.90
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	446	-	1457	1903	21.43	-	56.98	78.41
Rotaue	<i>Rutilus rutilus</i>	799	34	276	1109	24.33	0.30	9.15	33.78
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	631	6	61	698	5.40	0.05	0.52	5.96
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	367	132	30	529	11.92	1.55	0.97	14.44
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	178	59	75	312	13.48	0.56	2.87	16.92
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	87	184	25	296	58.06	9.25	23.46	90.77
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	156	105	18	279	1.70	0.85	0.23	2.78
Brachse	<i>Abramis brama</i>	93	-	40	133	4.11	-	0.66	4.78
Wels	<i>Silurus glanis</i>	26	9	6	41	13.03	4.50	3.00	20.53
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	26	4	5	35	25.35	2.76	6.51	34.62
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	26	-	8	34	0.98	-	0.11	1.09
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	17	-	12	29	17.11	-	14.60	31.71
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	15	10	1	26	0.47	0.08	0.02	0.56
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	4	1	11	16	0.11	0.00	0.15	0.26
Forelle	<i>Salmo sp.</i>	1	13	-	14	0.22	0.09	-	0.31
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	8	-	-	8	0.92	-	-	0.92
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	6	-	1	7	27.88	-	2.55	30.43
Hecht	<i>Esox lucius</i>	5	2	-	7	6.15	0.40	-	6.55
Kamberkrebs	<i>Orconectes limosus</i>	5	-	1	6	0.42	-	0.03	0.45
Blaubandbärbling	<i>Pseudorasbora parva</i>	-	4	1	5	-	0.03	0.01	0.04
Hybrid Rotaue/Brachse	<i>hybrid</i>	1	-	-	1	0.30	-	-	0.30
Total		8299	850	4037	13186	380.62	22.01	161.88	564.51
Anzahl Arten		20	14	18	21	20	14	18	21

4.3.3 Volumenkoriigierte Fänge

Weder die Fische noch die zum Fang verwendeten Methoden waren zufällig im See verteilt. Anhand der vorliegenden Daten können Häufigkeit und Biomasse der einzelnen Fischarten mit der Verfügbarkeit der verschiedenen Habitaten (in diesem Fall handelt es sich um das vorhandene Volumen in den einzelnen Seekompartimenten) verrechnet werden [12].

Bei dieser Darstellung der Resultate dominieren ebenfalls die Felchen und die Flussbarsche (Abbil-

dung 4-8). Allerdings lösen nach der vorgenommenen Habitatgewichtung die Felchen nun die Flussbarsche beim NPUE und beim BPUE ab. Deutlich wird dies vor allem auch mit Blick auf die Biomasse. Insgesamt liegt die Felchenbiomasse etwa sechsmal höher als die Flussbarschbiomasse. Der Grund dafür ist die Tatsache, dass Felchen im Pelagial häufiger gefangen wurden und das mittlere Gewicht pro Individuum schwerer war als bei Flussbarschen.

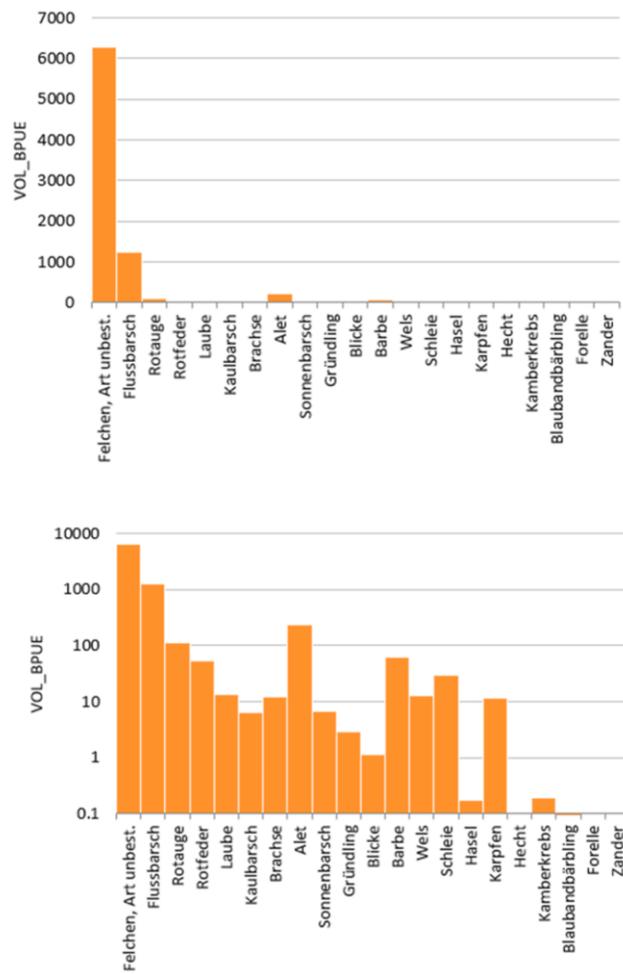
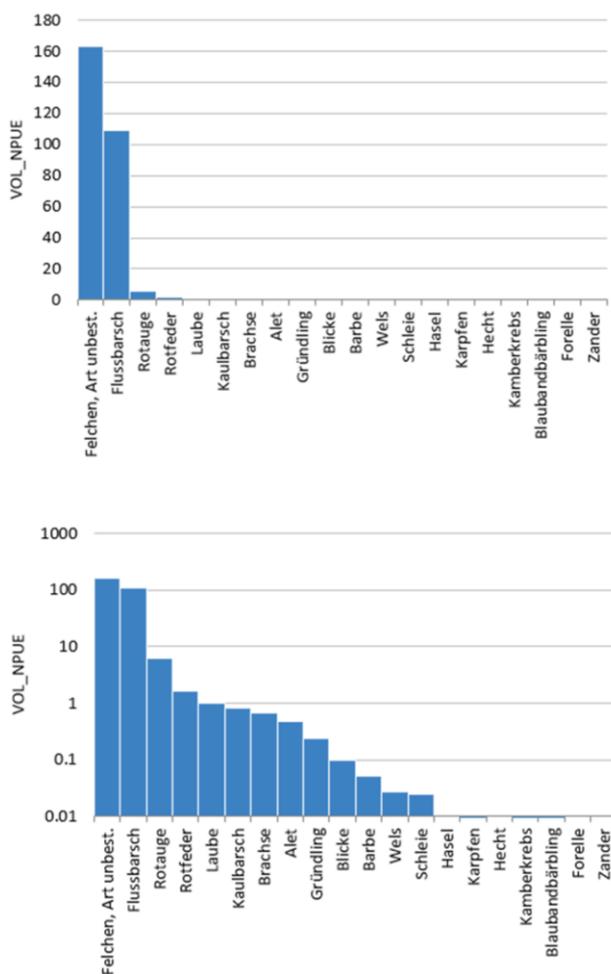


Abbildung 4-8. Oben: Die Anzahl (VOL_NPUE links, dabei handelt es sich um die pro Volumeneinheit des Sees und pro Netzfläche korrigierte Anzahl der gefangenen Fische) und die Biomasse (VOL_BPUE rechts, dabei handelt es sich um die pro Volumeneinheit des Sees und pro Netzfläche korrigierte Biomasse der 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 [12]. Unten: Die gleichen Grafiken wie oben, wobei die y-Achse logarithmiert ist, damit andere Werte als Felchen und Flussbarsche abgelesen werden können.

4.3.4 Probenahme

Von den gefangenen Fischen wurden 109 Individuen eingehender untersucht (Tabelle 4-2). Ihnen wurde eine Gewebeprobe entnommen. Diese Proben lagern zurzeit bei Aquabios GmbH. Von all diesen Fischen liegt auch ein standardisiertes Foto vor.

Tabelle 4-2. Liste der Anzahl Fische pro Fischart, für welche ein standardisiertes Foto oder eine DNA-Probe vorliegt.

Fischart		Anzahl Individuen		
Deutsch	Lateinisch	Gefangen	mit Foto	mit DNA Probe
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	7698	2	2
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	1903	37	37
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	1109	4	4
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	698	2	2
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	529	3	3
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	312	2	2
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	296	2	2
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	279	3	3
Brachse	<i>Abramis brama</i>	133	13	13
Wels	<i>Silurus glanis</i>	41	2	2
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	35	3	3
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	34	12	12
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	29	9	9
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	26	4	4
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	16	3	3
Forelle	<i>Salmo sp.</i>	14	1	1
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	8	1	1
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	7	2	2
Hecht	<i>Esox lucius</i>	7	2	2
Kamberskreb	<i>Orconectes limosus</i>	6	-	-
Blaubandbärbling	<i>Pseudorasbora parva</i>	5	1	1
Hybrid Rotauge/Brachse	<i>hybrid</i>	1	1	1
Total		13186	109	109
Anzahl Arten		21	20	20

4.3.5 Artenvielfalt

Im Rahmen der standardisierten Befischungen waren im Sempachersee insgesamt 20 Fischarten zu verzeichnen (Tabelle 4-4). 17 der gefangenen Arten gelten nach VBGF als einheimisch, drei als eingeführt (Sonnenbarsch, Blaubandbärbling und Zander). Wird die auf der Literatur basierende Artenliste als historische Referenz herangezogen, dann sind 15 der im Rahmen dieses Projekts gefangenen Fischarten standortgerecht und fünf standortfremd (Kaulbarsch, Sonnenbarsch, Blaubandbärbling, Zander und Wels).

Bis heute wurden im ganzen See insgesamt 28 Fischarten dokumentiert. Um 1895 wurden im Sempachersee 18 Arten dokumentiert (Tabelle 4-3), wovon

der Rötel (Seesaibling) schon damals als standortfremd eingestuft wurde. Von den 17 historisch standortgerechten Fischarten konnten bei den standardisierten Befischungen im Jahr 2018 noch 13 Arten nachgewiesen werden. In den Fängen fehlen der Aal, das «Bündeli» (vgl. Kapitel 4.3.6), die Groppe und die Trüsche. Trüsche und Aal kommen im See aber noch vor, wenn auch eher selten. Die Groppe lebt noch heute in den Zuflüssen des Sees. Die für den See selten dokumentierten Arten Äsche und Agone, die nur in den Fischfangstatistiken vom BAFU auftauchen, scheinen nicht mehr im Sempachersee vorzukommen, bzw. es könnte sich um Fehleinträge handeln.

Tabelle 4-3. Artenfundliste des Sempachersees. Die Arten werden aufgrund der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei als einheimisch oder eingeführt eingestuft. Die als historisch im See vorkommend bezeichneten Arten werden als standortgerecht bezeichnet, ausser wenn diese in der Literatur als eingeführt erwähnt werden. Die in der Literatur als fehlend bezeichneten Arten werden als standortfremd eingestuft. Nicht erwähnte Arten werden als standortgerecht eingestuft, sofern sie in der Schweiz weit verbreitet sind. Genauere Angaben zu den Zitate sind der Fussnote zu entnehmen. Zudem wurden noch die im Fischatlas von 2003 [13], in den Daten vom CSCF und in der Fischfangstatistik erwähnten Arten berücksichtigt.

Fischart			Gefährdung VBGF	Ursprung VBGF	Ursprung im See	Nachweis der Fischart				
Familie	Art	Deutsch				Historisch	Fischatlas 2010	CSCF 2003 / CSCF 2018	Fangstatistik 1972-2016, Berufsfischer	Standardisierte Befischung 2018
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	3	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Sonnenbarsch		Eingeführt	Standortfremd		●	●		●
Clupeidae	<i>Alosa agone</i>	Agone	3, E	Einheimisch	Standortfremd				●	
Coregonidae	<i>Coregonus sp.</i> ¹	Felchen, Art unbest.	4, E	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Coregonidae	<i>Coregonus suidteri</i> ¹	Sempacherfelchen		Einheimisch	Standortgerecht	●		●		
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Groppe	4	Einheimisch	Standortgerecht	●		●		
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	Brachse	NG	Einheimisch	Standortgerecht ²		●	●	●	●
Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	NG	Einheimisch	Standortgerecht ²		●			●
Cyprinidae	<i>Barbus barbus</i>	Barbe	4	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Cyprinidae	<i>Blicca bjoerkna</i>	Blicke	4	Einheimisch	Standortgerecht	●		●		●
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Karpfen	3	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Cyprinidae	<i>Gobio gobio</i>	Gründling	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Pseudorasbora parva</i>	Blaubandbärbling		Eingeführt	Standortfremd					●
Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	Rotauge	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Cyprinidae	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	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	●	●	●	●	
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		●	●	●	●
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Regenbogenforelle	,	Eingeführt	Standortfremd		●	●	●	
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Atlantische Forelle	4 (2)	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Salmonidae	<i>Salvelinus sp.</i>	Seesaibling, Art unbest.	3	Einheimisch	Standortfremd ³	●		●	●	
Salmonidae	<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	3, E	Einheimisch	Standortgerecht				●	
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Wels	4, E	Einheimisch	Standortfremd		●		●	●
Total					28	18	21	23	18	20
Total Anzahl Arten Einheimisch (VBGF)					24	18	18	20	16	17
Total Anzahl Arten Eingeführt (VBGF)					4	0	3	3	2	3
Total Anzahl Arten Standortgerecht (Seespezifisch)					20	17	16	19	13	15
Total Anzahl Arten Standortfremd (Seespezifisch)					8	1	5	4	5	5

¹ HEUSCHER [14] hat 1895 die Fischereiverhältnisse des Sempachersees sehr detailliert aufgearbeitet und widmet den Felchen ein ausführliches Kapitel. Darin kommt er zu dem Schluss, dass es im See ursprünglich zwei Felchenarten gab. STEINMANN [15] und HEUSCHER [14] kommen beide zu dem Schluss, dass die ursprünglichen Felchenarten des Sempachersees verschwunden sind. Die heutigen Sempacher Balchen sollen aus unterschiedlichen Besatzmassnahmen abstammen. Da im See immer schon Felchen vorgekommen sind, werden diese aber als standortgerecht betrachtet.

² Die Brachse und die Laube werden in HEUSCHER [14] für den Sempachersee nicht erwähnt, die Blicke schon. Da diese beiden erstgenannten Arten in der Schweiz weit verbreitet waren [16] und immer noch sind, werden sie als standortgerecht bezeichnet.

³ HEUSCHER [14] erwähnt, dass der Rötel im Sempachersee eingeführt wurde. So steht es auch im Fischatlas der Schweiz [17]. Dieser Seesaibling wird daher für den Sempachersee als standortfremd bezeichnet.

4.3.6 Artenvielfalt der Felchen

Für den Sempachersee wurden die Felchenfänge teilweise seit dem 15. Jahrhundert dokumentiert. Dabei wurde zwischen den «Bündeli» (kleine Felchen) und den «Ballen» (heute: Balchen) unterschieden. Wie HEUSCHER aufführt [14], ist nicht anzunehmen, dass Fischer eine Art in zwei Gruppen eingeteilt hätten, wenn es sich nicht um zwei Morphotypen gehandelt hätte. Deshalb gehen sowohl HEUSCHER als auch STEINMANN davon aus, dass früher vermutlich zwei Felchenarten im See vorgekommen sind [14, 15]. Im Laufe des 19. Jahrhunderts verschwindet das «Bündeli» aus den historischen Dokumenten.

Während des 19. Jahrhunderts wurden auch die Sempacher Ballen seltener. Die Gründe für diesen Rückgang sieht HEUSCHER [14] in der intensiven Fischerei, STEINMANN hingegen in der Absenkung des

Seespiegels [15]. Zum eindeutigen Einbruch der Felchenpopulation des Sempachersees kam es jedenfalls schon vor der starken Eutrophierung des Sees. Um dem Rückgang entgegenzuwirken, wurden Felchen aus verschiedenen Ursprüngen eingesetzt. In diesem Zusammenhang erwähnt HEUSCHER, dass durch diese Massnahmen die verbliebenen Sempacher Ballen durch Hybridisierung ausgelöscht wurden. Diese Annahme von HEUSCHER wurde 2010 mittels genetischer Analysen bestätigt [18]. Die FATIO [19] und STEINMANN [15] für ihre taxonomischen Arbeiten vorliegenden Felchen sowie die heute noch im See lebenden Felchen sind folglich auch das Produkt der seit den 1880er-Jahren [14] durchgeführten Felchenbewirtschaftung im Sempachersee.



Abbildung 4-9. Ein Felchen (*Coregonus sp.*), der im Sempachersee gefangen wurde.

4.3.7 Unterscheidung zwischen Brachse und Blicke

Im Rahmen der Abfischungen hat sich gezeigt, dass die Artbestimmung zwischen Brachsen und Blicken (Abbildung 4-10) im Feld, insbesondere bei mittelgrossen und kleinen Fischen, sehr schwierig war. Aus diesem Grund wurden 19 Individuen im Labor nachkontrolliert. Sieben Kriterien wurden untersucht:

- Augengrösse relativ zur Kopfgrösse
- Farbe Flossenansatz
- Anzahl Gliederstrahlen der Afterflosse
- Anzahl Schuppen entlang der Seitenlinie
- Maul ausstülpbar
- Form Rückenflosse
- Länge Brustflosse

Das ernüchternde Ergebnis war, dass die meisten Individuen (16 von 19) nicht zweifelsfrei einer Art zugewiesen werden konnten. Dies dürfte teilweise darauf zurückzuführen sein, dass die morphologischen Kriterien bei Jungfischen noch nicht ausgebildet sind (z.B. die Augengrösse und die Flossenlänge oder -form). Aber auch meristische Merkmale (Anzahl Gliederstrahlen und Schuppen), die sich mit dem Alter der Fische nicht ändern, erlaubten oftmals keine eindeutige Zuordnung. Die für die Auswertung notwen-

dige Einteilung der Fische in die beiden Arten erfolgte daher aufgrund der im Feld vorgenommenen Artzuweisungen. Die daraus resultierenden Ergebnisse müssen deshalb bei kleineren Brachsen und Blicken zwingend mit Vorsicht interpretiert werden, auch bei zukünftigen Vergleichen. Es wäre sinnvoll, dieser Frage der taxonomischen Differenzierung künftig mit einer Kombination von morphologischen und genetischen Methoden nachzugehen.



Abbildung 4-10. Oben: Brachse (*Abramis brama*, kleines Auge im Vergleich zur Kopfgrösse). Unten: Blicke (*Blicca bjoerkna*, grosses Auge im Vergleich zur Kopfgrösse).

4.3.8 Weitere erwähnenswerte Fänge

Besonders interessant für einen See ist die hohe Fangzahl von Barben (*Barbus barbus*, Abbildung 4-11). Es stellt sich die Frage, ob es sich hier um eine Population handelt, die Teile ihres Lebenszyklus regulär im See verbringt, oder ob die Barben aufgrund der hohen Temperaturen des extrem trockenen Sommers 2018 aus den Zuflüssen in den See gezogen sind.

Im Sempachersee vergleichsweise häufig gefangen wurde auch der Wels (*Silurus glanis*, Abbildung 4-12). Die standardisierten Fänge zeigen, dass diese Art im See sehr häufig vorkommt. In keinem anderen See in der Schweiz wurden bei den «Projet Lac» Befischungen ähnlich viele Welse gefangen. Nicht einmal im für Welse bekannten Murtensee [20]. Interessant ist

auch der Fang eines Hybriden (Abbildung 4-11), vermutlich zwischen einem Rotauge (*Rutilus rutilus*) und einer Brachse (*Abramis brama*, Abbildung 4-11).

Negativ zu bewerten sind vor allem die Fänge von Blaubandbärblingen (*Pseudorasbora parva*) und

Kamberkrebse (*Orconectes limosus*). Beide Arten kamen bis vor wenigen Jahren nicht im See vor. Die im Jahr 2016 festgestellte Krebspest ist daher möglicherweise auf die Besiedlung durch Kamberkrebse zurückzuführen. Wie die Krebse in den See gelangten, ist unklar.



Abbildung 4-11. Links: Ein im Sempachersee gefangener Blaubandbärbling (*Pseudorasbora parva*). Rechts: Der im See gefangene Hybride, vermutlich zwischen einem Rotauge (*Rutilus rutilus*) und einer Brachse (*Abramis brama*).



Abbildung 4-12. Links: Barbe (*Barbus barbus*), die zusammen mit weiteren Individuen dieser Art im Sempachersee gefangen wurde. Rechts: Ein Wels (*Silurus glanis*), der mit einem benthischen Netz gefangen wurde.

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 4-13). Im Fall des Sempachersees 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, Rotfeder, Schleie und Sonnenbarsch. An der Halde wurden insbesondere Flussbar-

sche, Rotaugen, Kaulbarsche und erste Felchen gefangen. Im Pelagial waren die Felchen dann in der Mehrheit. Gefangen wurden aber auch Flussbarsche und vereinzelt Rotaugen. Das Profundal schliesslich wird wiederum von Felchen dominiert, wobei auch ein Kaulbarsch gefangen wurde. Groppen und Trüschchen, die üblicherweise in den Tiefen gefangen werden, wurden nicht nachgewiesen.

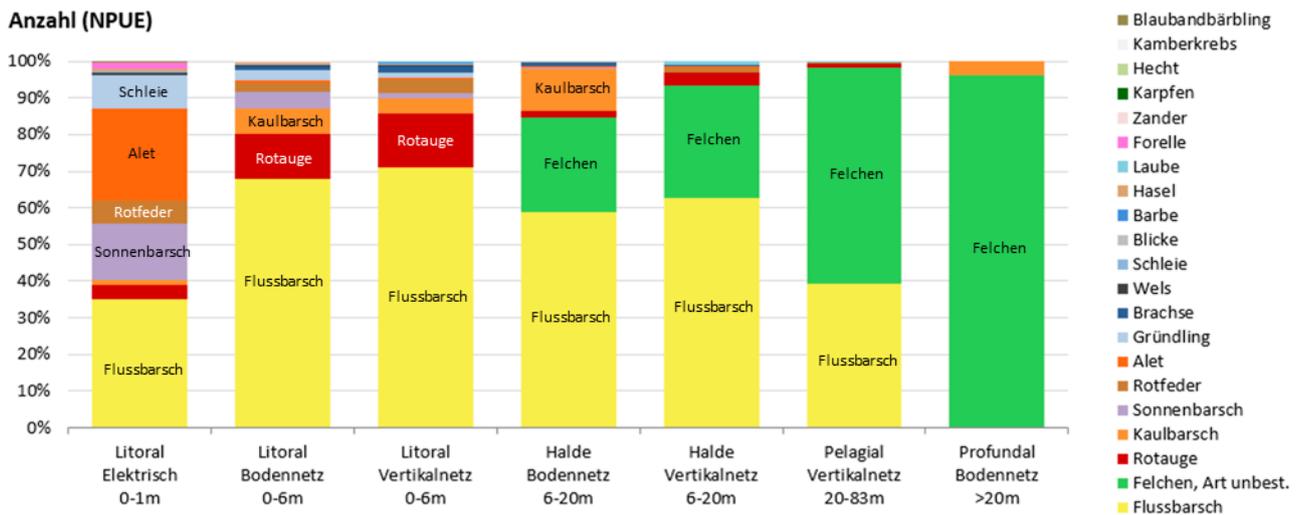


Abbildung 4-13. Jeder Balken zeigt den Anteil der verschiedenen Arten im Fang (Biomasse) für die verschiedenen Habitate (Litoral, Halde, Pelagial, Profundal) und Befischungsmethoden (Elektrofischung, Bodennetz, Vertikalnetz).

4.3.9.2 Tiefenverteilung

Die höchste Fischdichte in benthischen Netzen für alle Fischarten wurde bei Tiefen zwischen 3 und 6 m beobachtet (Abbildung 4-14). Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche, Rotaugen und Kaulbarsche zurückzuführen. Erwähnenswert ist, dass fast bis zur maximalen Tiefe im See Fische gefangen wurden. Die Dichten in Tiefen >35 m waren aber äusserst gering.

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

Die artenspezifischen Tiefenverteilungen aller gefangenen Fischarten können dem Anhang entnommen werden. Folgende Beobachtungen sind erwähnenswert:

- Felchen besiedeln die gesamte Seetiefe. Sie wurden mit Vertikalnetzen bis in eine maximale Tiefe von 80 m und mit benthischen Netzen bis in eine Tiefe von 86 m gefangen.
- Flussbarsche verfangen sich bei den standardisierten Befischungen vor allem in einer Tiefe von 0 bis 12 m in den Netzen. Die höchsten Dichten konnten dabei in 3 bis 6 m festgestellt werden. Einzelne wurden in den Vertikalnetzen aber auch tiefer gefangen (>20 m Tiefe).
- Alet, Rotfeder und Hasel wurden zumeist sehr oberflächennah am Ufer gefangen.
- Hechte und Zander wurden in einer Tiefe von 0 bis 6 m gefangen.
- Kaulbarsche wurden vor allem in Tiefen von 0 bis 12 m gefangen. Sie wurden jedoch auch tiefer gefangen (max. 34 m).
- Sonnenbarsche wurden hauptsächlich in Tiefen zwischen 0 und 6 m gefangen.

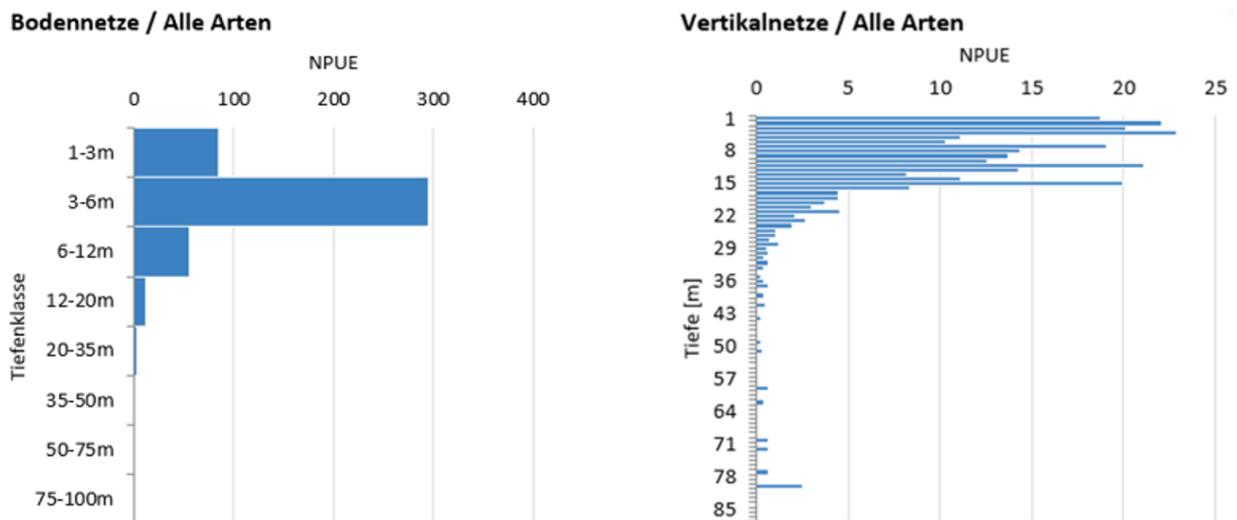


Abbildung 4-14. Die Anzahl (NPUE) der gefangenen Fische, dargestellt für verschiedene Tiefen. Links für Bodennetze in Tiefenklassen, rechts für pelagische Vertikalnetze.

4.3.10 Geografische Verteilung der Fänge

Bezüglich der geografischen Verteilung im Sempachersee kann die typische Verteilung von pelagial- und uferbezogenen Fischarten beobachtet werden (Abbildung 4-15):

- Felchen dominieren im Pelagial, kommen aber auch in Ufernähe ab einer Tiefe von ca. 10 m vor. Sie meiden Flachwasserbereiche.
- Flussbarsche werden überwiegend in Ufernähe gefangen.

Weitere geografische Verteilungen von ausgewählten Arten können dem Anhang entnommen werden (Alet, Kaulbarsch, Rotfeder, Rotaugen, Wels und Zander).

Die Kombination von Fangtiefe und Standort im See zeigt zudem im Detail, wie die Fische während der Untersuchungen im Raum verteilt waren (Vertikalnetze, Abbildung 4-16).

4.3.10.1 Uferhabitate

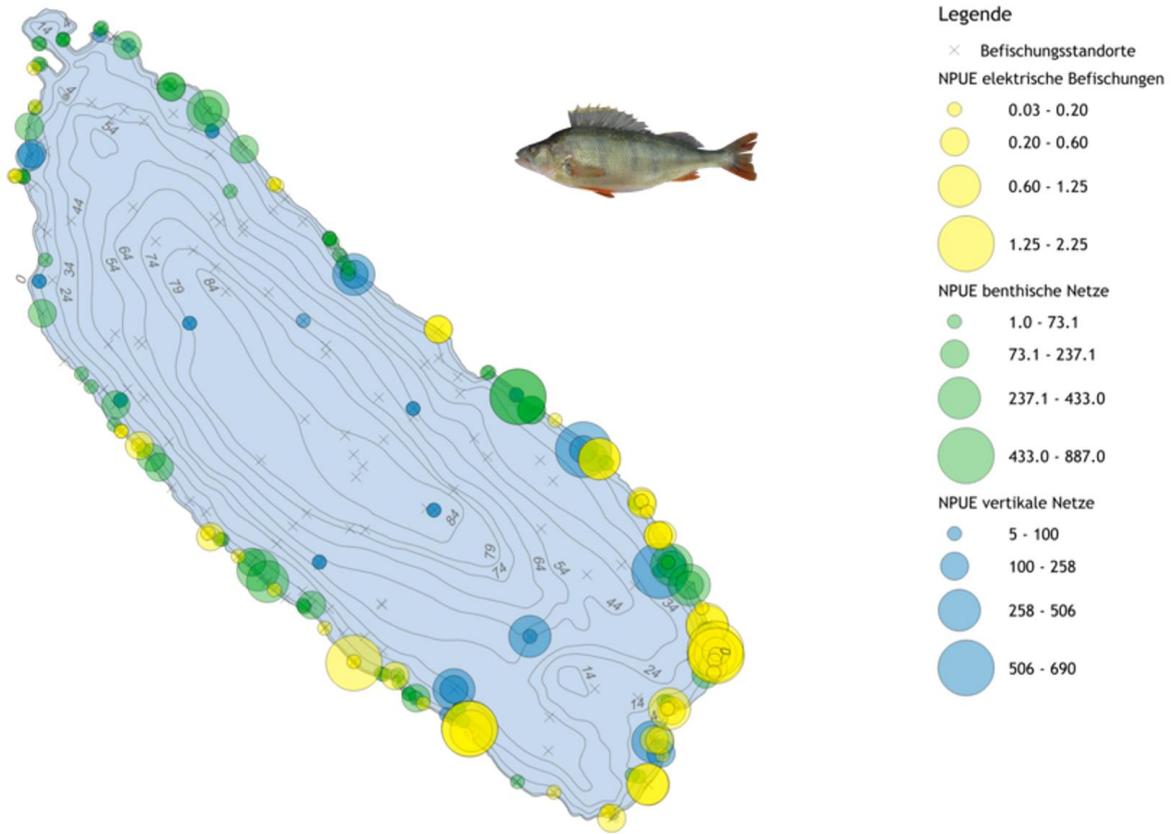
Die Resultate der elektrischen Befischung zeigen eine heterogene Verteilung der Fische in den verschiedenen Uferhabitaten (Abbildung 4-18). Auffällig ist die hohe Dichte in Zuflüssen, unterspülten Ufern und, eher ungewöhnlich, bei Fels/hart verbaut. Nur wenige Fische wurden bei Steinen ohne Interstitial und Feinsedimenten gefangen.

Die meisten positiven Zusammenhänge mit gewissen Fischarten (Tabelle 4-4) zeigten die Habitat-Typen Zufluss, Blöcke, Schilf und Fels/hart verbaut. Von Fischen eher gemieden wurden Steine, Steine ohne Interstitial, Kies, Feinsediment und Wasserpflanzen. Die grössten positiven Assoziationen einzelner Fischarten mit Blick auf ein bestimmtes Habitat zeigten Forellen (Zufluss), Kaulbarsch (Blöcke), Laube

(Schilf), Wels (Blöcke und Totholz) und Hecht (Seerosen). Die Resultate der elektrischen Befischungen verdeutlichen, wie wichtig Strukturen auch am Seeufer für das Vorkommen von Fischen sind.

Insgesamt und bezogen auf die Artenvielfalt ergänzten sich die Elektrofischereifänge und die Netzfänge bestens. Mit den Netzen wurden Arten gefangen, die sich aktiv bewegen. Mit der Elektrofischerei wurden derweil insbesondere benthische Arten gefangen, die in strukturierten Uferbereichen Schutz suchen. Im Offenwasser stehende Fische fliehen dagegen mehrheitlich vor der elektrischen Befischung. Ausserdem können einige Arten mit Netzen nicht effizient gefangen werden (z.B. Groppe, Schmerle, Aal oder Bachneunauge).

Flussbarsch/Egli (Perca fluviatilis)



Felchen (Coregonus sp.)

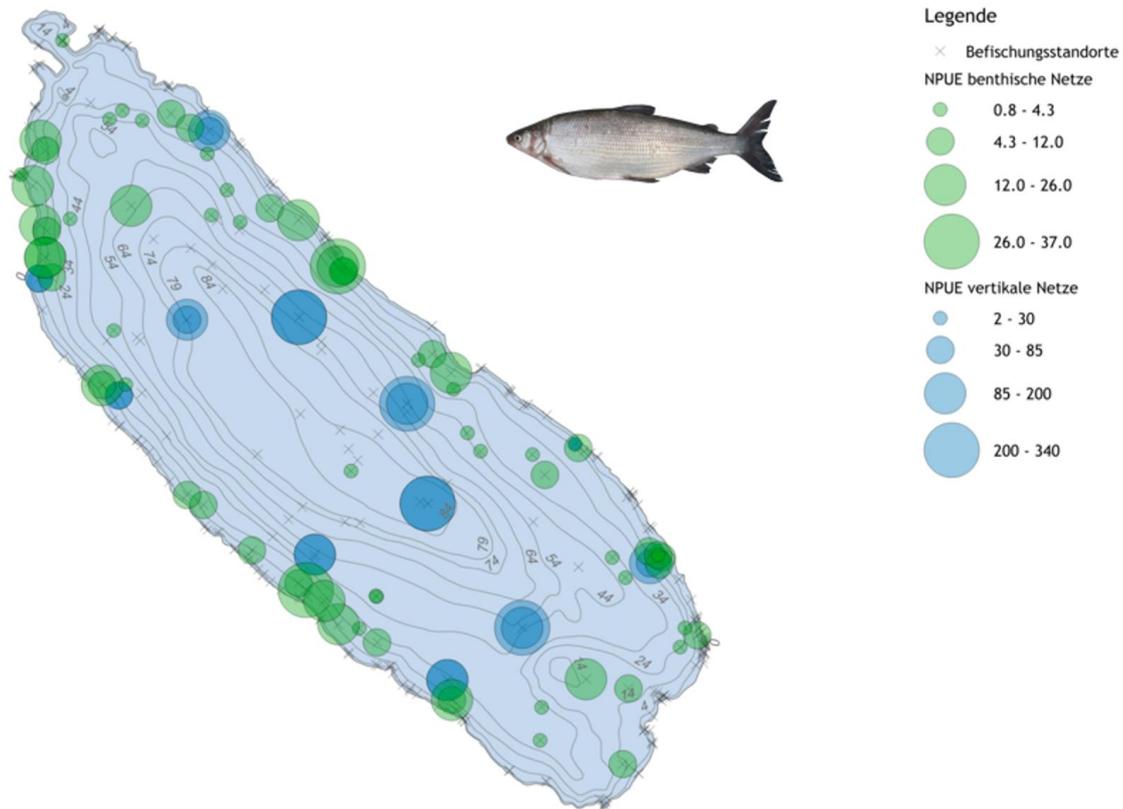


Abbildung 4-15. Geografische Verteilung der Flussbarsch- und Felchenfänge im Sempachersee (alle Protokolle). Weitere Karten anderer gefangener Fischarten befinden sich im Anhang.

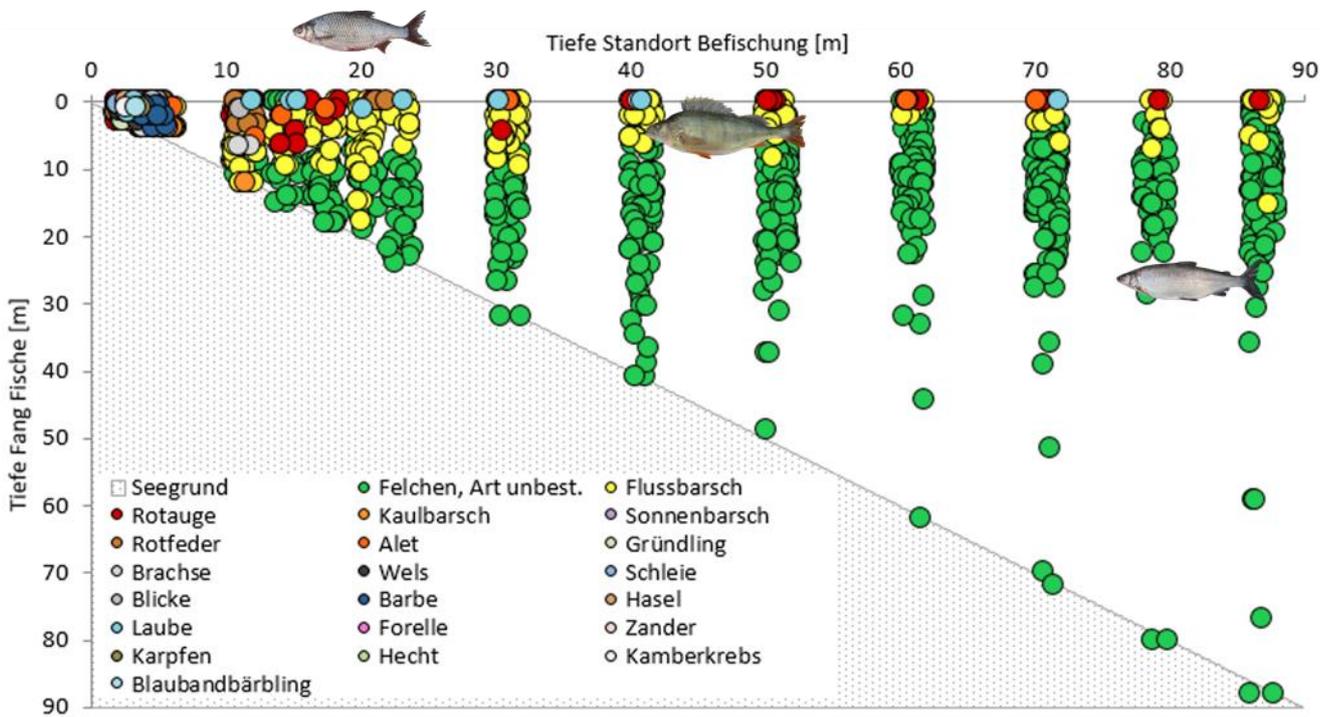


Abbildung 4-16. Dargestellt sind die mit Vertikalnetzen gefangenen Fische (Punkte). Die Y-Achse gibt die effektive Fangtiefe an. Die X-Achse gibt die maximale Tiefe am Standort, an dem das Vertikalnetz gesetzt wurde.

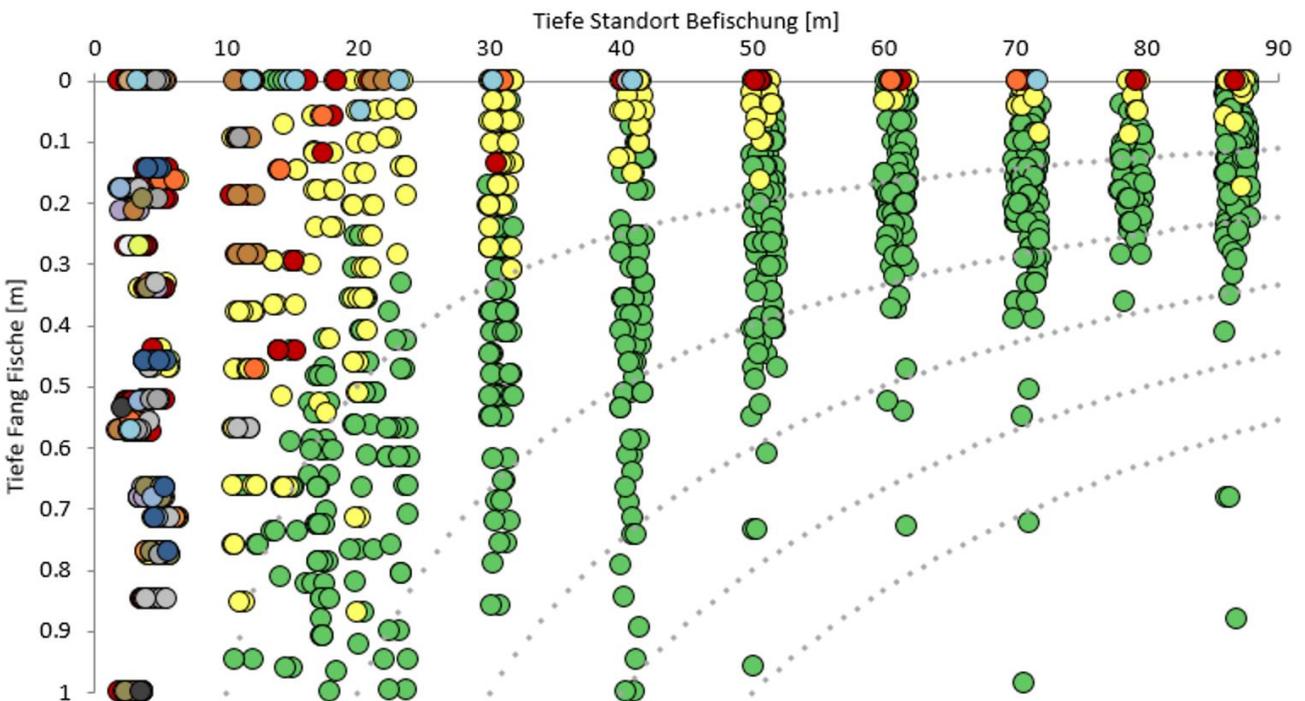


Abbildung 4-17: Dargestellt sind die mit Vertikalnetzen gefangenen Fische (Punkte). Die Y-Achse gibt die relative Fangtiefe an (1 maximale Fangtiefe am Standort, 0 minimale Fangtiefe am Standort). Die X-Achse gibt die maximale Tiefe am Standort, an dem das Vertikalnetz gesetzt wurde.

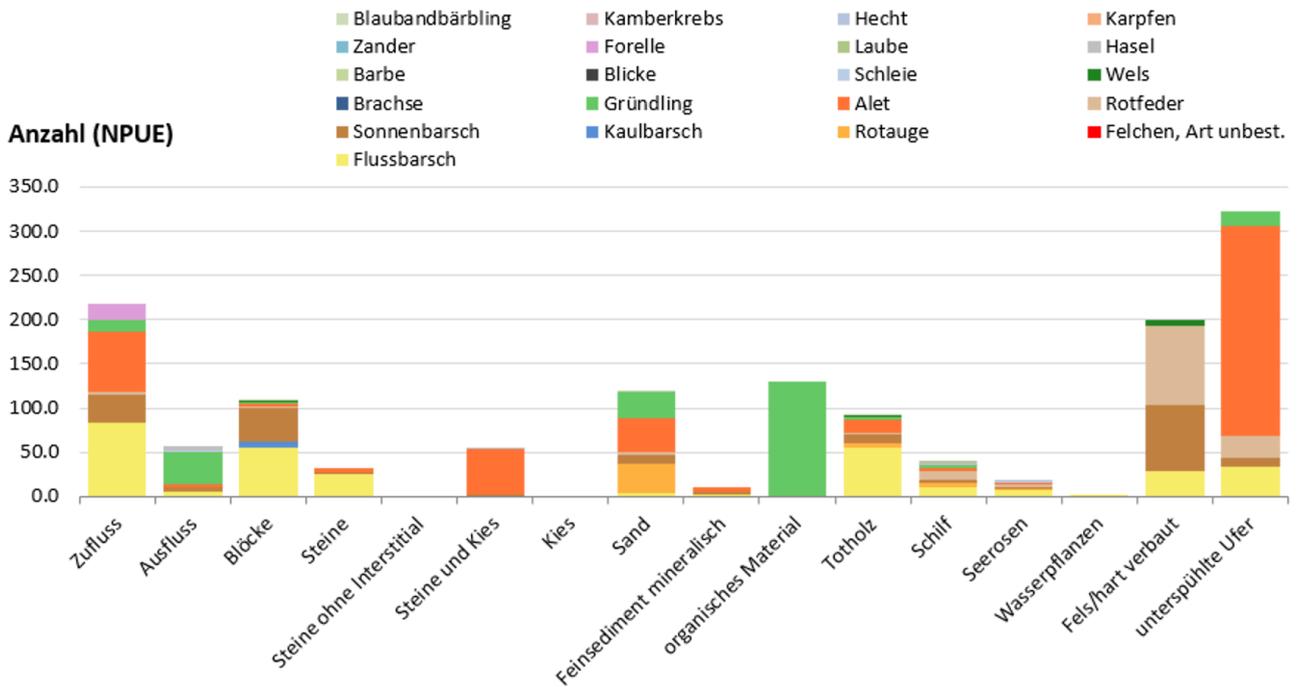


Abbildung 4-18. Anzahl Fische, korrigiert für die befischte Fläche, die mittels Elektrofischerei in den verschiedenen Habitaten gefangen wurden

Tabelle 4-4. Tabelle mit berechneten positiven und negativen Assoziationen⁴ zwischen Fischen und Habitaten.

Fischart	Zufluss	Ausfluss	Blöcke	Steine	Steine ohne Interstitial	Steine und Kies	Kies	Sand	Feinsediment mineralisch	organisches Material	Totholz	Schilf	Seerosen	Wasserpflanzen	Fels/hart verbaut	unterspülte Ufer
N tot = 120	N=8	N=2	N=16	N=8	N=2	N=12	N=2	N=4	N=10	N=2	N=16	N=22	N=6	N=6	N=2	N=2
Flussbarsch	3.2	-0.7	1.8	0.3	-1.0	-0.9	-1.0	-0.8	-0.8	-1.0	1.8	-0.5	-0.7	-1.0	0.5	0.8
Rotauga	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	11.0	-1.0	-1.0	0.5	0.8	-0.4	-1.0	-1.0	-1.0
Kaulbarsch	-1.0	-1.0	14.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Sonnenbarsch	1.7	-0.6	2.2	-0.9	-1.0	-0.9	-1.0	-0.1	-0.8	-1.0	-0.1	-0.7	-0.8	-1.0	5.4	-0.2
Rotfeder	-0.6	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.8	-1.0	-1.0	-0.8	0.1	-0.5	-1.0	9.5	1.9
Alet	1.5	-0.8	-0.9	-0.8	-1.0	0.9	-1.0	0.4	-0.8	-1.0	-0.4	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	7.8
Gründling	-0.1	1.4	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-1.0	1.1	-1.0	7.8	-0.8	-0.7	-1.0	-1.0	-1.0	0.1
Wels	-1.0	-1.0	0.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	3.4	-0.7	-1.0	-1.0	9.0	-1.0
Schleie	-1.0	9.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	4.9	-1.0	-1.0	-1.0
Hasel	-1.0	10.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	3.1	-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	15.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Forelle	15.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-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	-1.0	-1.0	-1.0	15.0	-1.0	-1.0	-1.0
Blaubandbärbling	-1.0	-1.0	4.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	6.1	-1.0	-1.0	2.6	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Mittelwert	0.9	0.7	1.0	-0.9	-1.0	-0.8	-1.0	0.7	-1.0	-0.4	0.0	0.8	0.7	-1.0	1.0	0.1

⁴ 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 zu erwarten wäre. Ein negativer Wert bedeutet, dass eine Art seltener anzutreffen ist, als dies durch Zufall zu erwarten wäre.

4.4 Vergleich der zwei unabhängigen Befischungen

4.4.1 Allgemeine Angaben zu den Befischungen

Ziel der beiden Befischungen war zu prüfen, ob zwei identische Aufnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten dasselbe Ergebnis erbringen. Der Sempachersee wurde 2018 deshalb zweimal mit genau der gleichen Methode befischt. Die erste Befischung fand vom 17. bis zum 20. September 2018 statt und

die zweite vom 24. bis zum 27. September 2018. Zwischen diesen beiden Befischungen zog ein starker Sturm über den Sempachersee, der die limnologischen Bedingungen veränderte (Trübung am Ufer, Temperatursturz an der Oberfläche um mehr als 2 °C).

4.4.2 Vergleich der Befischungen

Die Anzahl gefangener Fische war in beiden Wochen sehr ähnlich (Abbildung 4-19, Anhang 9.3). In der ersten Woche wurden 6'790 Fische gefangen, in der zweiten 6'396. Der Unterschied zwischen den beiden Probenahmewochen liegt demnach bei 5.8 %. Interessant ist dabei, dass vor allem in den vertikalen Netzen weniger gefangen wurde (-34 %). In den benthischen Netzen (+9 %) und beim Elektrofang (+13 %) dafür mehr. Die Fische nutzten den Lebensraum in den beiden Wochen (vor und nach dem Sturm) also etwas anders.

Auch die Biomassen waren vergleichbar. In der ersten Woche wurden 298 kg Fisch gefangen. In der zweiten Woche 266 kg – das sind nur 19.7 % weniger als in der ersten Woche. In den benthischen Netzen sank die Biomasse (-10 %) trotz den höheren Fangzahlen. Dies kann teilweise durch den geringeren Fang von grossen Welsen erklärt werden. Die Biomasse der vertikalen Netze sank ebenfalls (-16 %). Beim Elektrofang stieg die Gesamtbiomasse hingegen (+19 %).

Die Anzahl gefangener Arten war in beiden Wochen mit 21 identisch. Dabei war auch das Artenset in beiden Wochen identisch. Mit der Ausnahme, dass in Woche 1 der Blaubandbärbling nachgewiesen

wurde, in der zweiten Woche aber nicht. In der zweiten Woche wurde dafür ein Hybride gefangen. Ein solches Individuum konnte in der ersten Woche nicht nachgewiesen werden.

Die Häufigkeiten der gefangenen Arten waren in den beiden Wochen ebenfalls vergleichbar. Fische, die in der ersten Woche am häufigsten gefangen worden waren, waren auch in der zweiten Woche am häufigsten vertreten. Die Korrelation ist dabei mit einem Korrelationskoeffizienten R^2 von 0.92 sehr hoch (Abbildung 4-20). Es sind aber je nach Art Unterschiede zu beobachten (Abbildung 4-6). Dies betrifft insbesondere selten gefangene Arten, die stärkeren stochastischen Schwankungen unterworfen waren.

Auch bei den dominanten Arten können Unterschiede beobachtet werden. So gingen die Fangzahlen bei den Flussbarschen um 17 % und bei den Felchen um 10 % zurück. Diese Zahlen liegen innerhalb des von der CEN-Norm erwarteten statistischen Vertrauensintervalls von 50 % Änderung [10]. Insbesondere der Fang von Kaulbarschen war in der zweiten Woche aber deutlich höher als in der ersten Woche (+76 %). Insgesamt hat das jedoch wenig Auswirkungen auf die relativen Häufigkeiten der dominanten Arten im See (Abbildung 4-20) und somit auch auf die Interpretation der Resultate.

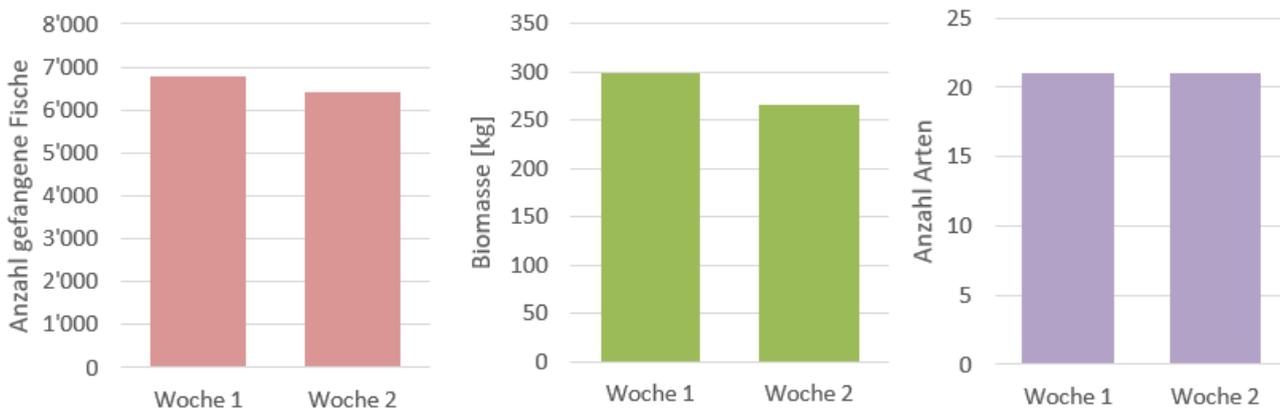


Abbildung 4-19: Anzahl (links) und Biomasse (Mitte) der im Sempachersee in den beiden Wochen gefangenen Fische. Anzahl gefangener Arten in den beiden Probenahmeperioden (rechts).

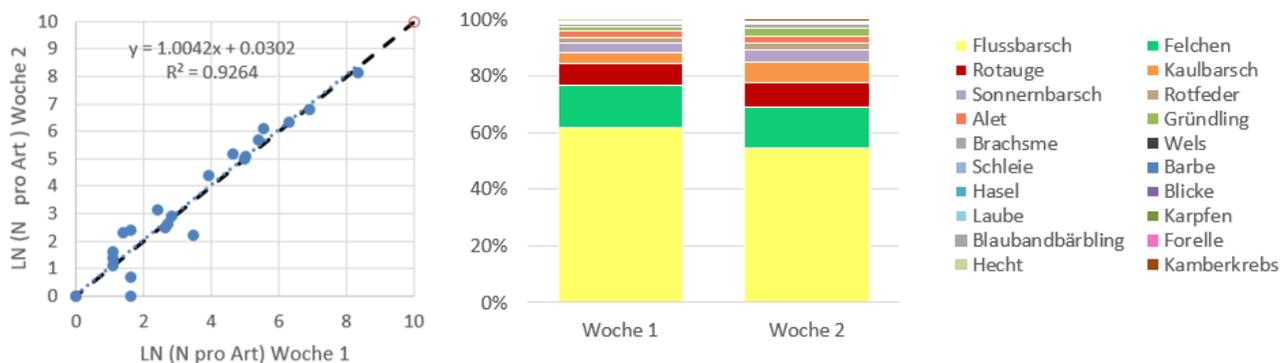


Abbildung 4-20: Links: Korrelation zwischen den beiden Wochen. Rechts: Relative Häufigkeiten der im Sempachersee in den beiden Wochen gefangenen Fischarten.

4.4.3 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, aber auch für den Vergleich zwischen den beiden Befischungsperioden, 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 50 % lag. Somit kann eine Zunahme oder Abnahme der Fänge einer Art um mehr als 50 % bei den meisten Arten zukünftig als signifikant betrachtet werden.

Bei den häufigsten Arten – Flussbarsch (+3 %), Felchen (+26 %) und Rotaugen (-3 %) – lagen die Fänge innerhalb des 50 %-Bereichs. Ihre Populationen sind

folglich aufgrund der standardisierten Befischungen der beiden Wochen gleich einzuschätzen.

Bei den Kaulbarschen (+76 %) und den Gründlingen (+74 %), die eine hohe Zunahme resp. Abnahme bei den Fängen von Woche 1 zu Woche 2 aufwies, nähern sich die Daten einander weniger stark an, als nach den Vorgaben der CEN-Norm zu erwarten war. Die Konfidenzintervalle der beiden Bestandsschätzungen überlappt jedoch. Es kann also nicht von einem signifikant höheren/geringeren Fang gesprochen werden.

Anders ist es bei den Welsen, die hohe Abnahme ist hier signifikant. Sie ist allerdings erklärbar. Die Welse, standorttreue Jäger, können am gleichen Ort nicht nochmals gefangen werden. Die in der Woche zuvor gefangenen Welse wurden ja entfernt. Für standardisierte Befischungen, die nicht in zeitlich

kurzer Folge stattfinden, dürfte dieser Effekt allerdings keine Rolle spielen. Die höhere prozentuale Streuung bei den selten gefangenen Arten hat stochastische Ursachen und ist für die Interpretation der Resultate weniger von Belang als der Nachweis dieser Arten.

Insgesamt entsprechen die Varianzen der Berechnungen den Erwartungen der CEN prEN 14757-Norm [10]. Zukünftige repräsentative Befischungen können somit statistisch mit denen von 2018 verglichen werden.

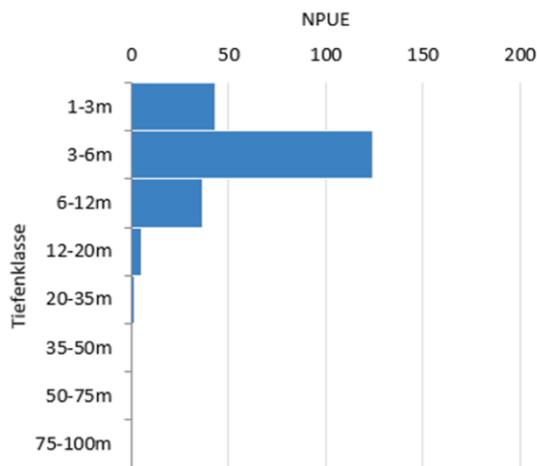
Tabelle 4-5. Zusammenstellung der Konfidenzintervallschätzungen für die Fänge mit den CEN-Netzen aus der Woche 1. Angegeben sind die minimale Anzahl (Min), die mittlere Anzahl (Mittel) und die maximale Anzahl (Max), die pro Art für den betriebenen Aufwand erwartet werden können, ebenso die untere (5 %) und die obere Konfidenzgrenze (95 %). In Klammern die Werte aus Woche 2. Laube und Forelle wurden nur in Woche 2 mit benthischen CEN-Netzen gefangen.

Fischart		Konfidenz CEN Befischungen; benthische Netze									
Name	Latain	Minimum		Mittelwert		Maximum		0.05		0.95	
		W1	W2	W1	W2	W1	W2	W1	W2	W1	W2
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	1'294	1'219	2'662	2'725	4'610	5'901	1'760	1'566	3'675	4'286
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	125	126	197	249	260	412	164	176	235	326
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	248	269	405	393	633	546	316	321	510	471
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	132	204	222	408	354	685	163	287	290	550
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	98	131	161	205	231	305	128	159	195	261
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	50	25	102	78	191	144	67	49	145	109
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	17	20	42	45	76	75	29	32	58	58
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	15	51	56	97	115	153	30	67	88	132
Brachse	<i>Abramis brama</i>	14	21	45	48	93	78	26	33	67	65
Wels	<i>Silurus glanis</i>	8	0	21	5	39	12	13	2	30	8
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	4	3	13	13	24	25	8	7	18	19
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	1	5	9	17	18	43	5	9	14	27
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	0	0	4	13	13	50	1	4	8	23
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	0	0	10	5	26	17	4	1	17	10
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	0	0	0	4	0	11	0	1	0	7
Forelle	<i>Salmo sp.</i>	0	0	0	1	0	5	0	0	0	3
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	0	0	3	5	9	12	1	2	6	8
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	0	0	5	1	12	7	2	0	9	3
Hecht	<i>Esox lucius</i>	0	0	2	3	8	9	0	1	5	6
Kamberskreb	<i>Orconectes limosus</i>	0	0	2	3	8	14	0	0	6	7
Total		2'006	2'074	3'962	4'319	6'720	8'504	2'717	2'717	5'376	6'379

4.4.4 Tiefe der Fänge und ihre geografische Verteilung

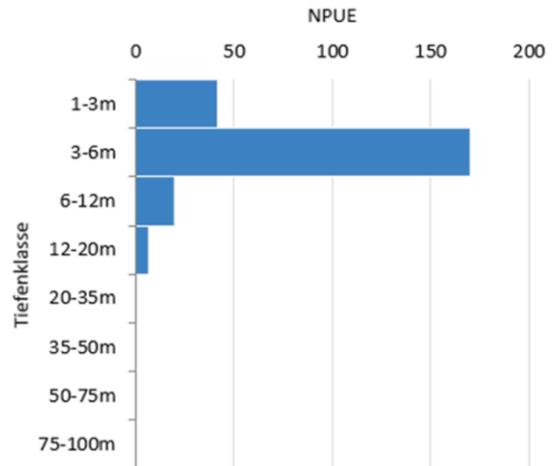
Woche 1

Bodennetze / Alle Arten

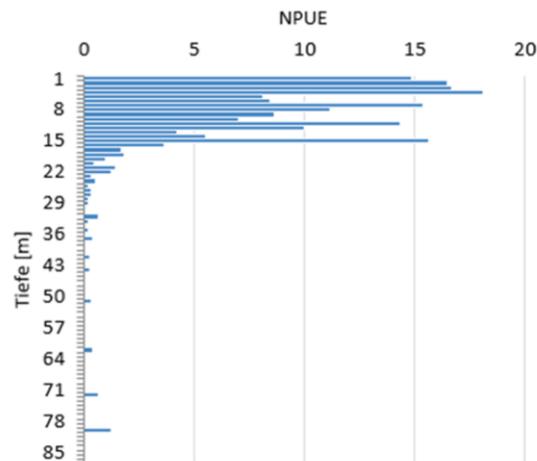


Woche 1

Bodennetze / Alle Arten



Vertikalnetze / Alle Arten



Vertikalnetze / Alle Arten

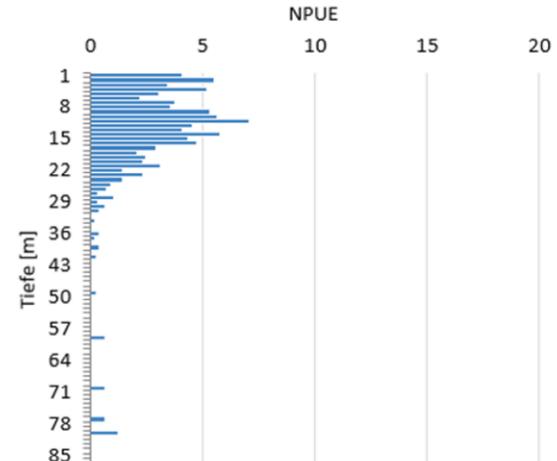


Abbildung 4-21: Die Tiefenverteilung der Fänge verglichen zwischen den beiden Wochen und den beiden Netztypen.

Es kann nicht erwartet werden, dass die Fische an genau den gleichen Stellen und in denselben Tiefen gefangen werden. So überrascht es auch nicht, dass je nach Standort mal mehr und mal weniger Fische gefangen wurden. Betrachtet man die Tiefenverteilung der Fänge, sieht man schnell, dass in den Vertikalnetzen in Woche 2 weniger gefangen wurde, dafür in den benthischen Netzen mehr (Abbildung 4-21). Demgegenüber verteilen sich die Fänge der Vertikalnetze in Woche 2 ausgeglichener. So wurden mehr Fische unterhalb von 18 m gefangen.

Bei häufig vorkommenden Arten gleicht sich das erwartungsgemäss aus. Das kann exemplarisch am Beispiel der Felchen gezeigt werden (Abbildung 4-23). Felchen wurden über beide Wochen hinweg in vergleichbaren Mengen gefangen, aber die Fangorte unterschieden sich. Auch bei der Tiefenverteilung zeigten sich Unterschiede (Abbildung 4-21). Insgesamt verschoben sich die Fänge der Felchen ein wenig in die Tiefe. Zwischen 19 und 31 m wurden in Woche 2 mehr Felchen gefangen als in Woche 1. Dafür wurden in Woche 2 zwischen 5 und 19 m deutlich weniger Felchen gefangen.

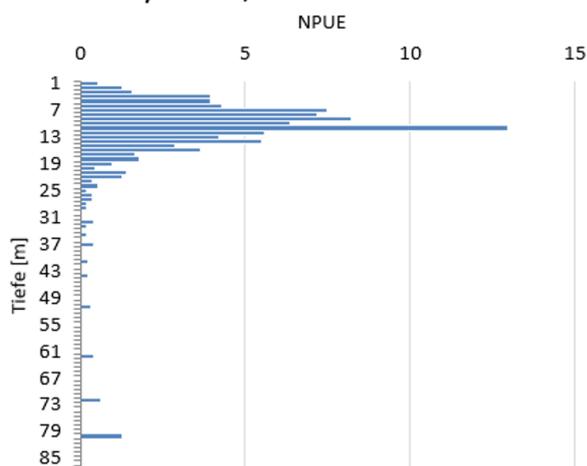
Interessant ist der Vergleich zwischen den beiden Wochen bei der Rotfeder. Sie kommt insgesamt relativ häufig im Sempachersee vor. Während in den benthischen Netzen in Woche 1 mehr Fische gefangen wurden (-24 % in Woche 2), wurden in Woche 2 mehr Rotfedern in den wenigen ufernahen vertikalen Netzen gefangen (+100 %). Auf den Gesamtfang an Rotfedern hatte dies wenig Einfluss (+4 %). Dieses Muster kann man auch anhand der geografischen Verteilung der Fänge erkennen (Abbildung 4-24). Oft unterschieden sich Fangmengen und Orte zwischen den beiden Wochen. Interessant ist auch, dass in Woche 2 viel mehr Rotfedern am Südufer bei Sempach gefangen wurden. Ein ähnliches Muster kann auch bei der Barbe festgestellt werden. Interessanterweise wurde der Fang dieser in Seen eher selten gefangenen Fischart (+225 % Zunahme in den benthischen Netzen in der zweiten Woche) durch den Fang in vertikalen Netzen kompensiert (-91 %).

All das zeigt, dass die Methode haltbar gegenüber der Bewegung von Fischen im See ist. Viele Fische sind zwar mobil und wechseln den Standort oder die Tiefe. Am neuen Ort nutzen sie aber ähnliche oder

gleiche Habitate. Dadurch gleicht sich die Fangwahrscheinlichkeit teilweise aus. Einzig bei sehr standort-treuen Jägern (Wels, vgl. Kapitel 4.4.3) kommt es bei sehr kurzen Wiederfangintervallen mit Entnahme der Fische zu einer Abnahme im gleichen Habitat.

Obwohl zwischen den beiden Befischungen ein starkes Sturmereignis stattfand, das die Bedingungen im See markant verändert hat, erwiesen sich die Fänge insgesamt als vergleichbar und ergaben sehr ähnliche Resultate. Dies bestätigt somit auch, dass die Befischungen nach den Vorgaben des «Projet Lac» genügend standardisiert, reproduzierbar und aussagekräftig sind, um fundierte Aussagen über den fischökologischen Ist-Zustand eines Sees zu machen.

Vertikalnetze / Felchen, Art unbest.



Vertikalnetze / Felchen, Art unbest.

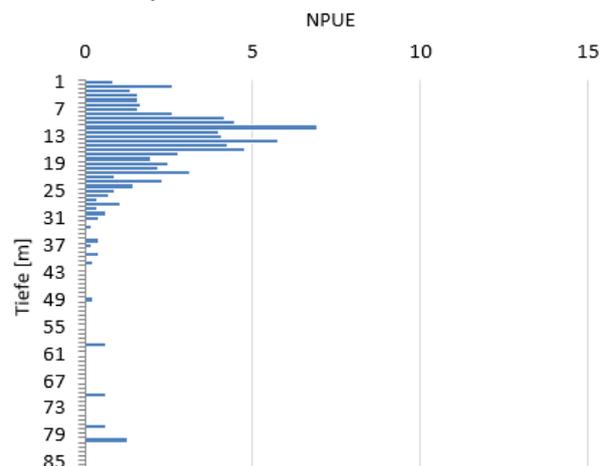


Abbildung 4-22: Links: Tiefenverteilung der Felchenfänge der Vertikalnetze aus Woche 1. Rechts: Tiefenverteilung der Felchenfänge der Vertikalnetze aus Woche 2.

Felchen (Coregonus sp.)

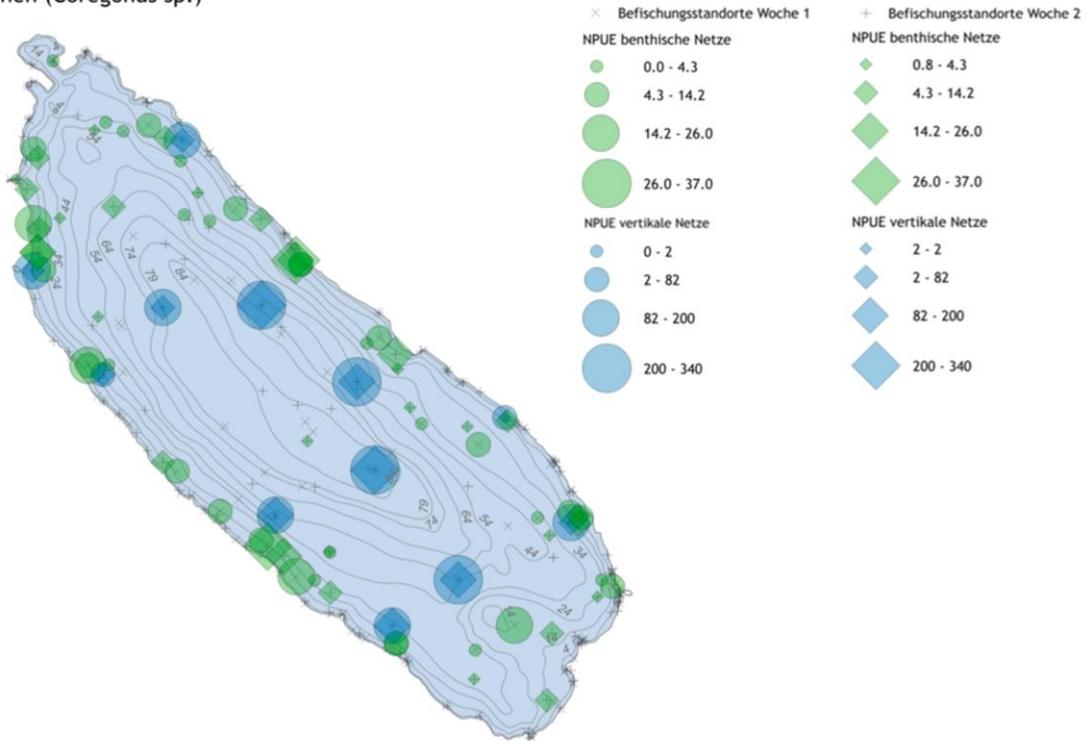


Abbildung 4-23: Verteilung der Felchenfänge in den Netzen der standardisierten Befischungen im Vergleich zwischen den beiden Wochen (NPUE).

Rotfeder (Scardinius sp.)

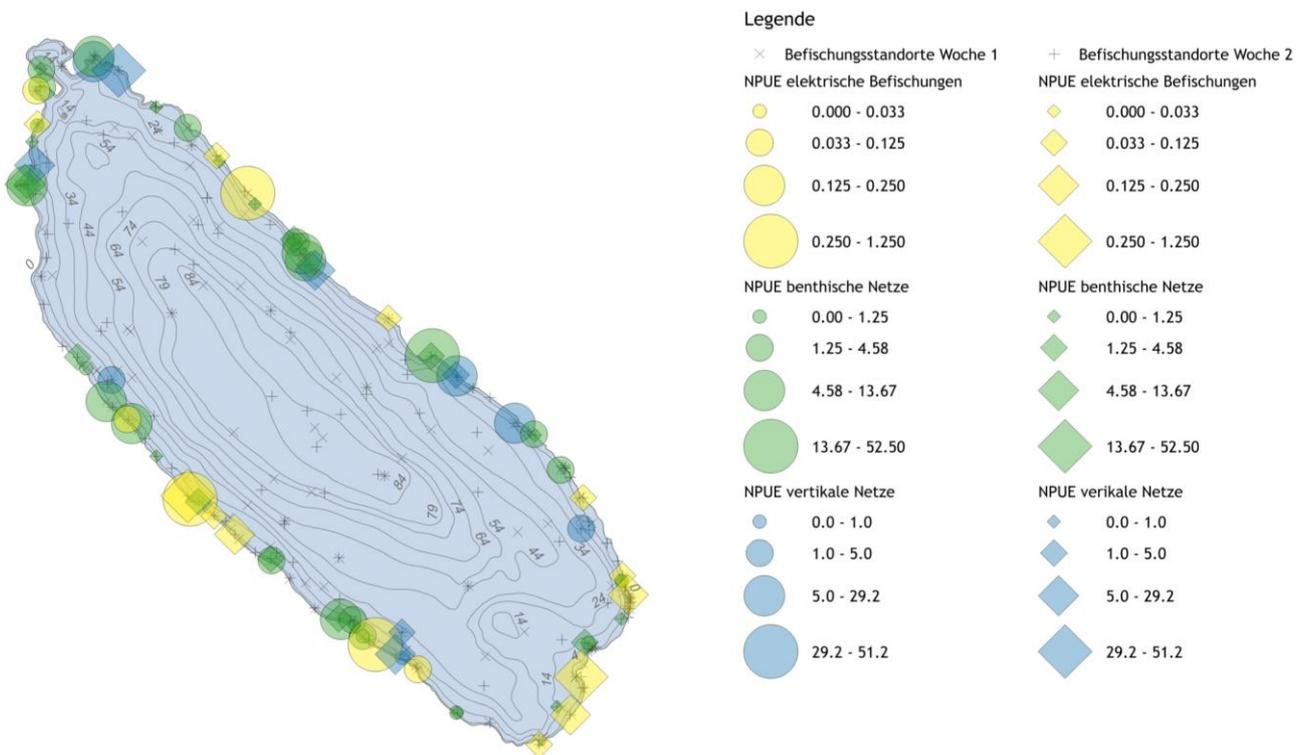


Abbildung 4-24: Geografische Verteilung der Rotfederfänge (NPUE) in den beiden Befischungswochen.

4.5 Fischereiliche Aspekte

4.5.1 Längenselektivität der Maschenweiten

Die Längenselektivität der Netze ist unterschiedlich für verschiedene Fischarten [21, 22]. 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 im Anhang (Kapitel 9.3) dargestellt.

4.5.2 Längenverteilung

Die Längenverteilungen (Abbildung 4-25) belegen für Flussbarsche und Rotaugen ein gutes Jungfischaufkommen. Die natürliche Rekrutierung (Erneuerung des Fischbestands durch natürliche Prozesse) scheint im Sempachersee für beide Arten zu funktionieren.

Dies ist bei den Felchen nicht der Fall. Da auf dem Seesediment die Sauerstoffwerte zu niedrig sind, ist die natürliche Fortpflanzung der Felchen kaum möglich oder stark beeinträchtigt [23]. Die meisten gefangenen Felchen dürften deshalb aus Besatz stammen (pers. Mitteilung Philipp Amrein). Der Felchenbesatz scheint aus fischereilicher Sicht demnach erfolgreich zu sein, denn es wurde eine hohe Anzahl 1+- und 2+-Felchen gefangen (100 mm-220 mm, [24]). 0+-Felchen, die in der Regel kleiner als 100 mm sind, wurden mit Kiemennetzen kaum gefangen. Vergleicht man die Längenselektivität von verschiedenen Maschenweiten wird klar, dass Felchen ab einer Länge von ca. 25 cm effizient gefangen werden (Abbildung 4-25). Grössere Tiere (> 28 cm) waren in den standardisierten Fängen selten.

Bei den Hechten scheint das Jungfischaufkommen indessen gering auszufallen. Der kleinste gefangene Hecht mass 320 mm und dürfte nicht der 0+-Kohorte angehört haben.

Bei den Flussbarschen fällt neben der 0+-Kohorte, die sehr stark ausgeprägt ist, auch die hohe Anzahl von grossen, adulten Fischen auf (>150 mm, Abbildung 4-21). In den meisten Seen mit Netzfischerei kann dies so nicht beobachtet werden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Flussbarsche von Netzfischern weniger stark befishet werden als Felchen. Dies lässt auch der Vergleich der Längenselektivität der verschiedenen Maschenweiten vermuten.

Die Längenverteilung der Rotaugen zeigt, dass im Vergleich mit Populationen aus anderen Seen nur wenige grössere Tiere gefangen wurden. Warum das so ist, bleibt unklar. Der fischereiliche Druck scheint im Fall des Sempachersees eher nicht der Grund zu sein. Flussbarsche müssten bei gleicher Maschenweite eigentlich effizienter gefangen werden als Rotaugen.

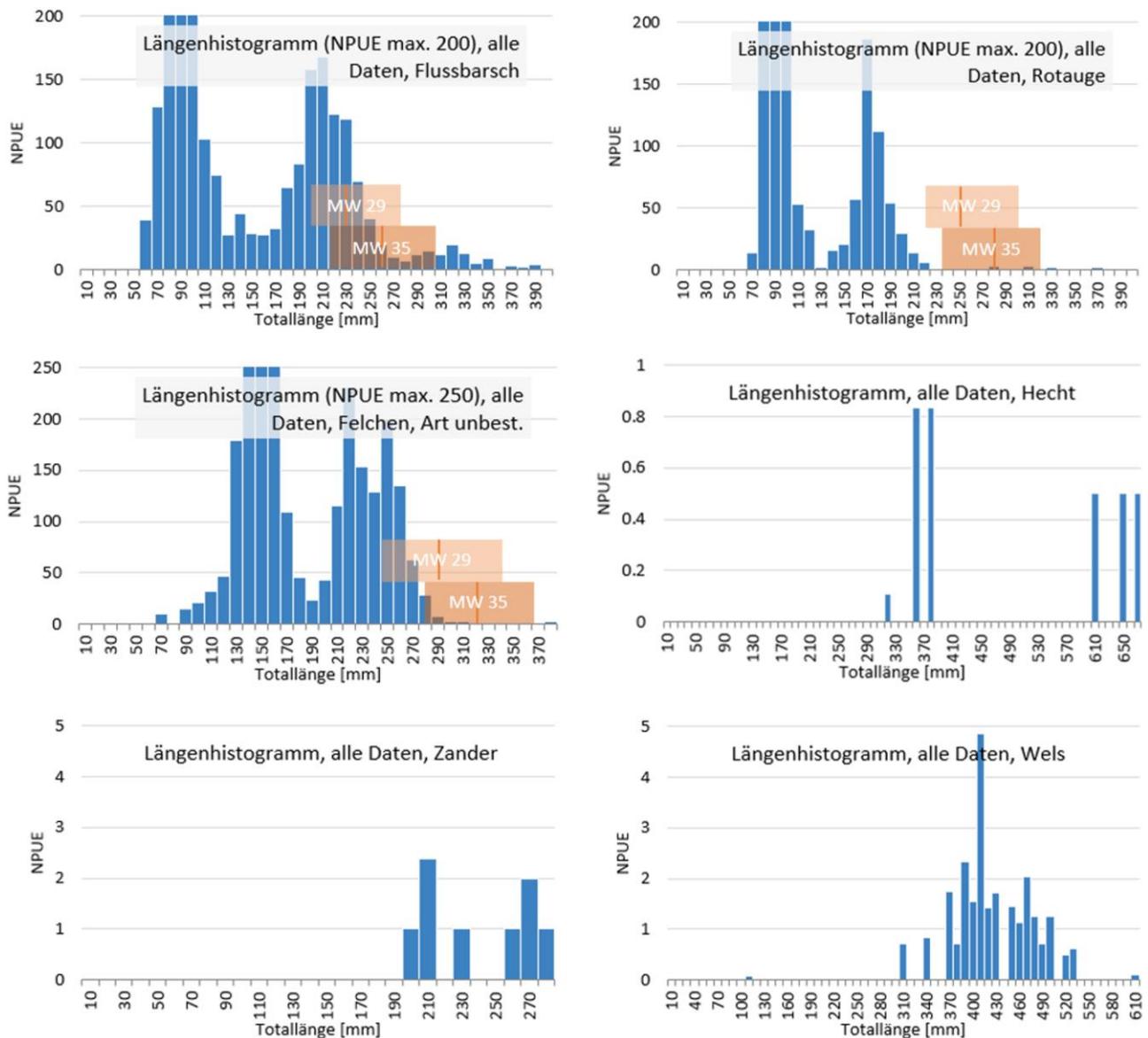


Abbildung 4-25. Längenverteilung der Felchen, Flussbarsche, Rotaugen, Zander, Welse und Hechte bei den standardisierten Befischungen im Sempachersee. Ausserdem ist die Längenselektivität der erlaubten Maschenweiten (MW) von den Berufsfischern angegeben. Erlaubt sind 28 mm-Netze, gemäss Philipp Amrein (Kanton Luzern) werden allerdings zumeist 32 mm-Netze eingesetzt. Da weder 28 noch 32 mm MW bei den standardisierten Befischungen eingesetzt wurden, wurde die Längenselektivität von 29 mm und 35 mm-Netzen eingesetzt (Details siehe Anhang).

4.5.3 Vergleich mit Fangstatistik

Die Anglerfänge in Bezug auf sämtliche Fischarten (Abbildung 4-26) waren in der Periode zwischen 2002 und 2006 die höchsten der letzten 39 Jahre. Die Fänge gingen danach zurück und halten sich seit 2007 mehr oder weniger auf gleichem Niveau. Dieses ist vergleichbar mit den Fängen von 1979 bis 2001. Interessant ist die Zusammensetzung der Anglerfänge. Dass die Fänge in der Periode Anfang des Jahrtausends höher lagen, ist einem viel höheren Anteil der Felchen am Gesamtfang zuzuschreiben.

Bei den Berufsfischerfängen dominieren eindeutig die Felchen. Andere häufig gefangene Arten sind Flussbarsche und Rotaugen. Insgesamt sind die Fänge der Berufsfischer stabil und scheinen heute weniger stark zu schwanken als noch zwischen den Siebziger- und Neunzigerjahren.

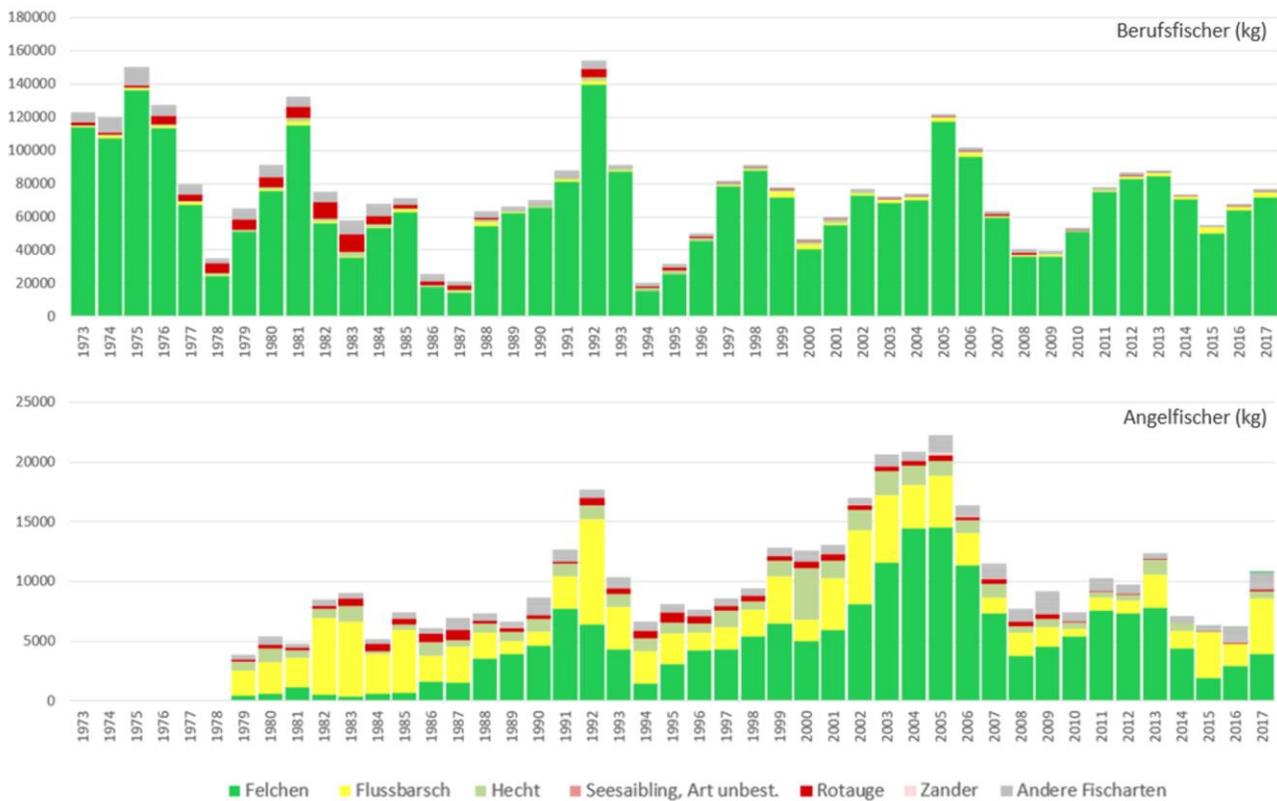
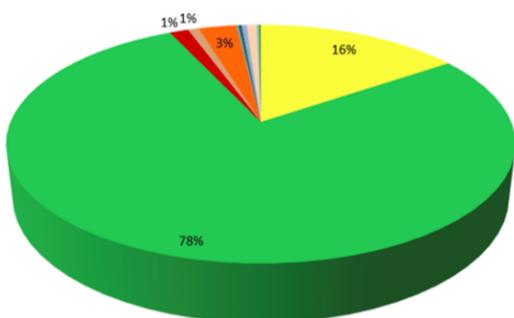


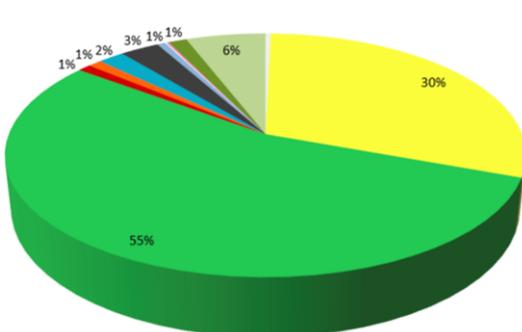
Abbildung 4-26. Entwicklung der Berufs- und Angelfischerfänge vom Sempachersee zwischen 1973 und 2017.

Standardisierte Befischungen (VOL BPUE, 2018)



- Andere Fischarten
- Flussbarsch
- Felchen, Art unbest.
- Rotauge
- Kaulbarsch
- Sonnenbarsch
- Rotfeder
- Alet
- Gründling
- Brachse
- Wels
- Schleie
- Blicke
- Barbe
- Hasel
- Laube
- Forelle
- Zander
- Karpfen
- Hecht

Angelfischer (kg, 2012-2017)



Berufsfischer (kg, 2012-2017)

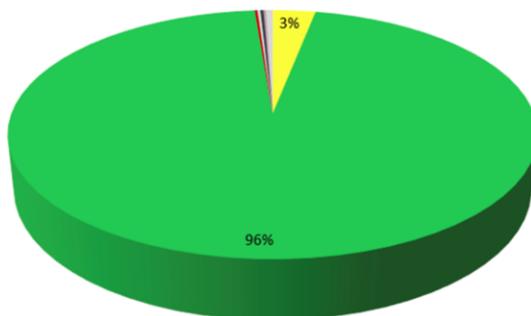


Abbildung 4-27. Anteil der verschiedenen Fischarten am Fang der Angelfischer (Mittelwert von 2012 bis 2017), der Berufsfischer (Mittelwert von 2012 bis 2017) und der standardisierten Befischungen (volumenkorrigierte Biomasse).

Insgesamt weichen die relativen Häufigkeitsschätzungen der verschiedenen Fischarten bei der standardisierten Befischung von der Fischfangstatistik ab (Abbildung 4-27). Dabei sind besonders die häufig gefangenen Arten der Fischfangstatistik und der standardisierten Befischung augenfällig. Die Resultate bestätigen, dass standardisierte und nicht gezielte Abfischungen erforderlich sind, um eine vergleichbare Einschätzung der Fischartenzusammensetzung zwischen verschiedenen Seen und innerhalb eines Sees über die Zeit zu erhalten.

Wenn man sie mit der Zeit vor der grossen Seespiegellabsenkung (Anfang 19. Jahrhundert) vergleicht

[14], sind die Felchenfänge heute nur wenig niedriger. In vielen Jahren lag gemäss historischen Dokumenten der Fang zwischen 600'000 und 800'000 Stück, manchmal lag er sogar höher. Heute liegen die Fänge bei ca. 70 Tonnen. Bei einem mittleren Stückgewicht von 150 gr. entspricht dies ca. 470'000 Stück. Es gilt jedoch zu beachten, dass sich die fische-reichen Methoden entwickelt haben und Fische heute viel effizienter gefangen werden. Aus diesen Daten ist es demnach nicht möglich, ausreichend fundierte Rückschlüsse über die Bestandsentwicklung zu ziehen. Neben Felchen wurden im 19. Jahrhundert vor allem Hasel, Rotaugen, Blicke und Flussbarsche gefangen.

4.6 Vergleiche mit anderen Seen

4.6.1 Fischbestand

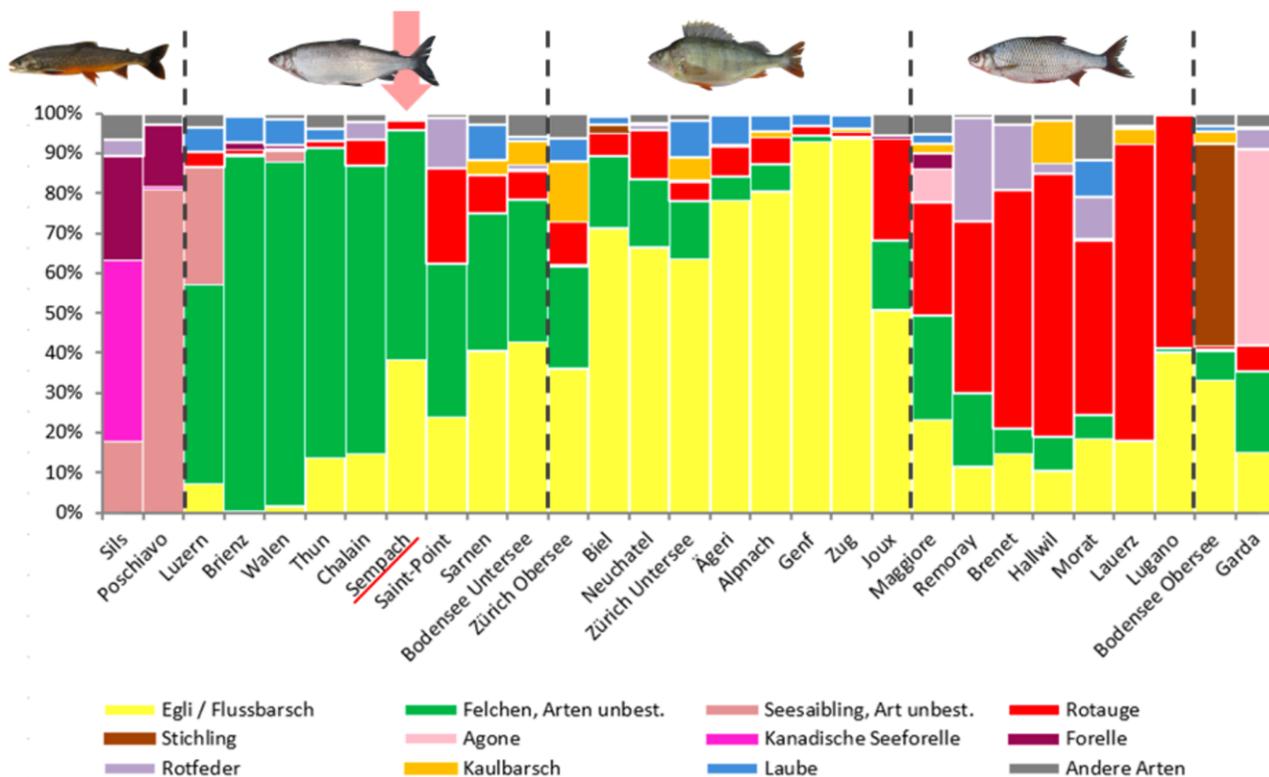


Abbildung 4-28. Vergleich der relativen Häufigkeit der Fänge der einzelnen Arten (Anzahl Fische), die in den verschiedenen Seen in Vertikalnetzen gefangen wurden. Die Daten sind volumenkoriert (vgl. Kapitel 4.3.3), um zwischen den Seen besser vergleichen zu können [12].

Im Vergleich mit anderen Alpenrandseen und aufgrund der bezüglich der Netzfläche und der Verfüg-

barkeit der Habitate gewichteten Fänge [12] entspricht der Sempachersee heute einem Typ See, der

zwischen einem Felchensee und einem Flussbarschsee liegt. (Abbildung 4-28).

Die relative Häufigkeit der Felchen ist vergleichsweise hoch, aber auch die Flussbarsche sind weit verbreitet. Dies ist für einen mesotrophen Voralpensee

4.6.2 Angel- und Berufsfischerfänge

Die im Sempachersee zwischen 2013 und 2017 im Durchschnitt gefangenen Fische der Berufsfischer sind im Vergleich mit anderen Voralpenseen überdurchschnittlich hoch (Abbildung 4-25). Bei der Grafik ist zu beachten, dass die Fangmengen für die Seefläche korrigiert sind, nicht aber hinsichtlich des Befischungsaufwands. Auch bei den Angelfischern ist der Hektarertrag im schweizweiten Vergleich hoch. Der Sempachersee ist demnach aus fischereilicher

zu erwarten. Ohne die Besatzmassnahmen mit Felchen und ohne die Sauerstoffzufuhr wäre bei volumenkorrigierten standardisierten Fangdaten sehr wahrscheinlich der Flussbarsch oder das Rotauge die dominierende Art.

Sicht heute ein äusserst attraktiver See. Die standardisierten Fänge bestätigen das, insbesondere was Felchen und Flussbarsche betrifft. Auch der Wels dürfte in Zukunft vermehrt gefangen und auch befischt werden. Andere fischereilich attraktive Arten wie Hechte, Forellen und Zander sind in den Fängen eher wenig vertreten. Inwiefern die Ausbreitung des Welses andere Raubfische im See beeinträchtigen wird oder nicht, wird sich zeigen.

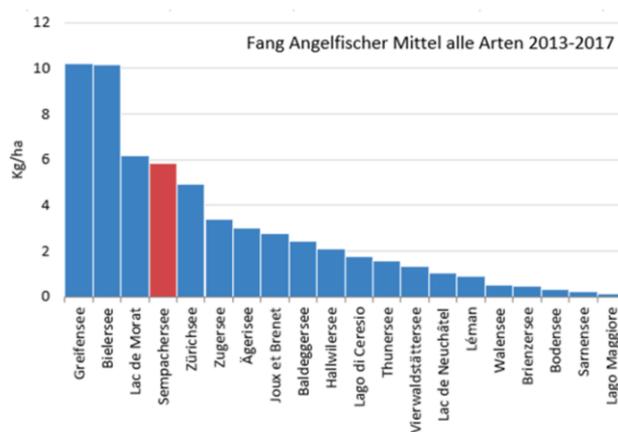
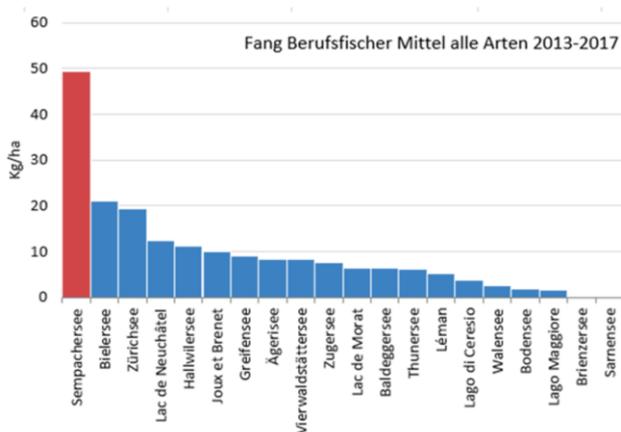


Abbildung 4-29. Mittelwert der Berufsfischerfänge von 2013 bis 2017 und der Angelfischerfänge von 2013 bis 2017 in verschiedenen Schweizer Seen (Daten BAFU). Die Fangmengen sind korrigiert für die Seefläche, aber nicht in Bezug auf den Fischereiaufwand, da dieser nicht bekannt ist.

5 Synthese

5.1 Ökologische Bewertung des Sempachersees

5.1.1 *Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers*

Für den Sempachersee liegen umfangreiche und kontinuierlich erfasste limnologische Daten vor. Die durchgeführten Messungen erlauben eine allgemeine Beurteilung des limnologischen Seezustands.

Der Sempachersee ist heute ein mässig tiefer, mesotropher und oberflächenwarmer Voralpensee. Die Sprungschicht liegt im Sommerhalbjahr oberflächennah in ca. 10 m Tiefe. Die Aufenthaltsdauer des Seewassers ist mit 15 Jahren ausgesprochen lang. In den Siebzigerjahren kam es zu einer starken Eutrophierung des Sees. Auch ist die anthropogene Nährstoffbelastung aufgrund der langen Aufenthaltsdauer des Wassers noch heute spürbar. Im Sommerhalbjahr kommt es im Metalimnion und im Tiefenwasser trotz der künstlichen Sauerstoffzufuhr stets zu einer Sauerstoffzehrung (Sauerstoffkonzentration < 4 mg/l). Dieser Zustand dauert jeweils bis in den Spätherbst an.

Seit den Höchstständen, die Anfang der Achtzigerjahre beobachtet wurden, hat sich die Nährstoffbelastung im See reduziert, und der Sempachersee ist heute zumeist mesotroph. Dennoch kann der See in einzelnen Jahren die Grenze zum eutrophen Zustand überschreiten. Für die letzten 10 Jahre ist keine weitere Verringerung der Gesamtphosphorkonzentration erkennbar.

Aus diesen Gründen ist der limnologische Zustand des Sees als stark beeinträchtigt einzustufen. Die künstliche Sauerstoffzufuhr führt aber dazu, dass das Hypolimnion im Verlauf des Jahres nicht gänzlich sauerstofffrei wird. Dies hält wichtige biologische Prozesse im See aufrecht.

5.1.2 *Uferhabitate*

Die Habitatkartierung des Sempachersees zeigt im Litoral einen hohen Anteil an strukturierten Habitaten wie Einmündungen von Zuflüssen, Schilf oder Totholz. Diese bieten den Fischen am Ufer gute Verstecke. Insgesamt ist die litorale Habitatvielfalt im Sempachersee eher hoch.

Die Uferlinie und damit die Vernetzung mit dem Umland ist am Sempachersee im Vergleich zu anderen grossen Schweizer Seen weniger beeinträchtigt. Dennoch sind ca. 27 % der Uferlinie verbaut. Es handelt sich mehrheitlich um Mauern und Blockwürfe. Diese stehen grösstenteils mit Hafenanlagen, Strassen am Seeufer und Siedlungen im Zusammenhang.

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, Ausflüsse und Flachufer prioritär behandelt werden. Schwemmholz, Totholz oder umgefallene Bäume sollten, wo dies möglich ist, im See belassen werden.

Insgesamt kann der morphologische Zustand der Uferhabitate im See als recht naturnah bezeichnet werden. Die Uferlinie ist jedoch vor allem im Bereich von Siedlungen stark verbaut und damit naturfremd. Hier ist die Vernetzung der Uferhabitate mit dem Umland oftmals ungenügend. Erwähnenswert ist auch, dass durch die Absenkung des Sees im 19. Jahrhundert die Seefläche und somit die Länge der Uferlinie deutlich reduziert wurden.

5.1.3 Artenvielfalt und standardisierte Befischung

Im Rahmen dieses Projekts wurden im Sempachersee 20 Fischarten gefangen. Davon gelten laut VBGF 17 Arten als einheimisch und von diesen sind 15 Arten aufgrund von Literaturangaben als standortgerecht zu betrachten. Fünf Arten (Kaulbarsch, Sonnenbarsch, Zander, Wels und Blaubandbärbling) sind mit Bezug auf die historischen Literaturangaben als standortfremd einzustufen. Blaubandbärblinge wurden bei diesem Projekt erstmals im Sempachersee nachgewiesen. Ihre Dichte im See ist bisher aber noch gering.

Einige der im Rahmen der standardisierten Befischungen nicht gefangenen Arten wurden in den letzten Jahren im Sempachersee oder in seinen Zuflüssen nachgewiesen (Groppe, Aal und Trüsche). Im Sempachersee nicht mehr nachgewiesen wurden die nicht einheimischen Regenbogenforellen, die standortfremden Seesaiblinge und die Agonen. Bei den letztgenannten zwei Arten handelt es sich offenkundig um Fehlbestimmungen aus älteren Fangstatistiken. Auch die Äsche konnte nicht nachgewiesen werden.

Die standardisierten Fänge im Sempachersee werden heute durch Felchen und Flussbarsche dominiert. Felchen finden sich im Pelagial und Flussbarsche am Ufer und an der Halde häufig in den Fängen. Damit entspricht der Sempachersee heute einem Seetyp, der zwischen einem Flussbarschsee und einem Felchensee liegt. Die Fische besiedeln die gesamte Seetiefe, obwohl die Sauerstoffbedingungen im Tiefenwasser nicht optimal sind. Die positiven Auswirkungen der Seebelüftung auf die Verteilung der Fische im See sind demnach offensichtlich.

Der Anteil an standortfremden Arten im Fischbestand ist mit fünf von 20 Arten (25 %) eher hoch. Davon wurden Kaulbarsch, Sonnenbarsch und Wels in beachtlichen Mengen gefangen. Dennoch hält sich die Anzahl standortfremder Arten in Bezug zum gesamten Fang in Grenzen, auch im Vergleich zu gewissen anderen Seen der Schweiz.

Gemäss historischen Dokumenten war im 19. Jahrhundert der Hasel, zusammen mit den Felchen und Flussbarschen, die häufigste Fischart im Sempachersee [14]. Die Untersuchungen von HEUSCHER [14] legen den Schluss nahe, dass die Felchenpopulation nach der Seespiegelabsenkung Anfang des 19. Jahrhunderts stark zurückging. Wertvolle (Laich-)Habitats sollen damals verloren gegangen sein. Danach stiegen die Fangzahlen zwar wieder, allerdings wurde der Anstieg vermutlich durch effizientere Netze und erhöhten Fangaufwand erreicht und nicht durch eine Erhöhung der Felchenpopulation [14]. Ab 1882, nachdem der Felchenbestand erneut deutlich zurückgegangen war, wurde der See intensiv mit Felchen unterschiedlicher Herkunft besetzt. Gemäss HEUSCHER verschwanden im 19. Jahrhundert die beiden Felchen-Ökotypen, das Bündeli und der Ballen, die für den See vorher auch von den Fischern unterschieden worden waren.

Demnach darf die heutige Fischartenzusammensetzung im Sempachersee nicht als völlig naturnah bezeichnet werden. Felchen sind heute mit grosser Wahrscheinlichkeit nur wegen den getätigten Besatzmassnahmen so zahlreich im See vorhanden. Die ursprünglich unterschiedenen Felchen-Ökotypen sind verschwunden. Zudem kommen recht viele standortfremde Fischarten im See vor. Insgesamt ist der fischökologische Zustand des Sees deshalb als beeinträchtigt einzustufen.

5.2 Fischereiliche Nutzung

Der Sempachersee ist heute aus Sicht der fischereilichen Nutzung ein ausgesprochen ertragreicher See.

Er ermöglicht den Berufsfischern im schweizweiten Vergleich die bei weitem höchsten Erträge pro Fläche. Exemplarisch zeigt sich damit, dass das fischereiliche Ertragspotential von gezielt befischten Arten eines Sees nicht zwingend mit dem fischökologischen Zustand (Grad der Natürlichkeit) des Fischbestands zusammenhängen muss.

Die Berufsfischerei beruht heute überwiegend auf dem Fang von Felchen. Diese werden durch die Berufsfischer erbrütet und im See ausgesetzt, also intensiv bewirtschaftet und genutzt. Obwohl ebenfalls weit verbreitet, spielen Flussbarsche und andere Fischarten im Gesamtfang der Berufsfischer eine untergeordnete Rolle. Insgesamt sind die Fänge der Berufsfischer über die Jahre hinweg stabil und schwanken heute weniger als noch in den 1980er und 1990er Jahren.

Die Anglerfänge erreichten in den Jahren 2002 bis 2005 Höchststände. Danach gingen sie zurück und haben sich auf dem Niveau der Fänge zwischen 1979 und 2001 stabilisiert. Für den Sempachersee ist folglich auch bei den Anglerfängen kein Fangrückgang zu beobachten. Der Grund für die hohen Fangerträge zu Anfang der 2000er Jahre waren die hohen Zahlen bei den Felchenfängen. Am beliebtesten sind bei den Angelfischern denn auch heute noch die Felchen, aber Flussbarsche sind ebenfalls bedeutend im Fang. Weitere durch Angler gezielt befischte Arten sind Wels und Hecht.

Die Längenverteilungen bei den mittels standardisierter Befischungen erzielten Fängen weisen einzig bei den Felchen auf einen eher hohen Befischungsdruck hin. Grössere Felchen sind eher selten im Fang (>270 mm). Der Befischungsdruck ist gemäss Angaben der Abteilung Natur, Jagd und Fischerei des Kantons Luzern bereits seit längerem ähnlich hoch.

Es stellt sich die Frage, ob die durch den grössenselektiven Fang und die intensive Bewirtschaftung verursachte Selektion auf lange Sicht Konsequenzen für die Fischerei haben könnte (z.B. durch eine Abnahme des Wachstums). Die Untersuchungen zum Längenwachstum legen aber nahe, dass das Wachstum bislang in etwa stabil war und sich in den letzten Jahren wieder etwas erholt hat [24]. Die Situation sollte gleichwohl weiterhin überwacht werden. Für andere Fischarten wie z.B. Flussbarsche scheint der Befischungsdruck nicht problematisch zu sein, wie die Fangergebnisse zeigen.

Insgesamt bietet der Sempachersee den Berufs- und Angelfischern Fangbedingungen, die einen überdurchschnittlich hohen Ertrag ermöglichen. Die Fangzahlen sind hoch und über die Jahre gesehen stabil. Dies spiegelt sich auch in den standardisierten Fängen wider, die einen hohen Anteil und eine sehr hohe Dichte an fischereilich attraktiven Arten wie Felchen und Flussbarsch aufwiesen.

6 Schlussfolgerungen

Mit vorliegender Studie wurde die Fischfauna im Sempachersee erstmals mit einem methodisch standardisierten Verfahren erfasst. Bei der intensiven und aufwendigen Beprobung in der Zeit vom 17. bis 27. September 2018 handelt es sich um eine stichprobenartige Momentaufnahme des Fischbestands, die während der Schichtung des Sees und ausserhalb der Fortpflanzungszeit der meisten Fischarten angefertigt wurde. Das standardisierte Vorgehen erlaubt eine tiefergehende Charakterisierung des heutigen Fischvorkommens und ermöglicht einen Vergleich mit den anderen 29 Seen der Schweiz, die nach demselben Ansatz untersucht wurden. Ebenso kann die Entwicklung des Fischbestands, auch der fischereilich nicht relevanten Arten, mit wissenschaftlichen Folgeuntersuchungen fortgesetzt werden. Diese Momentaufnahme erhebt nicht den Anspruch, ein vollständiges Bild über den Fischbestand im Sempachersee und dessen Änderung im Jahresverlauf wiederzugeben. Hierfür sind die erhobenen Ergebnisse zeitlich zu sehr eingeschränkt.

Der Sempachersee ist bezüglich Nährstoffgehaltes heute ein mesotropher See, der in einzelnen Jahren leicht eutroph sein kann. Im Verlauf des letzten Jahrhunderts ist er durch die Eutrophierung stark beeinträchtigt worden. Heute kann ein Teil der ökologischen Funktionen des Sees nur durch Zufuhr von Sauerstoff mittels einer Belüftungsanlage aufrechterhalten werden. Im Sommer pumpt diese Anlage Sauerstoff ins Tiefenwasser und im Winter unterstützt sie durch Zuführung von Druckluft die Zirkulation im See. Trotz dieser Massnahmen treten saisonal im Metalimnion und in der Tiefe nach wie vor Sauerstoffdefizite auf.

Im Vergleich zu anderen Seen ist der morphologische Zustand der Sempacherseeufer eher gut. Zwar sind

hier etwas mehr als ein Viertel der Ufer künstlich, dies ist jedoch mit Blick auf andere grosse Schweizer Seen immer noch wenig. Dennoch ist zu erwähnen, dass die Mündungen einiger kleiner Zuflüsse hart verbaut sind. Zudem wurde der Seespiegel im 19. Jahrhundert deutlich abgesenkt, was die Seefläche und die Ausdehnung des Litorals reduziert hat.

Darüber hinaus fehlt durch das Wehr am Suhreausfluss eine natürliche Dynamik des Seespiegels. Diese ist für den Erhalt von Uferhabitaten und die ökologische Funktion solcher Habitats, z.B. als Laichhabitate für Fische, wichtig. Bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung sollte deshalb darauf geachtet werden, dass biologische Hotspots im See, die sich u.a. an Zuflüssen und am Ausfluss befinden, prioritär revitalisiert werden. Eine natürliche Dynamik der Seespiegelschwankungen sollte zugelassen werden, damit sich weitere vielfältige Uferhabitats bilden können und erhalten bleiben.

Insgesamt ist der fischökologische Zustand des Sees als beeinträchtigt einzustufen. Die Fischartenzusammensetzung entspricht also nicht dem naturnahen Zustand⁵. So kommen fünf standortfremde Fischarten im Sempachersee vor. Die zwei früher im See heimischen endemischen Sempacher Felchen sind mit grösster Wahrscheinlichkeit ausgestorben. Dennoch bleibt festzuhalten, dass die räumliche Verteilung der Fische und die relativen Häufigkeiten der einzelnen Arten im See naturnäher sind, als dies aufgrund des Trophiegrades und der limnologischen Defizite zu erwarten wäre, gerade auch im Vergleich mit anderen, stark durch Nährstoffe belasteten Seen der Schweiz.

Der Sempachersee wird heute durch Berufs- und Angelfischer fischereilich genutzt. Die Tatsache, dass

⁵ Der naturnahe Zustand beschreibt den Zustand, der sich unter den heutigen landschaftlichen Bedingungen einstellen würde, wenn reversible anthropogene Einflüsse im Umfeld des Sees aufgegeben würden. Der naturnahe

Zustand schliesst jedoch grossräumige und irreversible anthropogene Einflüsse wie Waldrodungen, Siedlungen oder Trockenlegungen von Feuchtgebieten ein.

die Fänge in den letzten Jahren stabil geblieben sind, lässt auf eine nachhaltige Fischerei schliessen. Bei den Felchen weisen die Längenverteilungen allerdings auf einen eher hohen Befischungsdruck hin. Insgesamt lässt der heutige Fischbestand im See einen hohen fischereilichen Ertrag zu. Das bestätigen auch die standardisierten Fänge.

Schliesslich zeigen die Befischungen am Sempachersee, wie wichtig standardisierte und vergleichbare Bestandsaufnahmen der Fischfauna nach dem Vorbild des «Projet Lac» sind. Diese erlauben es, einen guten Einblick in die Bestände von befischten, wenig

befischten und nicht befischten Fischarten zu erhalten. Ausserdem zeigen sie, wie sich die Fische im Raum des Sees und über die Habitate hinweg verteilen und wo Defizite bezüglich der Qualität der Lebensräume, z.B. in der Tiefe eines Sees oder bei stark verbauten Ufern, auftreten. Die Wiederholung der Befischung am Sempachersee in zwei verschiedenen Wochen bestätigt zudem, dass die Ergebnisse verlässlich sind. Anhand solcher Bestandsaufnahmen wird es in Zukunft möglich sein, die Entwicklung der Fischfauna im Sempachersee wissenschaftlich weiter zu verfolgen.

7 Glossar

Benthal/benthisch: Das Benthal ist der Lebensbereich (Biotop) am, auf und im Boden eines Gewässers.

BPUE: Beim BPUE wird die Biomasse der gefangenen Fische mit dem Fangaufwand in Beziehung gesetzt.

CPUE: Englische Abkürzung für "Catch per unit effort". Im deutschen wird damit der Fang pro Aufwandseinheit verstanden.

Endemisch/Endemiten: Als Endemiten werden in der Biologie Pflanzen oder Tiere bezeichnet, die im Gegensatz zu den Kosmopoliten nur in einer bestimmten, räumlich abgegrenzten Umgebung vorkommen. Diese sind in diesem Gebiet endemisch

Epilimnion: Das Epilimnion (Epilimnial) nennt man in der physikalischen Limnologie die obere erwärmte und stark bewegte Wasserschicht in einem geschichteten stehenden Gewässer. Das Epilimnion ist durch die Sprungschicht, das Metalimnion, von der unteren Wasserschicht, dem Hypolimnion getrennt.

Eutroph/Eutrophierung: Als eutroph wird der gute Ernährungszustand von Organismen und der sie nähernden Umgebung bezeichnet. Der Begriff hat jedoch mehrere, leicht voneinander abweichende Bedeutungen. In der Limnologie bedeutet Eutrophierung die Anreicherung eines vorher gering versorgten Lebensraums mit Nährstoffen. Dadurch kommt es oft zu einem für den gesamten Lebensraum schädlichen Überangebot an Nährstoffen, der zu schwerwiegenden Nachteilen, wie zum Beispiel anoxischen Verhältnissen (Sauerstoffschwund) in Gewässern, führen kann.

Hypolimnion: Das Hypolimnion (Hypolimnial) ist die untere, nur durch interne Wellen und deren Ausgleichsströmungen bewegte und ca. 3,98 °C homogen kalte Wasserschicht in einem geschichteten stehenden Gewässer. Das Hypolimnion ist durch die Sprungschicht, das Metalimnion, von der oberen Wasserschicht, dem Epilimnion, getrennt.

Konfidenzintervall: Ein Konfidenzintervall (auch Vertrauensintervall, Vertrauensbereich und Erwartungsbereich genannt) ist ein Intervall aus der Statistik, das die Präzision der Lageschätzung eines Parameters (zum Beispiel eines Mittelwerts) angeben soll. Das Konfidenzintervall gibt den Bereich an, der bei unendlicher Wiederholung eines Zufallsexperiments mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit (dem Konfidenzniveau) die wahre Lage des Parameters einschliesst.

Korrelation: Eine Korrelation beschreibt eine Beziehung zwischen zwei oder mehreren Merkmalen, Ereignissen, Zuständen oder Funktionen. Die Beziehung muss keine kausale Beziehung sein: Manche Elemente eines Systems beeinflussen sich gegenseitig nicht, oder es besteht eine stochastische, also vom Zufall beeinflusste Beziehung zwischen ihnen.

Korrelationskoeffizient: Der Korrelationskoeffizient ist ein dimensionsloses Mass für den Grad des Zusammenhangs zwischen zwei mindestens intervallskalierten Merkmalen. Er kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Bei einem Wert von +1 bzw. -1 besteht ein vollständig positiver (bzw. negativer) Zusammenhang zwischen den betrachteten Merkmalen. Wenn der Korrelationskoeffizient den Wert 0 aufweist, hängen die beiden Merkmale überhaupt nicht voneinander ab.

Mesotroph: Mesotroph werden Gewässer genannt, die sich in einem Übergangsstadium von der Oligotrophie zur Eutrophie befinden. Der Nährstoffgehalt ist höher und Licht kann noch in tiefere Wasserschichten eindringen. Mit zunehmender Dichte des Phytoplanktons ändert sich die Eindringtiefe des Lichtes.

Metalimnion: Das Metalimnion (Metalimnial), auch Sprungschicht genannt, ist die Übergangswasserschicht in einem geschichteten stehenden Gewässer. Das Metalimnion bildet den Übergang zwischen der oberen Wasserschicht, dem Epilimnion und der unteren, dem Hypolimnion.

NPUE: Beim NPUE wird die Anzahl der gefangenen Fische mit dem Fangaufwand in Beziehung gesetzt.

Litoral: Litoral ist eine biologische Bezeichnung für die Uferregion eines Sees. Der zur randlichen, durchlichteten Bodenzone (Benthal) eines Sees gehörende Bereich oberhalb der trophischen Kompensationsebene ist biologisch hochproduktiv und beinhaltet eine artenreiche Fauna und Flora mit hoher Individuendichte.

Oligotroph: Oligotroph („nährstoffarm“) sind Gewässer mit wenig Nährstoffen und daher geringer organischer Produktion. Die geringe Phosphatzufuhr begrenzt das Pflanzen- und Algenwachstum. Das Plankton ist zwar artenreich, aber individuenarm. Das Gewässer ernährt nur eine geringe Masse an Fischen. Oligotrophe Gewässer haben oft grobkörnige Uferstrukturen mit geringem Pflanzenbewuchs. Ihr Wasser ist sehr klar. Es erscheint blau bis dunkelgrün. Die Sichttiefe ist in der Regel grösser als 6 m, mindestens aber 3 m.

Pelagial: Das Pelagial ist bei Seen der uferferne Freiwasserbereich oberhalb der Bodenzone (Benthal). Bei Seen reicht es von der Seemitte zum Ufer hin, bis zu den ersten wurzelnden Wasserpflanzen.

Permutationen: Unter einer Permutation versteht man in der Kombinatorik eine Anordnung von Objekten in einer bestimmten Reihenfolge. Je nachdem, ob manche Objekte mehrfach auftreten dürfen oder nicht, spricht man von einer Permutation mit Wiederholung oder einer Permutation ohne Wiederholung.

Primärproduktion: Der Begriff Primärproduktion bezeichnet in der Ökologie die Produktion von Biomasse durch die Produzenten, also Pflanzen, Algen, Cyanobakterien und andere autotrophe Bakterien, mithilfe von Licht oder chemischer Energie aus anorganischen Substanzen.

Profundal: Als Profundal wird in der Ökologie der Lebensraum der Tiefenzone von stehenden Gewässern bezeichnet.

Signifikanz: Statistisch signifikant wird das Ergebnis eines statistischen Tests genannt, wenn Stichprobendaten so stark von einer vorher festgelegten Annahme (der Nullhypothese) abweichen, dass diese Annahme nach einer vorher festgelegten Regel verworfen werden muss.

Stochastisch: Als stochastisch werden Ereignisse oder Ergebnisse bezeichnet, die bei Wiederholung desselben Vorgangs nicht immer, bisweilen sogar nur manchmal eintreten, und deren Eintreten für den Einzelfall nicht vorhersagbar ist.

Trophiegrad: Der Trophiegrad charakterisiert die Nährstoffbedingungen für Pflanzen in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen. Er umfasst die Zustandsstufen oligotroph (nährstoffarm), mesotroph (Standorte mit mittlerer Nährstoffversorgung), eutroph (nährstoffreich) und hypertroph (übermässig nährstoffreich).

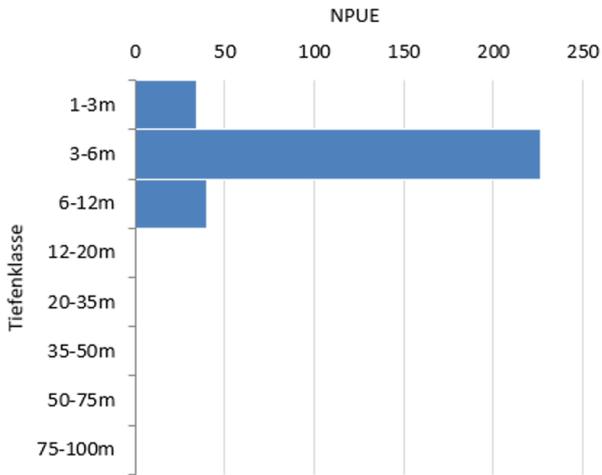
8 Literaturverzeichnis

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. BAFU. *Sempachersee, Zustand bezüglich Wasserqualität*. Faktenblatt. Bern: Bundesamt für Umwelt.
6. Hörsch, W. 2011. Historisches Lexikon der Schweiz - Sempachersee.
7. Degiorgi, F. 1994. Etude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. Besançon: Université de Franche-Comté.
8. 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.
9. Schwimmclub Oberursel e.V. Der Aufbau heimischer Seen.
10. DIN EN 14757. 2015. *Wasserbeschaffenheit - Probenahme von Fischen mittels Multi-Maschen-Kiemen-netzen; Deutsche Fassung EN 14757:2015*. DIN - Normausschuss Wasserwesen (NAW).
11. 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.
12. 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.
13. Zaugg, B., P. Stucki, J. C. Pedroli, and A. Kirchhofer. 2003. *Fauna Helvetica - Pisces Atlas*. Neuchâtel: CSCF/SZKF.
14. Heuscher, J. *Der Sempachersee und seine Fischereiverhältnisse*. Zürich: E. Zwingli in Pfäffikon.
15. Steinmann, P. 1950. Monographie der schweizer Koregonen. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 12+13.
16. Hartmann, G. L. 1827. *Helvetische Ichtyologie, oder ausführliche Naturgeschichte der in der Schweiz sich vorfindenden Fische...* Zürich: Orell, Füssli und Compagnie.
17. Zaugg, B. 2018. *Fauna Helvetica - Pisces - Atlas*. CSCF.
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. Fatio, V. 1890. Histoire naturelle des poissons. In *Faune des vertébrés de la Suisse*, ed. H. Georg. Genève et Bale.
20. Périat, G., and P. Vonlanthen. 2012. *Etude du peuplement pisciaire du Lac de Morat*. Kastanienbaum: EAWAG.
21. Fujimori, Y., and T. Tokai. 2001. Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. *Fisheries Science* 67: 644–654.
22. 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.
23. Ventling-Schwank, A.R. 1992. Reproduktion und larvale Entwicklungsphase der Felchen (*Coregonus* sp.) im eutrophen Sempachersee. PhD, Zürich: Universität Zürich.
24. Müller, R. 2016. *Wachstumsuntersuchungen an den Felchen des Sempachersees - Bericht über die in den Jahren 2014 und 2015 durchgeführten Untersuchungen*. Horw: LIMNOS Fischuntersuchungen.

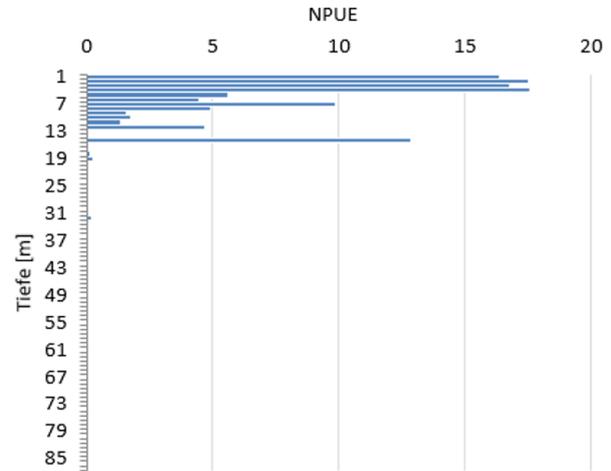
9 Anhang

9.1 Tiefenverteilung der Fänge

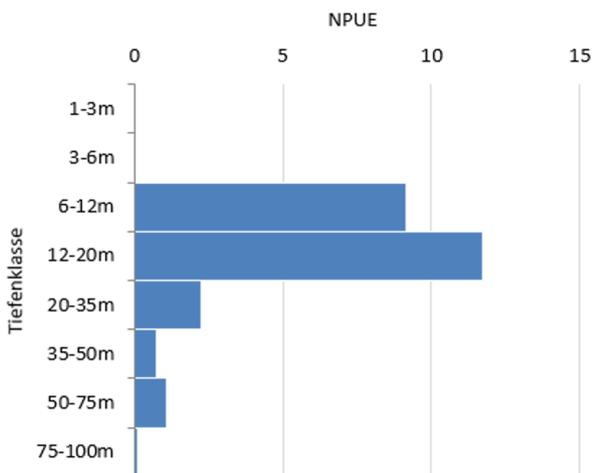
Bodennetze / Flussbarsch



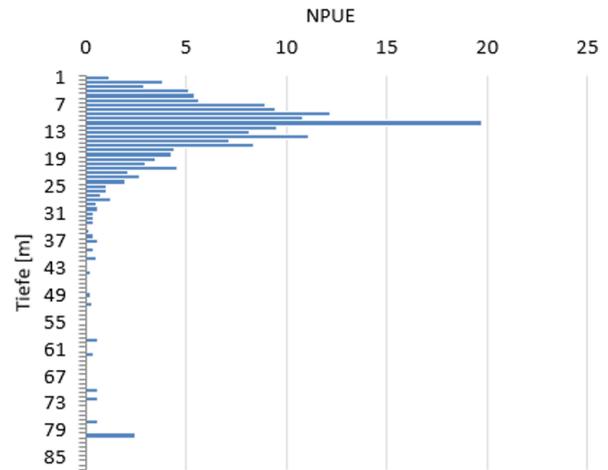
Vertikalnetze / Flussbarsch



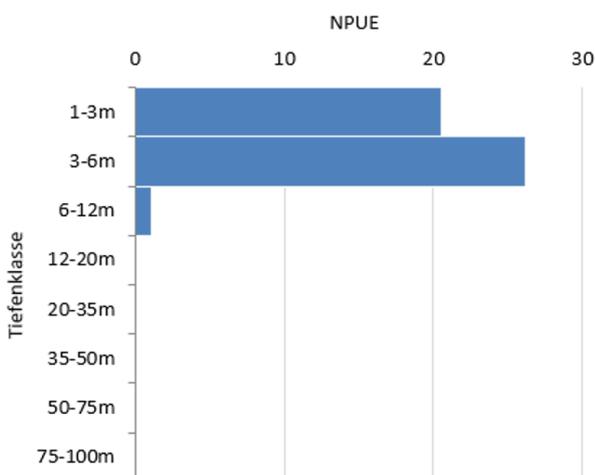
Bodennetze / Felchen, Art unbest.



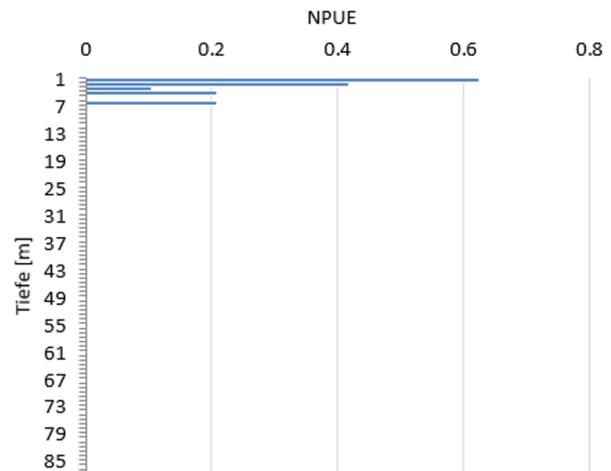
Vertikalnetze / Felchen, Art unbest.



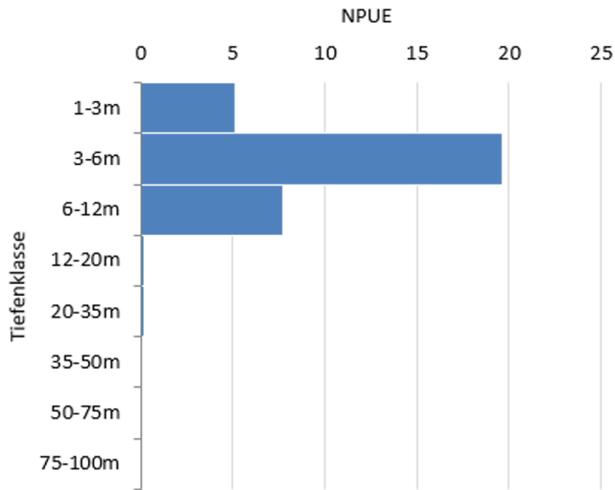
Bodennetze / Rotauge



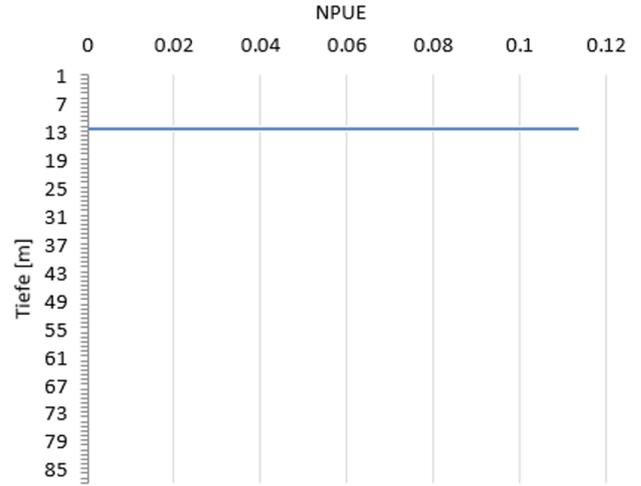
Vertikalnetze / Rotauge



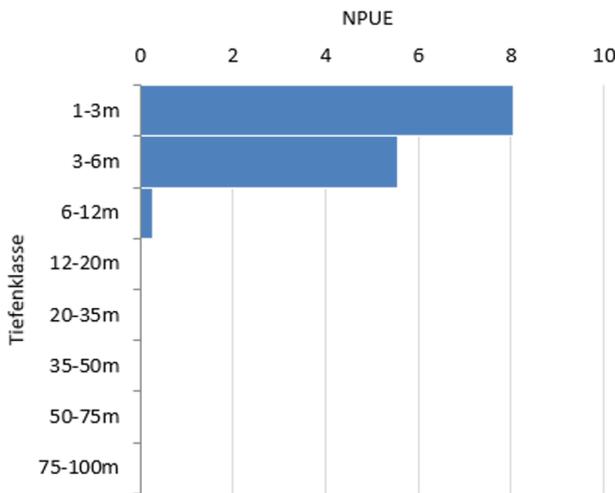
Bodennetze / Kaulbarsch



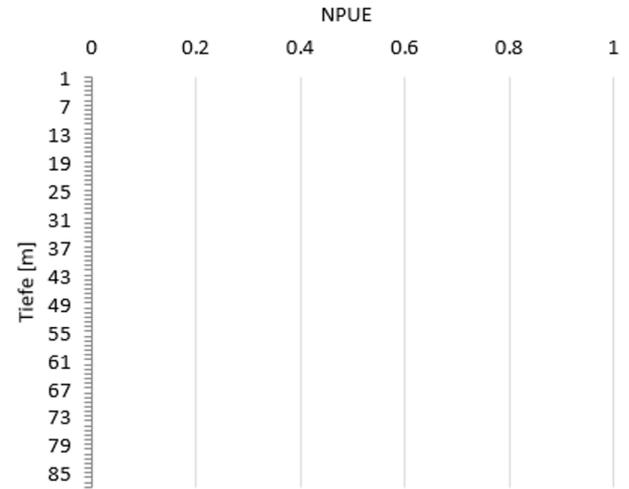
Vertikalnetze / Kaulbarsch



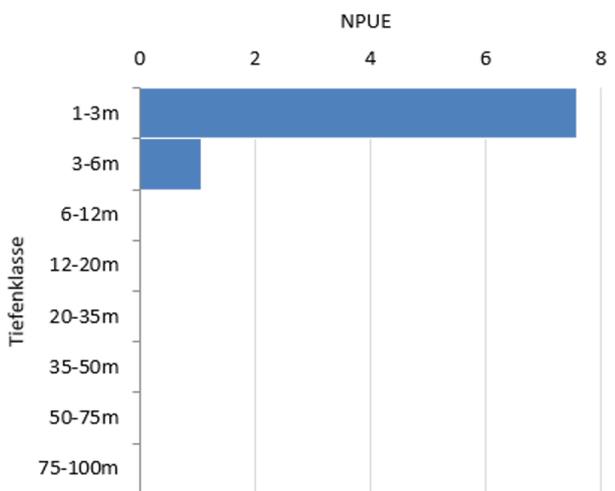
Bodennetze / Sonnenbarsch



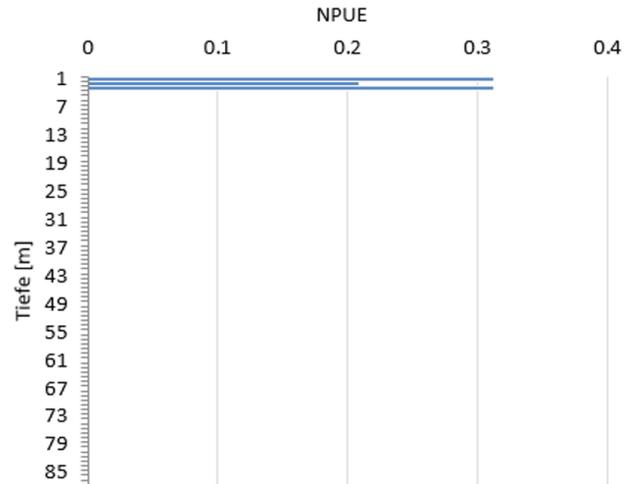
Vertikalnetze / Sonnenbarsch



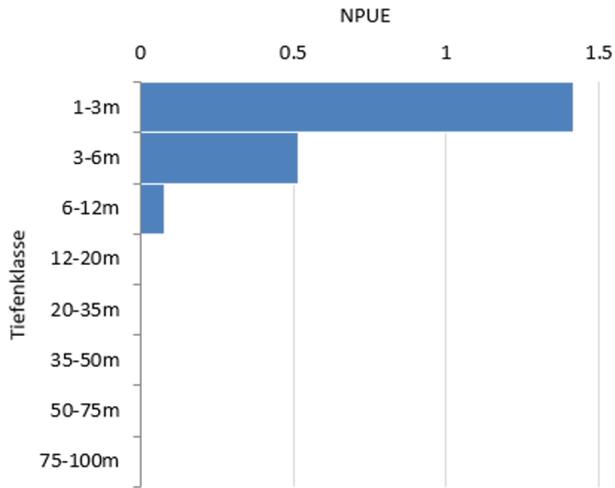
Bodennetze / Rotfeder



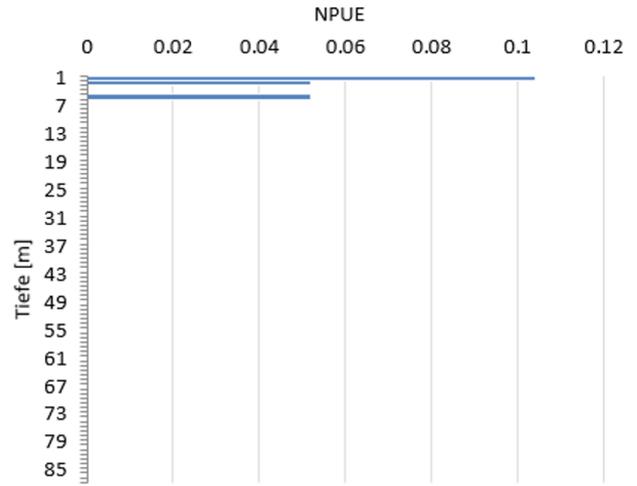
Vertikalnetze / Rotfeder



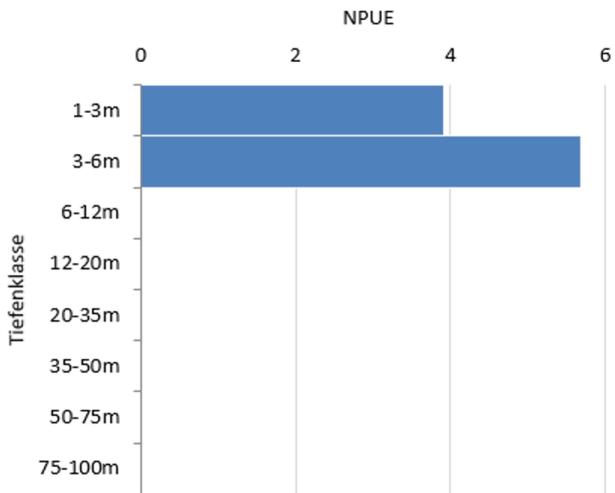
Bodennetze / Alet



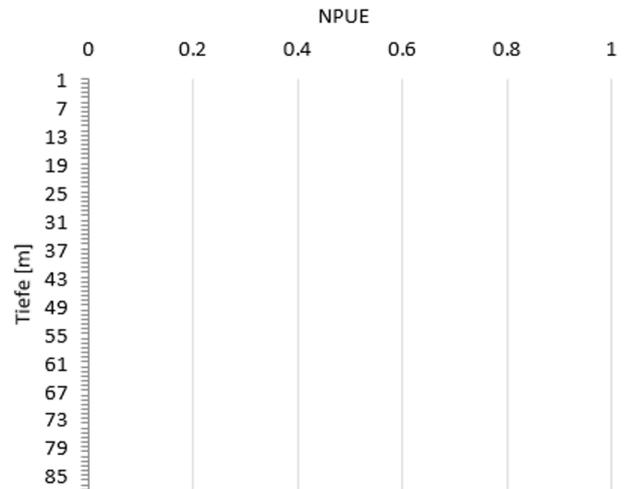
Vertikalnetze / Alet



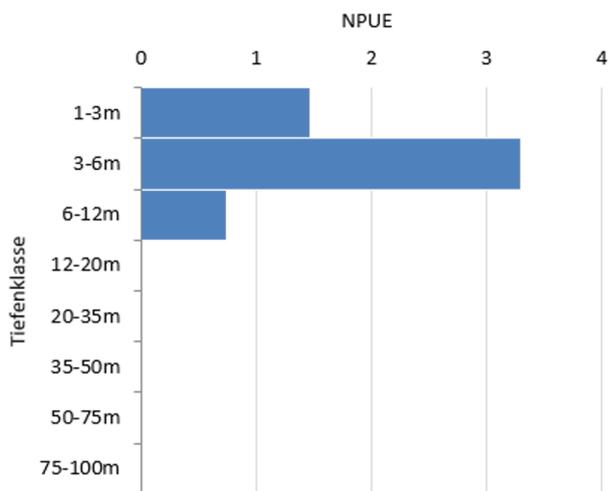
Bodennetze / Gründling



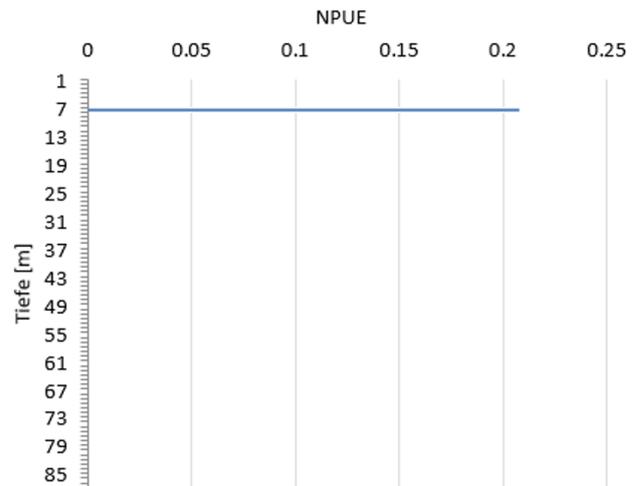
Vertikalnetze / Gründling



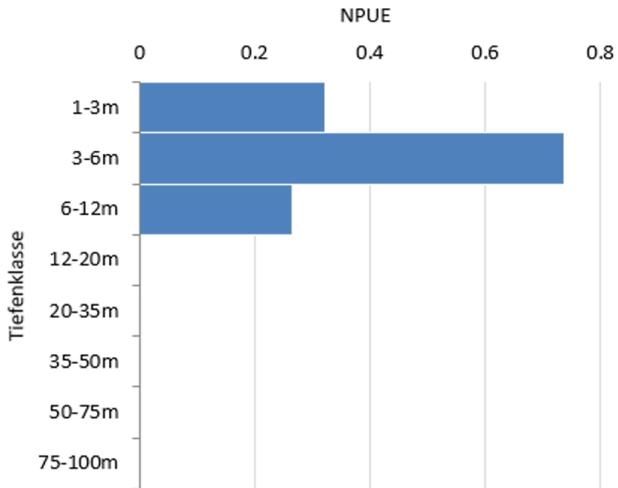
Bodennetze / Brachse



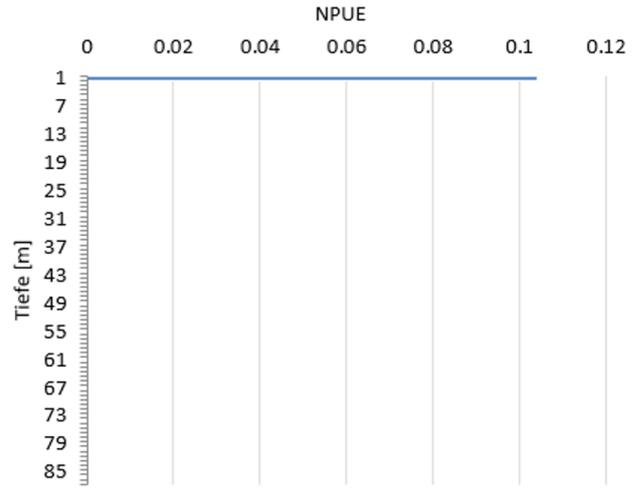
Vertikalnetze / Brachse



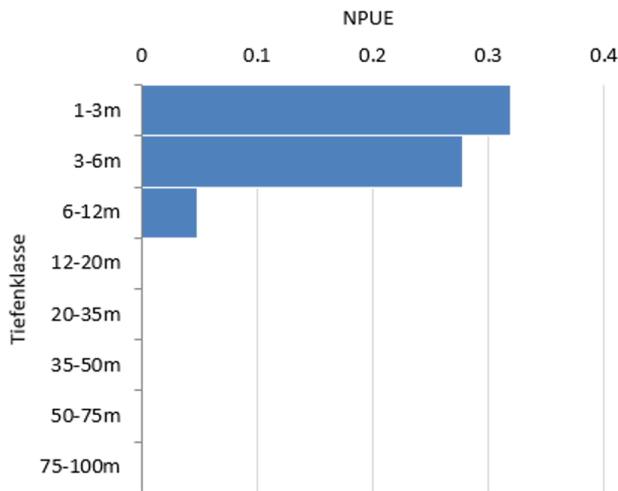
Bodennetze / Blicke



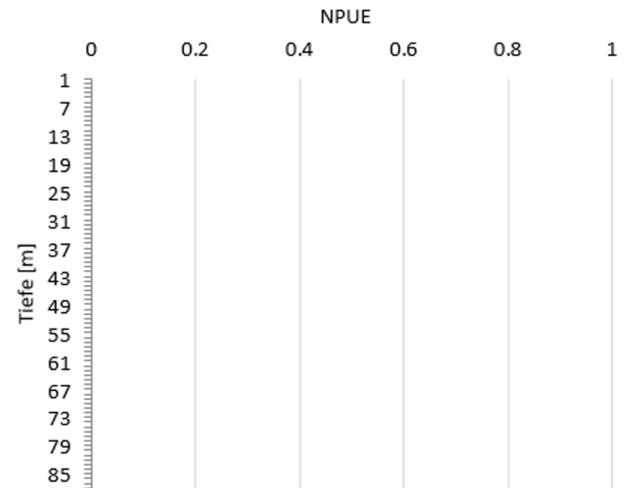
Vertikalnetze / Blicke



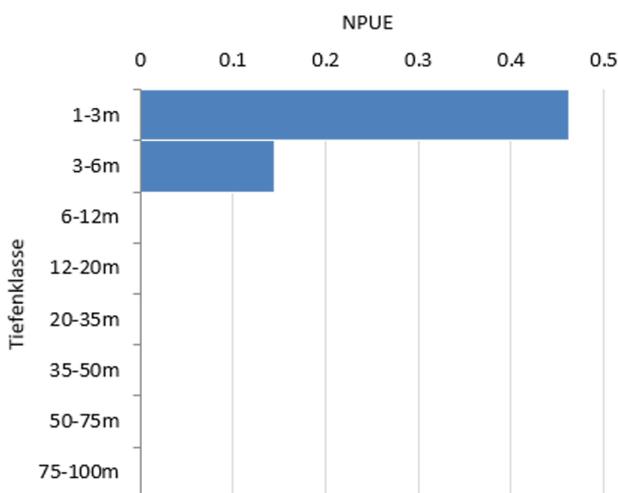
Bodennetze / Wels



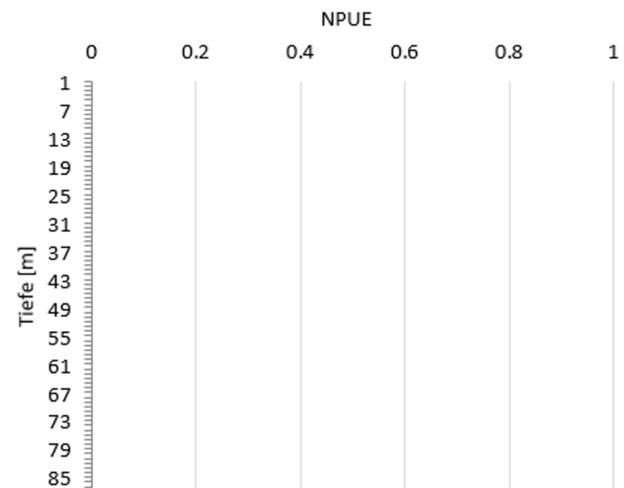
Vertikalnetze / Wels



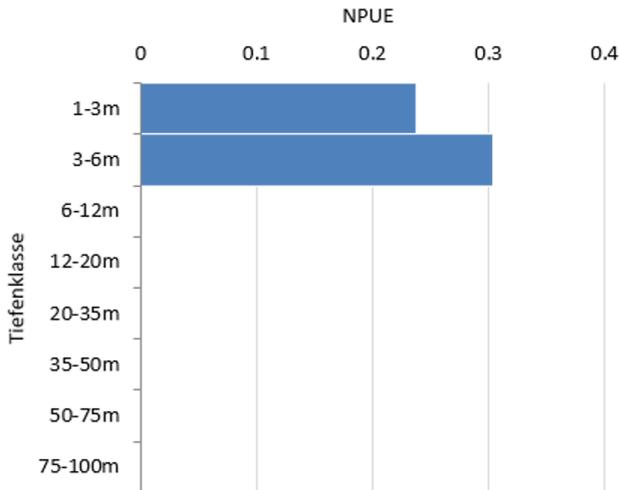
Bodennetze / Schleie



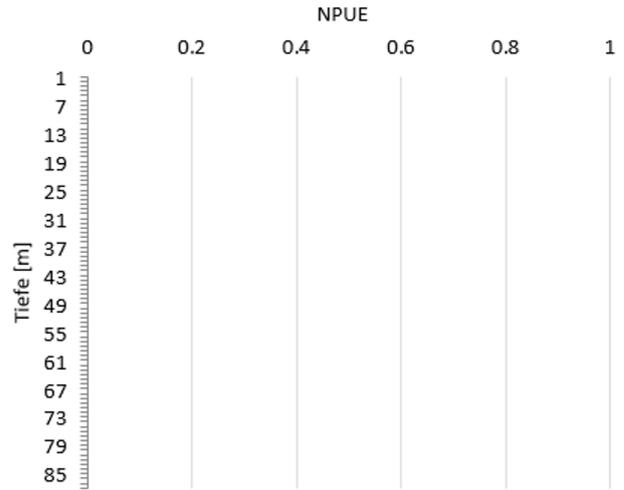
Vertikalnetze / Schleie



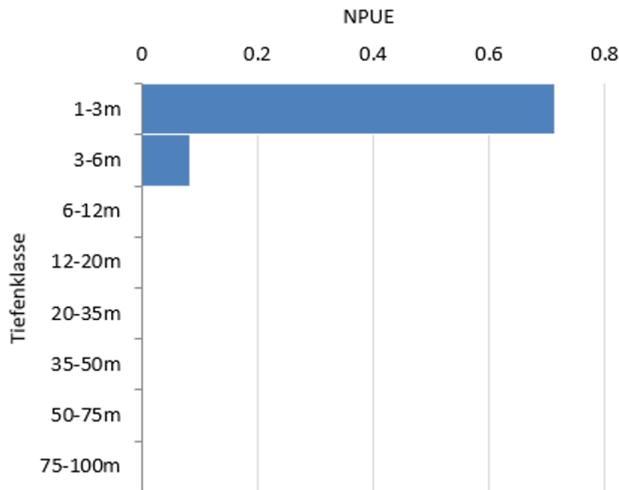
Bodennetze / Barbe



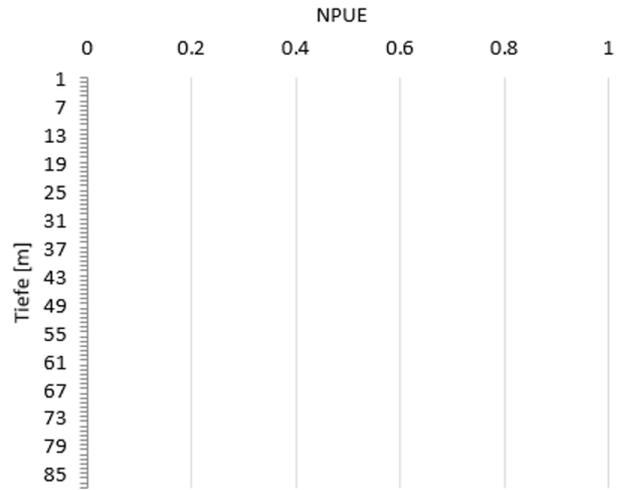
Vertikalnetze / Barbe



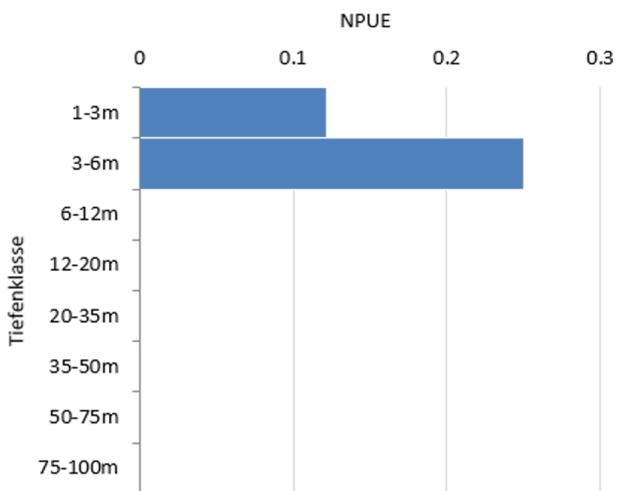
Bodennetze / Hasel



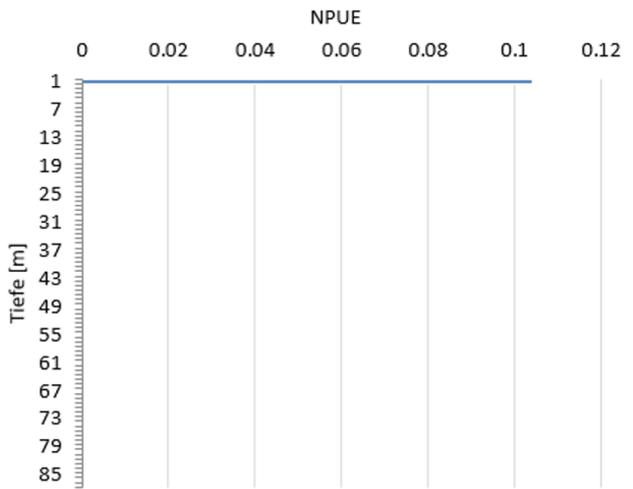
Vertikalnetze / Hasel



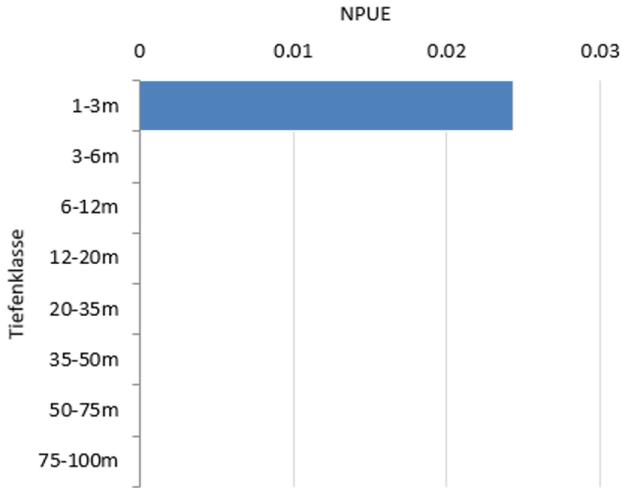
Bodennetze / Laube



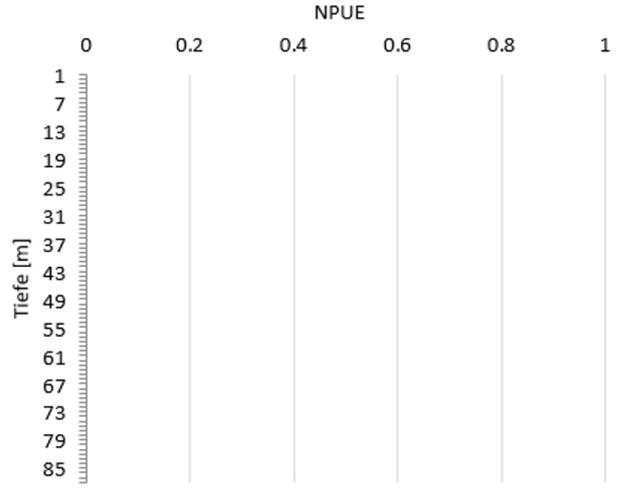
Vertikalnetze / Laube



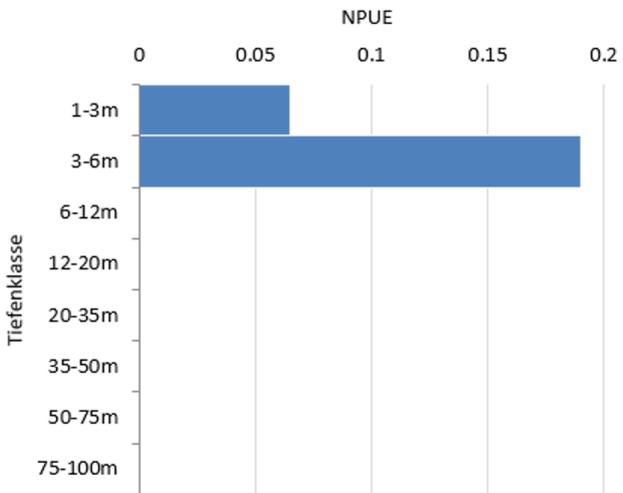
Bodennetze / Forelle



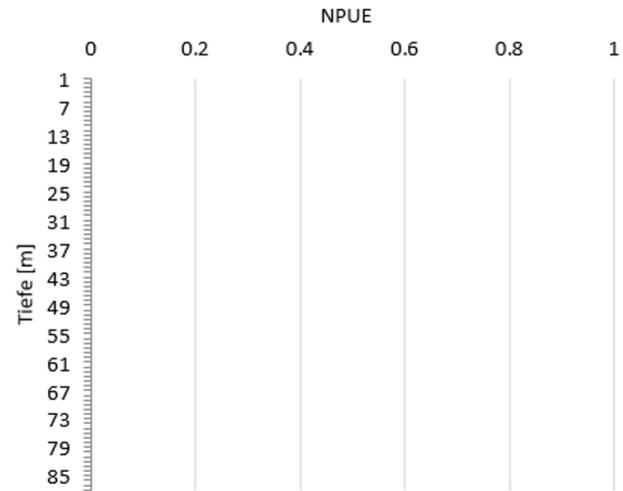
Vertikalnetze / Forelle



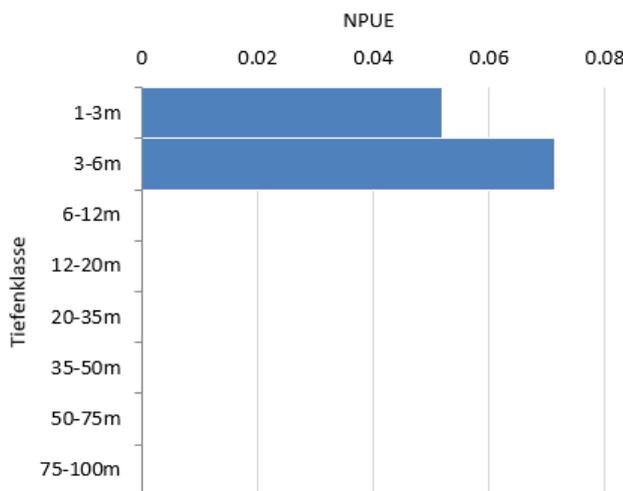
Bodennetze / Zander



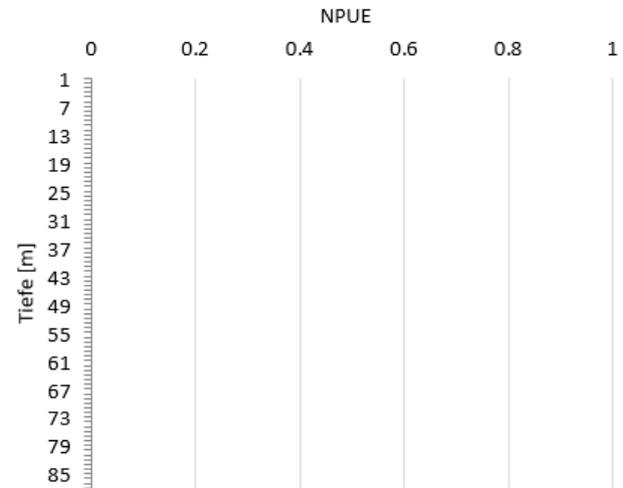
Vertikalnetze / Zander



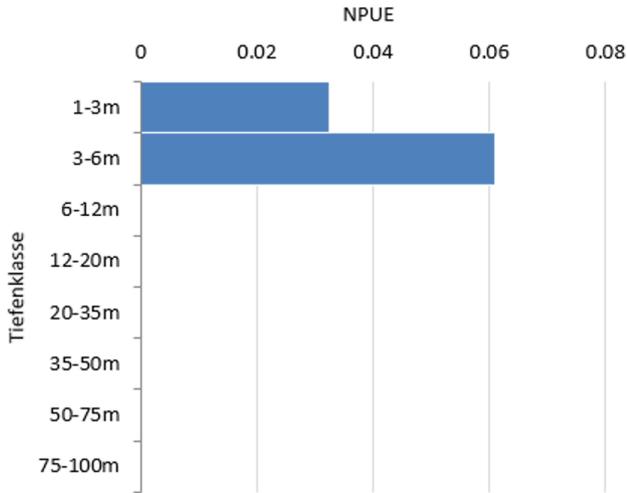
Bodennetze / Karpfen



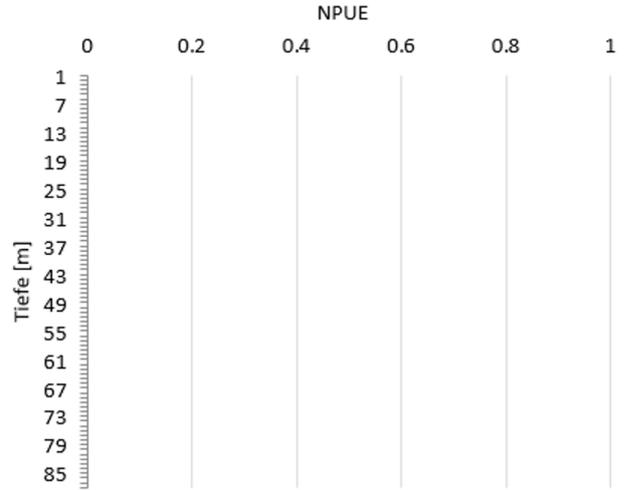
Vertikalnetze / Karpfen



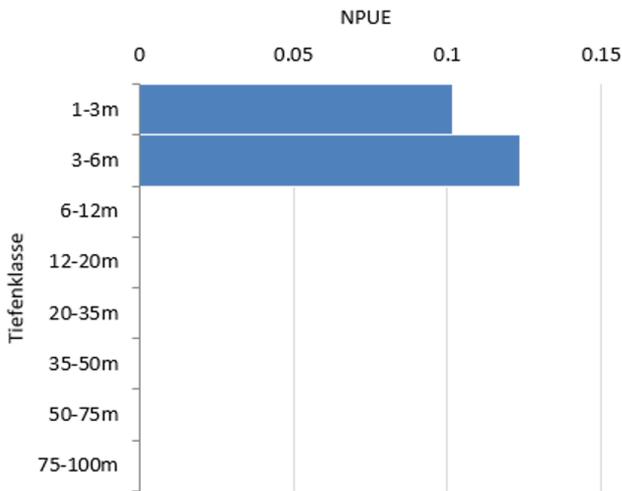
Bodennetze / Hecht



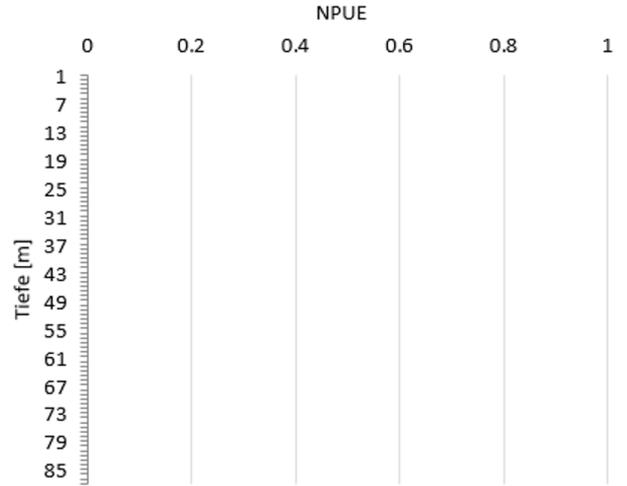
Vertikalnetze / Hecht



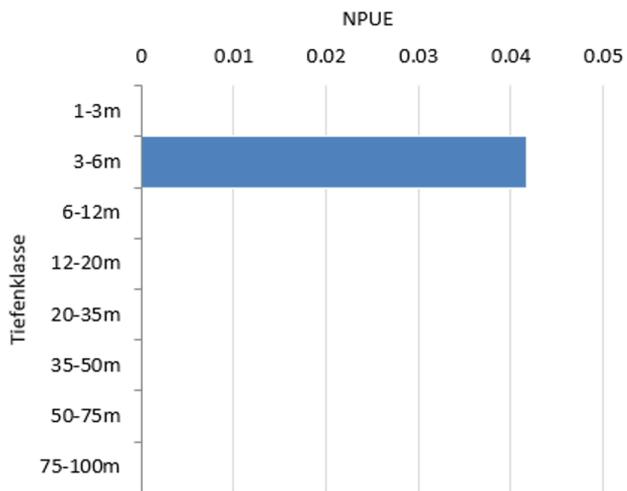
Bodennetze / Kamberkreb



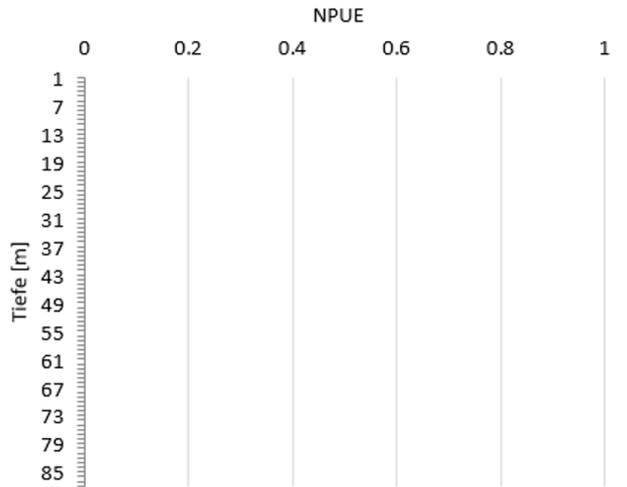
Vertikalnetze / Kamberkreb



Bodennetze / Blaubandbärbling

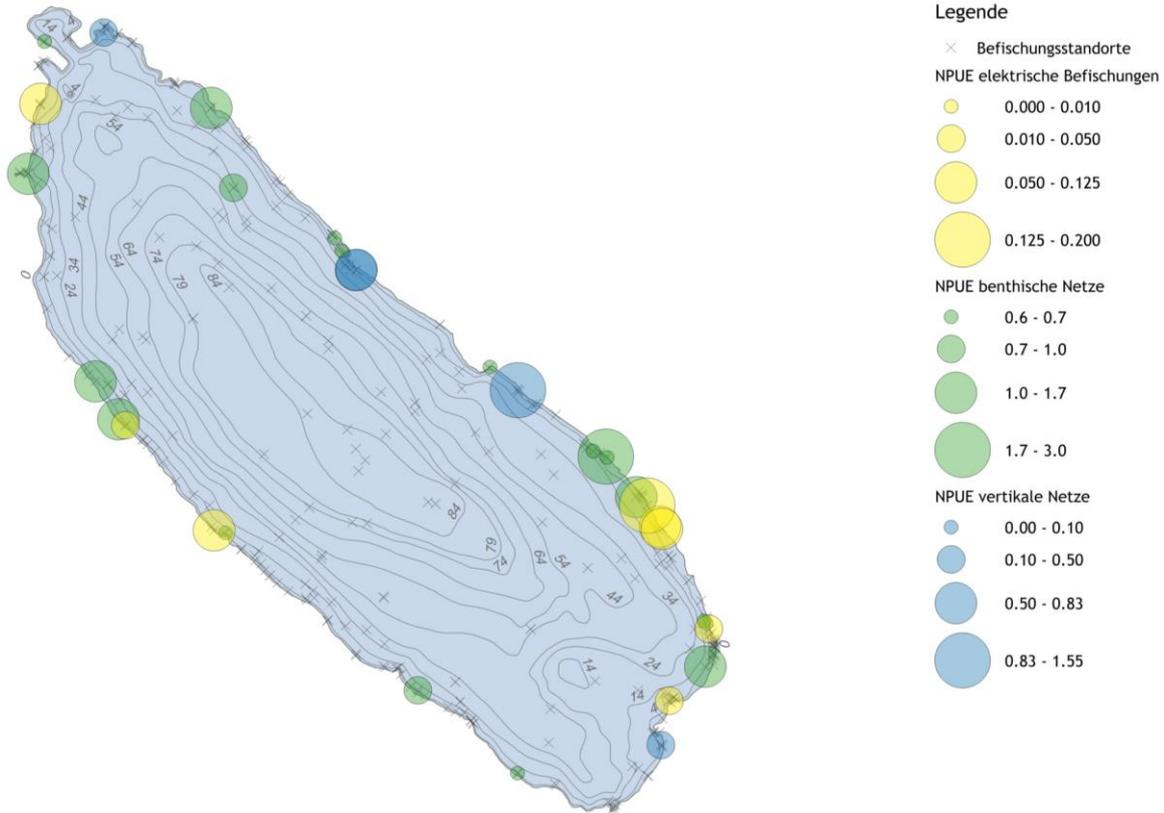


Vertikalnetze / Blaubandbärbling

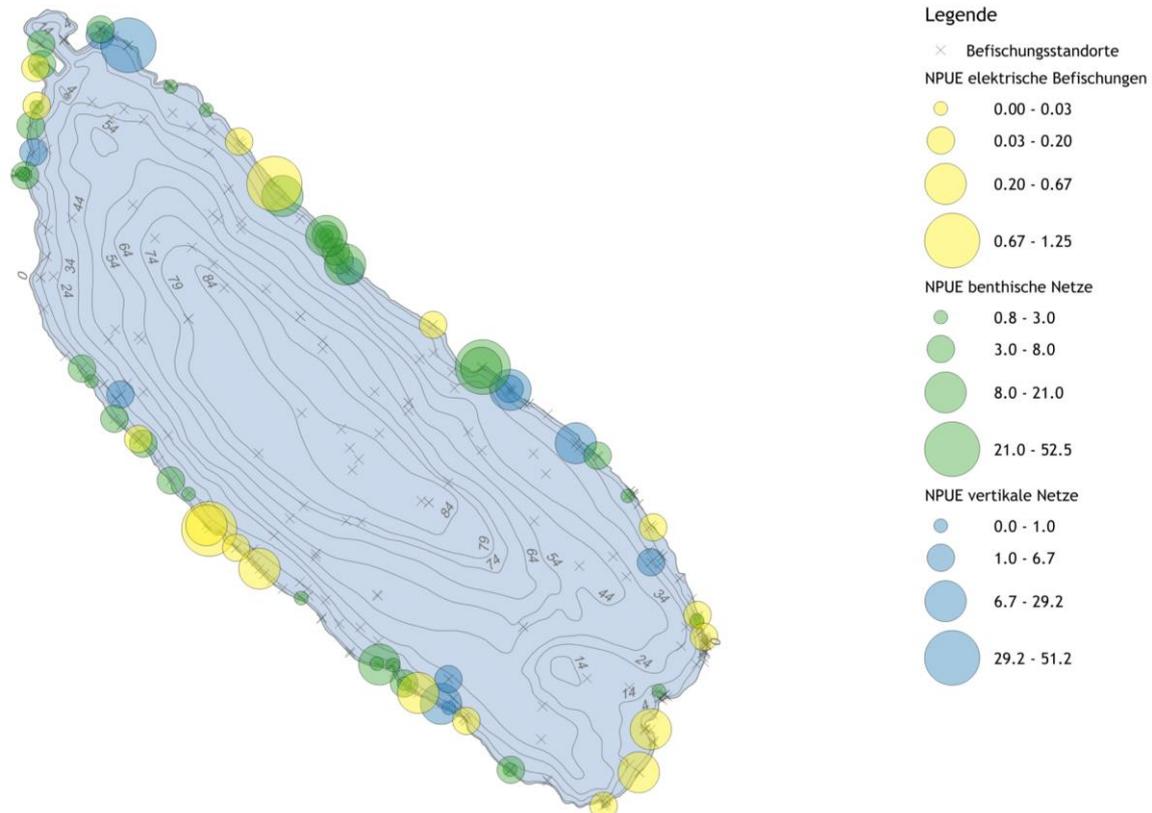


9.2 Geografische Verteilung

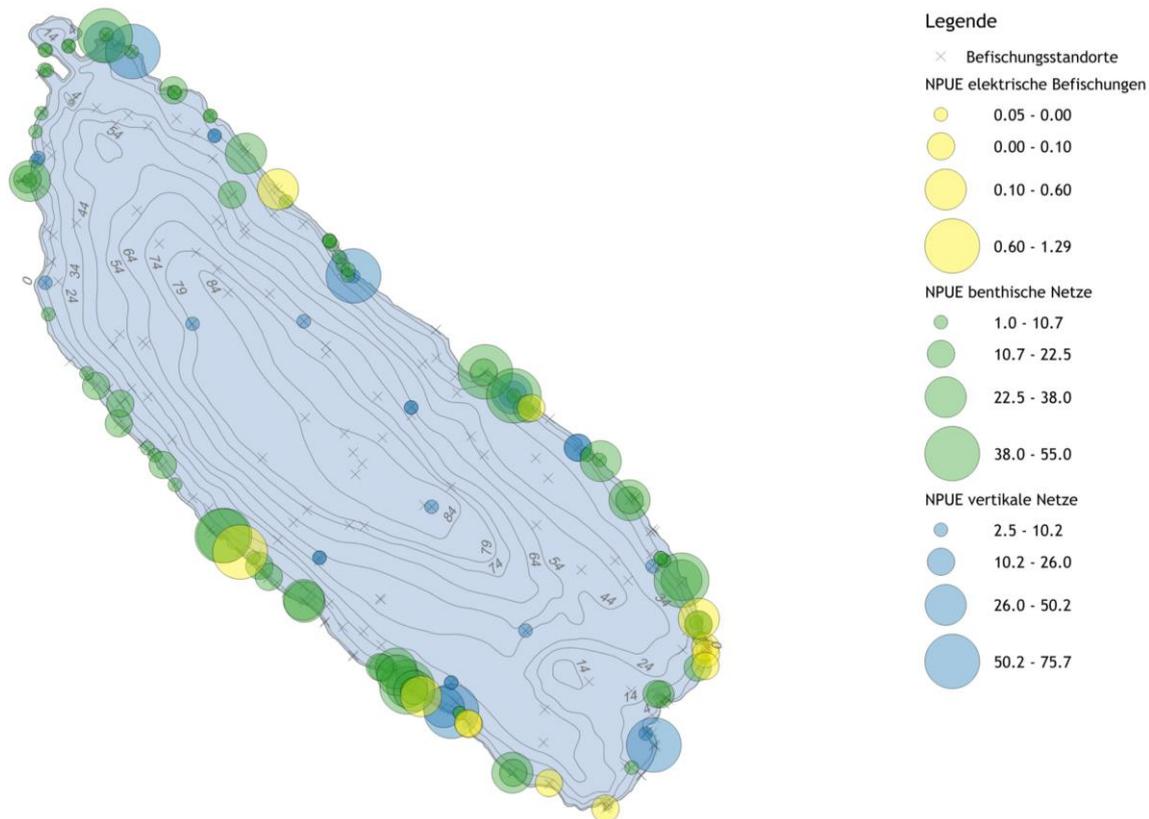
Wels (Silurus glanis)



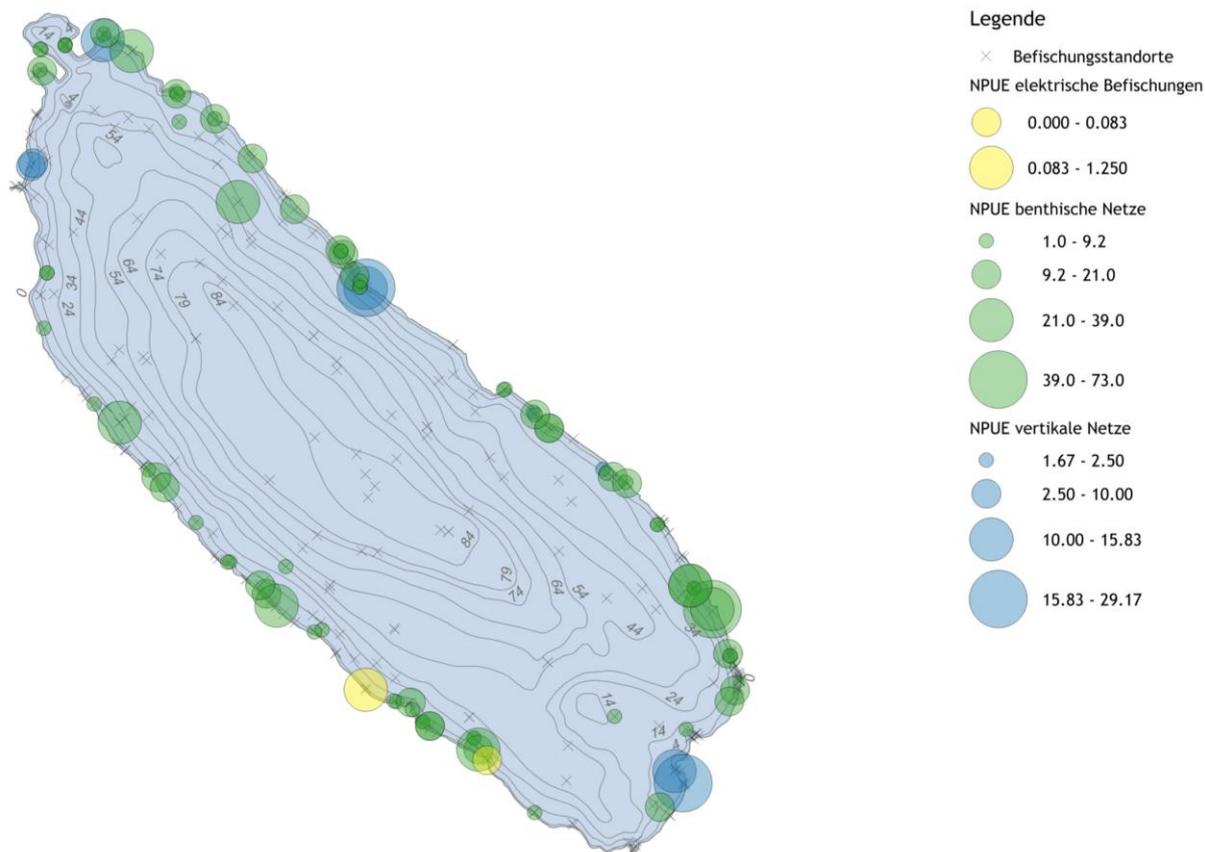
Rotfeder (Scardinius sp.)



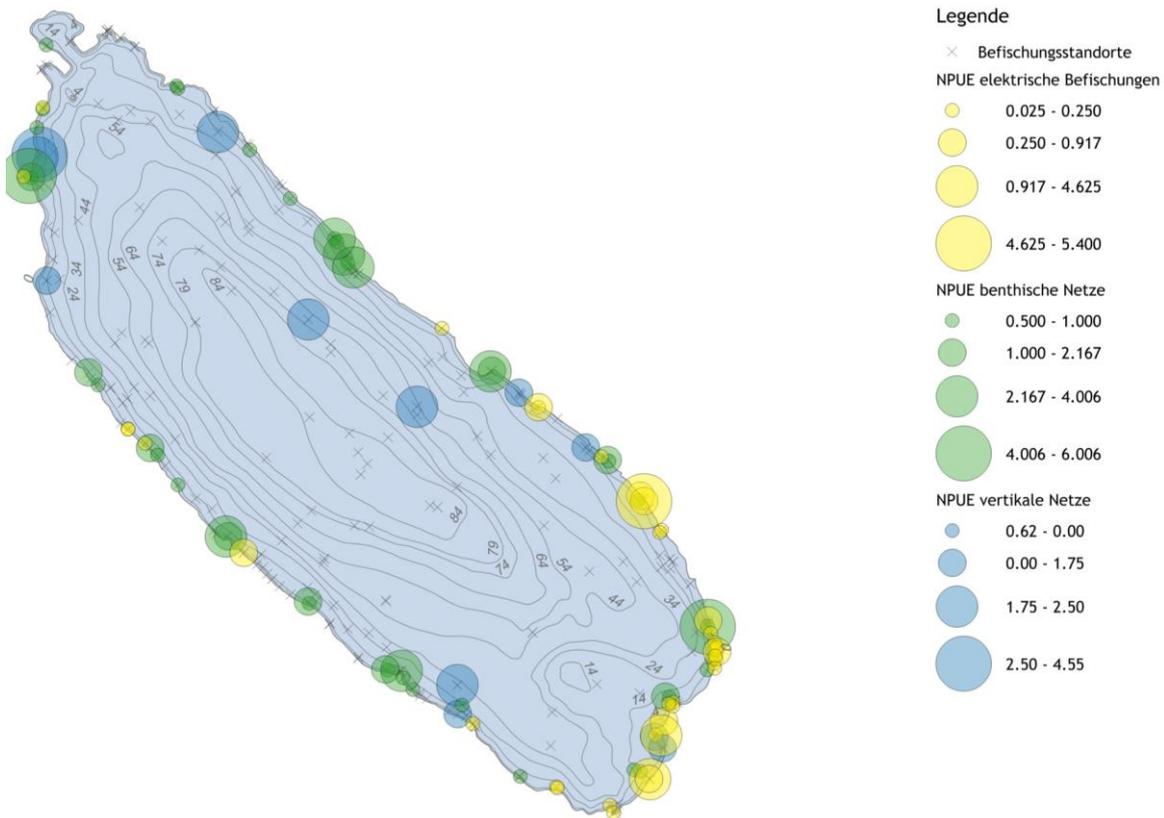
Rotauge (*Rutilus rutilus*)



Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernua*)



Alet (*Squalius cephalus*)



Zander (*Sander lucioperca*)



9.3 Anzahl und Biomasse der beiden Fangwochen im Vergleich

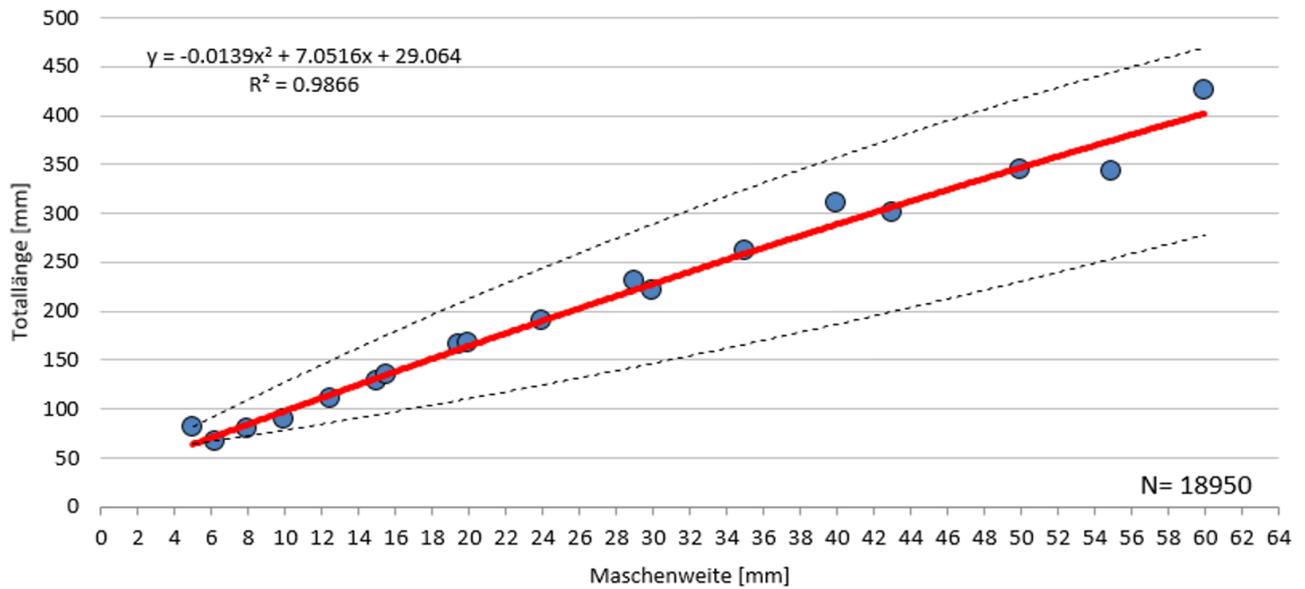
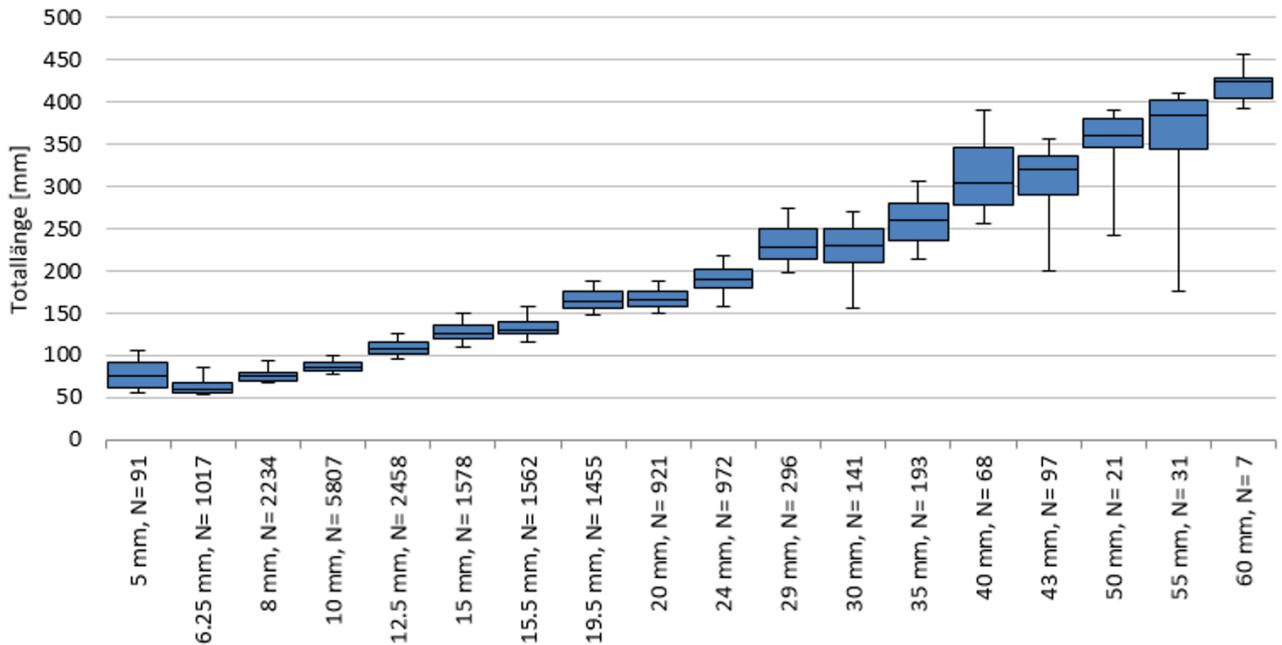
Fischart		Anzahl Individuen											
Deutsch	Lateinisch	Benth.			Elektr.			Vert.			Total		
		W1	W2	+/-	W1	W2	+/-	W1	W2	+/-	W1	W2	+/-
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	2659	2743	3%	132	155	17%	1408	601	-57%	4199	3499	-17%
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	197	249	26%	-	-		802	655	-18%	999	904	-10%
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	406	393	-3%	20	14	-30%	112	164	46%	538	571	6%
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	223	408	83%	5	1	-80%	25	36	44%	253	445	76%
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	161	206	28%	65	67	3%	5	25	400%	231	298	29%
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	101	77	-24%	27	32	19%	25	50	100%	153	159	4%
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	42	45	7%	94	90	-4%	11	14	27%	147	149	1%
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	58	98	69%	34	71	109%	10	8	-20%	102	177	74%
Brachse	<i>Abramis brama</i>	45	48	7%	-	-		6	34	467%	51	82	61%
Wels	<i>Silurus glanis</i>	21	5	-76%	7	2	-71%	4	2	-50%	32	9	-72%
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	13	13	0%	2	2	0%	2	3	50%	17	18	6%
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	4	13	225%	-	-		11	1	-91%	15	14	-7%
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	10	5	-50%	4	6	50%	-	1		14	12	-14%
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	9	17	89%	-	-		2	6	200%	11	23	109%
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	-	4		1	-		4	7	75%	5	11	120%
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	5	1	-80%	-	-		-	1		5	2	-60%
Blaubandbärbling	<i>Pseudorasbora parva</i>	-	-		4	-		1	-		5	-	
Forelle	<i>Salmo sp.</i>	-	1		4	9	125%	-	-		4	10	150%
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2	3	50%	1	1	0%	-	-		3	4	33%
Kamberschnecke	<i>Orconectes limosus</i>	2	3	50%	-	-		1	-		3	3	0%
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	3	5	67%	-	-		-	-		3	5	67%
Total		3961	4337	9%	400	450	13%	2429	1608	-34%	6790	6395	-6%

Fischart		Biomasse [kg]											
Deutsch	Lateinisch	Benth.			Elektr.			Vert.			Total		
		W1	W2	+/-	W1	W2	+/-	W1	W2	+/-	W1	W2	+/-
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	75.31	71.93	-4%	0.55	1.03	86%	25.96	14.11	-46%	101.83	87.07	-14%
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	10.89	10.55	-3%	-	-		29.83	27.15	-9%	40.71	37.70	-7%
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	10.70	13.63	27%	0.04	0.27	635%	3.67	5.48	49%	14.40	19.37	34%
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	1.95	3.45	77%	0.04	0.00	-89%	0.13	0.40	215%	2.11	3.85	82%
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	4.74	7.18	52%	0.66	0.89	35%	0.09	0.88	902%	5.49	8.96	63%
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	7.27	6.21	-15%	0.23	0.34	48%	1.60	1.27	-20%	9.10	7.82	-14%
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	29.63	28.43	-4%	3.89	5.36	38%	8.40	15.06	79%	41.92	48.85	17%
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	0.59	1.11	87%	0.31	0.54	76%	0.15	0.08	-45%	1.05	1.73	65%
Brachse	<i>Abramis brama</i>	2.35	1.76	-25%	-	-		0.05	0.61	1010%	2.41	2.37	-2%
Wels	<i>Silurus glanis</i>	10.12	2.91	-71%	2.44	2.06	-15%	1.79	1.21	-32%	14.35	6.18	-57%
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	12.61	12.74	1%	1.64	1.12	-32%	2.78	3.72	34%	17.03	17.58	3%
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	4.87	12.24	152%	-	-		13.37	1.23	-91%	18.24	13.47	-26%
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	0.38	0.09	-78%	0.02	0.06	134%	-	0.02		0.41	0.16	-61%
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	0.75	0.23	-69%	-	-		0.01	0.10	538%	0.76	0.33	-57%
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	-	0.11		0.00	-		0.02	0.13	590%	0.02	0.24	1027%
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	25.20	2.68	-89%	-	-		-	2.55		25.20	5.23	-79%
Blaubandbärbling	<i>Pseudorasbora parva</i>	-			0.03		-100%	0.01		-100%	0.04		-100%
Forelle	<i>Salmo sp.</i>	-	0.22		0.02	0.07	225%	-	-		0.02	0.29	1254%
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2.25	3.90	74%	0.18	0.22	25%	-	-		2.43	4.13	70%
Kamberschnecke	<i>Orconectes limosus</i>	0.38	0.03	-92%	-	-		0.03	-		0.41	0.03	-92%
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	0.33	0.60	82%	-	-		-	-		0.33	0.60	82%
Total		200.33	179.99	-10%	10.05	11.96	19%	87.88	73.99	-16%	298.26	265.95	-11%

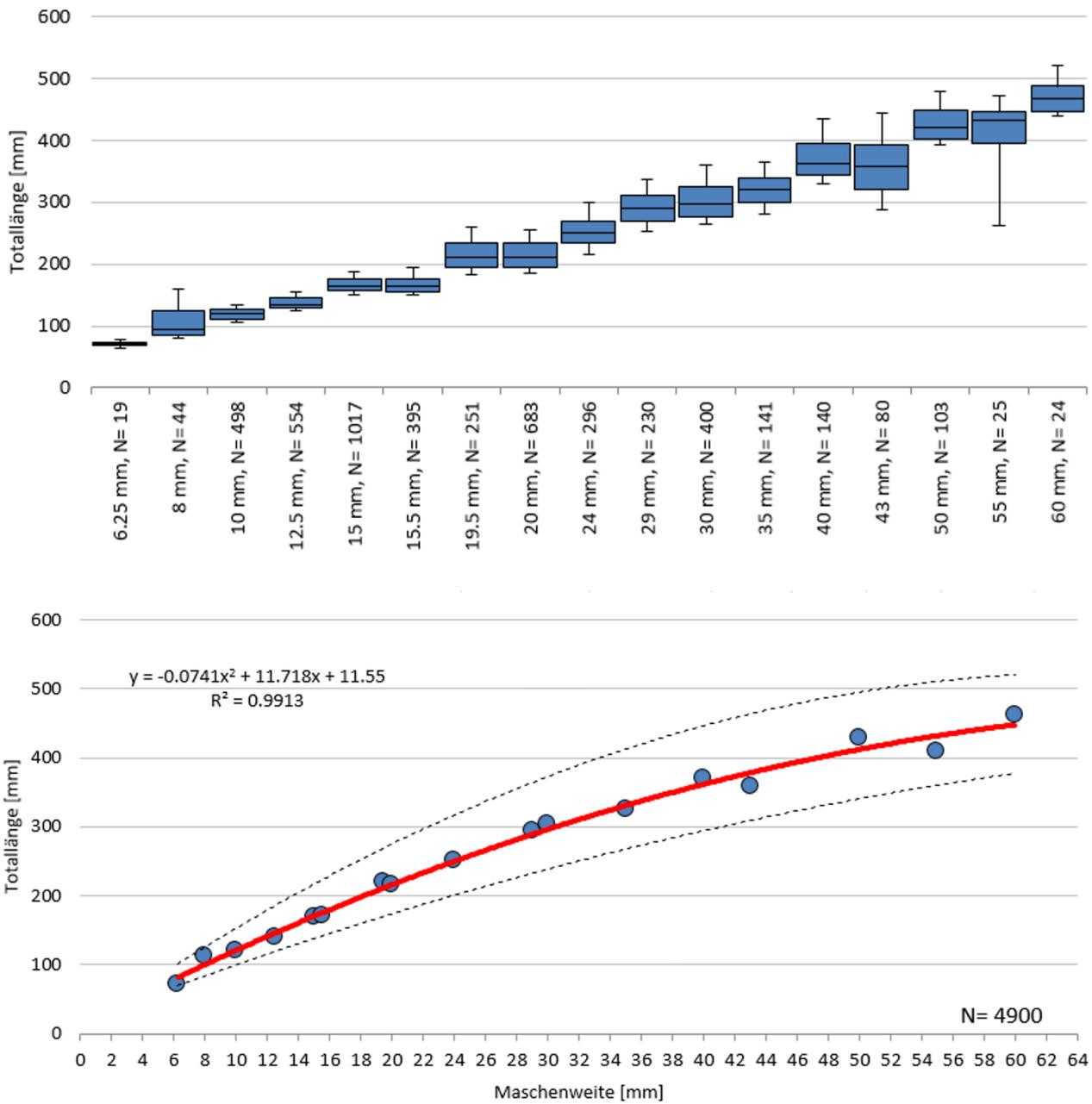
9.4 Längenselektivität von Maschenweiten

Hier handelt es sich um die Resultate der Fänge aus allen im Rahmen des «Projet Lacs» sowie der anschließenden standardisierten Befischungen untersuchten Seen.

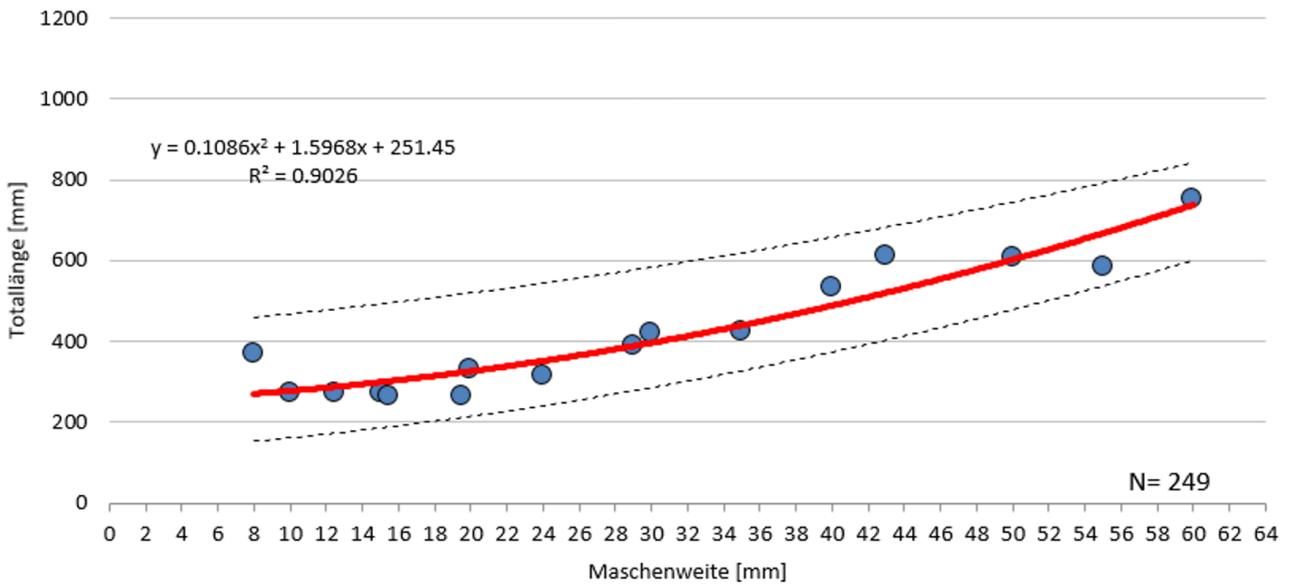
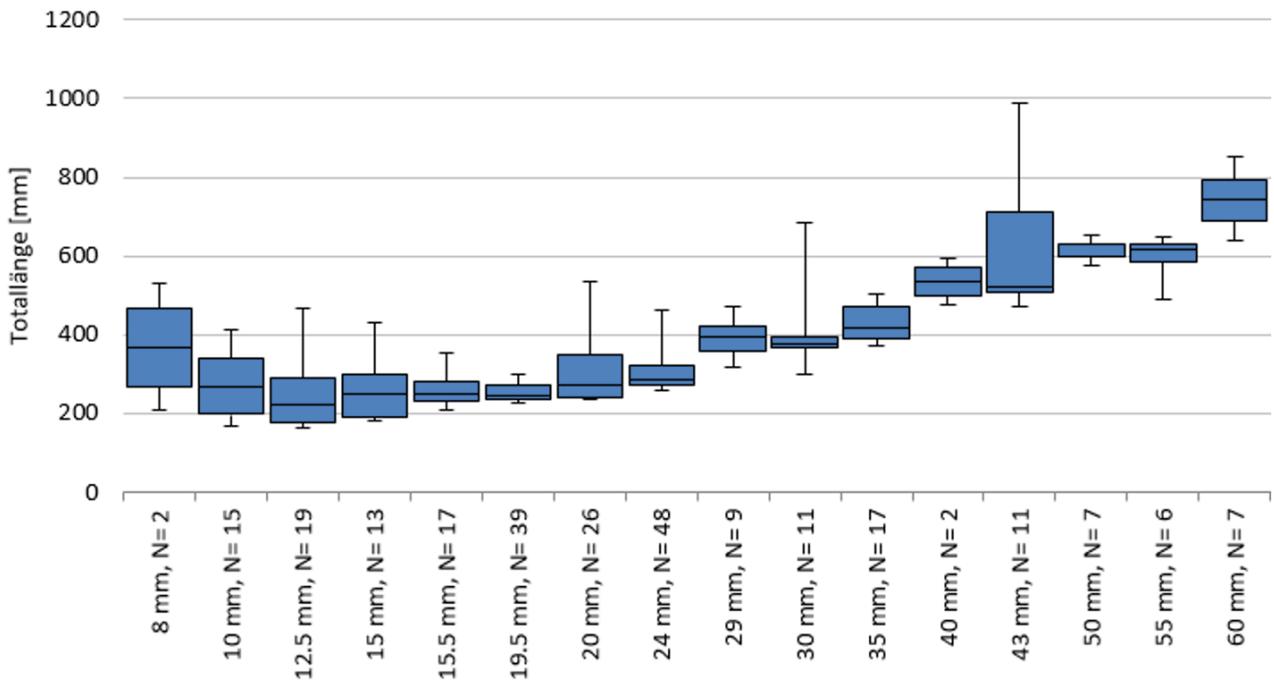
9.4.1 Flussbarsch



9.4.2 Felchen



9.4.3 Hecht



9.4.4 Rotauge

