



STANDARDISIERTE BEFISCHUNG ALPNACHERSEE

Resultate der Erhebungen vom September 2018



Impressum

Auftraggeber

Amt für Landwirtschaft und Umwelt des Kantons Obwalden
Abteilung Umwelt
St. Antonistrasse 4
CH-6061 Sarnen

Auftragnehmer

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

In Zusammenarbeit mit: Teleos Sàrl, RAF Design GmbH, ECQUA, 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 des Alpnachersees – Resultate der Erhebungen vom September 2018. Aquabios GmbH. Auftraggeber: Kanton Obwalden, Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Abteilung Umwelt.

Foto Titelseite: Sicht über den Alpnachersee.

Verdankungen

Wir bedanken uns bei der Fischereikommission Vierwaldstättersee, der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee, dem Amt für Umweltschutz des Kantons Nidwalden und dem Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Abteilung Umwelt des Kantons Obwalden für den Auftrag. Bei Melanie Hodel, Armin von Deschwanden, Fabian Bieri, Jonathan Paris, Hervé Décourcière, Daniel Schlunke, Timon Polli, Erwin Schäffer, Stéphane Ecuier und allen lokalen Fischern für die tatkräftige Mitarbeit bei den Feldarbeiten.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUSGANGSLAGE	5
2.1	NOTWENDIGKEIT VON STANDARDISIERTEN AUFNAHMEN DER FISCHE	5
2.2	FISCHE ALS INDIKATOREN FÜR DEN ZUSTAND EINES SEES	5
2.3	ZIELSETZUNG DER STANDARDISIERTEN BEFISCHUNG DES ALPNACHERSEES	6
2.4	DER ALPNACHERSEE	6
3	METHODEN	7
3.1	HABITATKARTIERUNG	7
3.2	BEFISCHUNG	8
3.3	DATENERFASSUNG UND SAMMLUNG VON PROBEN	10
3.4	ZUSÄTZLICH EINBEZOGENE DATEN	12
4	RESULTATE	13
4.1	PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE DATEN	13
4.2	HABITATKARTIERUNG	15
4.3	STANDARDISIERTE ABFISCHUNG	17
4.4	FISCHEREILICHE ASPEKTE	29
4.5	VERGLEICHE MIT ANDEREN SEEN	32
5	SYNTHESE	34
5.1	ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG DES ALPNACHERSEE	34
5.2	FISCHEREILICHE NUTZUNG	35
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	37
7	GLOSSAR	38
8	LITERATURVERZEICHNIS	40
9	ANHANG	41
9.1	TIEFENVERTEILUNG DER FÄNGE	41
9.2	GEOGRAFISCHE VERTEILUNG	47
9.3	LÄNGENSELEKTIVITÄT VON MASCHENWEITEN	54

1 Zusammenfassung

In den Schweizer 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. 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. Anhand dieser Aufnahmen lässt sich die Entwicklung des Fischbestands in den Seen künftig genau verfolgen, wenn die Datenerhebungen mittel- bis langfristig regelmässig wiederholt werden. Der vorliegende Bericht umfasst exemplarisch sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Alpnachersee vom 10. September bis 13. September 2018 durchgeführt wurden.

Der Alpnachersee kann als Nebensee/Becken des Vierwaldstättersees betrachtet werden. Der See ist ein wenig tiefer, heute meso- bis oligotropher und eher oberflächen-warmer Voralpensee. In der Tiefe wird während der Schichtung des Sees eine markante Sauerstoffzehrung beobachtet. Während der Frühlingszirkulation werden alle Tiefen mit sauerstoffreichem Wasser versorgt. Der Sauerstoffmangel schränkt die verfügbaren Habitate für Fische also saisonal entlang des Tiefengradienten ein. Insgesamt wird der limnologische Zustand des Sees als beeinträchtigt beurteilt.

Die Habitatkartierung des Alpnachersees zeigt im Litoral einen hohen Anteil an strukturierten Habitaten wie Schilf und Wasserpflanzen. Aber auch Zuflüsse und Blöcke kommen vor. Diese Habitate bieten den Fischen am Ufer gute Versteckmöglichkeiten. Insgesamt ist der Anteil der litoralen Habitate an der Seefläche vergleichsweise hoch (18%). Ca. 44% der Ufer sind jedoch verbaut. Die längsten zusammenhängenden naturnahen Uferabschnitte liegen im Südosten, unterhalb des Hinterbergerwalds und sind nur schwer zugänglich.

Im Rahmen dieses Projektes wurden 23 Fischarten gefangen. Davon sind 20 Arten standortgerecht und 21 einheimisch. Drei (Kaulbarsch, Zander, Sonnenbarsch) gelten als standortfremd. Die Fischartenzusammensetzung im Alpnachersee wird als relativ naturnah bezeichnet.

Der standardisierte Fang wurde von Flussbarschen dominiert. Der Alpnachersee entspricht heute demnach einem Flussbarschsee. Natürlicherweise würde er aufgrund seiner Grössen- und Tiefenverhältnisse vermutlich zwischen einem Flussbarschsee und einem Felchensee liegen. Unterhalb von 25 m wurden keine Fische gefangen. Zudem ist der Anteil an standortfremden Arten im Fischbestand mässig. Kaulbarsche, Zander und Sonnenbarsch kommen in signifikanten Mengen im See vor. Der fischökologische Zustand wird deshalb als beeinträchtigt eingestuft.

Die Ergebnisse der standardisierten Befischung zeigen aber auch, dass der Alpnachersee den Anglern und dem Berufsfischer gute fischereiliche Bedingungen bietet.

Die auf Gewässerschutz zielenden Anstrengungen sollten 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 Zuflüssen befinden, prioritär angegangen werden.

2 Ausgangslage

2.1 Notwendigkeit von standardisierten Aufnahmen der Fische

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

Ein Ökosystem mit den darin lebenden Organismen kann nur geschützt und erhalten werden, wenn dessen Zustand bekannt ist. Seit 2010 wurden mit dem Forschungsprojekt «Projet Lac» umfassende und standardisierte Aufnahmen des Fischbestands in den grossen und tieferen Alpenrandseen durchgeführt.

Bis dahin beruhte das Wissen hauptsächlich auf Erfahrungen der Behörden und der Fischer, Einzelbeobachtungen, gezielten Monitorings (z.B. Felchenmonitorings) und artspezifischen 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 Untersuchungen lieferten auch 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 den Status eines Ökosystems dar [3, 4]. Hervorzuheben sind diesbezüglich folgende Punkte:

- Fische sind im Vergleich zu Insekten oder Algen langlebig und widerspiegeln deshalb Effekte über einen langen Zeitraum.
- Fische nutzen ein grosses Nahrungsspektrum, das in Form von Anpassungen an unterschiedliche Nahrungsnischen verdeutlicht wird.
- Kenntnisse der Wasserqualitätsansprüche verschiedener Altersklassen von verschiedenen Fischarten ermöglicht eine Aussage über die Wasserqualität.

- Kenntnisse über die ökologische Nische verschiedener Altersklassen von verschiedenen Fischarten können durch ihr Vorhandensein/ihre Abwesenheit eine Aussage über Lebensraumeigenschaften ermöglichen.

Standardisierte und reproduzierbare Aufnahmen 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. Aus diesem Grund sind standardisierte Befischungen der Seen recht aufwendig und wurden in der Schweiz früher nicht durchgeführt.

2.3 Zielsetzung der standardisierten Befischung des Alpachersees

Die Feldarbeiten des «Projet Lac» wurden Ende 2014 abgeschlossen. 2017 und 2018 wurde im Rahmen einer BAFU-Studie die «Projet Lac» Befischungsmethode weiterentwickelt, um 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, bisher nicht untersuchte Seen mit der neuen, leicht angepassten Methode untersuchen zu lassen. Die Ziele für die standardisierte Befischung des Alpachersees waren:

- Erhebung der Artenvielfalt sowie der Häufigkeit einzelner Fischarten im See.

- Darstellung der evidenten Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren (z.B. Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser, Temperatur, Produktivität) und Artenvielfalt
- Erstellung einer standardisierten Aufnahme des Fischbestands, die mit anderen Seen und mit zukünftigen Resultaten des Alpachersee verglichen werden kann.

Der vorliegende Bericht umfasst sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Alpachersee vom 10. September bis 13. September 2018 durchgeführt wurden. Der Fokus der Auswertungen wurde auf die Artenzusammensetzung und die Habitatnutzung der einzelnen Fischarten gelegt.

2.4 Der Alpachersee

Der Alpachersee hat eine Fläche von 4.67 km² (467.2 ha) und liegt in den Kantonen Ob- und Nidwalden in der Zentralschweiz. Er ist ca. 4.8 km lang und 1.4 km breit. Der See liegt auf 434 m ü. M. und weist eine maximale Tiefe von 35 m auf. Der Ausfluss des Alpachersees mündet direkt in den Vierwaldstättersee. Einzig der Lopper (Berg) schiebt sich zwischen die beiden Stillgewässer. Deshalb wird der Alpachersee auch als Nebensee/Becken des Vierwaldstättersees betrachtet. Der Alpachersee ist allerdings viel weniger tief und weist eine andere limnologische Charakteristik als der grössere Vierwaldstättersee auf.

Der Alpachersee liegt in einem von Gletschern ausgeschliffenen Tal. Nach der letzten Eiszeit war der Alpachersee zusammen mit dem Sarnersee Teil des Vierwaldstättersees. Zusammen bildeten sie die Alpacherbucht [5]. Die wichtigsten Zuflüsse sind die Sarneraa und die Kleine Schliere (Abbildung 2-1).

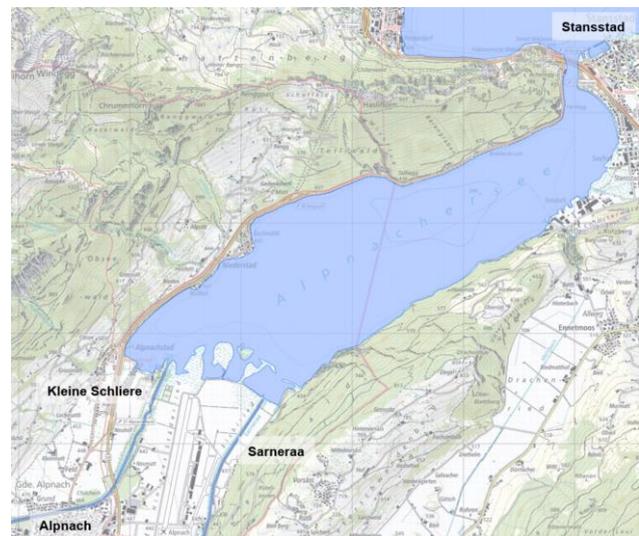


Abbildung 2-1. Der Alpachersee zwischen Alpnach und Stansstad mit seinen wichtigsten Zuflüssen, der Sarneraa und der Kleinen Schliere (Grafik © Swisstopo).

3 Methoden

3.1 Habitatkartierung

In einem ersten Schritt der Datenerhebung wurden die fischrelevanten und unter Wasser liegenden Habitate kartiert. Fische verteilen sich nicht zufällig über die verschiedenen Habitattypen, sondern halten sich in gewissen litoralen Habitaten oder Tiefen zu bestimmten Zeitpunkten im Jahr häufiger auf [6]. Je nach Fischart können sich die bevorzugten Habitattypen unterscheiden. Der Alpachersee wurde daher für die Habitatkartierung in drei Einheiten unterteilt [7] (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 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 Bootsichte (offene Bootsanlegestellen im See mit sichtbaren baulichen Massnahmen) aufweisen. Eingezäunte Schilfbestände wurden als naturnahe Ufer eingestuft. Die Details der Methodik können aus Degiorgi 1994 [6] entnommen werden.

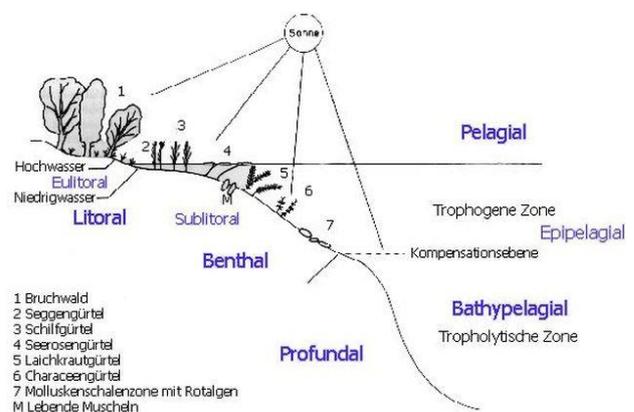


Abbildung 3-1. Limnologische Strukturierung von Seen [8].



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

3.2 Befischung

3.2.1 Pelagische Multimaschen-Kiemennetze (Vertikalnetze)

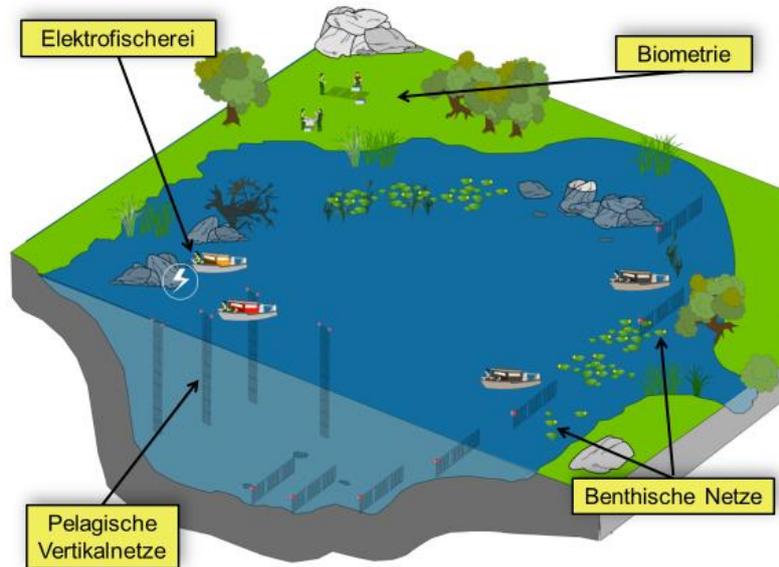


Abbildung 3-3. Oben: schematische Darstellung der durchgeführten Befischungen. Unten links: Vertikale Multimaschennetz-Gruppe, abgewickelt von den Schwimmkörpern. Darunter fischen die Netze vom Seegrund bis zur Oberfläche. Unten rechts: Entnahme der Fische aus einem Vertikalnetz. Dabei wird nebst der Art und der Länge auch die Tiefe, in denen die Fische gefangen wurden, erfasst.

Die im Rahmen der standardisierten Befischungen eingesetzten vertikalen Kiemennetze haben sich bewährt. Diese Multimaschennetze fischen jeweils vom Seegrund bis zur Oberfläche. Folgende der CEN-Norm (CEN prEN 14757 [9]; im vorliegenden Dokument als CEN-Norm angesprochen) entsprechenden Maschenweiten 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 nebeneinander (Netzgruppe) an derselben Stelle im See und in

der gleichen Tiefe gesetzt. Um eine mögliche geografische und tiefenbedingte Variabilität in der Verteilung der Fische im See zu erfassen, wurden mehrere Netzgruppen gesetzt. Das geschieht jeweils in unterschiedlichen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten im See. Eine Gruppe von sechs Netzen verbleibt etwa 20 bis 24 Stunden im See, bevor sie wieder gehoben wird. Die Zeit, die eine Netzgruppe im Wasser verbringt, wird protokolliert. Beim Heben der Netze wird neben der Fischart und der Fischlänge auch die Fangtiefe jedes Fisches auf einen Meter genau protokolliert (Abbildung 3-3).

3.2.2 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. Die Anzahl benthischer Netze, die im Alpenersee pro Tiefenzone gesetzt werden müssen, sind in der CEN-Norm wie folgt definiert:

Diese Methode wird im «Projet Lac» als Vertikalnetz-Methode bezeichnet. Sie wurde an der Universität Besançon entworfen [6] 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 Einbezug der eingesetzten Zeit die Berechnung des Fangaufwandes resp. von CPUE-Werten (engl. für catch per unit effort). Beim NPUE (Anzahl pro Aufwandeinheit gefangene Fische) wird die Anzahl gefangene Fische für den Aufwand korrigiert und beim BPUE die Biomasse der gefangenen Fische.

- 0-3 m: 10 Netze
- 3-6 m: 10 Netze
- 6-12 m: 10 Netze
- 12-20 m: 10 Netze
- 20-35 m: 8 Netze

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 [10].

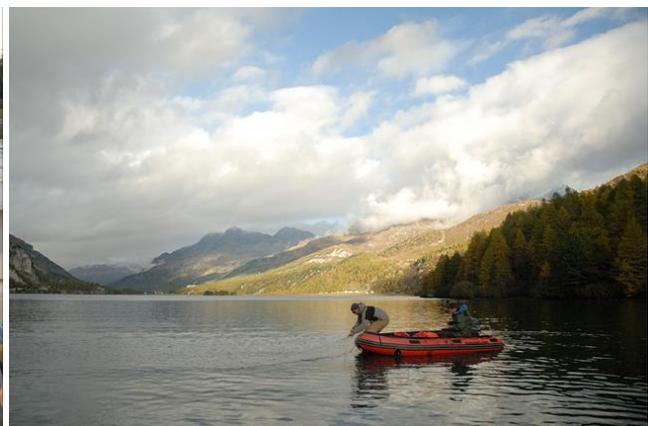


Abbildung 3-4. Heben von benthischen Multimaschennetzen. Links: in Ufernähe. Rechts: Setzen eines benthischen Netzes (Foto © Mikael Goguilly).

3.2.3 Elektrische Befischung

Gewisse Uferbereiche des Sees mit geringen Wassertiefen (bis 1 m) wurden elektrisch befischt. Dabei wurden alle zuvor bei der Kartierung erfassten Habitate an verschiedenen Standorten mehrmals befischt. Bei jeder Befischungsaktion wird eine kurze



Strecke entweder zu Fuss oder mit dem Boot befischt. Die Länge der befischten Strecke wird für die Standardisierung der Daten (CPUE) herangezogen.



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

3.2.4 Vorteile und Grenzen der Befischungsmethode mit standardisierten Netzen

Ziel der angewandten Befischungsmethode ist es, ein möglichst realitätsnahes und reproduzierbares Abbild des Fischbestands eines Sees zu erfassen. Befischungsaufwand und Zeitpunkt werden so bestimmt, dass die Resultate mit anderen Seen vergleichbar sind (Zeitpunkt August-Oktober; Befischung an mindestens drei Tagen). Anhand dieses standardisierten Ansatzes können CPUE-Werte berechnet werden. Ausserdem werden Maschenweiten verwendet, die Berufsfischer nicht verwenden dürfen. Es wird auch an Orten und in Tiefen gefischt,

die Berufsfischer meiden. Dadurch weichen die Resultate auch von den Fischfangstatistiken ab. Ein Nachteil ist, dass die Befischung nur einmal in einem Jahr durchgeführt wird. Da sich das Verhalten der Fische je nach klimatischen Bedingungen und Nahrungsangebot im See ändern kann, können die realen Fischbestände von den erfassten abweichen. Der Befischungsaufwand des CEN-Protokolls ist darauf ausgerichtet, dass Bestandesänderungen der dominanten Fischarten von 50% detektiert werden können.

3.3 Datenerfassung und Sammlung von Proben

Alle gefangenen Fische wurden sofern möglich auf Artniveau bestimmt, vermessen und gewogen. Von ausgewählten Individuen wurde zudem ein standardisiertes Foto geschossen und eine DNS-Gewebeprobe entnommen. Die gefangenen Fische wurden

entweder verwertet oder in einem Tierpark als Futter weiterverwendet.



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



Abbildung 3-7. Links: Messstation, die im Feld im Einsatz war. Rechts: Die Fische wurden nach dem Auswaschen in Boxen, sortiert nach Netz und Maschenweite, zur Biometrie weitergereicht.



Abbildung 3-8. Standardisierte Fotos von einem Alet (links) und einer Schleie (rechts).

3.4 Zusätzlich einbezogene Daten

3.4.1 *Fischfangstatistik*

Die Resultate der standardisierten Befischungen wurden mit den Fängen der Angel- und Berufsfischer verglichen. Die Fangstatistiken wurden vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und vom Amt für Landwirtschaft und Umwelt des Kantons Obwalden zur Verfügung gestellt und für spezifische Auswertungen mit einbezogen.

Für den Alpnachersee gibt es nur die Fischfangstatistik des Kantons Obwalden. Der Kanton Nidwalden führt für seinen Teil keine separate Fischfangstatistik, der Alpnachersee wird zum Vierwaldstättersee gezählt.

3.4.2 *Chemische und physikalische Messreihen*

Die verwendeten chemischen (P_{tot}) und physikalischen (Temperatur, Sauerstoff) Messresultate wurden vom Amt für Landwirtschaft und Umwelt des Kantons Obwalden zur Verfügung gestellt.

4 Resultate

4.1 Physikalische und chemische Daten

4.1.1 Temperatur

Die Messungen im Alpnersee zeigen, dass die Oberflächentemperatur im Sommer die 20°C-Grenze überschreitet (Abbildung 4-1). Noch im September werden teilweise, wie im Jahr 2016, Temperaturen über 20°C gemessen. Deshalb kann der Alpnersee als oberflächenwarmer Voralpensee bezeichnet werden.

Im Winter kühlt der See gut aus und es ist davon auszugehen, dass jährlich eine vertikale Durchmischung des Wassers möglich ist [11]. Diese Durchmischung der Wasserschichten ist für den See wichtig, weil damit das Oberflächenwasser mit Nährstoffen und die Tiefe mit Sauerstoff versorgt werden.

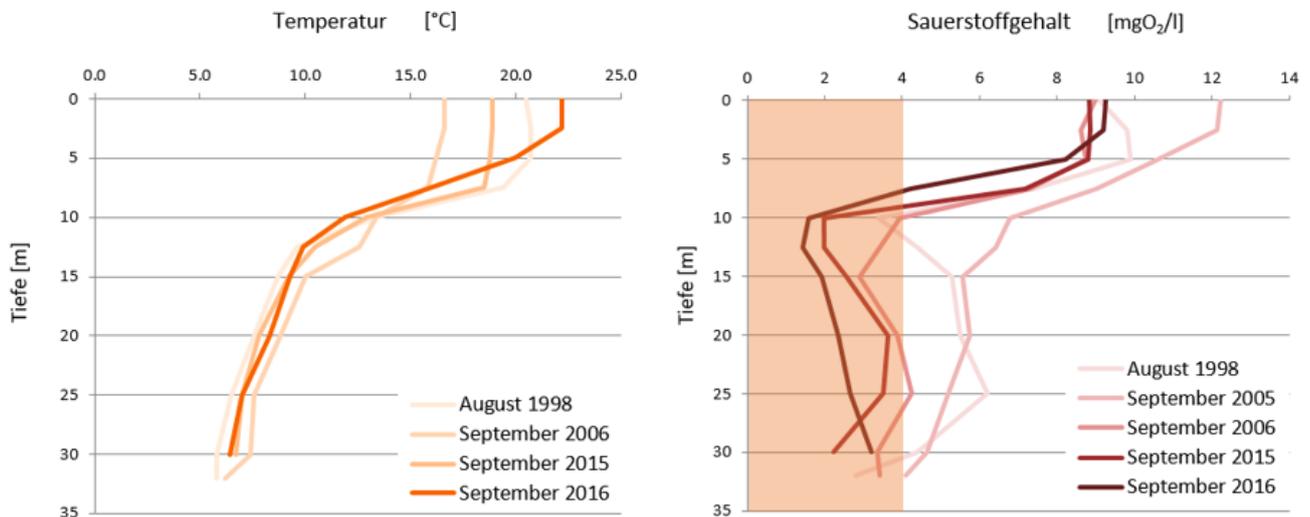


Abbildung 4-1: Die Grafiken zeigen die Entwicklung des Temperatur- resp. Sauerstoffgehalts entlang von Tiefenprofilen im Sommer zwischen 1998 und 2016 an der tiefsten Stelle des Sees (Daten: Kanton Obwalden).

4.1.2 Sauerstoff

Die Resultate von Sauerstoffmessungen entlang von Tiefenprofilen zwischen 1998 und 2016 zeigen, dass der Sauerstoffgehalt im Spätsommer bereits unterhalb von 7 m unter 4 mg/l fallen kann (Abbildung 4-2). Der zur Verfügung stehende Lebensraum ist für Fische in so geringen Sauerstoffkonzentrationen stark eingeschränkt. Im Jahr 2006 wurde der Sauerstoffgehalt im See kontinuierlich gemessen (Abbildung 4-2). Es bestätigt sich, dass die Sauerstoffzehrung im Sommer sehr hoch liegt. Messungen aus

dem Jahr 2016 suggerieren, dass die Sauerstoff-Sprungschicht um die 10 m tief liegt. Die Sauerstoffzehrung im See ist demnach sehr ausgeprägt und schränkt den Lebensraum im Profundal ein.

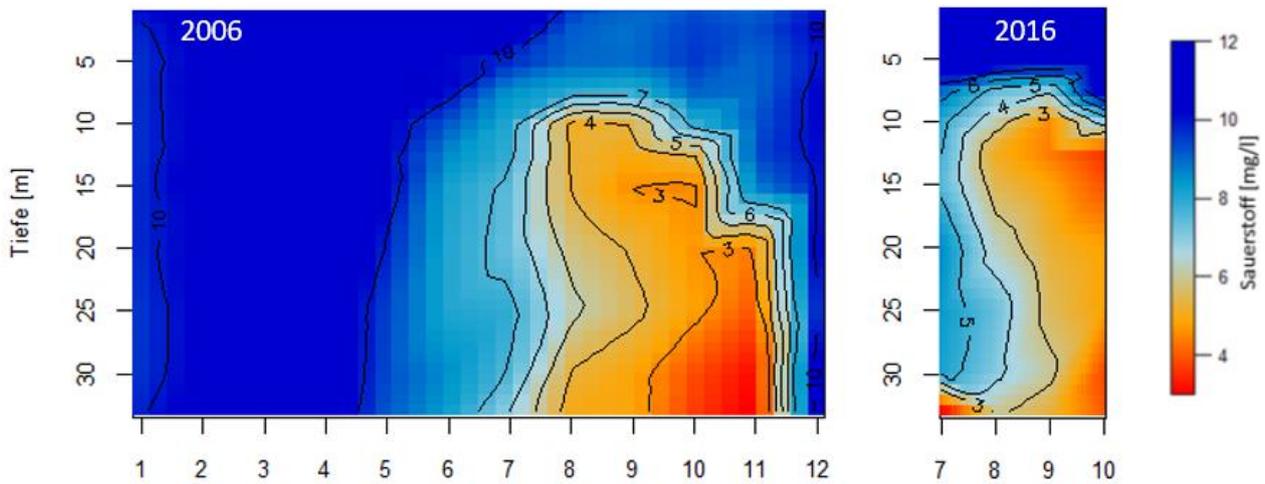


Abbildung 4-2: Sauerstoffmessungen entlang von Tiefenprofilen im Alpnachersee aus dem Jahr 2006 (links) resp. zwischen Juli und Oktober 2016 (rechts) (Daten: Kanton Obwalden).

4.1.3 Gesamtphosphor

Die Entwicklung der Phosphorkonzentration zeigt (Abbildung 4-3), dass der Alpnachersee in den siebziger Jahren mit einem Höchststand bei ca. 0.05 mg/l sehr stark belastet war. Der See konnte damals als eutroph betrachtet werden. In den letzten Jahren lagen die Phosphorwerte bei ca. 0.01 mg/l. Die Werte schwanken je nach Jahr an der Grenze zwischen einem mesotrophen und einem oligotrophen Niveau. Eine weitere Abnahme der Phosphorwerte ist seit 2006 nicht zu beobachten.

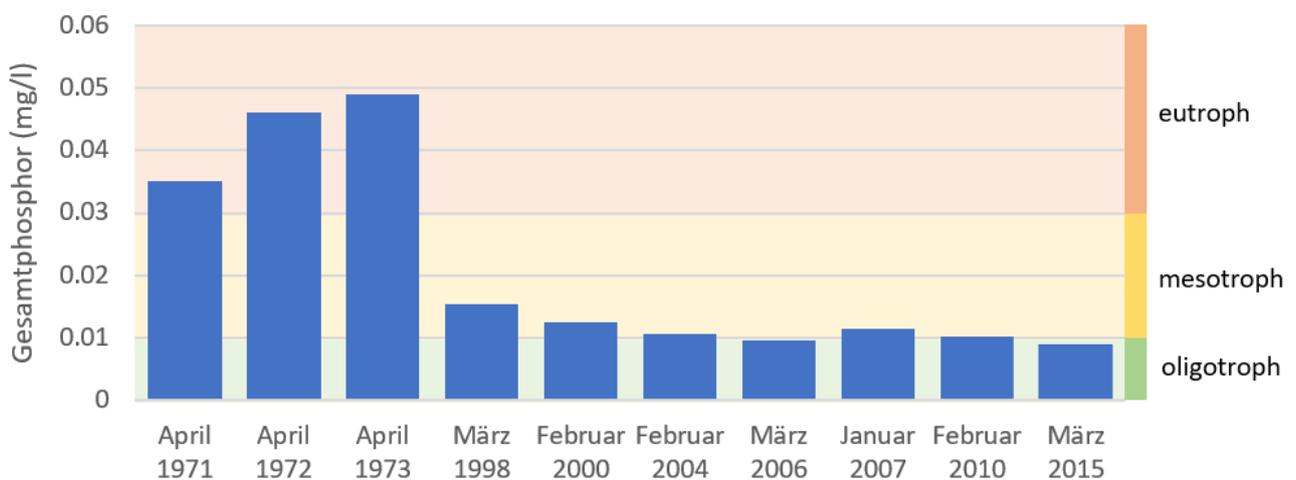


Abbildung 4-3. Der Gesamtphosphor (Mittelwert), gemessen entlang von Tiefenprofilen des Alpnachersees zwischen 1971 und 2015.

4.2 Habitatkartierung

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

Laichsubstrat (Abbildung 4-5). Zudem ist die litorale Habitatvielfalt hoch. Der Anteil des Litorals an der Seefläche ist hoch und liegt bei 18% (Fläche mit einer Tiefe von 0 - 6 m)

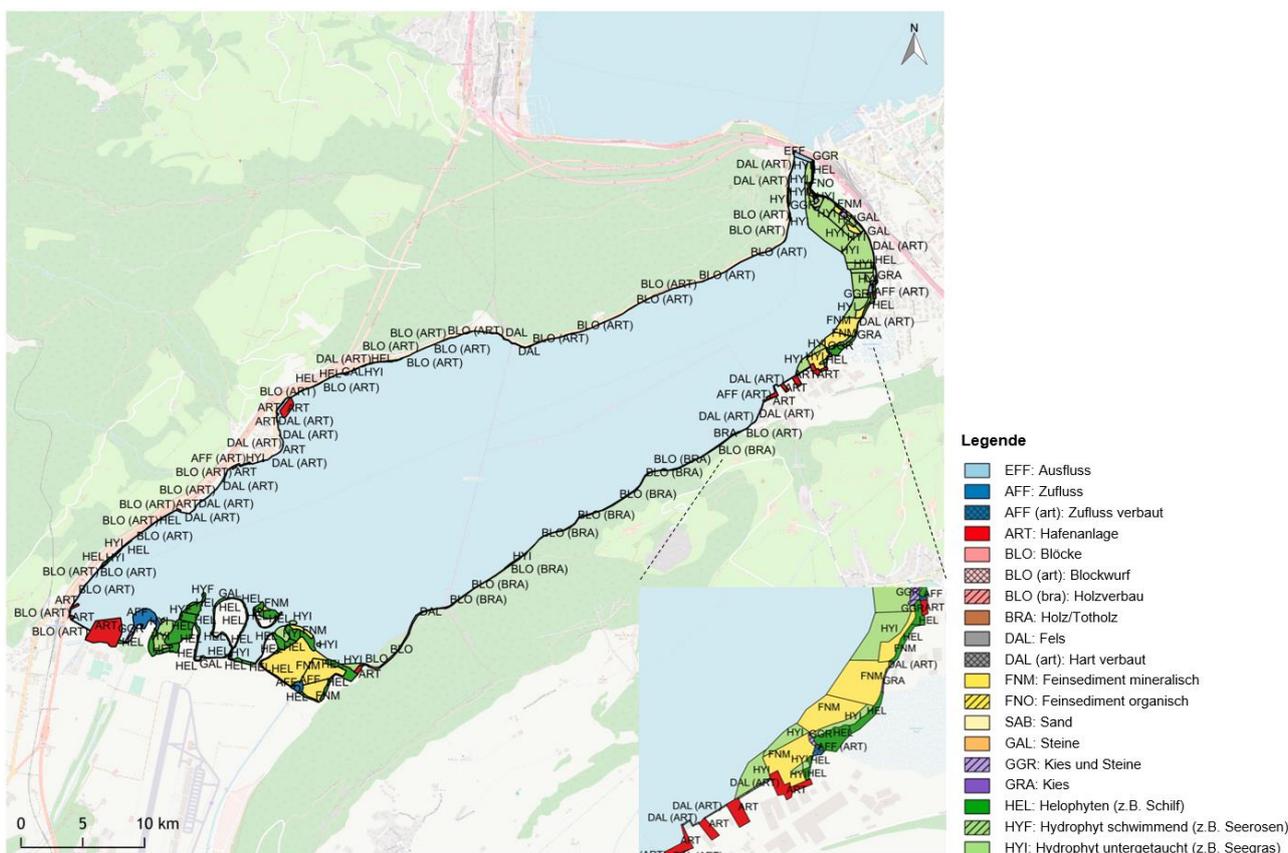


Abbildung 4-4. Ausschnitt der Standorte der litoralen Habitate für die habitatspezifischen Befischungen des Alpensees.

56% der Uferlinie können heute als natürlich oder naturnah bezeichnet werden. 44% sind durch Verbauungen anthropogen stark beeinträchtigt (Abbildung 4-6). Davon ist insbesondere das nördliche Steilufer betroffen. Die Verbauungen stehen grösstenteils in Zusammenhang mit Hafenanlagen, Strassen am Seeufer, Siedlungen und Hochwasserschutz.

Der flächenmässige Anteil der künstlichen Habitate liegt für Hafenanlagen und Stegen für Boote bei 8.6%, für Blockwürfe bei 2.8%, für hartverbaute Seeufer bei 1% und für stark verbaute Zuflüsse bei 0.2%.

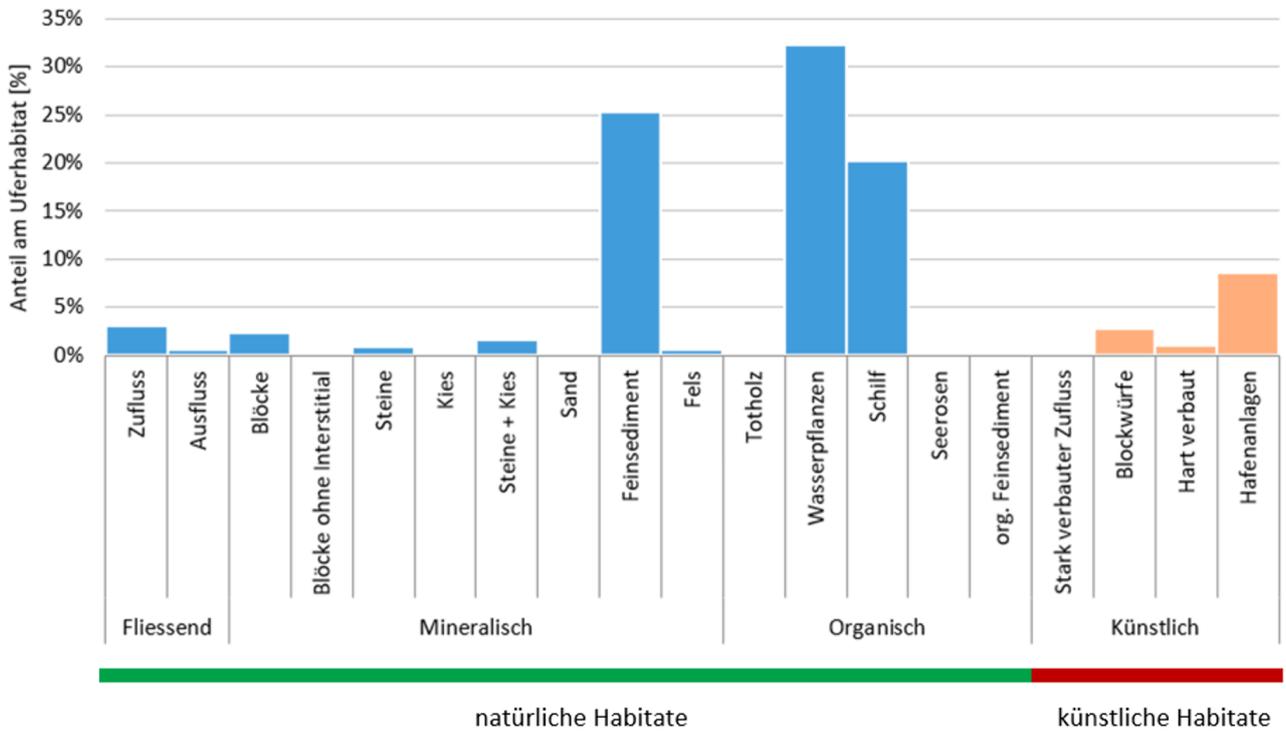


Abbildung 4-5. Flächenanteile der verschiedenen littoralen Habitate im Alpnachersee.

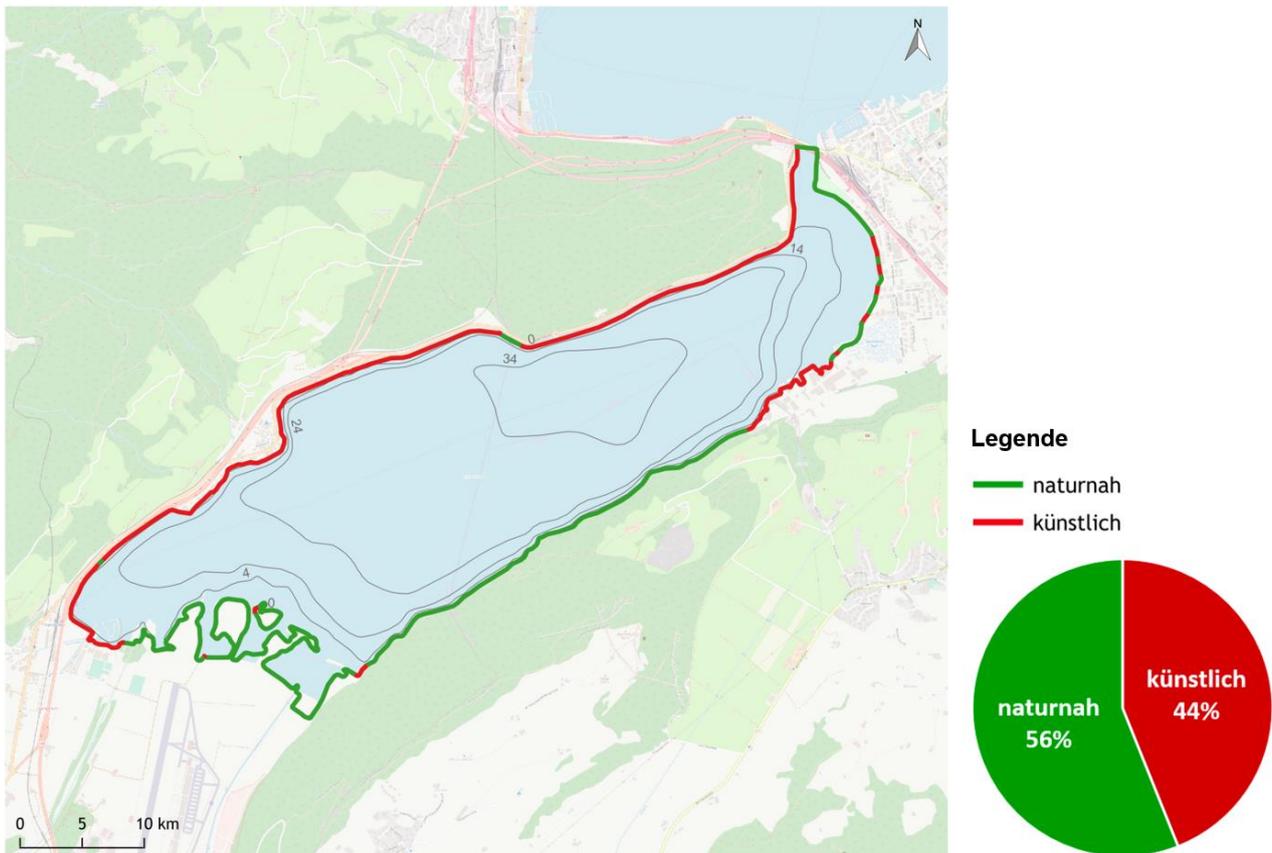


Abbildung 4-6. Verteilung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferlinie des Alpnachersees.

4.3 Standardisierte Abfischung

4.3.1 Standorte der Probenahmen

Während vier Tagen wurden im Alpachersee insgesamt 76 benthische CEN- und 22 pelagische Vertikalnetzgruppen (jeweils sechs Netze pro Gruppe) über Nacht eingesetzt. Zusätzlich wurden 66 Uferstrecken

(16 zu Fuss, 50 mit dem Boot) elektrisch befishcht. Insgesamt sind somit 164 Befischungsaktionen durchgeführt worden (Abbildung 4-7).

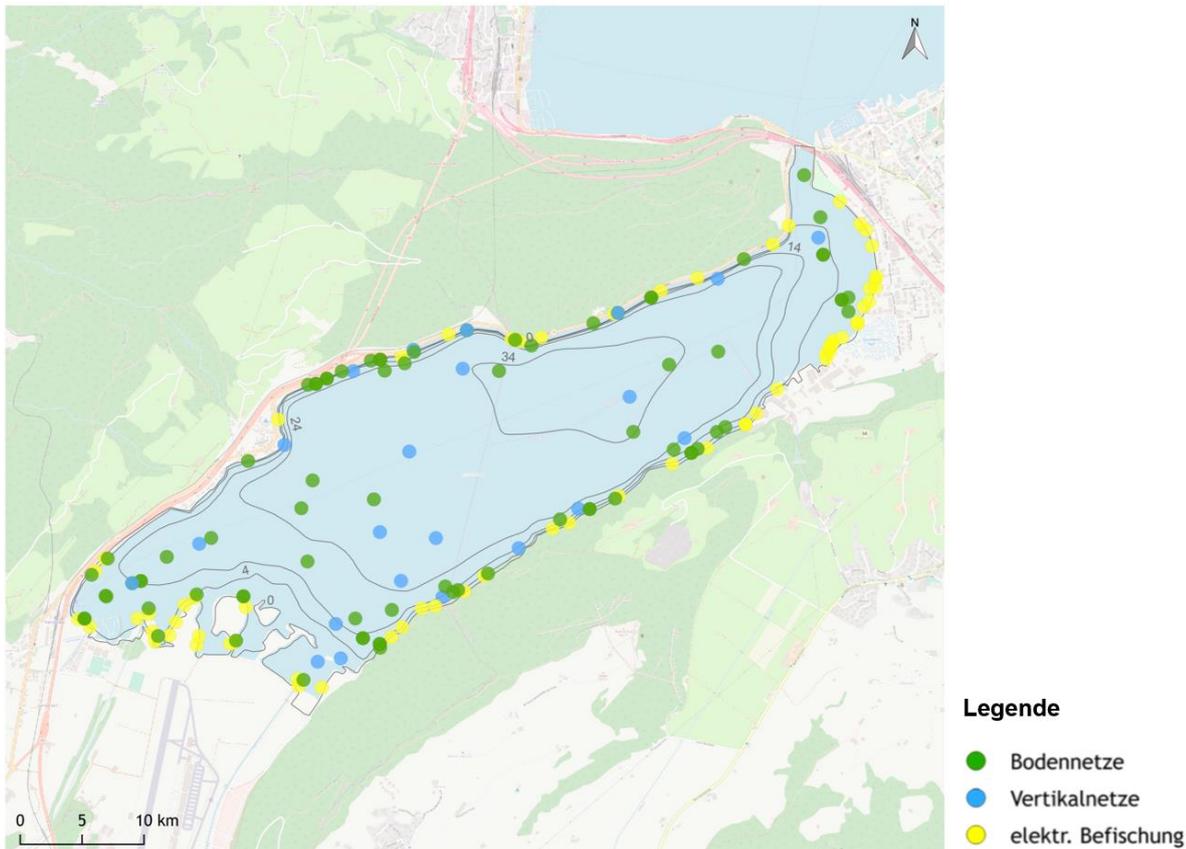


Abbildung 4-7. Karte der Befischungsstandorte des Alpachersees (© openstreetmap, Bathymetrie: © Swisstopo).

4.3.2 Fischbestand und Artenvielfalt

Insgesamt wurden im Alpachersee bei den Befischungen 5766 Fische und 23 Fischarten gefangen (Tabelle 4-1; Felchen nicht nach Arten getrennt, vgl. Kap. 5.3.6). Über alle Fangmethoden gesehen waren Flussbarsche mit 3381 Individuen am häufigsten in den Fängen vertreten. Ebenfalls sehr häufig vertreten waren Rotaugen (N=901) und die standortfremden Kaulbarsche (N=736). Die Anzahl gefangener Felchen war mässig (N=133). Letztere wurden fast ausschliesslich in den Vertikalnetzen gefangen.

Forellen, Bartgrundeln, Groppen, Barben, Gründlinge und Bachneunaugen wurden ausschliesslich bei

elektrischen Befischungen nachgewiesen. Karpfen und Blicken wurden hingegen ausschliesslich mit benthischen Netzen gefangen.

Die gesamte Biomasse aller Fänge betrug geringe 163.24 kg (Tabelle 4-1). Es wurde eine hohe Anzahl Fische gefangen, viele waren aber eher klein. Die Flussbarsche stellten auch den grössten Anteil an der gefangenen Biomasse (43.9 kg), gefolgt von den Rotaugen (41.1 kg), Schleien (12.79 kg) und Felchen (12.79 kg). Die Biomasse der gefangenen Hechte betrug beachtliche 11.70 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>	1670	86	1625	3381	24.54	0.68	18.65	43.87
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	574	1	326	901	31.17	0.00	9.93	41.10
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	522	23	191	736	6.57	0.38	1.94	8.90
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	20	8	186	214	0.23	0.03	2.29	2.55
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	8	-	125	133	0.97	-	11.52	12.49
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	49	81	3	133	1.55	0.70	0.22	2.46
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	5	43	-	48	4.08	0.06	-	4.14
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	38	-	5	43	3.55	-	1.83	5.38
Brachme	<i>Abramis brama</i>	37	-	3	40	2.47	-	2.37	4.85
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	16	14	4	34	10.38	0.03	2.37	12.79
Hecht	<i>Esox lucius</i>	17	1	10	28	9.02	0.13	2.56	11.70
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	19	-	1	20	8.58	-	0.03	8.60
Trüsche	<i>Lota lota</i>	-	13	1	14	-	0.50	0.11	0.60
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	1	11	1	13	0.01	0.03	0.01	0.05
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	9	-	-	9	1.08	-	-	1.08
Bartgrundel	<i>Barbatula barbatula</i>	-	8	-	8	-	0.02	-	0.02
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	-	4	-	4	-	0.02	-	0.02
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	-	2	-	2	-	0.00	-	0.00
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	-	1	-	1	-	0.49	-	0.49
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	1	-	-	1	1.99	-	-	1.99
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	-	1	-	1	-	0.00	-	0.00
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	-	1	-	1	-	0.00	-	0.00
Forelle	<i>Salmo sp.</i>	-	1	-	1	-	0.12	-	0.12
Total		2986	299	2481	5766	106.21	3.19	53.82	163.22
Anzahl Arten		15	17	13	23	15	17	13	23

4.3.3 Volumenkorrigierte Fänge

Die Fische und die zum Fang verwendeten Methoden sind nicht zufällig im Raum verteilt. Anhand der vorliegenden Daten können Häufigkeit und Biomasse der einzelnen Fischarten für die Verfügbarkeit der verschiedenen Habitate (in diesem Fall das vorhandene Volumen der einzelnen Seekompartimente) korrigiert werden [12].

Bei dieser Darstellung der Resultate dominieren ebenfalls die Flussbarsche die Fangzahlen, gefolgt von Felchen, Rotaugen und Lauben (Abbildung 4-8). Wird die Biomasse für die Volumenkorrektur herangezogen, dann dominieren weiterhin die Flussbarsche, die Felchen kommen ihnen nun aber sehr nahe. Danach folgen Rotaugen.

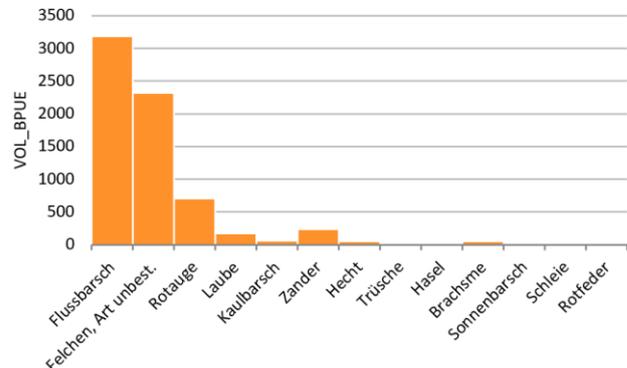
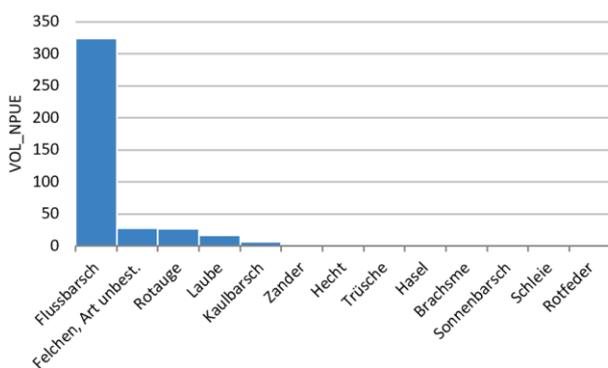


Abbildung 4-8. Die Anzahl (VOL_NPUE links, dabei handelt es sich um die Volumeneinheit des Sees und pro Netzfläche korrigierte Anzahl der gefangenen Fische) und die Biomasse (VOL_BPUE rechts, dabei handelt es sich um die pro Volumeneinheit des Sees und pro Netzfläche korrigierte Biomasse der gefangenen Fische) der mit den Vertikalnetzen gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit. Detaillierte Erklärungen zu der Berechnungsmethode können aus der folgenden Publikation entnommen werden [12].

4.3.4 Artenvielfalt

Tabelle 4-2. Artenfundliste des Alpnachersees. Die Arten wurden aufgrund der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei als einheimisch oder eingeführt eingestuft. Die im Vierwaldstättersee als historisch im See vorkommend bezeichneten Arten wurden auch im Alpnachersee als standortgerecht bezeichnet. Die in der Literatur als fehlend bezeichnete Arten wurden als standortfremd eingestuft. Nicht erwähnte Arten wurden als standortgerecht eingestuft, sofern diese in der Schweiz weit verbreitet waren. Genauere Angaben zu den Zitate sind der Fussnote zu entnehmen. Zudem wurden noch die im Fischatlas von 2003 [13] und 2018 [16] und in der Fischfangstatistik erwähnten Arten berücksichtigt.

Fischart			Gefährdung VBGF	Ursprung VBGF	Ursprung im See	Nachweis der Fischart						
Familie	Art	Deutsch				Historisch Vierwald- stättersee ¹	Fischatlas 1999	CSCF 2003 / CSCF 2018	Fischerei statistik 1970-	Projet Lac VWS 2014	Befischung Alpnachersee 2018	
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	3	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●	●	
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Sonnenbarsch	-	Eingeführt	Standortfremd						●	
Coregonidae	<i>Coregonus</i> sp. ²	Felchen, Art unbest.	4, E	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●		●	
Coregonidae	<i>Coregonus</i> sp. Alpnacherfelchen sp. nov. ²	Alpnacherfelchen	4, E	Einheimisch	Standortgerecht			●				
Coregonidae	<i>Coregonus</i> sp. Bodenbalchen sp. nov. ²	Bodenbalchen	4, E	Einheimisch	Standortgerecht	●						
Coregonidae	<i>Coregonus</i> sp. pelagischer Schwebbalchen sp. nov. ²	Schwebbalchen	4, E	Einheimisch	Standortgerecht			●		●		
Coregonidae	<i>Coregonus</i> sp. benthischer Schwebbalchen sp. nov. ²	Benthischer Schwebb.	4, E	Einheimisch	Standortgerecht			●				
Coregonidae	<i>Coregonus nobilis</i> ²	Edelfisch	4, E	Einheimisch	Standortgerecht	●		●		●		
Coregonidae	<i>Coregonus zugensis</i> ²	Albeli	4, E	Einheimisch	Standortgerecht	●		●	●	●		
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Groppe	4	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●	●	
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	Brachse	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●	●	
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Schneider	3, E	Einheimisch	Standortgerecht	●						
Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●	●	
Cyprinidae	<i>Barbus barbus</i>	Barbe	4	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●	●	
Cyprinidae	<i>Blicca bjoerkna</i>	Blicke	4	Einheimisch	Standortgerecht	●		●			●	
Cyprinidae	<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	1, E	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●			
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Karpfen	3	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●		●	
Cyprinidae	<i>Gobio gobio</i>	Gründling	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●	●	
Cyprinidae	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●	●	
Cyprinidae	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Elritze	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●		
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>Telestes souffia</i>	Strömer	3, E	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	●	●	●	●	●	●	
Asterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Stichling	4	Einheimisch	Standortfremd					●		
Nemacheilidae	<i>Barbatula barbatula</i>	Bartgrundel	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●	●	
Percidae	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Kaulbarsch	NG	Einheimisch	Standortfremd		●	●		●	●	
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●	●	
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>	Zander	-	Eingeführt	Standortfremd		●	●	●	●	●	
Petromyzonti	<i>Lampetra planeri</i>	Bachneunauge	2, E	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●			●	
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Regenbogenforelle	-	Eingeführt	Standortfremd			●	●			
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Atlantische Forelle	4 (2)	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●	●	
Salmonidae	<i>Salvelinus fontinalis</i>	Bachsälbling	-	Eingeführt	Standortfremd			●				
Salmonidae	<i>Salvelinus</i> sp.	Seesälbling, Art unbest.	3	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●		
Salmonidae	<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	3, E	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●			
Siluridae	<i>Silurus glanis</i> ³	Wels	4, E	Einheimisch	Standortgerecht	●						
Total						38	30	25	32	19	22	23
Total Anzahl Arten Einheimisch (VBGF)						34	30	24	30	17	21	21
Total Anzahl Arten Eingeführt (VBGF)						4	0	1	2	2	1	2
Total Anzahl Arten Standortgerecht (Seespezifisch)						32	30	23	29	16	19	20
Total Anzahl Arten Standortfremd (Seespezifisch)						6	0	2	3	3	3	3

¹ Die historische Artenliste wurden im Rahmen der Untersuchung des Vierwaldstättersees [14] bereits erstellt. Diese Liste und die Angaben aus Nufer von 1905 [15] und Hartmann von 1827 [16] wurden daher auch für die Arten Liste des Alpnachersees herangezogen. Dies weil der Alpnachersee meistens als Becken des Vierwaldstättersees betrachtet wurde und nicht als eigenständiger See.

² Die Felchentaxonomie im Vierwaldstättersee ist hoch komplex und nicht abschliessend überarbeitet. Die EAWAG arbeitet derzeit diese Taxonomie neu auf. Für diese Liste wurden daher die Angaben aus dem Vierwaldstätterseebericht [14] und aus dem Fischatlas von 2018 [17] genommen.

Im Rahmen der standardisierten Befischungen wurden im Alpnachersee insgesamt 23 Fischarten gefangen (Tabelle 4-2, Felchen nicht nach Arten aufgetrennt, vgl. Kapitel 4.3.5). Davon sind nach VBGF im Alpnachersee 21 Arten heimisch und zwei (Zander, Sonnenbarsch) sind eingeführt. Wird die historische Referenz herangezogen, dann sind 20 der im Rahmen dieses Projektes gefangenen Fischarten standortgerecht und drei standortfremd (Zander, Kaulbarsch, Sonnenbarsch).

Bis heute wurden im See insgesamt 38 Fischarten dokumentiert. Vor 1900 wurden im Alpnachersee 30 Arten dokumentiert, wovon keine als standortfremd

betrachtet wurde. Von den 30 historisch standortgerechten Fischarten (ohne Felchenarten 27) konnten bei den Befischungen von 2018 noch 20 Arten nachgewiesen werden, wobei die Felchen nicht nach Arten aufgetrennt wurden (vgl. Kapitel 4.3.5). Es fehlen folgende Arten: Schneider, Nase, Elritze, Strömer, Seesaibling, Äsche und Wels. Der Wels wurde schon seit längerem nicht mehr beobachtet. Seesaiblinge wandern möglicherweise ab und zu vom Vierwaldstättersee ein. Äsche, Elritze und Nase kommen in der Sarneraai vor, dies vor allem oberhalb vom Wichelsee. Diese könnten demnach sporadisch im Alpnachersee auftauchen. Der Sonnenbarsch war im See bereits bekannt (pers. Mitteilung Armin von Deschwanden).

4.3.5 Artenvielfalt der Felchen

Die Felchentaxonomie der Vierwaldstätterseefelchen ist derzeit in Revision (O. Selz, EAWAG). Potenziell können im Alpnachersee dieselben Felchenarten vorkommen wie auch im restlichen Vierwaldstättersee. Steinmann betrachtete den Alpnachersee auch nicht als separaten See, sondern als Teil des Vierwaldstättersees [18]. Erste genetische Erkenntnisse scheinen darauf hinzuweisen, dass ein Grossteil der im Alpnachersee lebenden Felchen genetisch den

Felchen vom Sarnersee und den Balchen vom Vierwaldstättersee ähnlich sind. Albeli kommen anscheinend weniger vor. Diese Ergebnisse sind jedoch noch nicht definitiv und müssen noch bestätigt werden (pers. Mitteilung O. Selz, EAWAG). Wir verzichten daher auf den Versuch, die im Rahmen dieser Befischungen gefangenen Felchen den einzelnen Arten zuzuweisen und behandeln sie in den Auswertungen als *Coregonus sp.*



Abbildung 4-9. Felche aus dem Alpnachersee.

4.3.6 Weitere erwähnenswerte Fänge

Sehr positiv und bisher eher selten bei den standardisierten Seebefischungen ist der Nachweis von Bachneunaugen. Im Alpnachersee wurde ein Exemplar bei der Mündung des Hüenerbachs gefangen. Barben wurden im Mündungsbereich der Sarneraa nachgewiesen. Gründlinge bei der Mündung der Kleinen Schliere. Erfreulich war auch der Fang von mehreren Bartgrundeln. Diese hielten sich insbesondere im Flachwasserbereich beim Stansstader Ried auf. Bei den elektrischen Befischungen wurde im Städerried auch ein Aal gefangen.

Sehr häufig gefangen wurden die drei eingeführten Arten Sonnenbarsch, Zander und insbesondere der Kaulbarsch. Der Kaulbarsch ist auch im Vierwaldstättersee recht häufig. Sonnenbarsche konnten im Vierwaldstättersee bei den «Projet Lac»-Befischungen nicht nachgewiesen werden und Zander nur an einem Standort [14].



Abbildung 4-10. Links: Sonnenbarsch. Rechts: Zander. Beides sind eingeführte Arten, die heute im Alpnachersee häufig vorkommen.

4.3.7 CEN-Netze und Konfidenzintervalle

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

Die Resultate (Tabelle 4-3) zeigen, dass die Streuung für die meisten Arten im Bereich von ca. 50% liegt.

Somit kann eine zukünftige Zunahme oder Abnahme der Fänge einer Art um mehr als ca. 50% bei den meisten Arten als signifikant betrachtet werden. Insgesamt entspricht diese Varianz den Erwartungen der CEN prEN 14757 Norm [9]. Zukünftige repräsentative Befischungen können somit statistisch mit denen von 2018 verglichen werden.

Tabelle 4-3. Zusammenstellung der Konfidenzintervallschätzungen für die Fänge mit den CEN-Netzen. Angegeben sind die minimale Anzahl (Min), die mittlere Anzahl (Mittel) die maximale Anzahl (Max), die pro Art für den gegebenen Aufwand erwartet werden können, die untere (5%) und die obere Konfidenzgrenze (95%).

Fischart			Konfidenz CEN Befischungen (benthische Netze)				
Familie	Name	Latain	Minimum	0.05	Mittelwert	0.95	Maximum
Percidae	Flussbarsch	Perca fluviatilis	831	1'221	1'692	2'228	2'920
Cyprinidae	Rotauge	Rutilus rutilus	304	448	582	726	863
Percidae	Kaulbarsch	Gymnocephalus cernua	246	360	529	707	914
Cyprinidae	Laube	Alburnus alburnus	2	8	20	34	46
Coregonidae	Felchen, Art unbest.	Coregonus sp.	17	20	23	26	29
Centrarchidae	Sonnenbarsch	Lepomis gibbosus	6	25	50	79	115
Cyprinidae	Alet	Squalius cephalus	0	1	5	10	17
Percidae	Zander	Sander lucioperca	5	21	38	58	75
Cyprinidae	Brachsme	Abramis brama	1	11	38	75	122
Cyprinidae	Schleie	Tinca tinca	4	11	16	22	27
Esocidae	Hecht	Esox lucius	6	10	18	26	35
Cyprinidae	Rotfeder	Scardinius sp	2	7	20	36	53
Cyprinidae	Blicke	Blicca bjoerkna	0	0	1	3	5
Cyprinidae	Hasel	Leuciscus leuciscus	0	3	9	16	26
Total			1'715	2'430	4'429	3'390	5'547

4.3.8 Habitatnutzung

4.3.8.1 Habitattypen

Anzahl (NPUE)

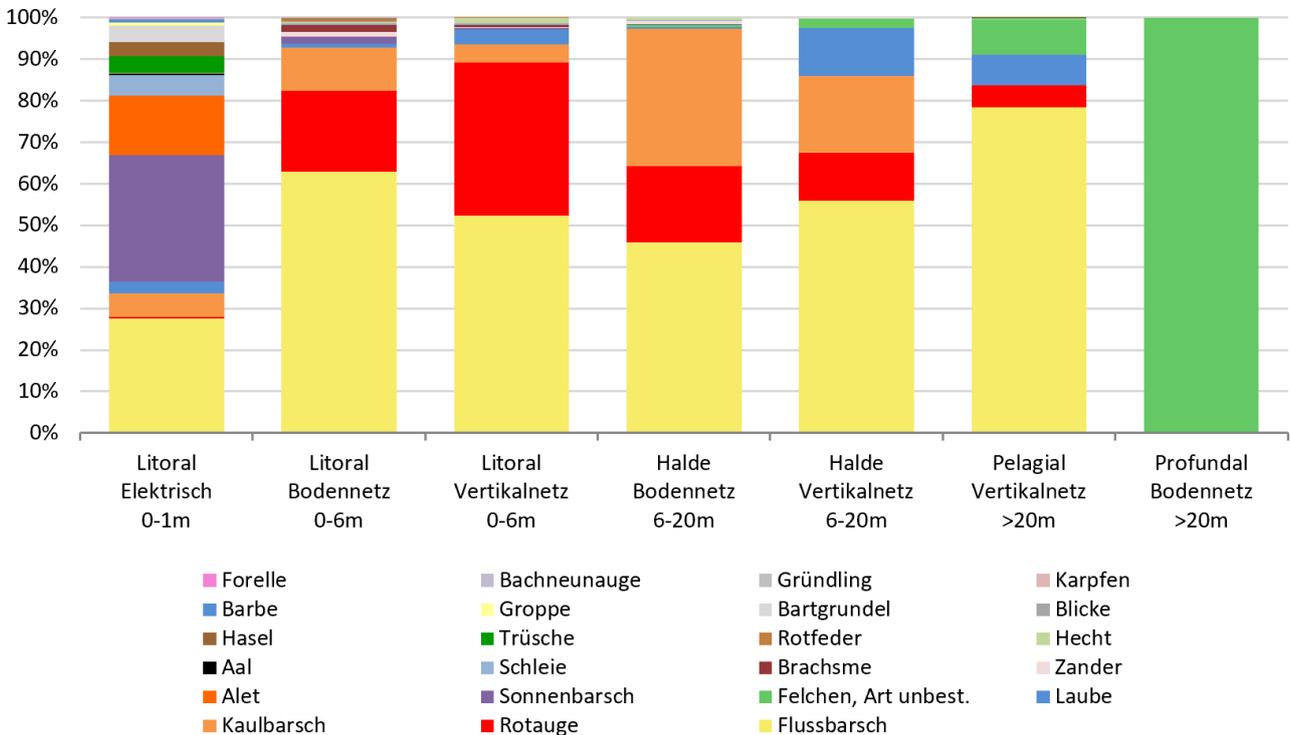


Abbildung 4-11. Jeder Balken zeigt den Anteil der verschiedenen Arten im Fang (Biomasse) für die verschiedenen Habitats (Litoral, Halde, Pelagial, Profundal) und Befischungsmethoden (Elektrisch, Bodennetz, Vertikalnetz).

Die Fangwahrscheinlichkeit ist je nach Standort und Fischart im See unterschiedlich (Abbildung 4-11). Im

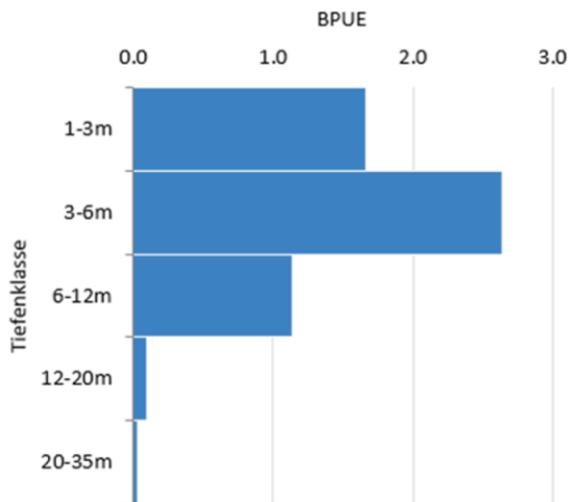
Fall des Alpnersees ist – wie in allen bisher untersuchten Seen – die grösste Artenvielfalt im Litoral

und an der Halde gefangen worden. In Ufernähe (Litoral) dominieren Arten wie Sonnenbarsch, Flussbarsch, Kaulbarsch und Rotaugen. An der Halde wurden viele Flussbarsche und Kaulbarsche gefangen. Es wurden aber auch Rotaugen, Lauben und vereinzelt auch Felchen gefangen. Im Pelagial dominiert ebenfalls der Flussbarsch, aber auch Felchen, Laube und

Rotaugen kommen vor. Sogar Zander wurden vereinzelt im Offenwasser gefangen. Das Profundal schliesslich wird ab und zu von Felchen frequentiert. Wobei zu erwähnen ist, dass nur sehr wenige Fische in der Tiefe gefangen wurden.

4.3.8.2 Tiefenverteilung

Bodennetze / Alle Arten



Vertikalnetze / Alle Arten

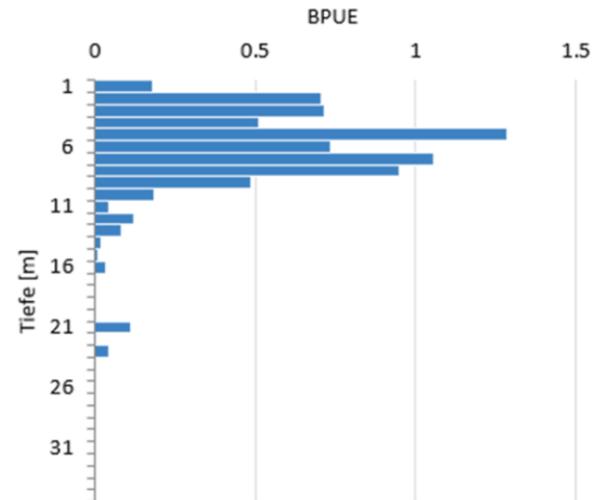


Abbildung 4-12. Die Biomasse (BPUE) der gefangenen Fische dargestellt für verschiedene Tiefen. Links: für Bodennetze in Tiefenklassen. Rechts: für pelagische Vertikalnetze.

Die höchste Fischdichte in benthischen Netzen für alle Fischarten wurde in Tiefen zwischen 0 und 12 m beobachtet (Abbildung 4-12). Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche, Rotaugen und Kaulbarsche zurückzuführen. Unter 12 m wurden nur sehr wenige Fische gefangen.

In den Vertikalnetzen wurden nur bis in eine Tiefe von 25 m Fische gefangen. Die höchsten Dichten wurden dabei zwischen 0 und 10 m beobachtet. Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche, Rotaugen, Kaulbarsche, Lauben und Felchen zurückzuführen.

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

- Es wurden keine Fische unterhalb von 25 m gefangen.

- Trübschen besiedeln den See bis 23 m Tiefe.
- Felchen wurden maximal in einer Tiefe von 25 m gefangen.
- Alet und Hasel wurden wie fast in allen untersuchten Seen nur sehr oberflächennah gefangen.
- Flussbarsche befinden sich insbesondere zwischen 0 und 9 m Tiefe.
- Hechte wurden in 0 bis 11 m Tiefe gefangen, also vergleichsweise tief.
- Zander wurden am häufigsten zwischen 3 und 10 m gefangen.
- Sonnenbarsche wurde vor allem oberflächennah gefangen, maximal jedoch in 9 m Tiefe.
- Kaulbarsche wurden bis in eine Tiefe von 15 m nachgewiesen, hauptsächlich jedoch zwischen 3 und 12 m Tiefe.

4.3.9 Geografische Verteilung der Fänge

Der Flussbarsch dominiert in Ufernähe, ist aber auch in den pelagialen Zonen des Sees weit verbreitet (Abbildung 4-13). Die geografische Verteilung der Felchen zeigt, dass sie im Pelagial stark vertreten sind. In den ufernahen Zonen des Alpnachersees kommen sie weniger vor. Dies entspricht etwa der typischen Verteilung, die in einem wenig tiefen, oberflächenwarmen voralpinen See erwartet werden kann.

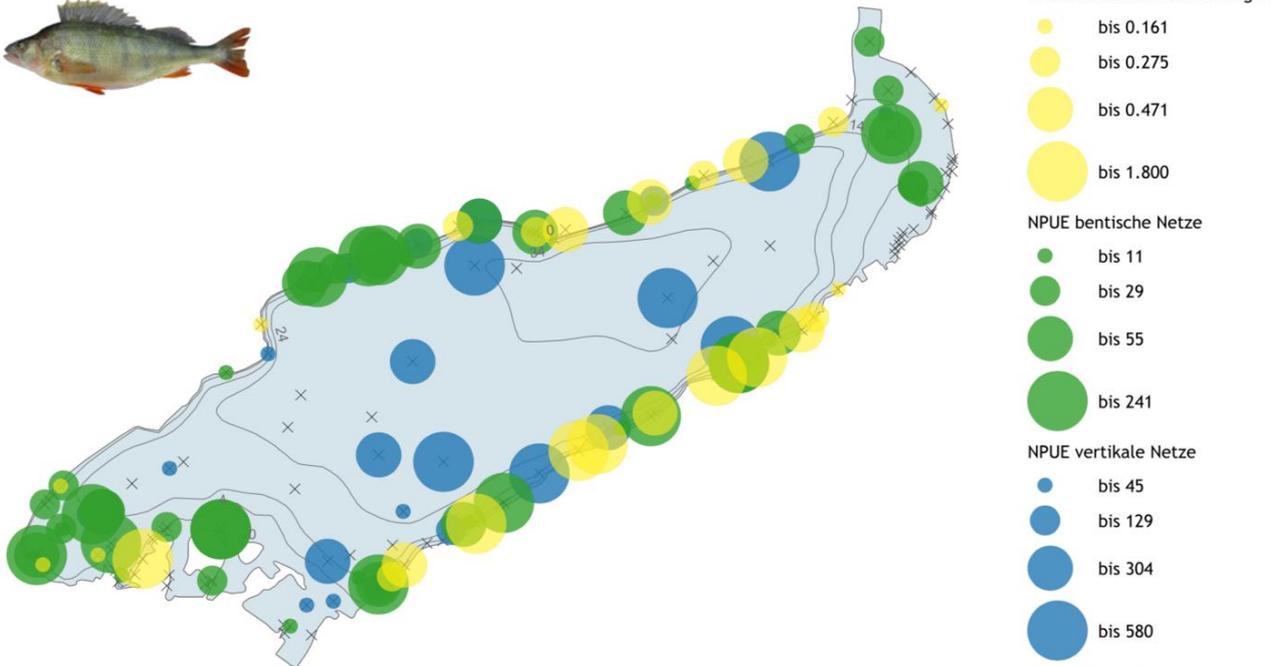
Auffällig ist die geografische Verteilung der Alet-, Hasel-, Rotfeder- und Bartgrundelfänge (siehe Anhang). Während Blicken fast ausschliesslich in den Flachwasserzonen am Südwestende des Sees zu finden sind, wurden Bartgrundeln ausschliesslich im Nordosten in der Nähe des Stansstader Rieds nachgewiesen. Die Alet wurden hingegen in beiden genannten Lebensräumen häufiger gefangen, kaum aber an anderen Orten im See. Rotfedern wiederum wurden ähnlich wie die Blicken am Südende des Sees häufiger gefangen, kommen aber auch oft am "Ausfluss" im Norden vor.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass auch im Alpnachersee für gewisse Arten ausgeprägte geografische Muster erkennbar sind. Diese scheinen zumindest teilweise in Zusammenhang mit dem Grad der Natürlichkeit der Ufer und der Ausdehnung der Flachufer zu stehen.

Die Kombination von Fangtiefe und Standort im See zeigt zudem im Detail, wie die Fische im Raum verteilt sind (Abbildung 4-14). Ungewöhnlich ist, dass

nur wenige Fische unterhalb von 15 m vorkommen. Nur einzelne Felchen und Trütschen wurden darunter gefangen. Im Spätsommer sind die Lebensbedingungen für die Fische in diesen Tiefen demnach nicht optimal.

Flussbarsch (*Perca fluviatilis*)



Z

Felchen (*Coregonus spp.*)

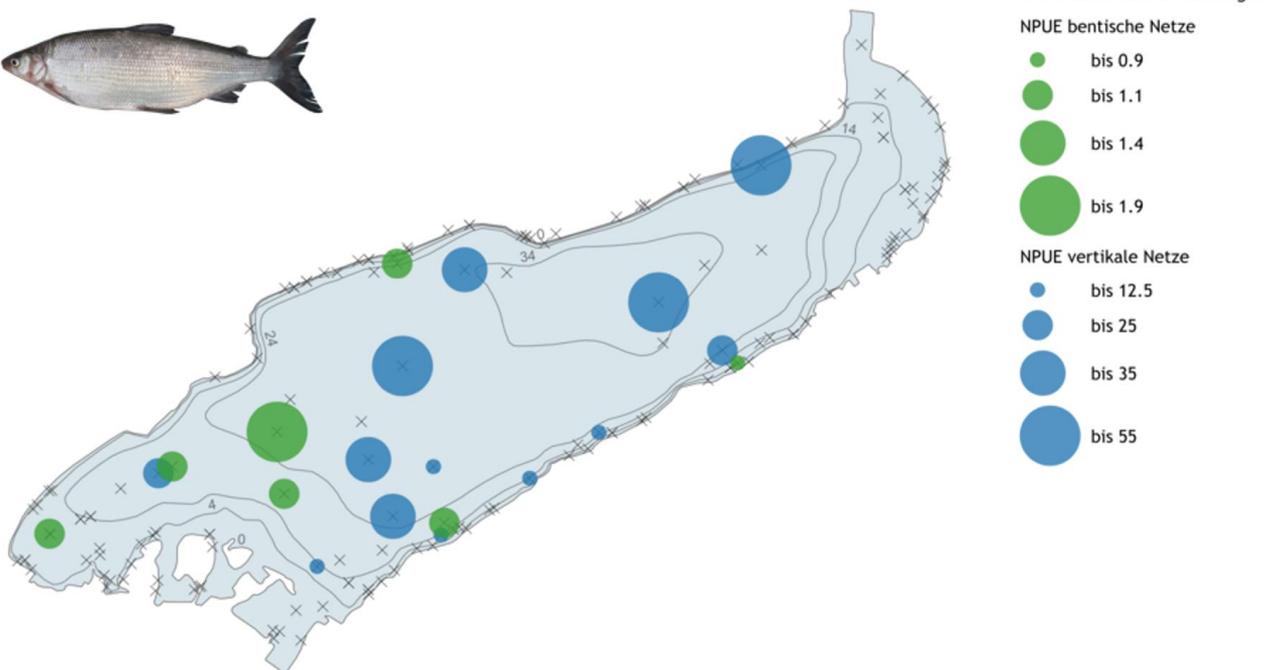


Abbildung 4-13. Geografische Verteilung der Flussbarsch- und Felchenfänge im Alpnachersee (alle Protokolle). Die Karten für alle anderen Arten befinden sich im Anhang.

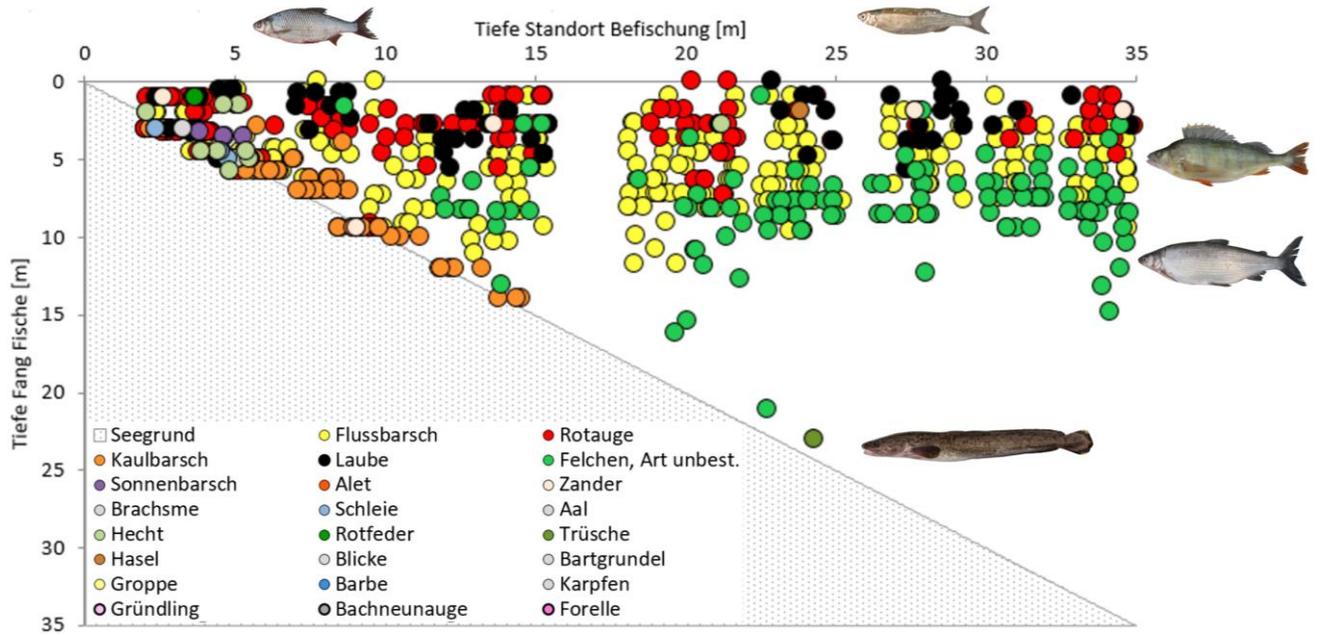


Abbildung 4-14. Dargestellt sind die mit Vertikalnetzen gefangenen Fische (Punkte) also Kombinationen zwischen Fangtiefe (Y-Achse) und geografischer Verteilung (Tiefe, in der ein Netz gesetzt wurde, X-Achse).

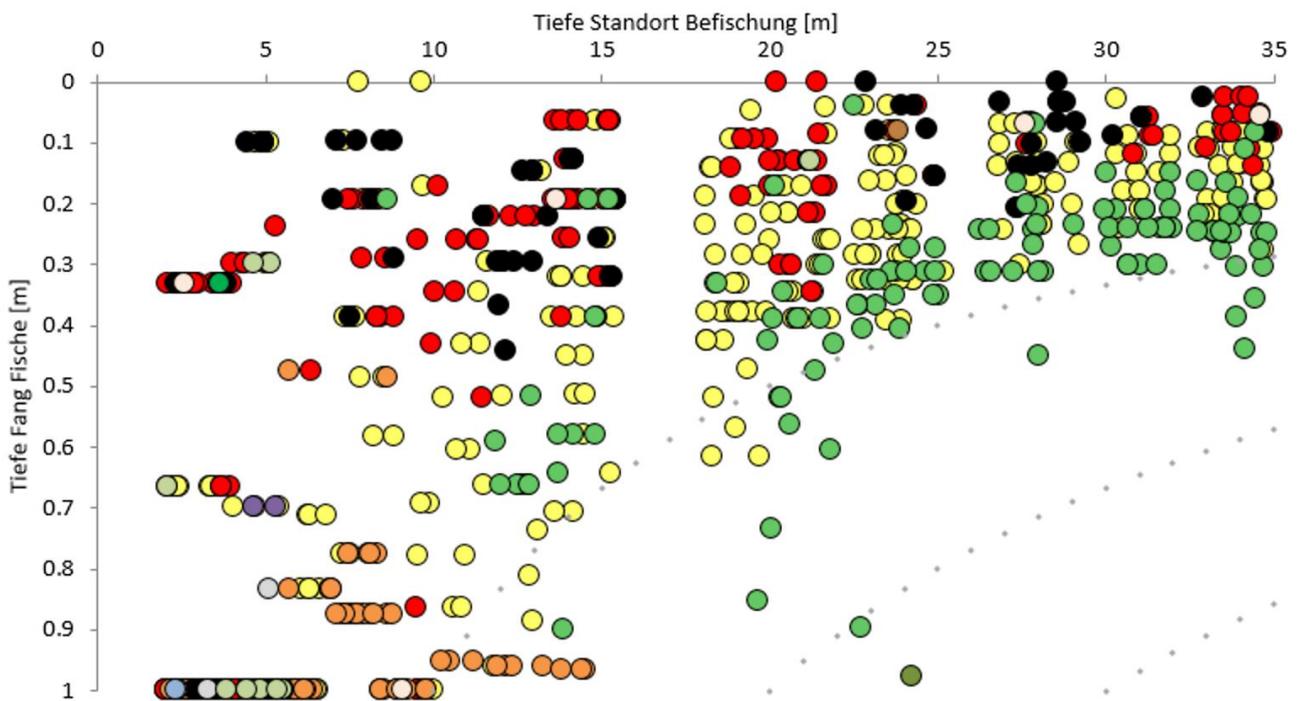


Abbildung 4-15: Darstellung des obersten Meters, aufgeschlüsselt nach Tiefe des Befischungsstandortes. Links liegt das Ufer, rechts die Seemitte. Legende analog Abbildung 4-14.

4.3.9.1 Uferhabitats

Die Resultate der elektrischen Befischung zeigen eine heterogene Verteilung der Fische in den verschiedenen Uferhabitats (Abbildung 4-16). Auffällig ist die hohe Dichte in strukturreichen Habitats wie Zuflüssen, Blöcken, Steinen sowie im Totholz.

Wie in vielen Seen, ist auch im Alpnachersee bei den Zuflüssen die höchste Artenvielfalt zu beobachten.

Die Schnittstelle zwischen fließendem und stehendem Wasser ist demnach ein Hotspot der Fischartenvielfalt.

Deutlich weniger Fische wurden in wenig strukturierten Habitats wie Blöcke ohne Interstitial, Steine + Kies, Seerosen, Kies, Feinsedimente sowie Fels/hart verbaut gefangen.

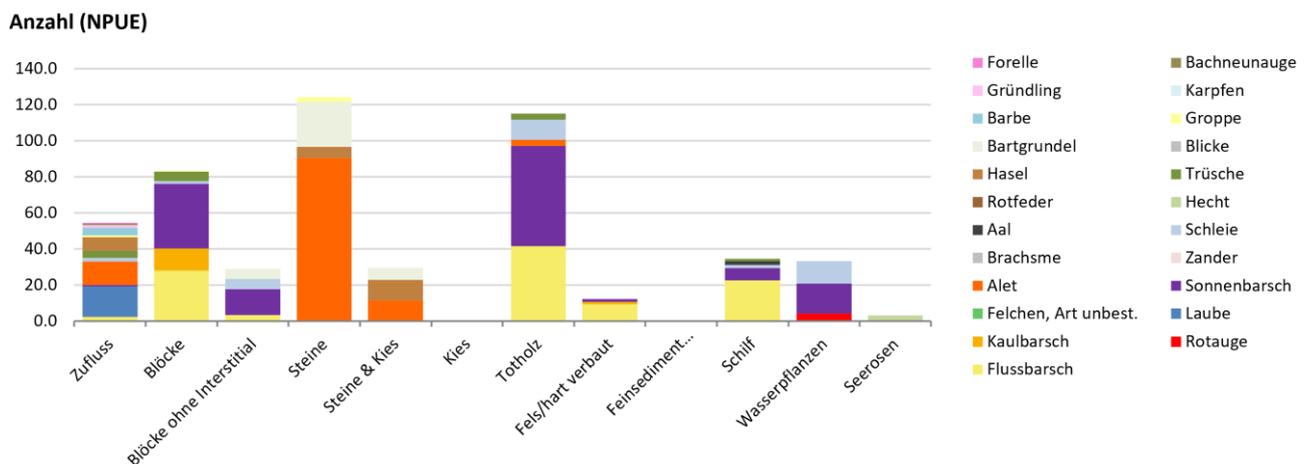


Abbildung 4-16. Anzahl Fische, korrigiert für die befischte Fläche, die mittels Elektrofischerei in den verschiedenen Habitats gefangen wurden.

Am meisten positive Zusammenhänge mit gewissen Fischarten (Tabelle 4-4) zeigen die Habitats Zufluss, Blöcke und Steine. Von Fischen gemieden wurde Kies und mineralisches Feinsediment.

Stark mit den Zuflüssen assoziiert sind Laube, Barbe, Gründling, Bachneunauge und Forelle. Da einige dieser Arten typische Fließgewässerarten sind, ist das wenig überraschend (juvenile Forellen, Barbe und Bachneunauge). Hechte wurden vor allem in Seerosen und Rotaugen ausschliesslich in Wasserpflanzen gefangen. Kaulbarsche kommen überwiegend in Blöcken vor. Hingegen wurden Flussbarsche, Sonnenbarsche, Schleien und Trüschchen in einer Vielzahl von Habitats gefangen.

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

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

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

Fischart	Zufluss	Blöcke	Blöcke ohne Interstitial	Steine	Steine & Kies	Kies	Totholz	Fels/hart verbaut	Feinsediment mineralisch	Schilf	Wasserpflanzen	Seerosen
N tot = 66	N=6	N=16	N=3	N=4	N=4	N=1	N=6	N=7	N=5	N=8	N=3	N=3
Flussbarsch	-0.7	2.4	-0.6	-1.0	-1.0	-1.0	4.0	0.1	-1.0	1.7	-1.0	-1.0
Rotauge	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	12.0	-1.0
Kaulbarsch	-1.0	10.6	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.4	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Laube	12.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Sonnenbarsch	-0.9	2.5	0.4	-1.0	-1.0	-1.0	4.5	-0.9	-1.0	-0.3	0.6	-1.0
Alet	0.3	-1.0	-1.0	8.1	0.1	-1.0	-0.7	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Schleie	-0.2	-0.4	1.1	-1.0	-1.0	-1.0	3.2	-1.0	-1.0	-0.3	3.7	-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	12.0
Trüsche	2.6	4.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	2.2	-1.0	-1.0	0.2	-1.0	-1.0
Hasel	1.7	-1.0	-1.0	1.2	3.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Bartgrundel	-1.0	-1.0	0.6	6.4	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Groppe	2.5	0.6	-1.0	6.9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Barbe	12.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Aal	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	12.0	-1.0	-1.0
Gründling	12.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Bachneunauge	12.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Forelle	12.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Mittelwert	3.5	0.5	-0.7	0.6	-0.6	-1.0	0.1	-0.8	-1.0	0.1	0.1	-0.2

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

4.4 Fischereiliche Aspekte

4.4.1 Längenselektivität der Maschenweiten

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

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

4.4.2 Längenverteilung

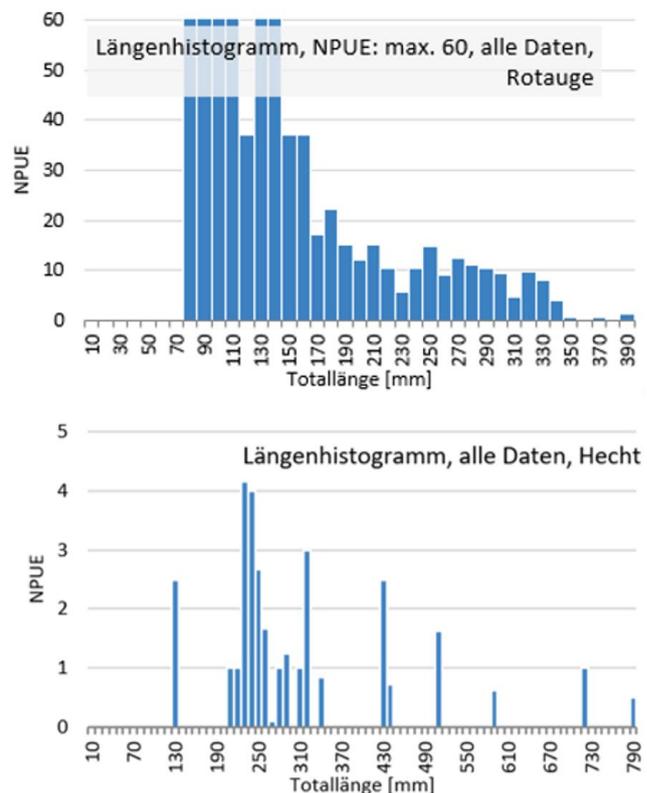
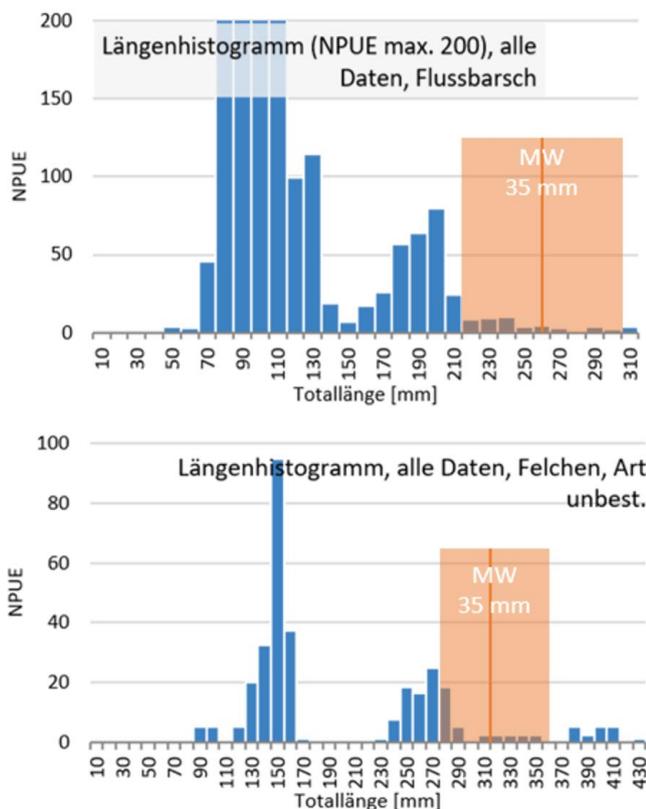


Abbildung 4-17. Längenverteilung der Flussbarsche, Rotaugen, Felchen und Hechte der standardisierten Befischungen im Alpnersee. Bei den Felchen und Flussbarschen ist ausserdem die Längenverteilung der Fänge mit einer Maschenweite von 35 mm eingetragen. Die minimal zulässige Maschenweite für die Netzfischerei im Alpnersee beträgt 34 mm, diese wurden jedoch im Rahmen des Projekts nicht eingesetzt.

Die Längenverteilungen (Abbildung 4-17) belegen für die am häufigsten gefangenen Arten ein gutes Jungfischauftreten.

Die 0+-Kohorte ist bei den Flussbarschen wie in den meisten mesotrophen Seen sehr stark ausgeprägt. Demgegenüber fallen die geringen Dichten bei grösseren Flussbarschen auf. Ab einer Länge von 210 mm wurden nur noch wenige Flussbarsche gefangen. Bloss 14 Flussbarsche waren zwischen 260 und

310 mm lang. Über 310 mm wurden keine Flussbarsche gefangen. Ob dabei die Fischerei eine Rolle spielt kann nicht beurteilt werden.

Bei den Felchen ist der Fang von kleinen Fischen (< 100 mm) mit Kiemennetzen wenig effizient, weshalb eine geringe Fangzahl in dieser Grössenklasse nicht überraschend ist. Interessant ist die Abnahme der Häufigkeit der Felchenfänge sobald sie durch die für die Netzfischerei zugelassenen Maschenweiten

effizient gefangen werden können. Es wurden aber auch grössere Felchen gefangen, der Befischungsdruck scheint demnach eher mässig zu sein.

Die Histogramme der Rotaugen- und Hechtfänge zeigen ein gutes Aufkommen von Jungfischen. Ältere

Tiere sind bei beiden Arten vergleichsweise häufig. Eine mögliche Auswirkung der Netzfischerei auf die Längenzusammensetzung des Bestands ist bei diesen Arten nicht ersichtlich.

4.4.3 Vergleich mit Fangstatistik

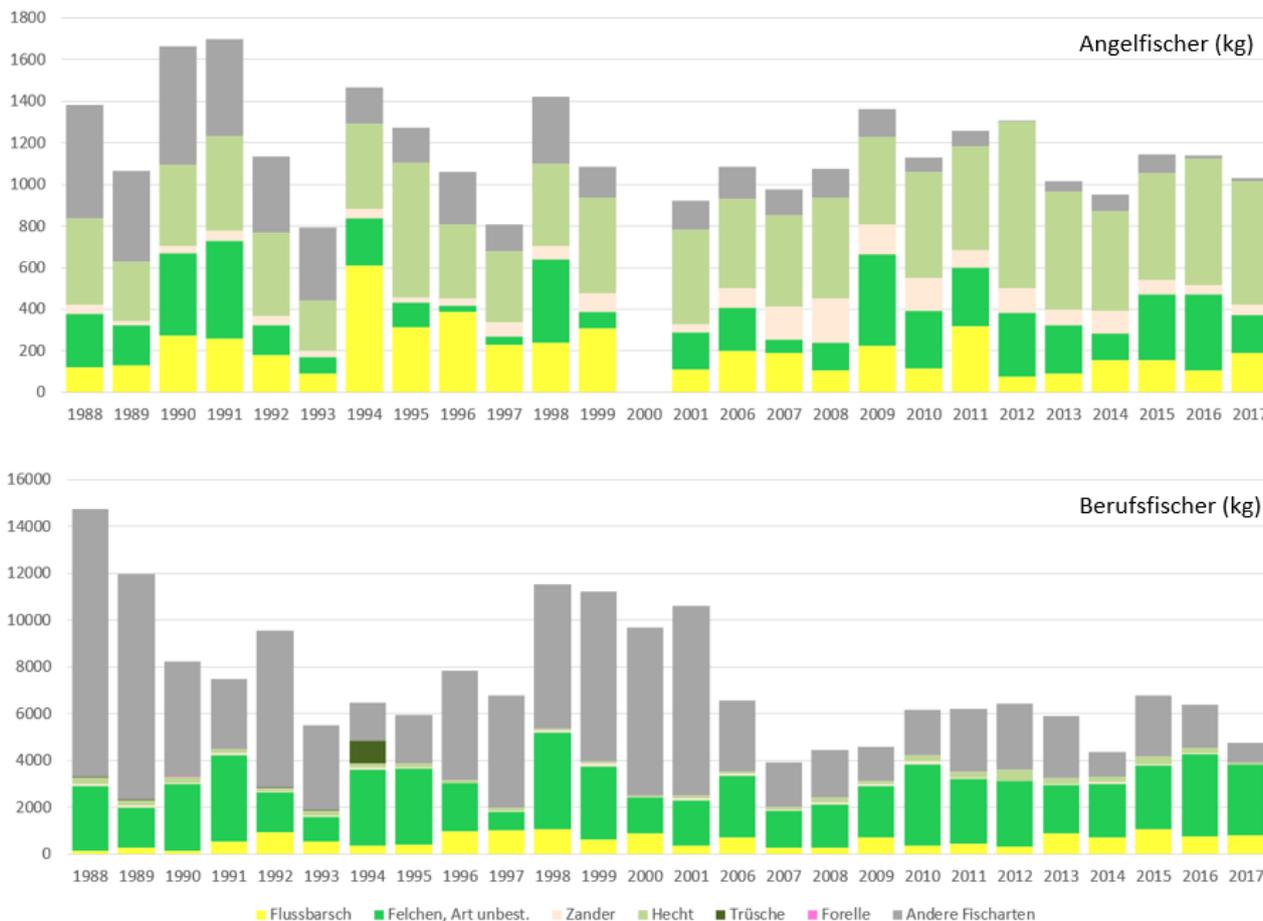


Abbildung 4-18. Entwicklung der Angler- (Obwaldner Patente) und Berufsfischerfänge (Ganzer See) im Alpnachersee zwischen 1988 und 2017 (Quelle: Kanton Obwalden).

Die Angler- und Berufsfischerfänge wurden ab 1988 ausgewertet. Die Anglerfänge im Obwaldner Seeteil (Abbildung 4-18) sind seit vielen Jahren insgesamt relativ stabil. Daten für den Kanton Nidwalden liegen nicht vor. In einzelnen Jahren wie 1993 oder 1997 sind die Fänge im Vergleich tief. Innerhalb einer Art treten aber durchaus recht starke Schwankungen auf, z.B. bei den Felchenfängen. Über die gesamte Zeitperiode kann nicht von rückläufigen Fängen der

Angelfischer gesprochen werden. Die Artzusammensetzung verändert sich aber im Laufe der Zeit. Während früher mehr Flussbarsche und Cypriniden gefangen wurden, sind danach vermehrt Zander in den Fängen zu finden. Allgemein scheint der Hecht der wichtigste Zielfisch für Angler zu sein.

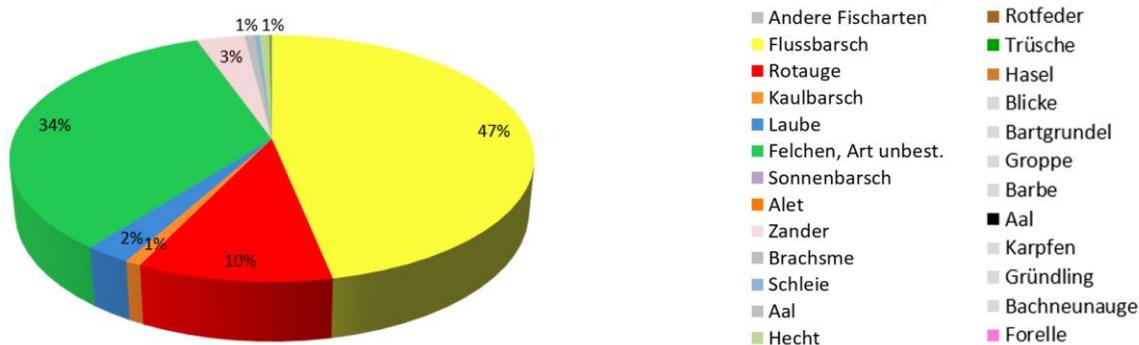
Der Totalfang des Berufsfischers ist nach 2006 zurückgegangen. Allerdings fielen auch zwischen 1993 und 1997 die Fänge geringer aus. Wird die

Artenzusammensetzung genauer betrachtet, fällt jedoch auf, dass die Felchen-, Flussbarsch- und Hechtfänge stabil geblieben sind. Nach 2006 wurden vor allem viel weniger Cypriniden gefangen. Das betrifft vor allem Brachsmen, Hasel, Alet, Schleien, Karpfen und Barben. Nach Angaben des Kantons Obwalden liegt das vor allem daran, dass der Berufsfischer heute nicht mehr gezielt auf Cypriniden fischt. Früher hatte er einen Grosskunden, der diese Fische bestellte.

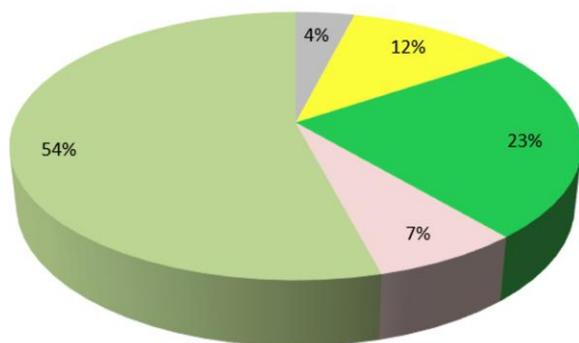
Der Vergleich der relativen Häufigkeiten der Fischarten in den Angelfischerfängen und den Berufsfischerfängen mit den Daten der standardisierten Befischungen zeigt eine Überschätzung der Abundanz der Hechte und Felchen in den Fischereistatistiken. Eine Unterschätzung zeigt sich vor allem in den Fängen der Flussbarsche und allen nicht durch die Fangstatistik erfassten Arten (Abbildung 4-19).

Insgesamt weichen die relativen Häufigkeitsschätzungen der verschiedenen Fischarten der standardisierten Fänge recht stark von der Fischfangstatistik ab. Dabei sind besonders die häufig gefangenen Arten der Fischfangstatistik und der standardisierten Befischungen relevant. Diese Resultate bestätigen, dass Angel- und Netzfischer gezielt gewisse Fischarten und -größen befischen. Sie bestätigen damit auch, dass standardisierte und nicht gezielte Abfischungen erforderlich sind, um eine vergleichbare Einschätzung (zwischen verschiedenen Seen und innerhalb eines Sees über die Zeit) der Fischartenzusammensetzung zu erhalten, da der Fangaufwand der Angel- und Berufsfischer in der Regel nicht bekannt ist.

standardisierte Fänge (VOL BPUE, 2018)



Angelfischer (kg, 2012-2017)



Berufsfischer (kg, 2012-2017)

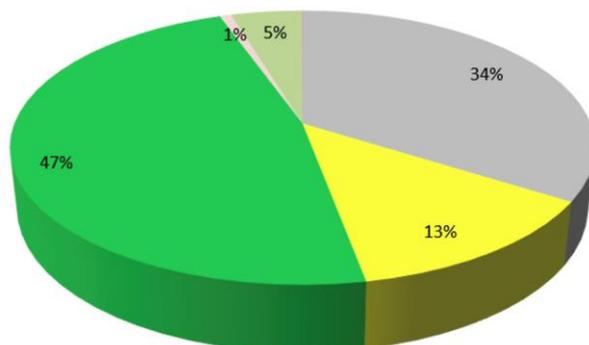


Abbildung 4-19. Anteil der verschiedenen Fischarten im Fang der Angelfischerfänge (Mittelwert von 2012-2017), der Berufsfischerfänge (Mittelwert von 2012 – 2017) und der standardisierten Befischungen (volumenkorrigierte Biomasse).

4.5 Vergleiche mit anderen Seen

4.5.1 Fischbestand

Im Vergleich mit anderen Alpenrandseen und aufgrund der für die Netzfläche und die Verfügbarkeit der Habitate korrigierten Fänge [12] entspricht der Alpnachersee heute einem Flussbarschsee (Abbildung 4-20).

Die relative Häufigkeit der Felchen ist vergleichsweise klein. Das kommt daher, dass Flussbarsche im Pelagial weit verbreitet sind und häufiger gefangen wurden als Felchen. Dies gilt insbesondere für 0+ Flussbarsche.

Interessant ist auch der Vergleich mit dem Vierwaldstättersee. Dieser ist ein Felchensee an der Grenze zu einem Seesaiblingsee. Neben einer hohen relativen

Häufigkeit der Felchen sind Saiblinge im Vierwaldstättersee häufig. Dafür wurden im Pelagial kaum Flussbarsche gefangen. Diese sind jedoch im Alpnachersee sehr häufig. Im Alpnachersee wurden gar keine Seesaiblinge gefangen. Auch die Felchenfänge fallen geringer aus als im Vierwaldstättersee. Der Fischbestand des Alpnachersees unterscheidet sich folglich markant vom Fischbestand im restlichen Vierwaldstättersee. Dies dürfte hauptsächlich den unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften in den beiden Seeteilen geschuldet sein. So ist der Vierwaldstättersee deutlich tiefer als der Alpnachersee und weist in der Tiefe kein Sauerstoffdefizit auf.

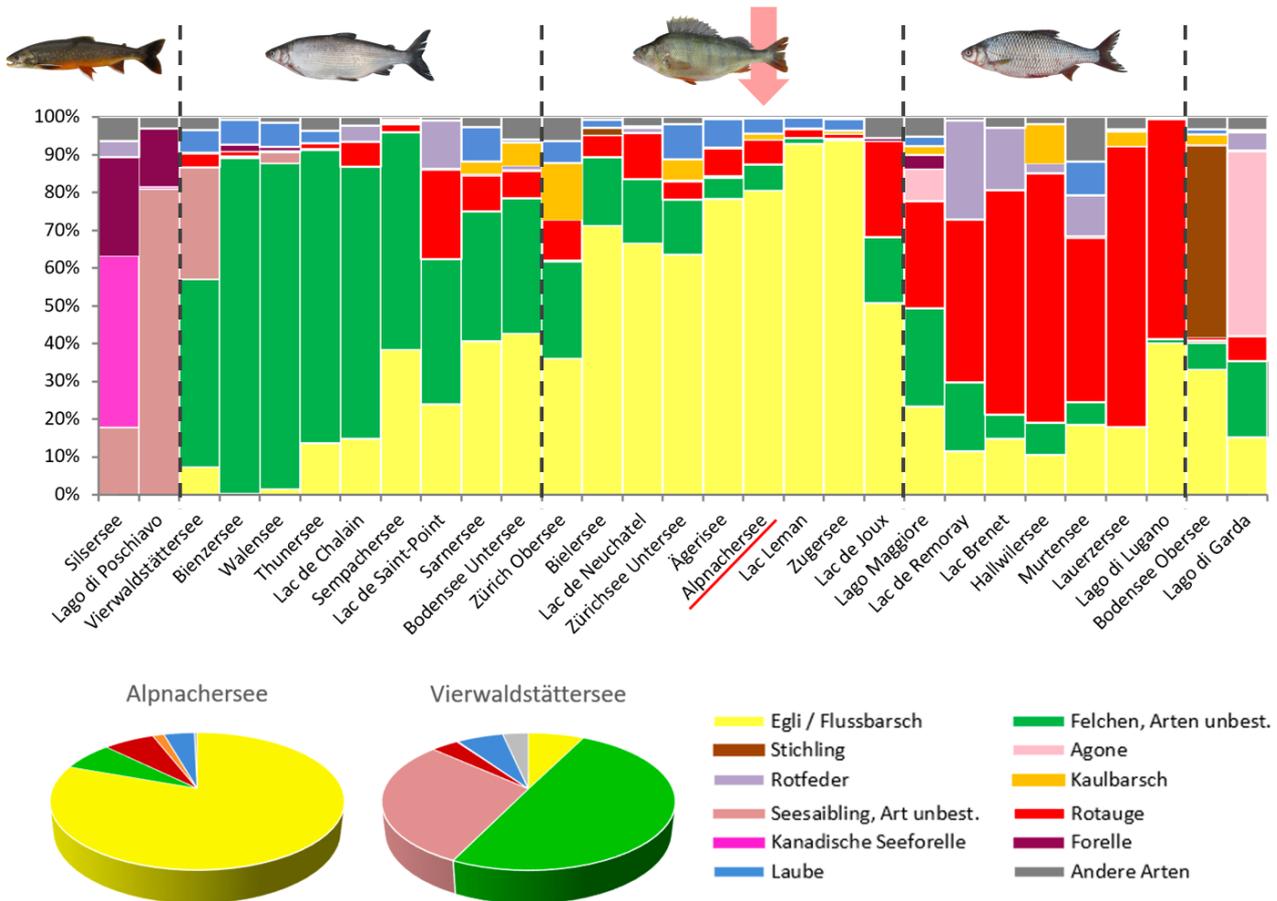


Abbildung 4-20. Vergleich der relativen Häufigkeit der Fänge der einzelnen Arten (Anzahl Fische), die in den verschiedenen Seen in Vertikalnetzen gefangen wurden. Die Daten sind volumenkorrigiert (vgl. Kapitel 5.3.3), um zwischen den Seen besser vergleichen zu können [12].

4.5.2 Angel- und Berufsfischerfänge

Die im Mittel zwischen 2013 und 2017 durch den Berufsfischer gefangene Fischmenge fällt im Alpna-chersee im Vergleich mit anderen Voralpenseen eher ergiebig aus (Abbildung 4-21). Es ist zu beachten, dass die Fangmengen in der Abbildung für die Seeflä- che korrigiert wurden, jedoch nicht für den Fangauf- wand (CPUE).

Bei den Angelfischern ist der Hektarertrag im schweizweiten Vergleich im Mittelfeld angesiedelt. Hier liegt die Fischfangstatistik jedoch nur für den Obwaldner Seeteil vor. Die Anglerfänge wurden da- her auch nur für die Fläche des Kantons Obwalden korrigiert.

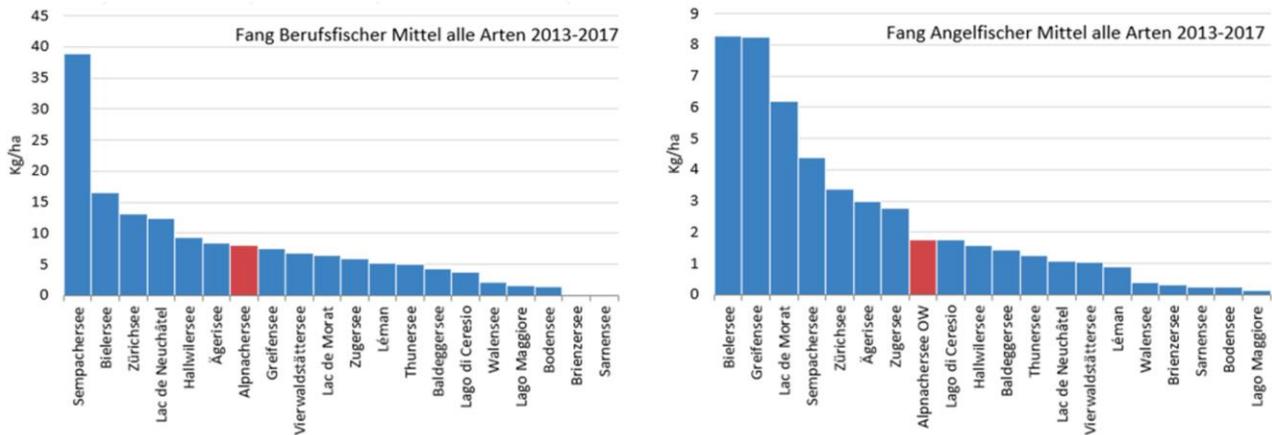


Abbildung 4-21. Mittelwert der Berufsfischerfänge von 2013-2017 und der Angelfischerfänge von 2013-2017 in verschiedenen Schweizer Seen (Daten BAFU). Die Fangmengen sind korrigiert für die Seefläche, jedoch nicht für den Fischereiaufwand. Dieser ist nicht bekannt.

5 Synthese

5.1 Ökologische Bewertung des Alpachersee

5.1.1 *Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers*

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

Der Alpachersee kann als Nebensee/Becken des Vierwaldstättersees betrachtet werden. Der See ist ein wenig tiefer, heute meso- bis oligotropher und eher oberflächenwarmer Voralpensee. Die anthropogene Nährstoffbelastung war im See während den 1970er-Jahren sehr ausgeprägt. Seit den Höchstständen hat sich die Nährstoffbelastung im See reduziert.

Trotzdem kann bis heute in der Tiefe und während der Schichtung des Sees eine markante Sauerstoffzehrung beobachtet werden. Unterhalb von 10 m

Tiefe wird während der Schichtung im Herbst regelmässig weniger als 4 mg/l Sauerstoff gemessen. Während der Frühlingszirkulation werden alle Tiefen ausreichend mit sauerstoffreichem Wasser versorgt.

Der Sauerstoffmangel schränkt die verfügbaren Habitate für Fische saisonal entlang des Tiefengradienten ein. Ob sich das Sauerstoffdefizit in den tieferen Schichten des Alpachersees in absehbarer Zukunft reduziert, bleibt abzuwarten.

Insgesamt muss der limnologische Zustand des Sees als beeinträchtigt beurteilt werden. Dies ist insbesondere der erhöhten Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser geschuldet.

5.1.2 *Uferhabitate*

Die Habitatkartierung des Alpachersees zeigt im Litoral einen hohen Anteil an strukturierten Habitaten wie Schilf und Wasserpflanzen. Aber auch Zuflüsse und Blöcke kommen vor. Diese Habitate bieten den Fischen am Ufer gute Versteckmöglichkeiten. Insgesamt ist der Anteil der litoralen Habitate an der Seefläche im Vergleich zum grösseren Vierwaldstättersee entsprechend hoch (18%).

Die Uferlinie und damit die Vernetzung mit dem Umland ist im Alpachersee jedoch beeinträchtigt. So sind ca. 44% der Uferlinie verbaut. Es handelt sich dabei mehrheitlich um Mauern und Blockwürfe. Diese stehen grösstenteils mit Hafenanlagen, Strassen am Seeufer und Siedlungen/Industrie (z.B. Rotzloch) im Zusammenhang.

Die längsten zusammenhängenden naturnahen Ufer liegen im Südosten unterhalb des Hinterbergwalds und sind nur schwer zugänglich. Weitere naturnahe Ufer finden sich beim Städerried sowie bei Stansstad. Es muss jedoch erwähnt werden, dass im Delta der Sarneraa bis 2009 kommerziell Kies gewonnen wurde. Das vermindert den ökologischen Wert des Deltas stark. Es ist allerdings eine Revitalisierung in diesem Bereich geplant, die ab 2019 umgesetzt werden soll.

Insgesamt kann der Zustand der Uferhabitate im Wasser als naturnah bezeichnet werden. Die Uferlinie ist jedoch stark verbaut und vielerorts naturfremd. Die Vernetzung der Uferhabitate mit dem Umland ist somit ungenügend. Darüber hinaus ist das Delta der Sarneraa im heutigen Zustand stark beeinträchtigt.

5.1.3 Artenvielfalt und standardisierte Befischungen

Im Rahmen dieses Projektes wurden im Alpnachersee 23 Fischarten gefangen (Felchen als Artengruppe als eine Art eingerechnet). Davon sind 20 Arten aufgrund von Literaturangaben standortgerecht und 21 laut VBGF einheimisch. Drei (Kaulbarsch, Zander, Sonnenbarsch) gelten aufgrund der Literaturangaben als standortfremd. Einige der im Rahmen der standardisierten Befischungen nicht gefangenen Arten wurden in den letzten Jahren in der Sarneraai beobachtet (Äsche, Elritze, Nase). Der Seesaibling kommt im Vierwaldstättersee häufig vor und dürfte von Zeit zu Zeit in den Alpnachersee einschwimmen. Der Wels hingegen wurde seit einiger Zeit nicht mehr festgestellt.

In den volumenkorrigierten Fängen aus der standardisierten Befischung des Alpnachersees findet sich ein hoher Anteil an Flussbarschen. Wird die Biomasse des Sees nach Volumen korrigiert, folgen den Flussbarschen die Felchen. Die standardisierten Fänge werden demnach von Flussbarschen und Felchen dominiert. Dies weil Felchen im Pelagial und Flussbarsche am Ufer, an der Halde und im Pelagial sehr häufig gefangen wurden. Damit entspricht der Alpnachersee heute einem Flussbarschsee. Natürlicherweise würde er aufgrund seiner Grössen- und

Tiefenverhältnisse vermutlich zwischen einem Flussbarschsee und einem Felchensee liegen.

Zudem besiedeln Fische nicht die gesamte Seetiefe. Unterhalb von 25 m wurden keine Fische gefangen. Ein Teil des bevorzugten Lebensraumes von Gropen, Trütschen und Felchen wird damit temporär nicht genutzt. Das dürfte auf die saisonal sehr tiefen Sauerstoffwerte in der Tiefe zurückzuführen sein.

Der Anteil an standortfremden Arten im Fischbestand ist mässig. Kaulbarsche, Zander und Sonnenbarsch kommen in signifikanten Mengen im See vor. Ihre Verbreitung hält sich aber in Grenzen und sie sind weniger häufig als in anderen Seen.

Insgesamt kann die Fischartenzusammensetzung im Alpnachersee als relativ naturnah bezeichnet werden. Der fischökologische Zustand muss aufgrund der sehr hohen Dichte an Flussbarschen und Rotaugen, einiger standortfremder Arten und dem Fehlen von Fischen in der Tiefe als beeinträchtigt eingestuft werden.

5.2 Fischereiliche Nutzung

Die flächenkorrigierten Fangzahlen im Alpnachersee liegen für den Berufsfischer im schweizweiten Mittelfeld. Im Vergleich zur Periode zwischen 1988 und 2000 ist der Totalfang des Berufsfischers nach 2006 allerdings zurückgegangen. Das liegt hauptsächlich daran, dass einige Cypriniden heute viel weniger gefischt werden als früher. Die Fänge der vom Berufsfischer bevorzugten Felchen sind seit langem stabil und mit vergangenen Fangzahlen vergleichbar. Felchen machen beinahe die Hälfte des Fangs aus.

Für die Angelfischer scheint der Alpnachersee ebenfalls attraktiv zu sein. Die flächenkorrigierten Fangzahlen liegen im schweizweiten Mittelfeld. Für Angelfischer ist der Hecht der mit Abstand wichtigste

Zielfisch. Er macht durchschnittlich mehr als die Hälfte der Fänge aus. Je nach Jahr spielen auch Zander, Flussbarsche und Felchen eine wichtige Rolle. Von einem Fangrückgang kann bei den Angelfischern nicht gesprochen werden. Gegenüber den Jahren zwischen 1988 und 1999 sind die Fangzahlen ab 2006 stabiler und schwanken weniger. Ausserdem werden auch hier heute weniger Cypriniden gefangen als früher.

Beide fischereilich stark genutzten Fischarten, Hecht und Felchen, kommen in den Fängen der Berufs- und Angelfischer häufiger vor als in den Fängen der standardisierten Befischung. Dies zeigt, dass gewisse Arten von den Fischern sehr gezielt gefangen werden

und daher in Fangstatistiken deutlich häufiger auftreten als in standardisierten Fängen.

Der Befischungsdruck scheint insgesamt und im Vergleich mit anderen Seen mässig zu sein. Es kommen aber auffällig wenig grössere Flussbarsche im See vor. Bei den Rotaugen scheint der Befischungsdruck tief zu sein. Allgemein sind die Längenzusammensetzungen der häufigen Arten eher natürlich, was gegen einen sehr hohen Befischungsdruck spricht.

Der Alpnachersee bietet Anglern und dem Berufsfischer gute fischereiliche Bedingungen. Die Fangzahlen der fischereilich beliebten Arten sind gut und über die Jahre gesehen stabil. Die nutzbaren Bestände sind gegenüber den schweizweit attraktivsten Seen aber geringer.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Mit der vorliegenden Studie wurde die Fischfauna im Alpnachersees erstmals mit einem methodisch standardisierten Verfahren erhoben. Bei der intensiven und aufwendigen Beprobung in der Zeit vom 10. bis zum 13. September 2018 handelt es sich um eine Momentaufnahme des Fischbestands, die während der Schichtung des Sees und ausserhalb der Fortpflanzungszeit der meisten Fischarten erhoben wurde. Das standardisierte Vorgehen erlaubt eine Charakterisierung des heutigen Fischvorkommens und ermöglicht einen Vergleich mit den anderen 29 Schweizer Seen, die nach demselben Ansatz beprobt wurden. Ebenso kann die Entwicklung des Fischbestands, auch der fischereilich nicht relevanten Arten, über die Zeit wissenschaftlich verfolgt werden. Diese Aufnahme hat nicht den Anspruch, ein vollständiges Bild über den Fischbestand im Alpnachersee und deren Änderung im Jahresverlauf geben zu können.

Der Alpnachersee ist ein meso- bis knapp oligotropher See, der im Verlauf des letzten Jahrhunderts durch die Eutrophierung stark beeinträchtigt wurde. Dabei ist die natürliche Fischartenvielfalt im See teilweise erhalten geblieben. Heute weist der See in der Tiefe ab ca. August ein Sauerstoffdefizit auf. Die Sauerstoffzehrung ist unterhalb von 10 m sehr hoch und schränkt den Lebensraum im Profundal stark ein. Die Seeufer sind teilweise recht stark verbaut und schränken den Lebensraum der Fische ein, insbesondere entlang des Nordostufers.

Fische besiedeln Anfang Herbst nur einen Teil des Lebensraumes. Sie kommen insbesondere in den ersten 15 m vor. Die tieferen Bereiche wurden zum Zeitpunkt der standardisierten Befischungen wegen der geringen Sauerstoffkonzentration im Wasser dieser Schichten nicht genutzt. Ebenfalls auffällig ist das geringe Vorkommen von grösseren Individuen der Flussbarsche. Weiter konnten sich einige standortfremde Arten im See etablieren (Zander, Kaulbarsch,

Sonnenbarsch). Sie sind heute recht häufig, was insbesondere für den Kaulbarsch gilt.

Der fischökologische Zustand des Alpnachersees wird heute als beeinträchtigt angesehen. Gründe dafür sind die mässige Prävalenz von standortfremden Arten, das Sauerstoffdefizit in der Tiefe, der Verbauungsgrad der Ufer und der Zuflüsse. Der Befischungsdruck insgesamt scheint eher moderat zu sein.

Wo möglich sollten Massnahmen getroffen werden, um den Zustand des Sees bzgl. Morphologie und Wasserqualität zu verbessern. Gerade bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung sollte darauf geachtet werden, dass biologische Hotspots, die sich in Seen unter anderem bei Zu- und Ausflüssen befinden, prioritär revitalisiert werden. Genau so wie dies bei der Sarneraa geplant ist. Auf Eingriffe wie Kiesentnahmen und neue Uferverbauungen sollte aus ökologischer Sicht verzichtet werden. Ausserdem ist zu empfehlen, dass eine möglichst natürliche Dynamik des Sees und somit Seespiegel-schwankungen in Zukunft zugelassen werden. Nur so können vielfältige Uferhabitate entstehen und erhalten bleiben. Letzteres betrifft die Seeregulierung des Vierwaldstättersees in Luzern.

Schliesslich zeigt die Befischung des Alpnachersees, wie wichtig standardisierte und dadurch vergleichbare Aufnahmen der Fischfauna nach der Methodik des «Projet Lac» sind. Sie erlaubt einen Einblick in die Bestände von befischten und wenig befischten Fischarten. Weiter legen die Aufnahmen offen, wie sich die Fische im Raum des Sees und über die Habitate verteilen. Auch zeigen sie, wo Defizite in der Qualität der Lebensräume, beispielsweise in der Tiefe des Sees oder bei den stark verbauten Ufern, zu finden sind. Anhand dieser Aufnahme wird es in Zukunft möglich sein, die Entwicklung der Fischfauna im Alpnachersee wissenschaftlich 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 Aufwandeinheit 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 Phosphorzufuhr 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).

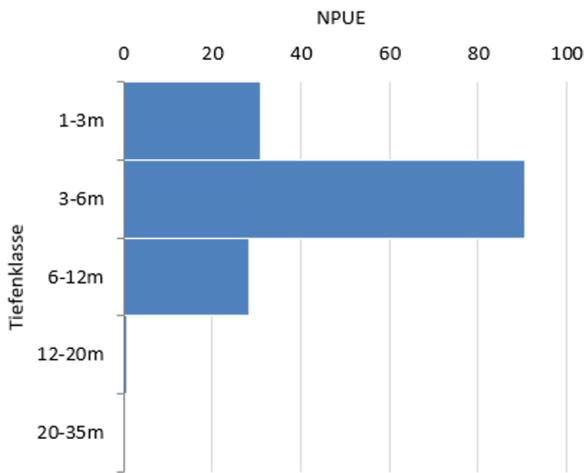
8 Literaturverzeichnis

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. Landschaft und Kultur Obwalden. Die Hinterlassenschaft der letzten Eiszeit.
6. Degiorgi, F. 1994. Etude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. **Besançon**: Université de Franche-Comté.
7. Degiorgi, F., J. Guillard, J. P. Grandmottet, and D. Gerdaux. 1993. Les techniques d'étude de l'ichtyofaune lacustre utilisés en France: bilan et perspectives. *Hydroécol. Appl.* 5: 27–42.
8. Schwimmclub Oberursel e.V. Der Aufbau heimischer Seen.
9. DIN EN 14757. 2015. *Wasserbeschaffenheit - Probenahme von Fischen mittels Multi-Maschen-Kiemen-netzen; Deutsche Fassung EN 14757:2015*. DIN - Normausschuss Wasserwesen (NAW).
10. 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.
11. Kanton Obwalden. 2016. *Messungen entlang von Tiefenprofilen im Alpnachersee*. Sarnen: Kanton Obwalden, Abteilung für Umwelt.
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. Alexander, T.J., and P. Vonlanthen. 2017. *Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischgemeinschaft im Vierwaldstättersee*. Kastanienbaum: EAWAG.
15. Nufer, W. 1905. Die Fische des Vierwaldstättersees und ihre Parasiten. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern* 5.
16. Hartmann, G. L. 1827. *Helvetische Ichthyologie, 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. Steinmann, P. 1950. Monographie der schweizer Koregonen. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 12+13.
19. Fujimori, Y., and T. Tokai. 2001. Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. *Fisheries Science* 67: 644–654.
20. Regier, H.A., and D.S. Robson. 1966. Selectivity of Gill Nets Especially to Lake Whitefish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 23: 423–454.

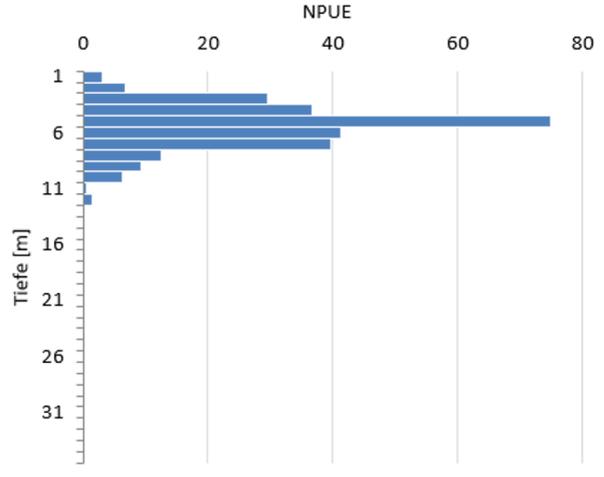
9 Anhang

9.1 Tiefenverteilung der Fänge

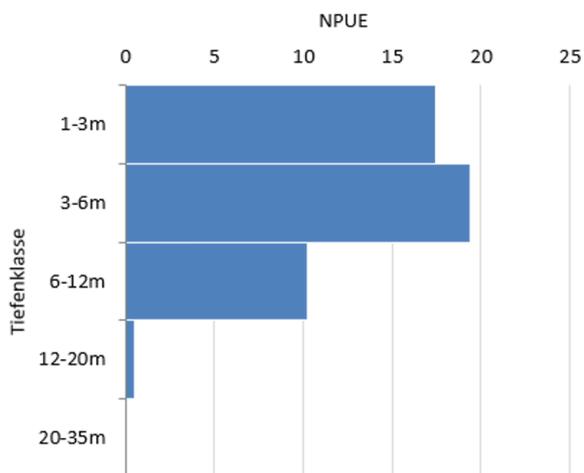
Bodennetze / Flussbarsch



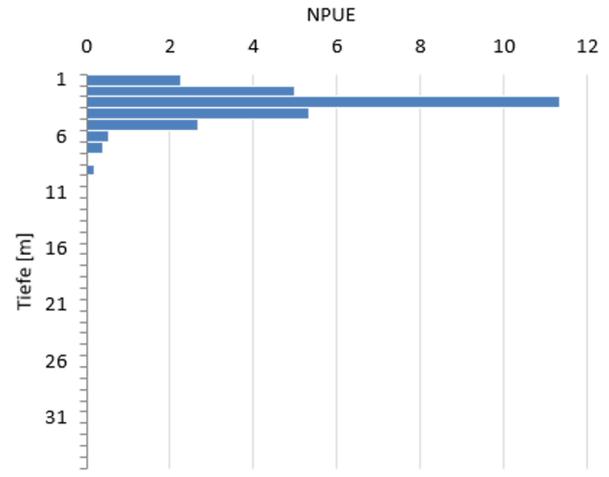
Vertikalnetze / Flussbarsch



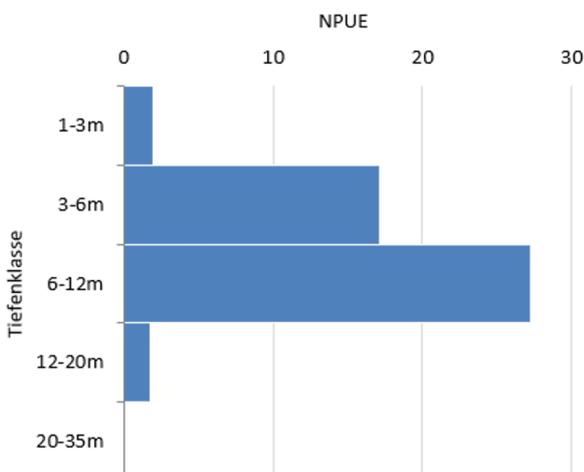
Bodennetze / Rotauge



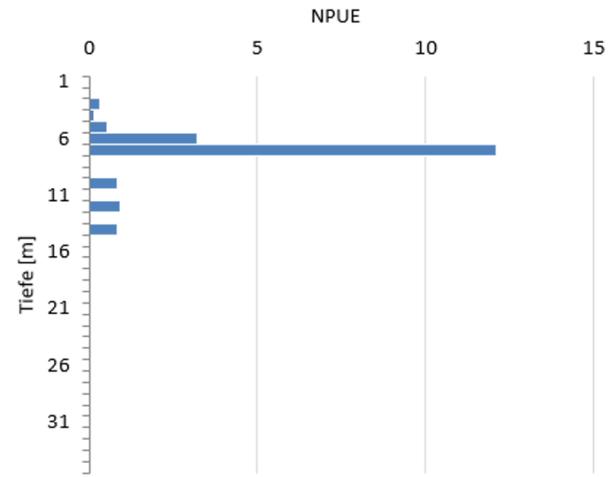
Vertikalnetze / Rotauge



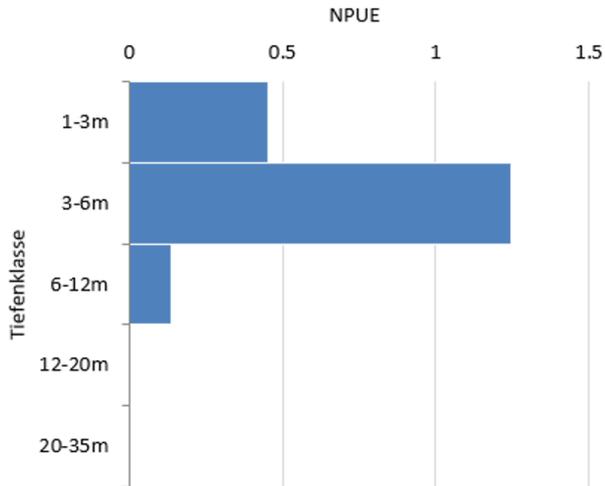
Bodennetze / Kaulbarsch



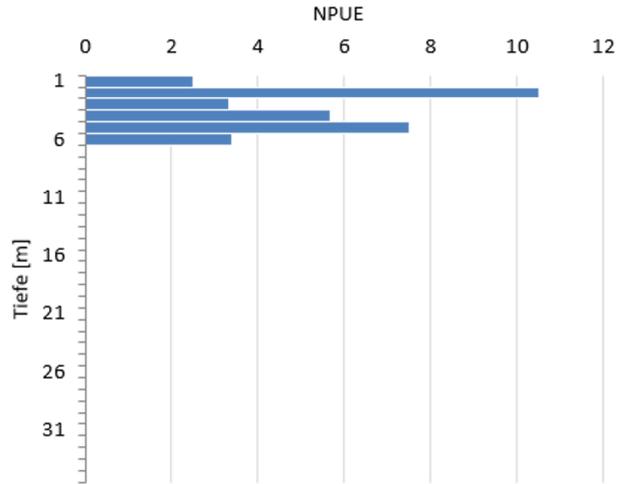
Vertikalnetze / Kaulbarsch



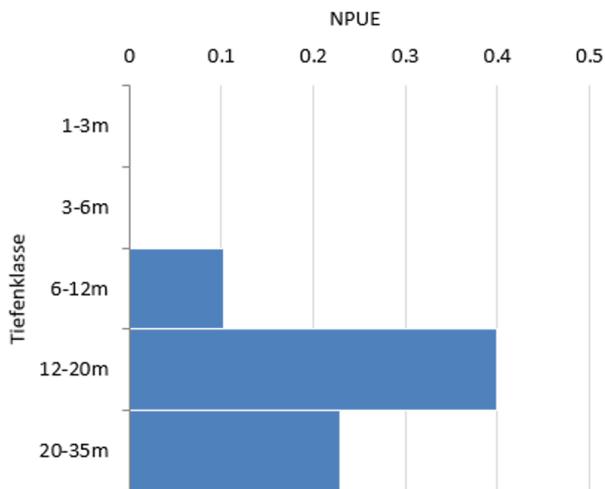
Bodennetze / Laube



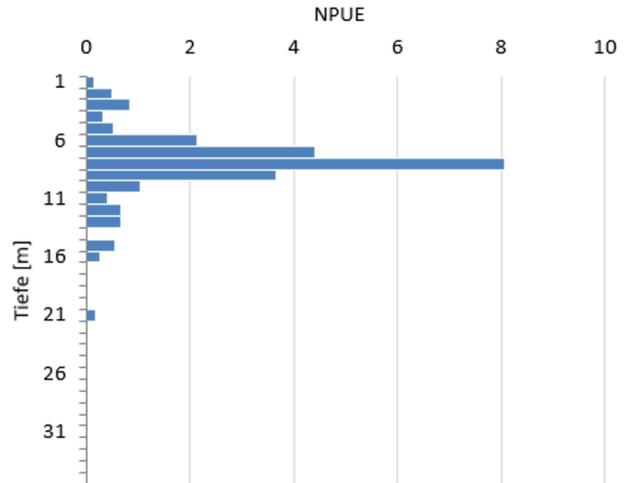
Vertikalnetze / Laube



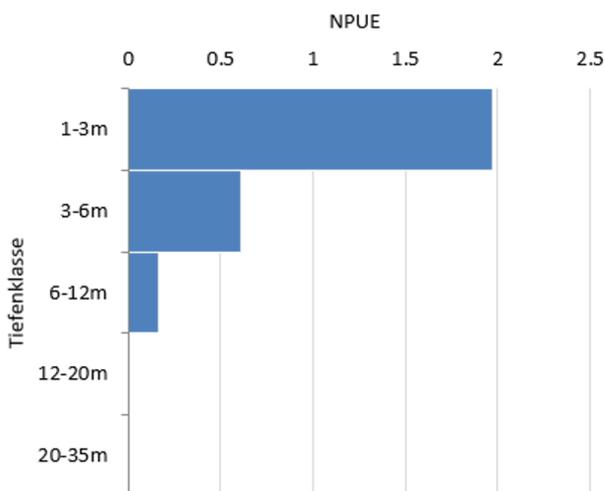
Bodennetze / Felchen, Art unbest.



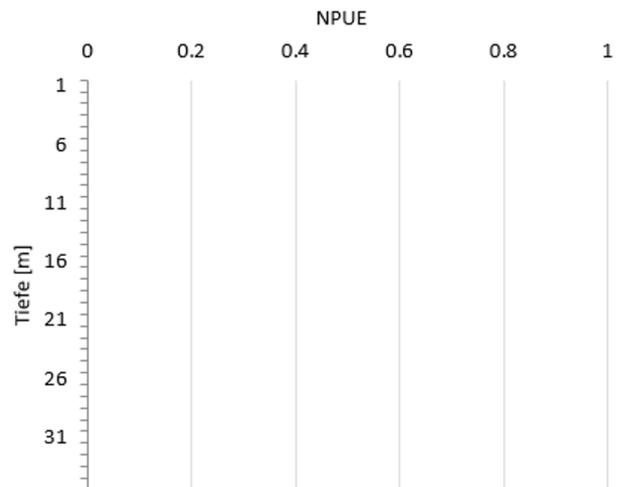
Vertikalnetze / Felchen, Art unbest.



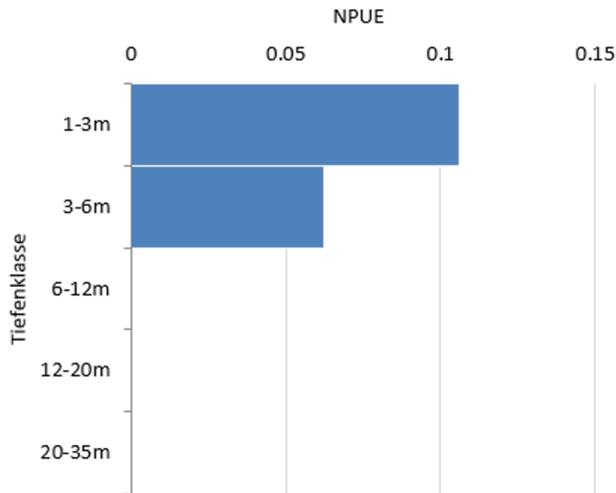
Bodennetze / Sonnenbarsch



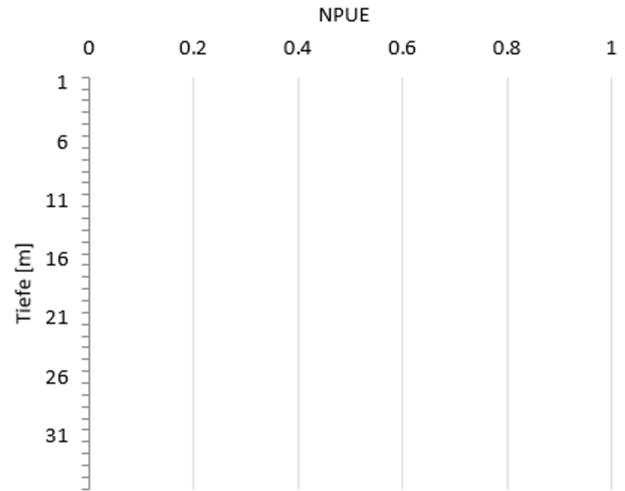
Vertikalnetze / Sonnenbarsch



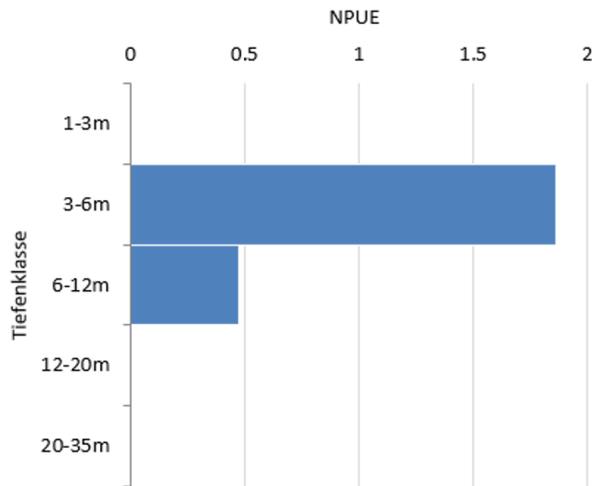
Bodennetze / Alet



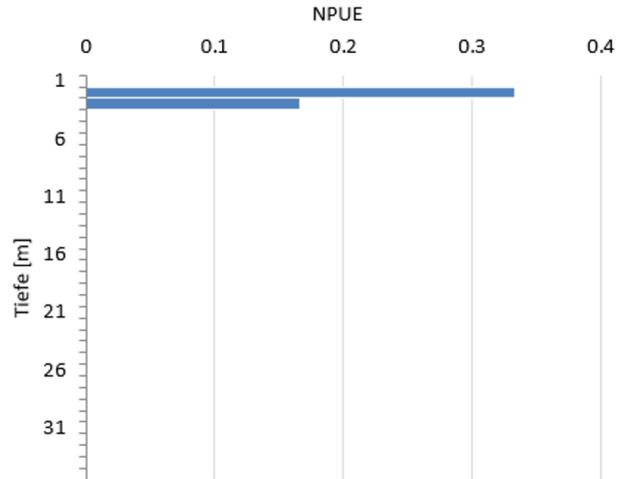
Vertikalnetze / Alet



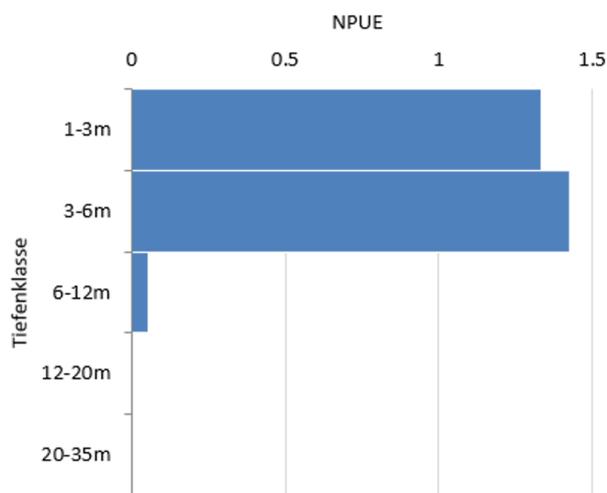
Bodennetze / Zander



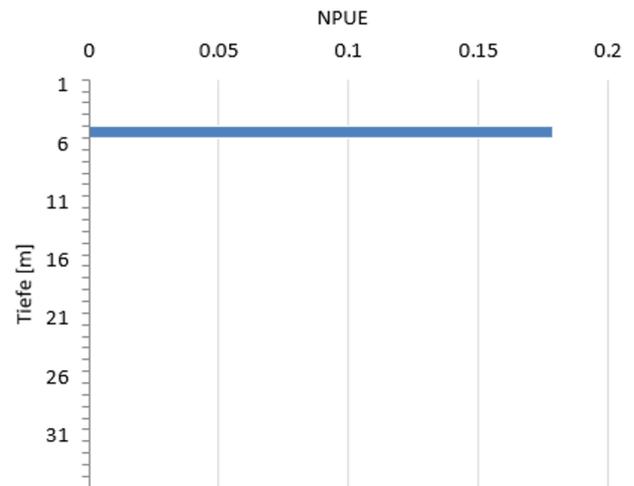
Vertikalnetze / Zander



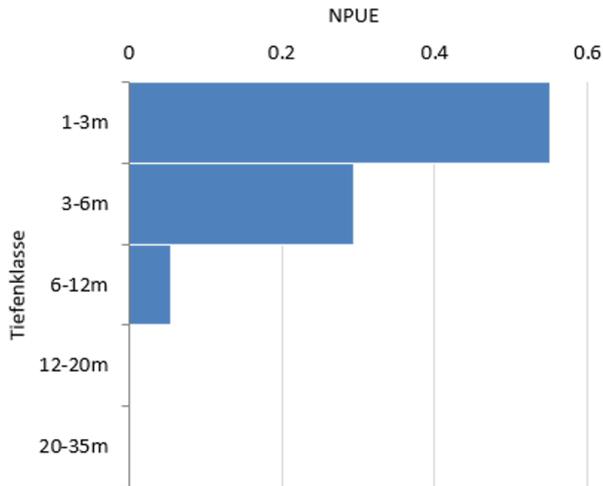
Bodennetze / Brachse



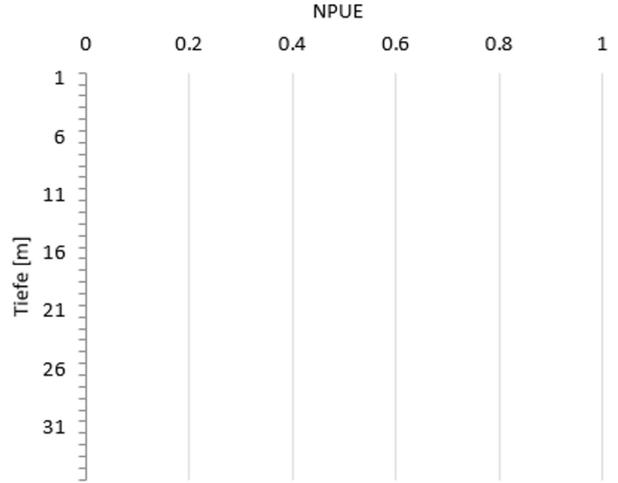
Vertikalnetze / Brachse



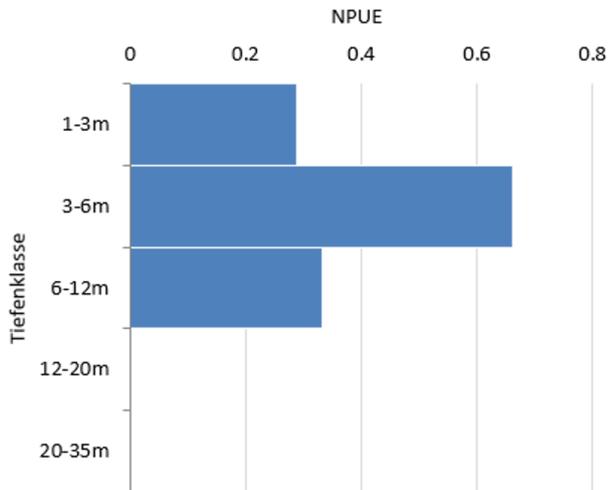
Bodennetze / Schleie



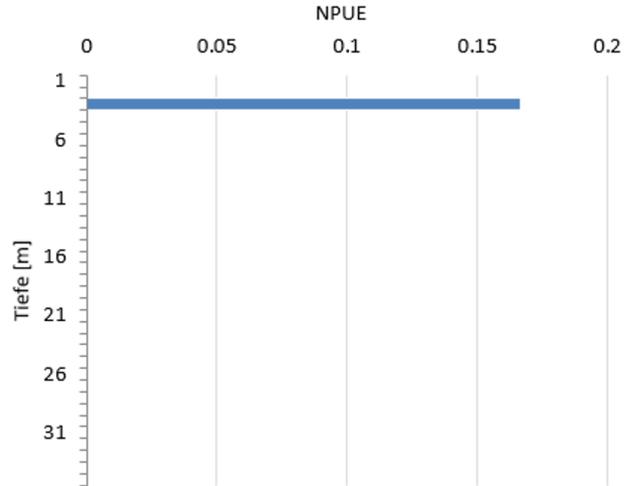
Vertikalnetze / Schleie



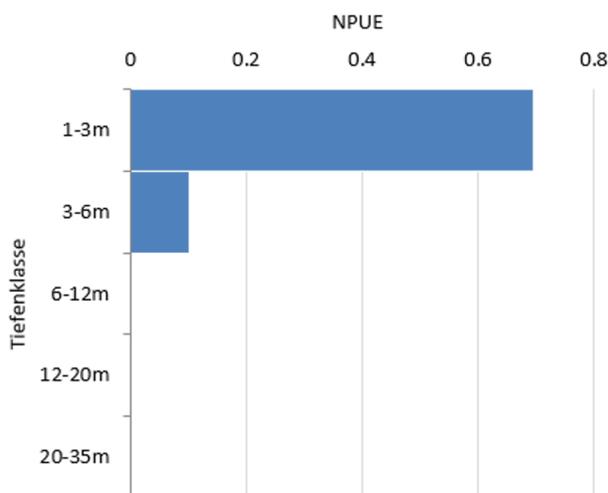
Bodennetze / Hecht



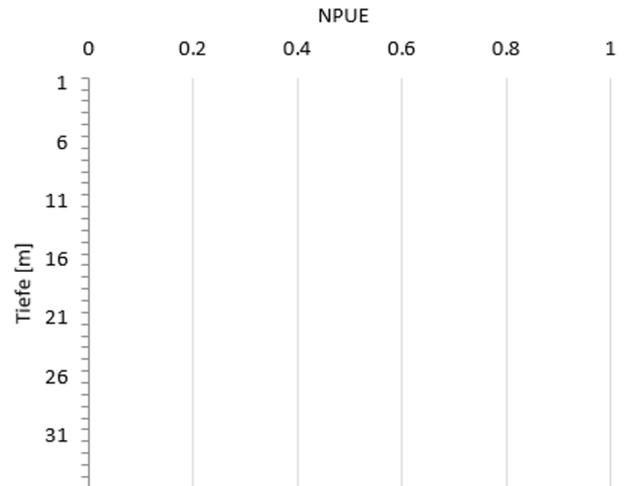
Vertikalnetze / Hecht



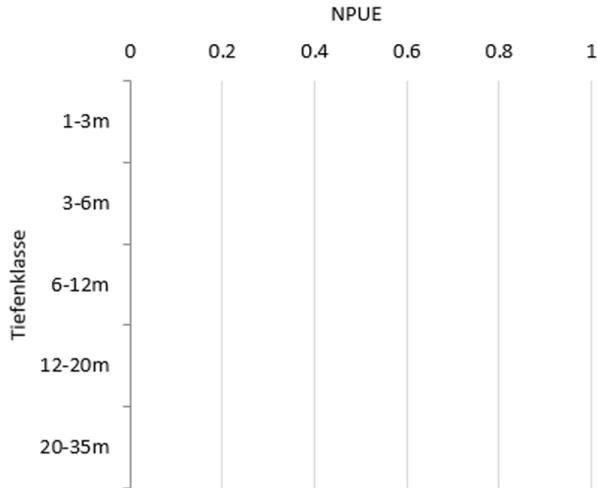
Bodennetze / Rotfeder



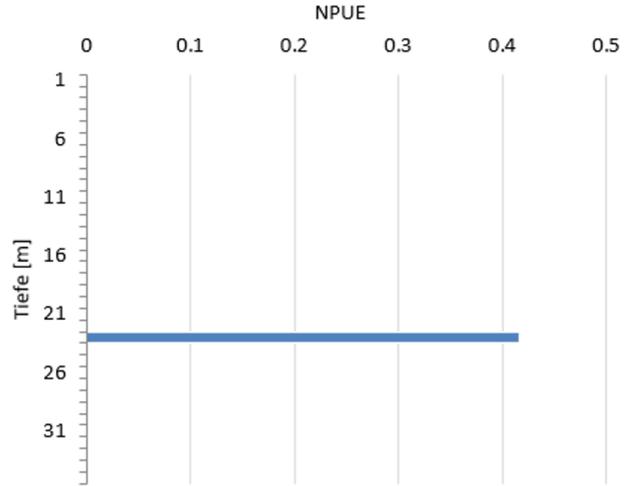
Vertikalnetze / Rotfeder



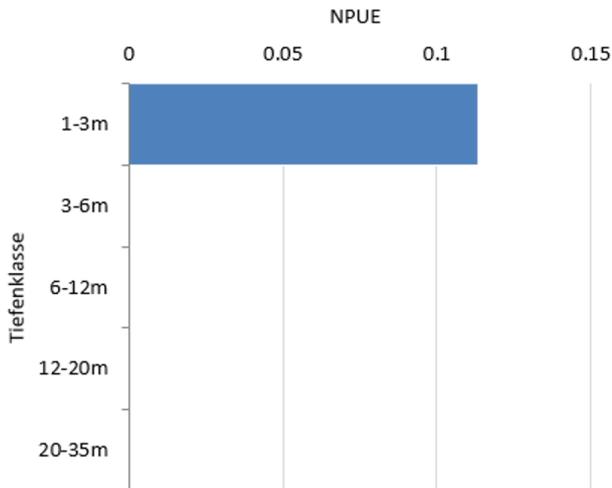
Bodennetze / Trüsche



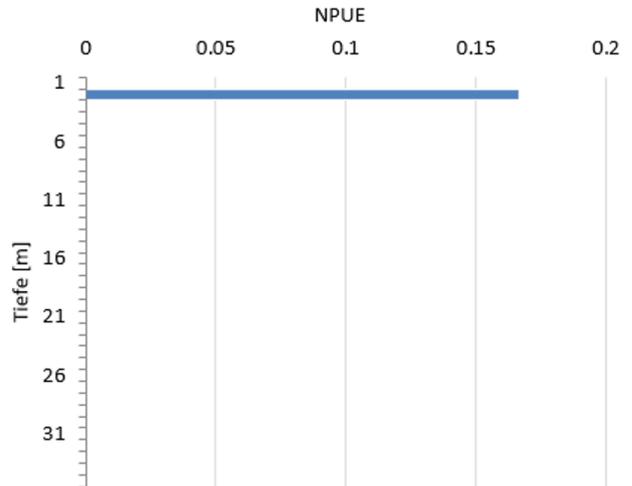
Vertikalnetze / Trüsche



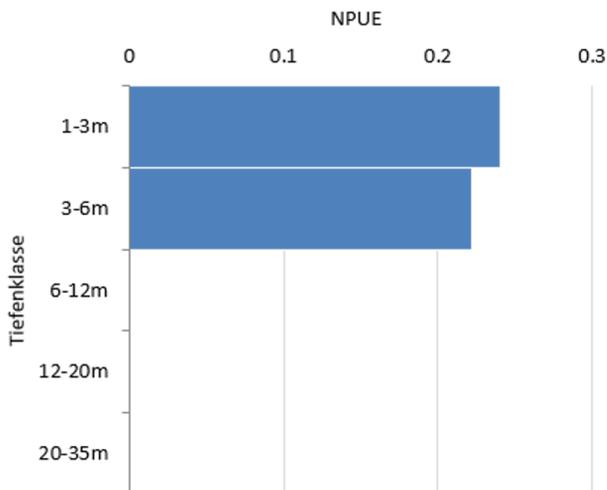
Bodennetze / Hasel



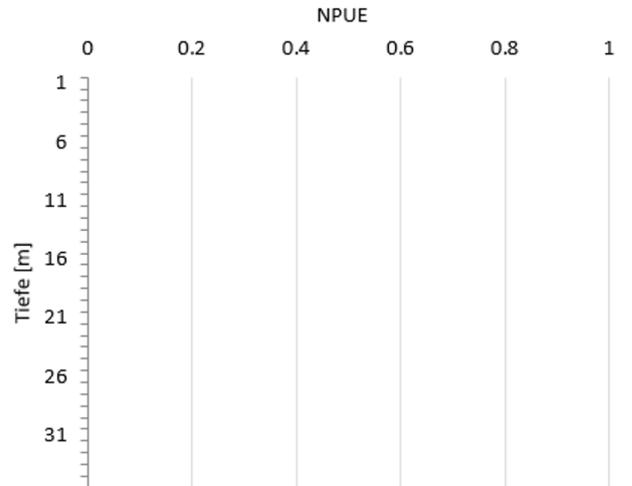
Vertikalnetze / Hasel



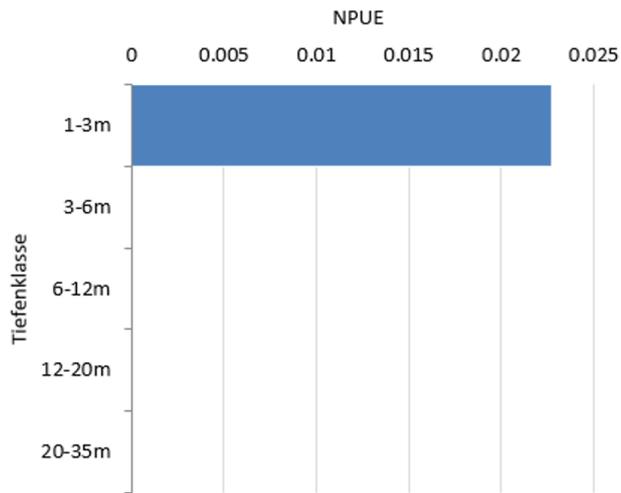
Bodennetze / Blicke



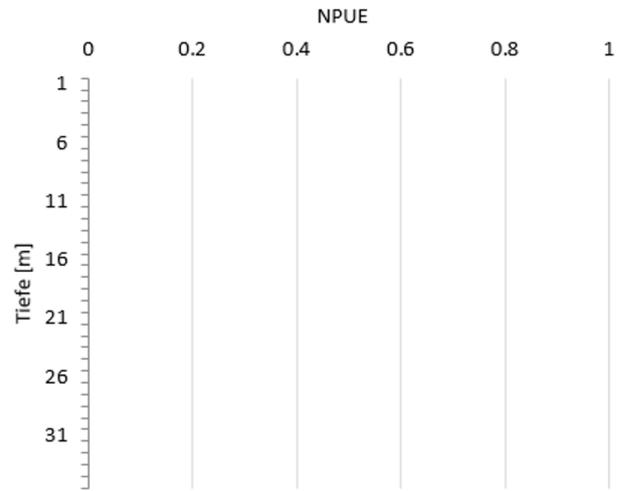
Vertikalnetze / Blicke



Bodennetze / Karpfen

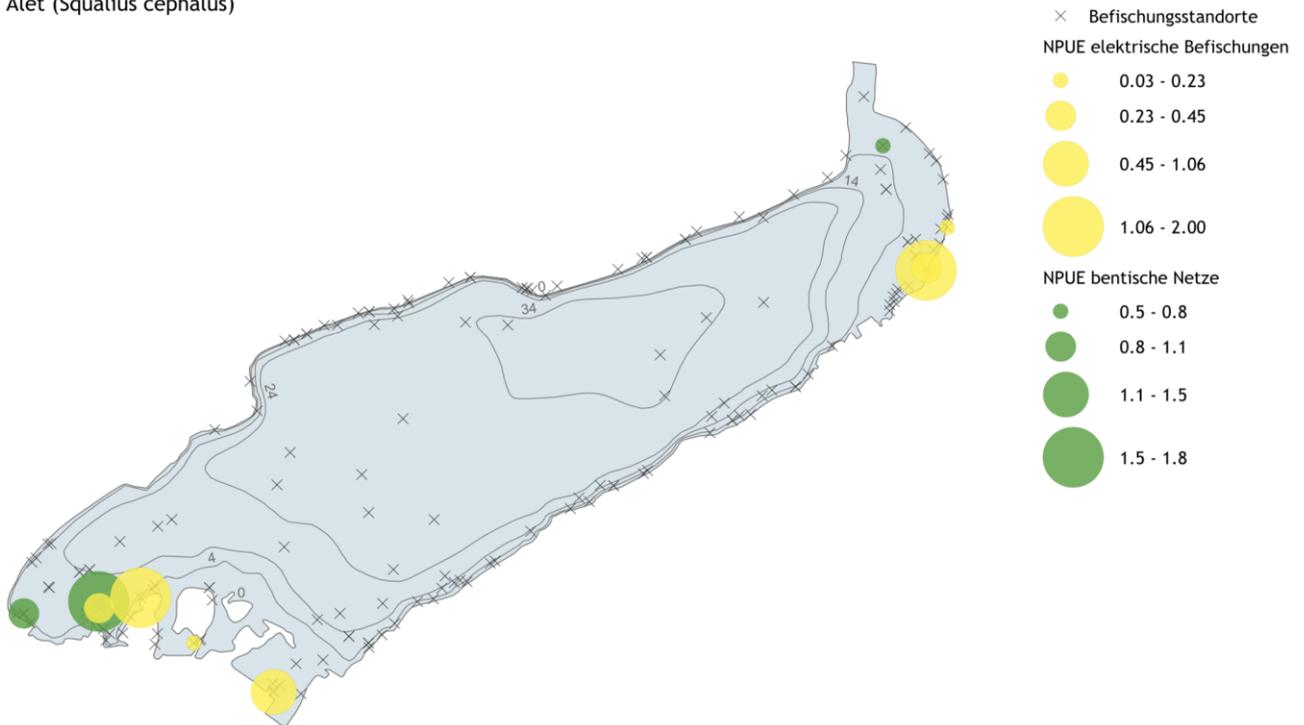


Vertikalnetze / Karpfen

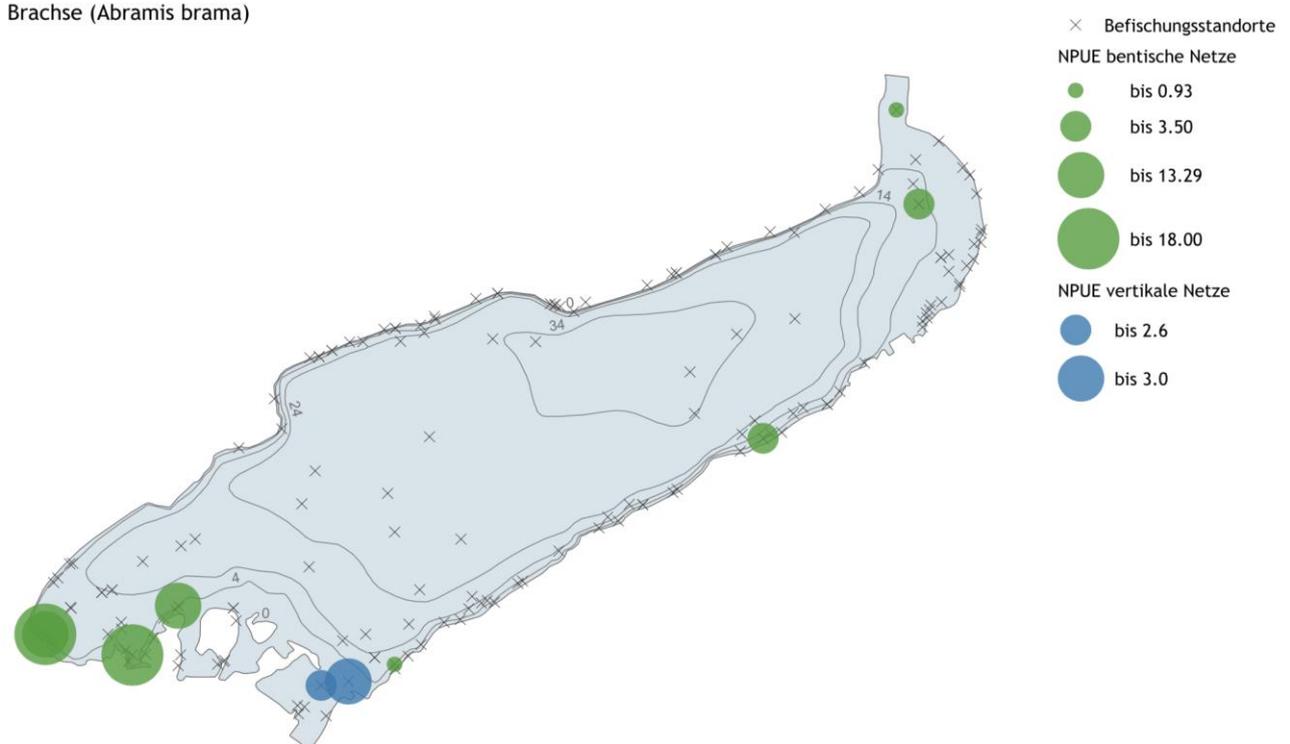


9.2 Geografische Verteilung

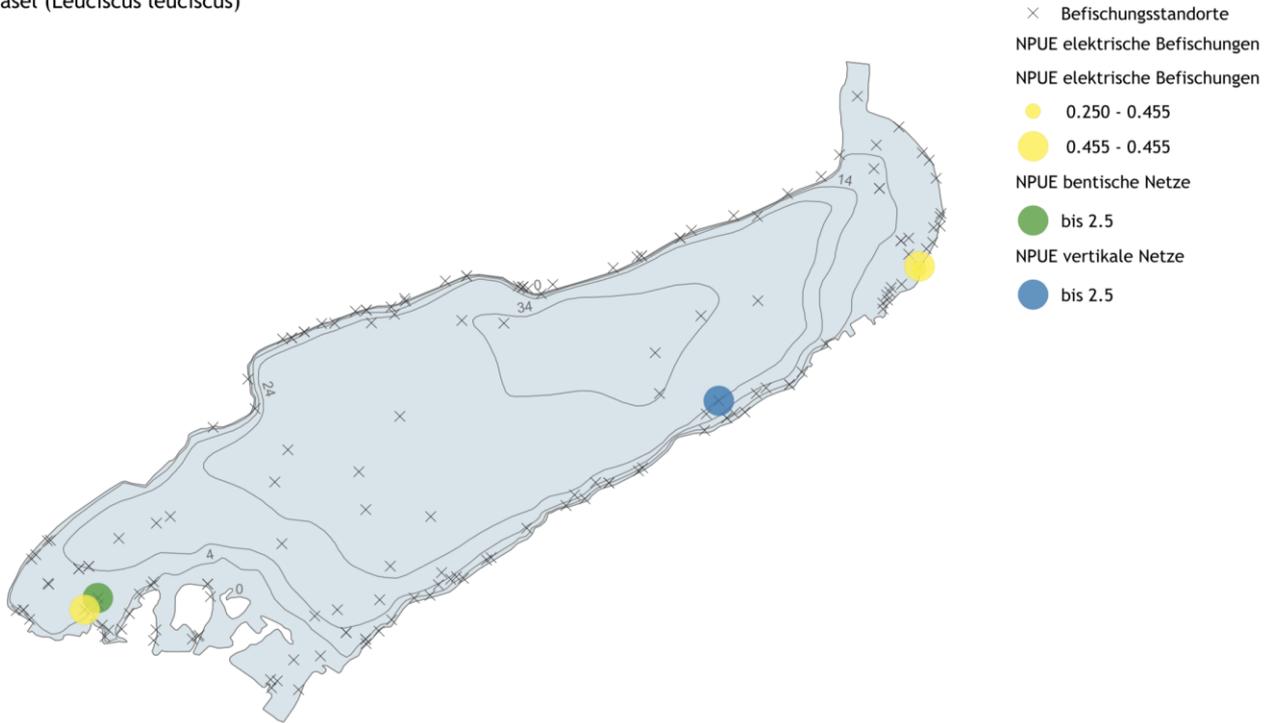
Allet (*Squalius cephalus*)



Brachse (*Abramis brama*)



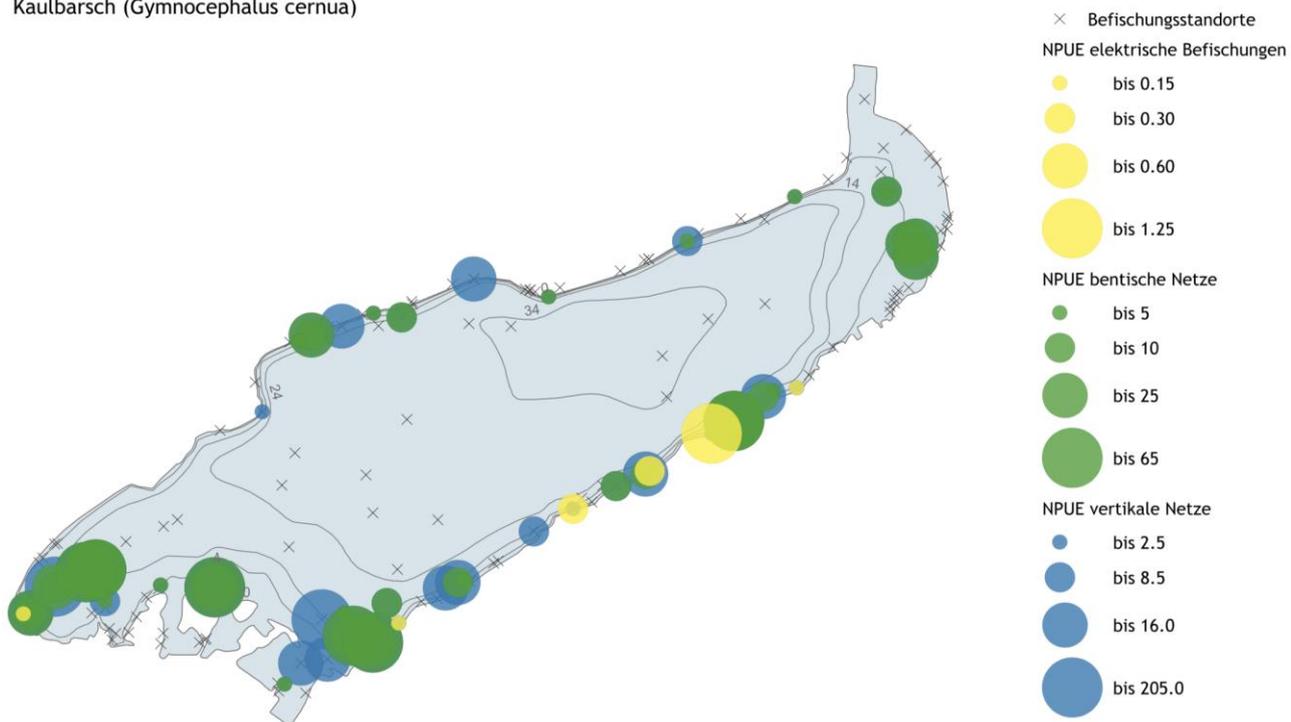
Hasel (*Leuciscus leuciscus*)



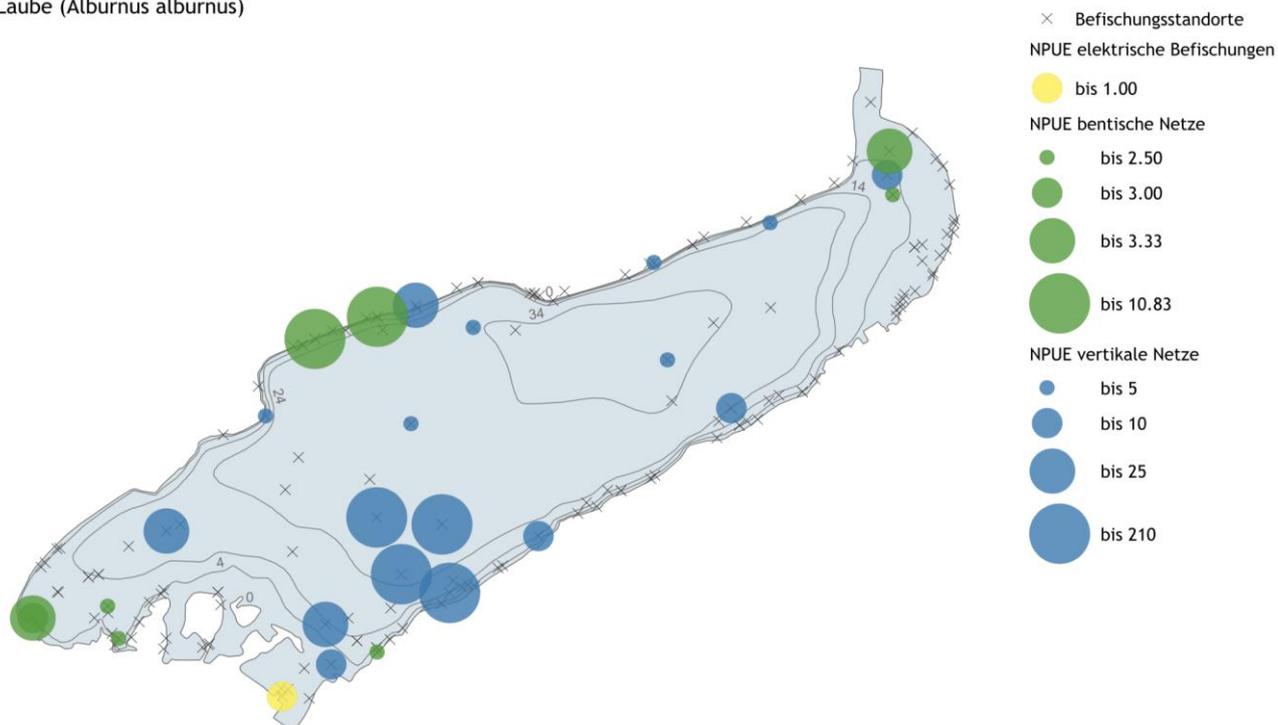
Hecht (*Esox lucius*)



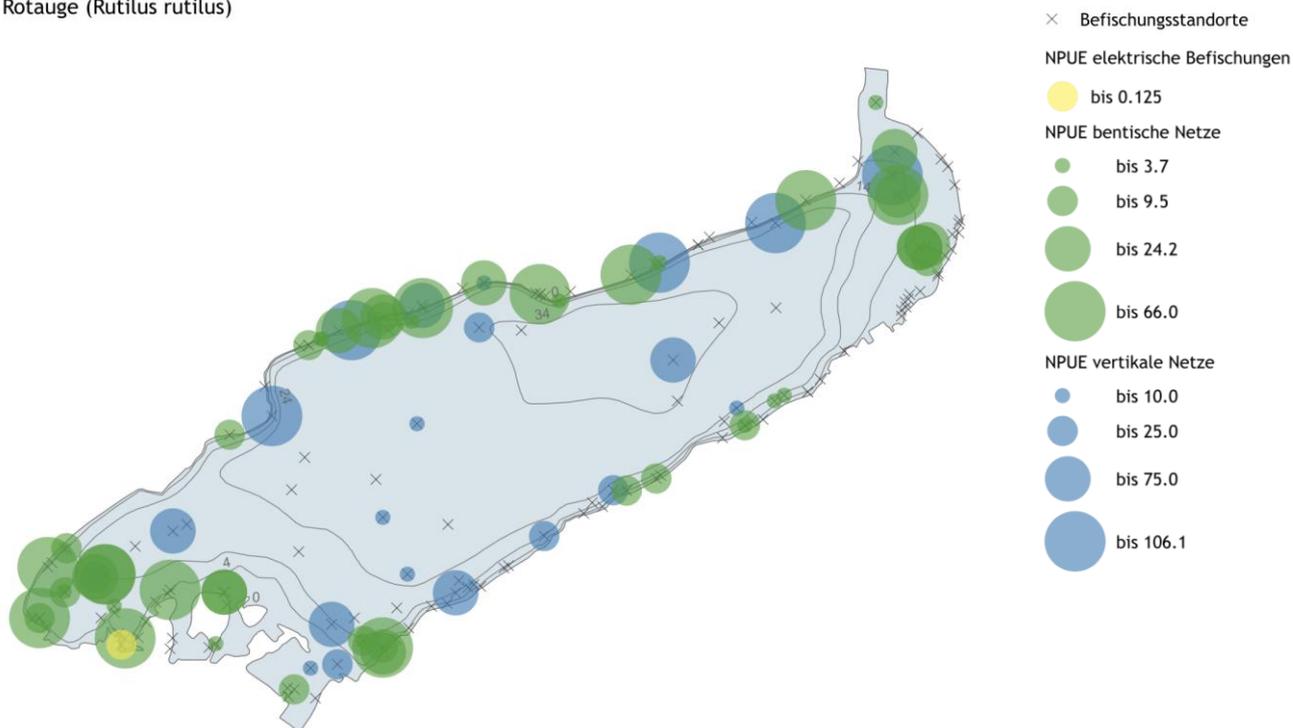
Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernua*)



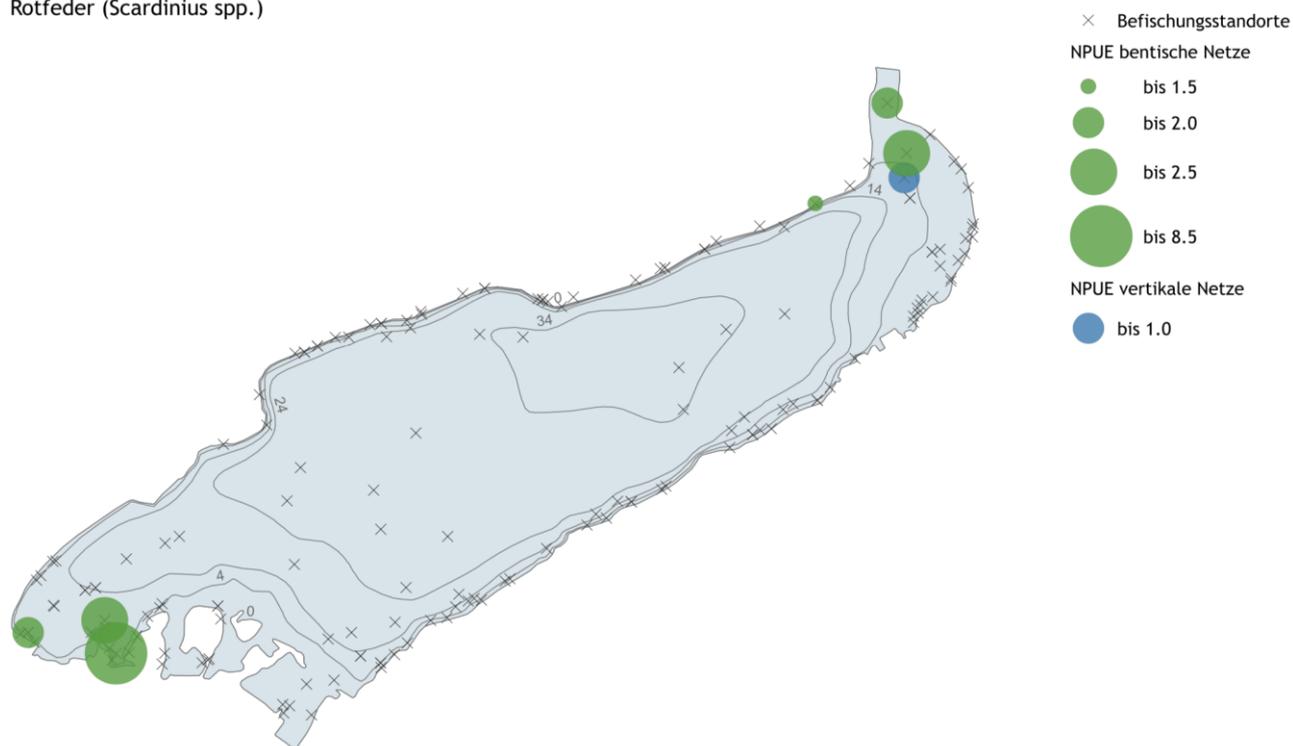
Laube (*Alburnus alburnus*)



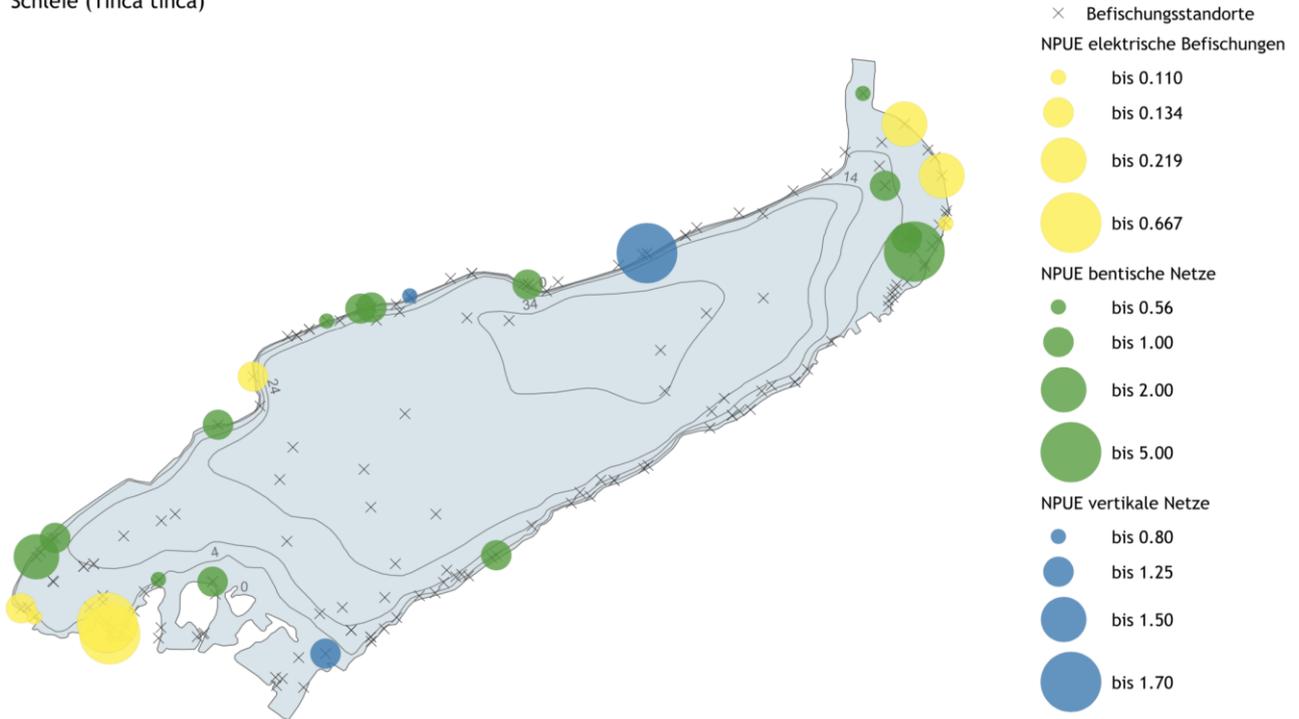
Rotaugen (*Rutilus rutilus*)



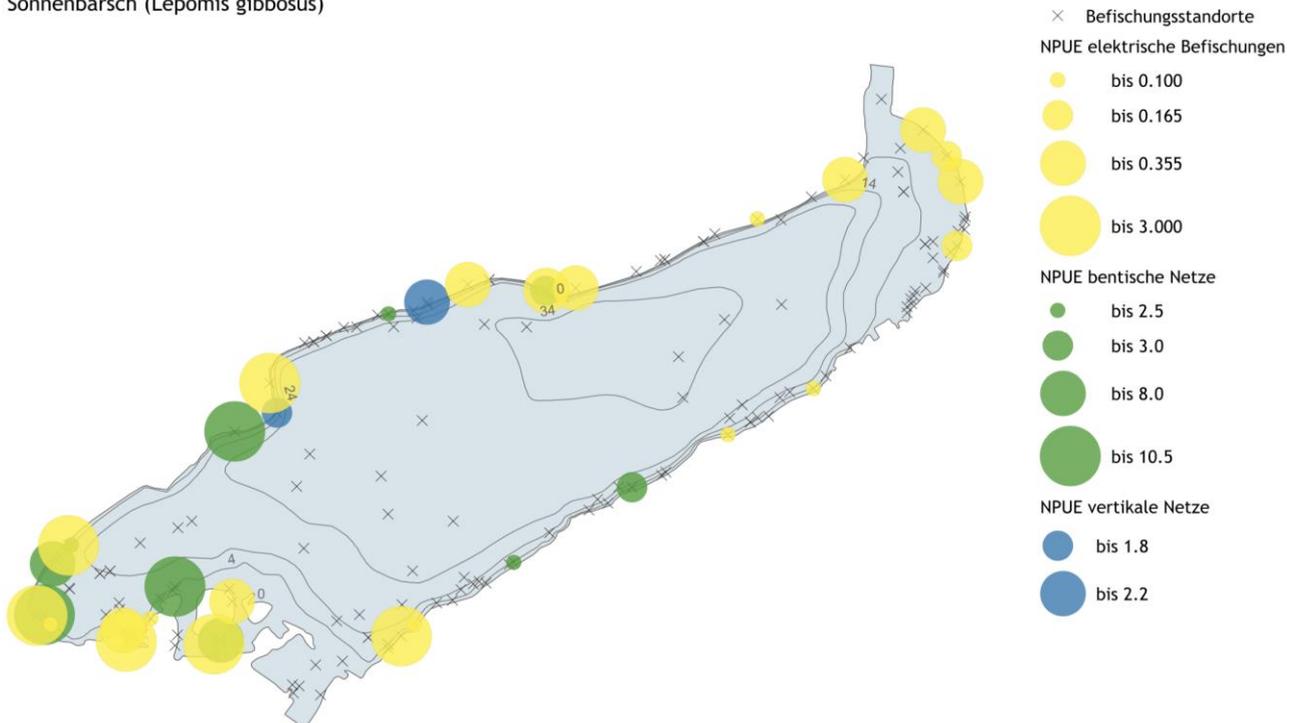
Rotfeder (*Scardinius spp.*)



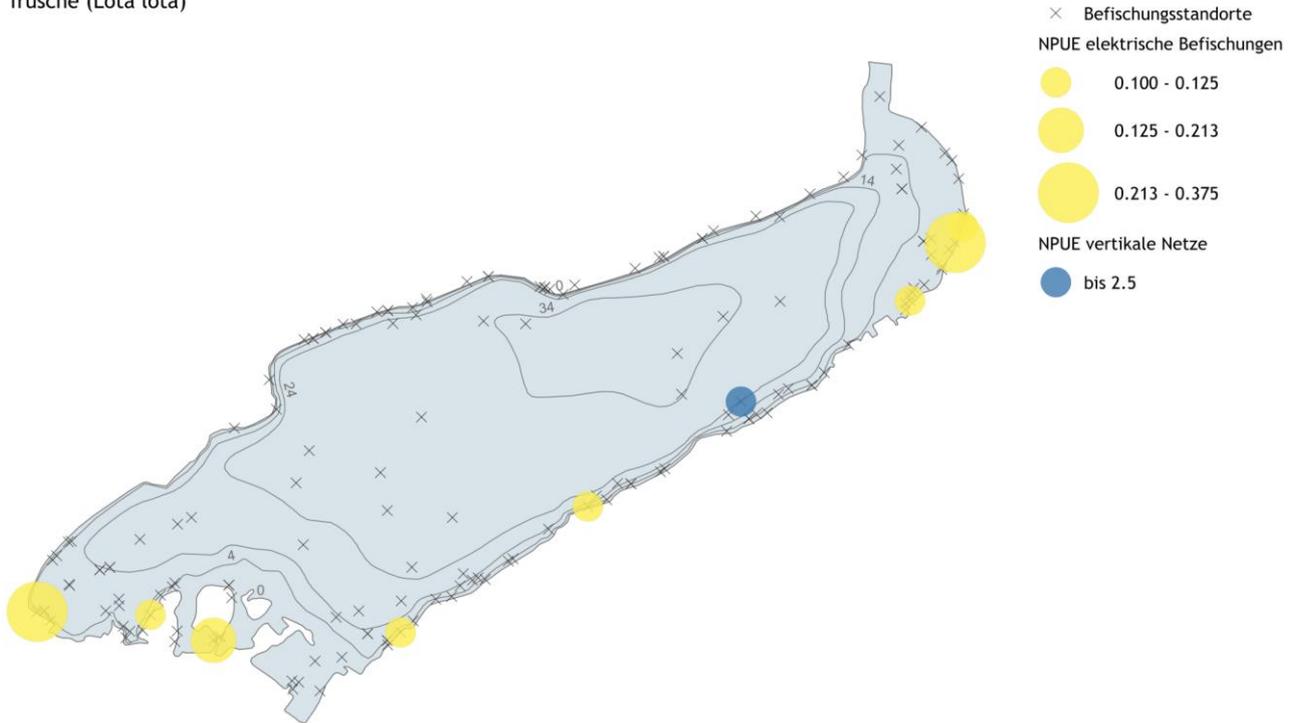
Schleie (*Tinca tinca*)



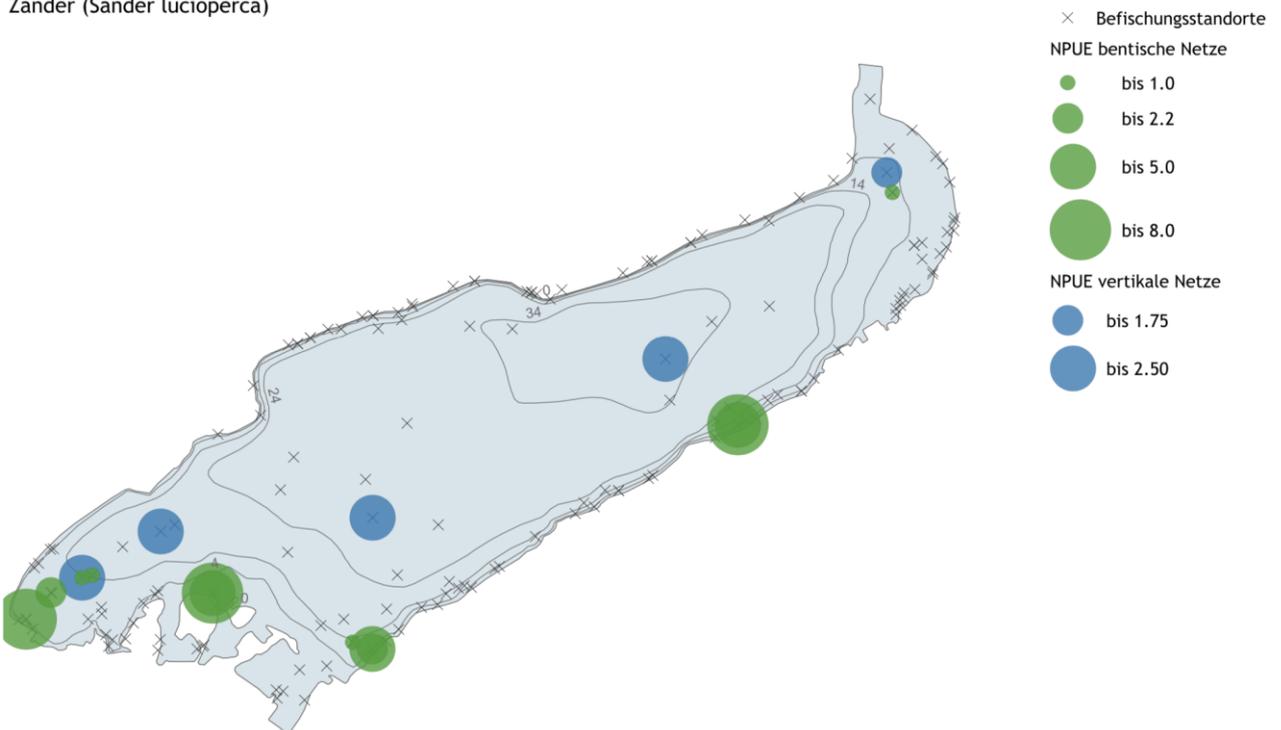
Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*)



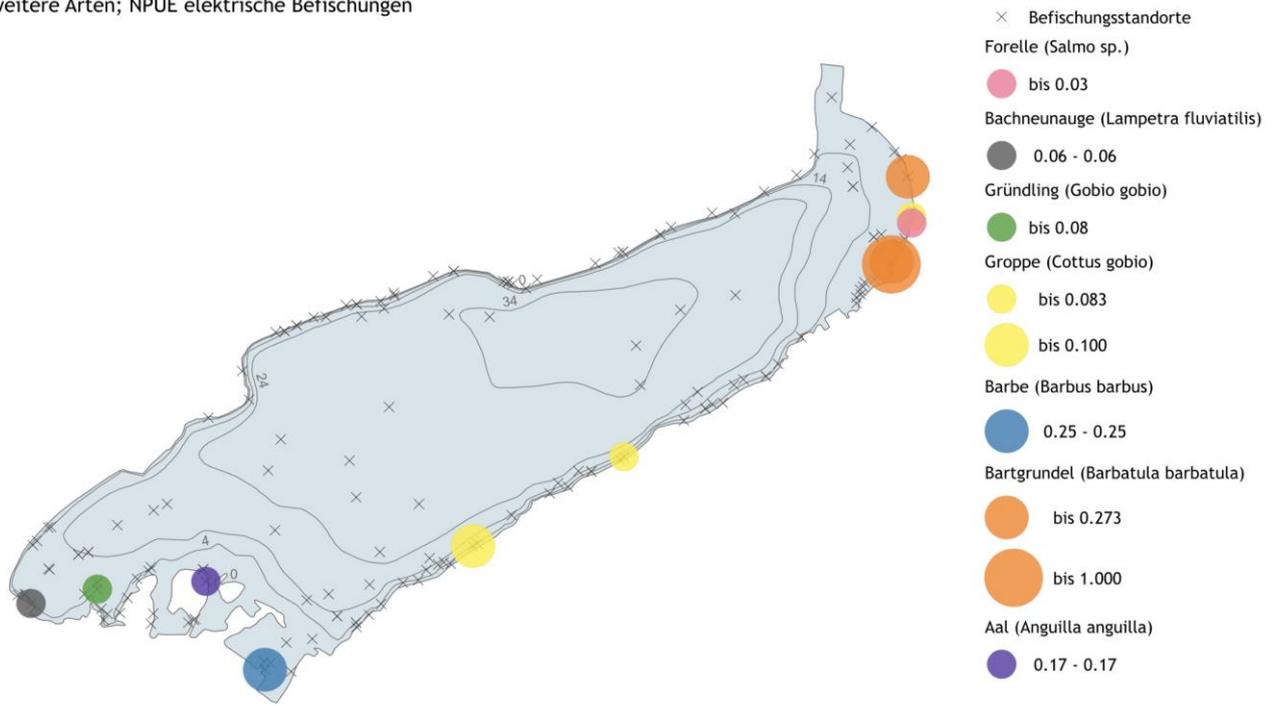
Trüsche (*Lota lota*)



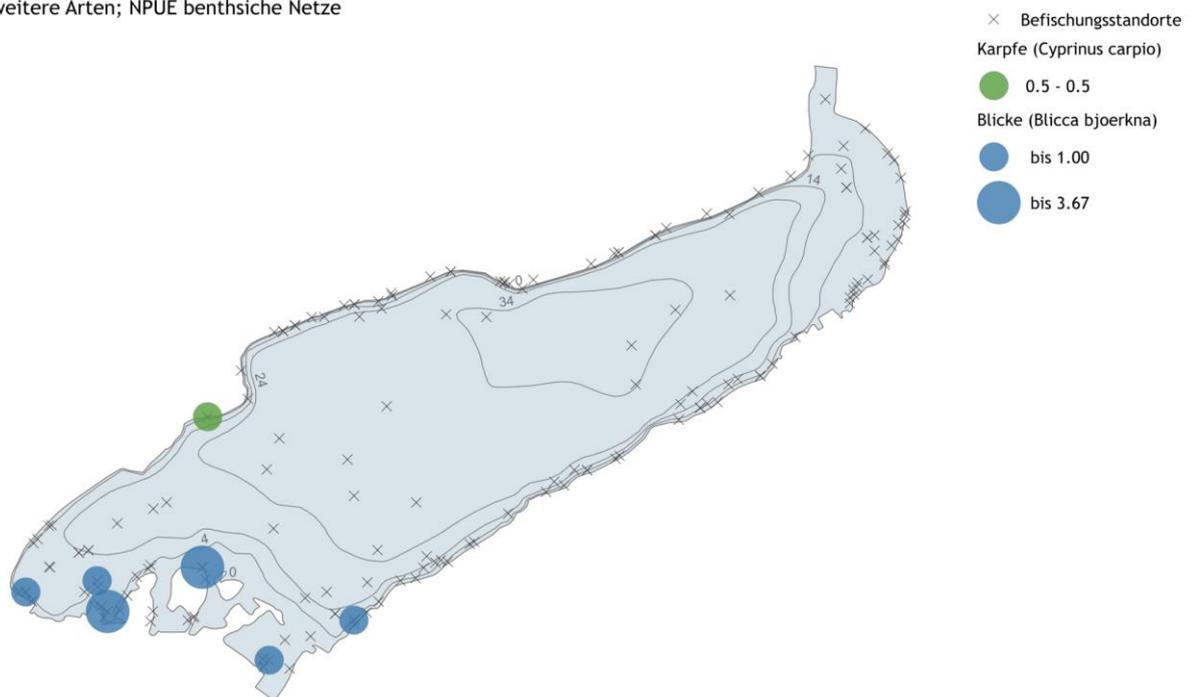
Zander (*Sander lucioperca*)



weitere Arten; NPUE elektrische Befischungen



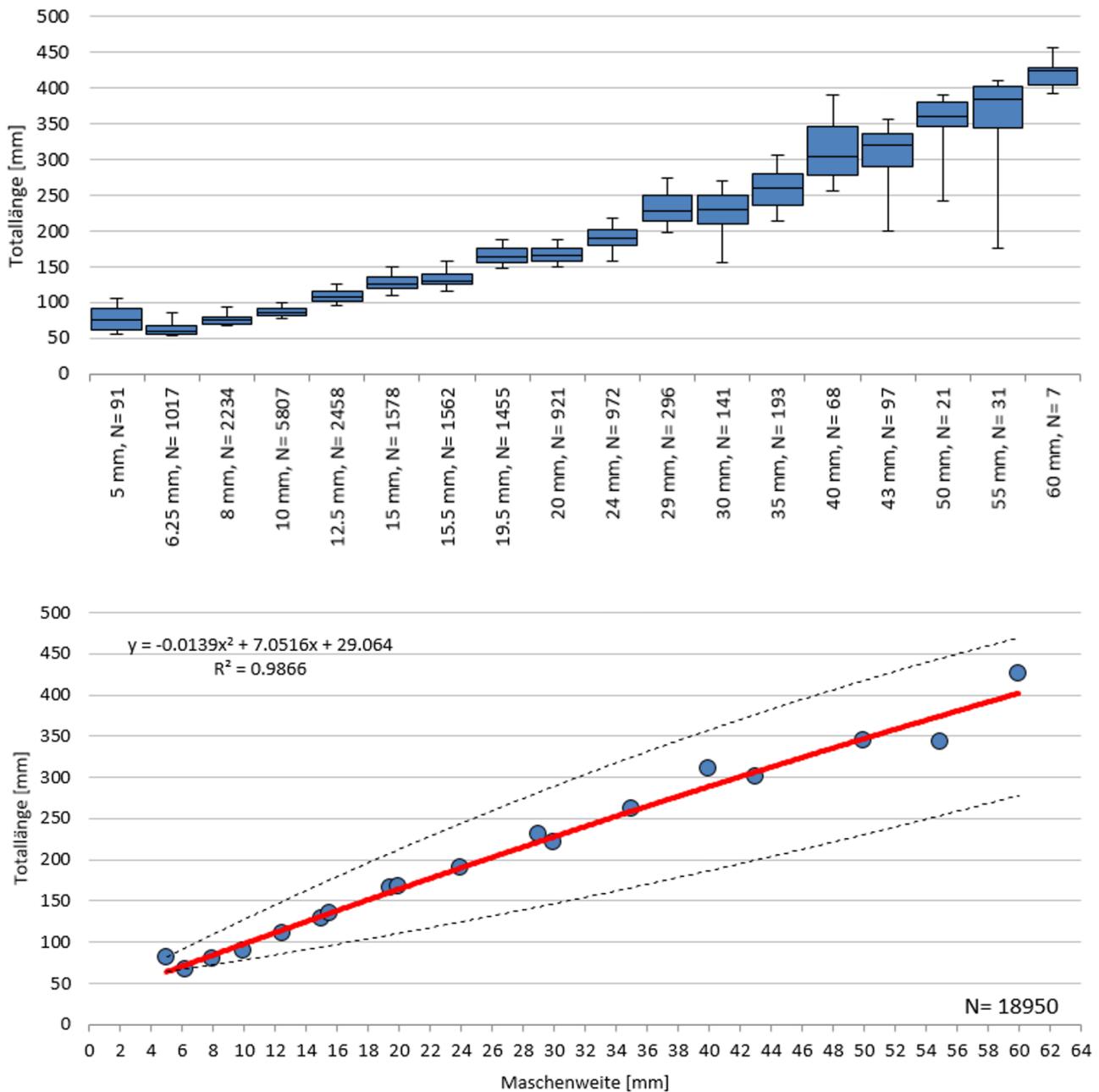
weitere Arten; NPUE benthische Netze



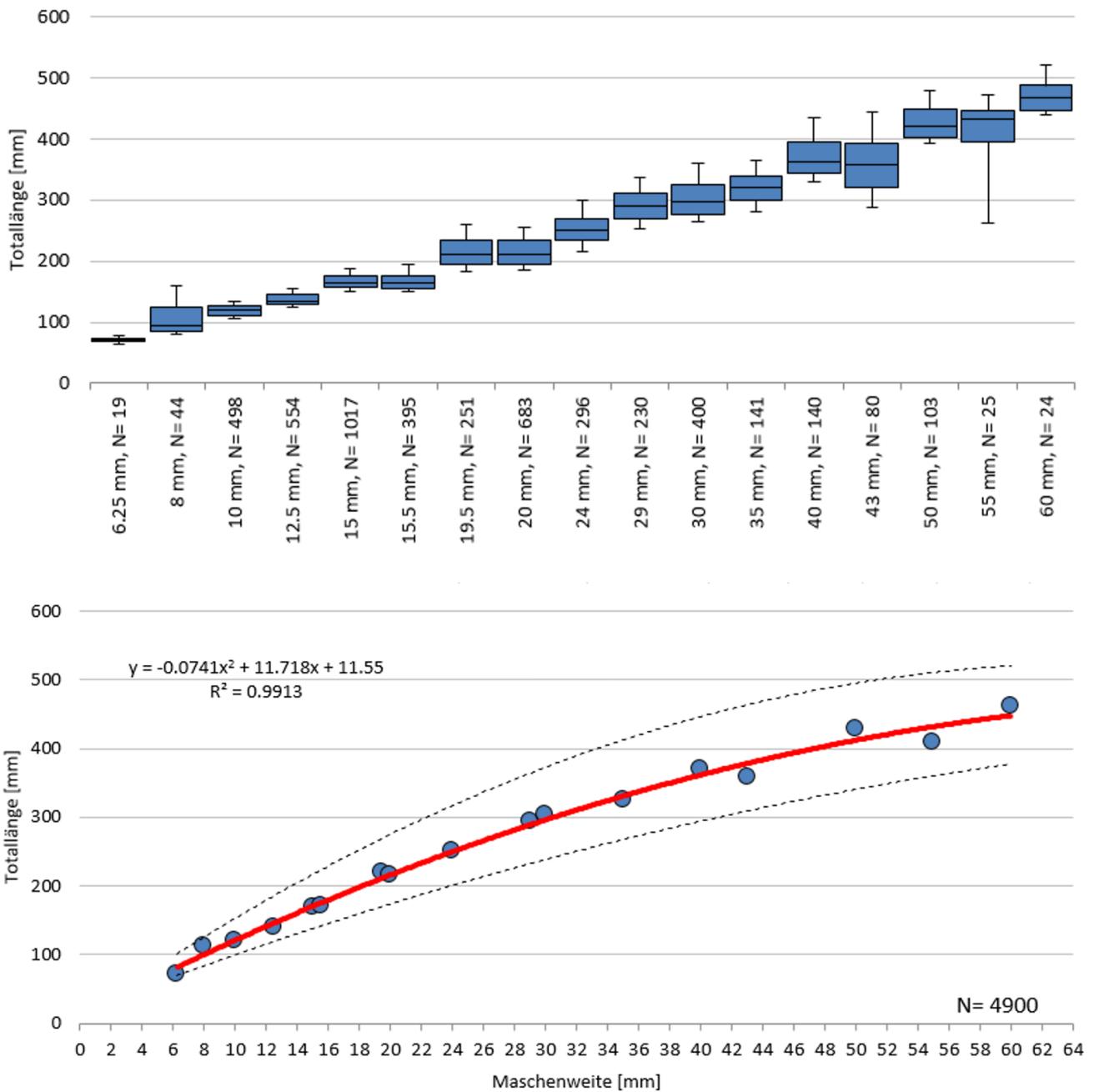
9.3 Längenselektivität von Maschenweiten

Dabei handelt es sich um die Resultate der Fänge aus allen im Rahmen des «Projet Lac» und der standardisierten Befischungen untersuchten Seen.

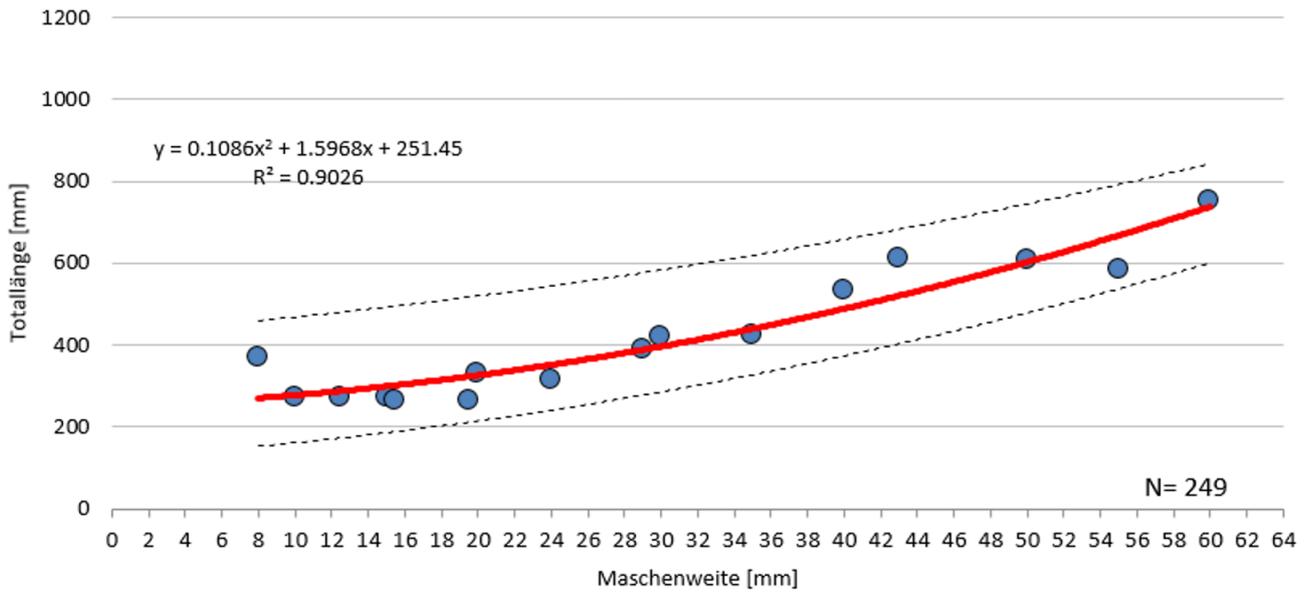
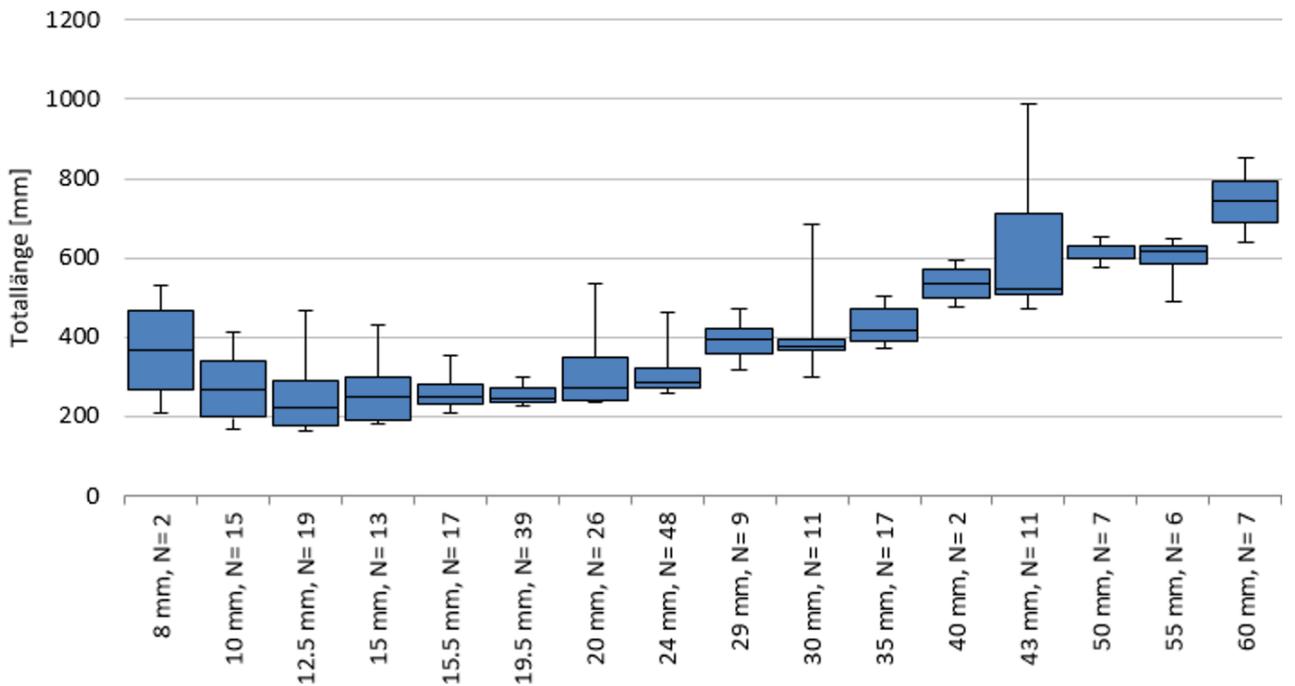
9.3.1 Flussbarsch



9.3.2 Felchen



9.3.3 Hecht



9.3.4 Rotauge

