

STANDARDISIERTE BEFISCHUNG ÄGERISEE

Resultate der Erhebungen vom August 2018



Impressum

Auftraggeber

Amt für Wald und Wild des Kantons Zug
Abteilung Fischerei und Jagd
Ägeristrasse 56
CH-6301 Zug

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.

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 Ägerisee – Resultate der Erhebungen vom August 2018. Aquabios GmbH. Auftraggeber: Kanton Zug, Amt für Wald und Wild.

Foto Titelseite: Sicht aus dem Ägerisee (Foto © P. Vonlanthen).

Verdankungen

Wir danken dem Amt für Umwelt, Abteilung Wasser des Kantons Zug für den Auftrag. Felix Ammann, Jonathan Paris, Hervé Décourcière, Daniel Schlunke, Timon Polli, François Degiorgi, und Jean-Baptiste Fagot danken wir für die tatkräftige Unterstützung bei den Feldarbeiten. Hansperter Merz und seinem Team danken wir für die Gastfreundschaft. Thomas Steinsberger von der EAWAG danken wir für die Informationen und den Austausch zum limnologischen Zustand des Sees.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUSGANGSLAGE.....	5
2.1	NOTWENDIGKEIT VON STANDARDISIERTEN AUFNAHMEN DER FISCHBESTÄNDE.....	5
2.2	FISCHE ALS INDIKATOREN FÜR DEN ZUSTAND EINES SEES	5
2.3	ZIELSETZUNG DER STANDARDISIERTEN BEFISCHUNG DES ÄGERISEES.....	6
2.4	DER ÄGERISEE	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	11
4	RESULTATE	12
4.1	PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE DATEN	12
4.2	HABITATKARTIERUNG.....	14
4.3	STANDARDISIERTE ABFISCHUNG	17
4.4	FISCHEREILICHE ASPEKTE	28
4.5	VERGLEICHE MIT ANDEREN SEEN	31
5	SYNTHESE.....	33
5.1	ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG DES ÄGERISEES	33
5.2	FISCHEREILICHE NUTZUNG	35
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	36
7	GLOSSAR	38
8	LITERATURVERZEICHNIS	40
9	ANHANG	42
9.1	TIEFENVERTEILUNG DER FÄNGE.....	42
9.2	GEOGRAFISCHE VERTEILUNG	47
9.3	LÄNGENSELEKTIVITÄT VON MASCHENWEITEN	53

1 Zusammenfassung

In den schweizerischen Voralpenseen leben überdurchschnittlich viele endemische Fischarten, für welche die Schweiz eine ganz besondere Verantwortung trägt. Um ein Ökosystem mit den darin lebenden Organismen schützen und erhalten zu können, muss dessen Zustand bekannt sein. Erst seit dem Jahr 2010 wurden mit dem Forschungsprojekt «Projet Lac» in den grossen und teils auch tiefen Alpenrand- und Mittellandseen umfassende und standardisierte Aufnahmen des Fischbestands durchgeführt. Dabei kamen teils überraschende Erkenntnisse an den Tag. So wurden beispielsweise bisher nicht bekannte Arten entdeckt.

Die Entwicklung des Fischbestands in den Seen lässt sich künftig genau verfolgen, wenn die Datenerhebungen mittel- bis langfristig regelmässig wiederholt werden. Der vorliegende Bericht umfasst exemplarisch sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Ägerisee vom 27. bis 29. August 2018 durchgeführt wurden.

Der See ist oligotroph (Nährstoffarm) und eher oberflächenwarm. Die Sprungschicht liegt im Sommerhalbjahr oberflächennah. Die anthropogene Nährstoffbelastung war im See nie sehr ausgeprägt. Trotzdem kann heute in der Tiefe des Sees während der Schichtung bis in den Dezember ein leichter Sauerstoffmangel beobachtet werden. Dieser ist auf Nährstoffeinträge aus den Zuflüssen sowie auf die Primärproduktion des Sees zurückzuführen. Aus diesem Grund wird der limnologische Zustand heute als leicht beeinträchtigt angesehen.

Die Habitatkartierung des Litorals zeigt einen vergleichsweise hohen Anteil an strukturreichen Habitaten. Diese bieten den Fischen Unterschlupf und Laichsubstrat. Die Uferlinie und damit die Vernetzung mit dem Umland ist im Ägerisee jedoch beeinträchtigt. Ca. 41 % der Uferlinie ist verbaut. Das ökologische Potenzial zugunsten von Uferrenaturierungen ist für viele Fischarten dementsprechend vorhanden.

Der Fischbestand im Ägerisee wird heute durch Flussbarsche und Rotaugen dominiert. Dass vergleichsweise wenig Felchen im See vorkommen - auch in der Biomasse, liegt teilweise an der geringen Ausdehnung des Pelagials im Vergleich mit den litoralen Habitaten und der Halde. Obwohl der See relativ tief ist, besiedeln die Fische, zumindest zwischen Sommer und Herbst, nicht die gesamte Seetiefe. Ab rund 30 m wurden keine Fische gefangen.

Die Fischartenzusammensetzung im Ägerisee wird als leicht beeinträchtigt angesehen. Es kommen kaum nicht-einheimische und nur zwei standortfremde Arten häufiger vor. Aus fischökologischer Sicht ist jedoch die relativ hohe Dichte der standortfremden Kaulbarsche und das Vorkommen der standortfremden Felchen als kritisch einzustufen. Auffällig gering ist auch die Biomasse der gefangenen Fische. Grosse Fische sind im Ägerisee also unterrepräsentiert.

Der Ägerisee bietet den Fischern Fangbedingungen, die einen vergleichsweise guten Ertrag ermöglichen. Die flächenkorrigierten Fangzahlen sind recht hoch und über die Jahre gesehen stabil. Allerdings ist die Anzahl grosser Fische im See auffällig gering, was auf einen hohen Befischungsdruck zurückzuführen sein könnte.

Die auf Gewässerschutz zielenden Anstrengungen sollten daher fortgeführt werden, damit die Defizite hinsichtlich des Sauerstoffgehalts in der Tiefe sowie der Ufermorphologie behoben werden können. Bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung ist darauf zu achten, dass biologische Hotspots im See, die sich u.a. bei Zu- und Ausflüssen befinden, prioritär angegangen werden. Für die fischereiliche Bewirtschaftung wird empfohlen in Zukunft den Befischungsaufwand der Angel- und Netzfischer zu dokumentieren. Die Wirkung von Besatzmassnahmen sollte überprüft werden. Es sollte auch überprüft werden, ob heute noch einheimische Krebse im See vorkommen.

2 Ausgangslage

2.1 Notwendigkeit von standardisierten Aufnahmen der Fischbestände

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

Um ein Ökosystem mit den darin lebenden Organismen schützen und erhalten zu können, muss dessen Zustand bekannt sein. Erst seit dem Jahr 2010 wurden mit dem Forschungsprojekt «Projet Lac» in den grossen und tieferen Alpenrandseen umfassende

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

Die Resultate des „Projet Lac“ ergänzen dieses Wissen. Dabei kamen auch teilweise überraschende Erkenntnisse an den Tag. So wurden beispielsweise, durch den Einsatz von genetischen Methoden bisher nicht bekannte Arten entdeckt. Die standardisierten Aufnahmen lieferten auch neue Erkenntnisse bezüglich Habitatnutzung, absoluten bzw. relativen Häufigkeiten und Längenzusammensetzung der einzelnen Fischarten. Zudem kann die längerfristige Entwicklung des Fischbestands in einem See mit den Daten des «Projet Lac» detaillierter und genauer verfolgt werden. Verwendete Fachbegriffe sind im Glossar (Kapitel 7) erklärt.

2.2 Fische als Indikatoren für den Zustand eines Sees

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

- Fische sind langlebig und widerspiegeln deshalb Effekte über einen langen Zeitraum.
- Fische nutzen ein grosses Nahrungsspektrum, das in Form von Anpassungen an unterschiedliche Nahrungsnischen verdeutlicht wird.
- Verschiedene Fischarten haben unterschiedliche Ansprüche an die Wasserqualität.

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

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

2.3 Zielsetzung der standardisierten Befischung des Ägerisees

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

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

- Darstellung der evidenten Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren (z.B. Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser, Temperatur, Produktivität) und Artenvielfalt.

Nicht zur Untersuchung gehörten die Erstellung von standardisierten Fotos, die Entnahme von DNA-Proben und von ganzen Fischen für die Wissenschaft. Es wurden jedoch einzelne Proben entnommen.

Der vorliegende Bericht umfasst sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Ägerisee vom 27. bis zum 29. August 2018 durchgeführt wurden. Der Fokus der Auswertungen wird auf die Artenzusammensetzung und die Habitatnutzung der einzelnen Fischarten gelegt.

2.4 Der Ägerisee

Der Ägerisee nimmt eine Fläche von 7,3 km² ein und liegt im Kanton Zug. Er liegt auf einer Höhe von 724 m ü. M. Mit einer maximalen Tiefe von 83 m fasst der See ca. 357 Mio. m³ Wasser. Seit 1992 dient das Seewasser als Trinkwasserreservoir. Die Zuflüsse des Sees sind verhältnismässig klein. Deshalb ergeben sich auch relativ geringe Wasserstandsschwankungen. Hauptzuläufe sind der Hüribach, der Trombach sowie der Dorfbach Oberägeri (Abbildung 2-1).

Die Lorze fliesst aus dem Ägerisee und mündet zehn Kilometer flussabwärts in den Zugersee. 1857 wurde der Spiegel des Ägerisees künstlich durch eine Abgrabung der Sohle der Lorze gesenkt [5]. 1972 wurden alle Gemeinden im Einzugsgebiet des Ägerisees an den Abwasserverband und somit an eine Kläranlage angeschlossen.



Abbildung 2-1. Der Ägerisee mit seinen Zuflüssen (Grafik © Wikimedia).

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 Ägerisee 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 werden 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 und Boote, die im freien Wasser an Bojen fixiert sind, werden als naturnahe Ufer eingestuft.

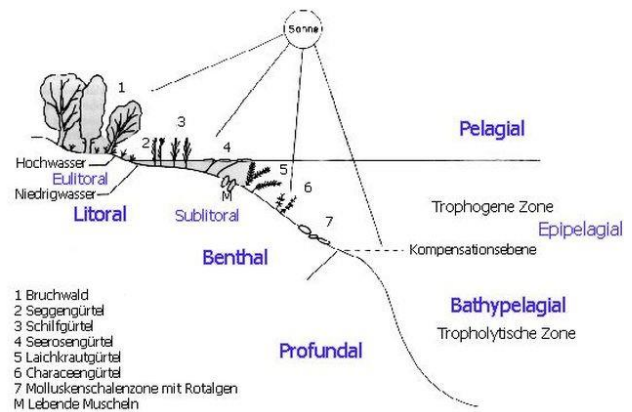


Abbildung 3-1. Limnologische Strukturierung von Seen [8]



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

3.2 Befischung

3.2.1 Pelagische Multimaschen-Kiemennetze (Vertikalnetze)

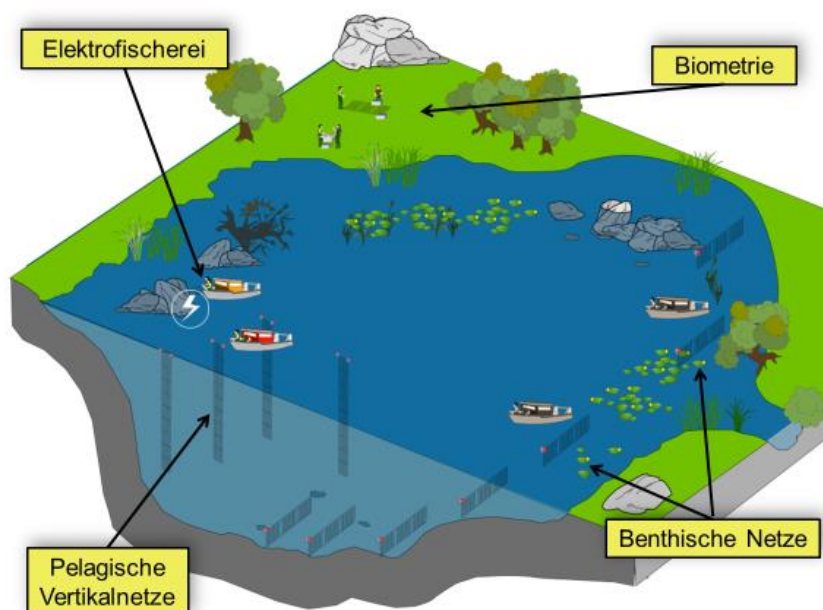


Abbildung 3-3. Oben: Schematische Darstellung der durchgeführten Befischungs- und Untersuchungsmethoden. Unten links: Vertikales Multimaschennetz abgewickelt von einem Schwimmkörper. Mit diesem Netz wird die gesamte Seetiefe vom Seegrund bis zur Oberfläche befischt. Unten rechts: Entnahme der Fische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

Die im Rahmen der standardisierten Befischungen eingesetzten vertikalen Kiemennetze haben sich im Rahmen des «Projet Lac» bewährt. Diese Multimaschennetze fischen jeweils vom Seegrund bis zur Oberfläche. Folgende Maschenweiten der CEN-Norm (CEN prEN 14757 [9]) wurden auf sechs Vertikalnetze verteilt eingesetzt. Die Breite des Netzblatts pro Maschenweite ist in Klammern angegeben. Die Höhe des Netzes entspricht jeweils der befischten Tiefe und ist variabel:

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

Alle sechs Vertikalnetze wurden jeweils als Netzgruppe nebeneinander an derselben Stelle im See und in der gleichen Tiefe gesetzt. Um die geografische und tiefenbedingte Variabilität hinsichtlich der Verteilung der Fische im See zu erfassen, wurden mehrere Netzgruppen gesetzt. Dies geschah jeweils in unterschiedlichen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten im See. Eine Netzgruppe von sechs Netzen verblieb etwa 20 bis 24 Stunden im See, bevor sie wieder gehoben wurde. Die Zeit, die eine Netzgruppe im Wasser exponiert war, wurde protokolliert. Beim Heben und Auswerten der Netze wurde neben der Fischart und der Fischlänge auch die Fangtiefe jedes Fisches auf einen Meter genau protokolliert (Abbildung 3-3).

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 Ägerisee pro Tiefenzone zu setzen sind, sind in der CEN-Norm wie folgt definiert:

Diese Methode wird als Vertikalnetz-Methode bezeichnet. Sie wurde an der Universität Besançon konzipiert [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 Beachtung der eingesetzten Zeit, die Berechnung des Fangaufwandes resp. von CPUE-Werten (engl. für Fang pro Aufwandeinheit). Beim NPUE wird die Anzahl der gefangenen Fische mit dem Fangaufwand (Netzfläche) in Beziehung gesetzt. Beim BPUE wird mit Blick auf die Biomasse der gefangenen Fische genau gleich vorgegangen wie beim NPUE.

- 0-3m: 10 Netze
- 3-6m: 10 Netze
- 6-12m: 10 Netze
- 12-20m: 10 Netze
- 20-35m: 10 Netze
- 35-50m: 6 Netze
- 50-75m: 6 Netze
- > 75m: keine Vorgabe

Jedes Netz ist individuell markiert. Somit kann zurückverfolgt werden, in welchem Netz, an welchem Standort, in welcher Tiefe und in welcher Maschenweite ein Fisch gefangen wurde. Die geografische Verteilung der Netze im See erfolgte, wie von der Norm vorgesehen, zufällig [10].

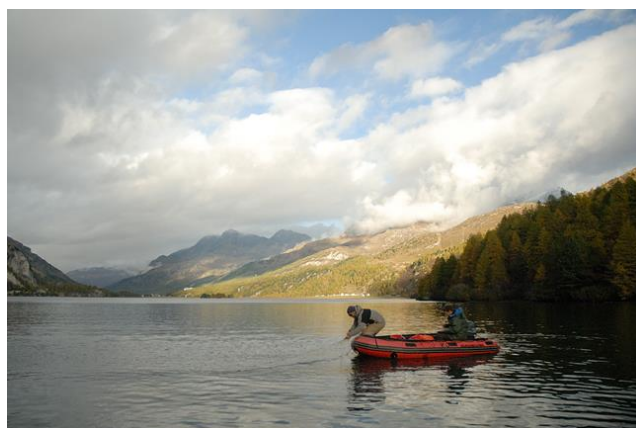


Abbildung 3-4. Heben von benthischen Multimaschennetzen: Links: in Ufernähe (Foto © EAWAG); Rechts: Setzen eines benthischen Netzes (Foto © Mikael Goguilly).

3.2.3 Elektrische Befischungen

Gewisse Uferbereiche des Sees mit geringen Wassertiefen (bis 1 m) wurden elektrisch befischt (Abbildung 3-5). Dabei wurden alle zuvor bei der Kartierung erfassten Habitate an verschiedenen Standorten mehrmals befischt. Bei jeder Befischungsaktion



wurde eine kurze Strecke entweder zu Fuss oder mit dem Boot befischt. Hierbei wurde die Länge der befischten Strecke für die Standardisierung der Daten (CPUE) verwendet.



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

3.2.4 Vorteile und Grenzen der Befischungsmethoden mit standardisierten Netzen

Ziel der angewandten Befischungsmethoden ist, ein möglichst realitätsnahes und reproduzierbares Abbild des Fischbestands im See zu erhalten. Der Befischungsaufwand und der Zeitpunkt wurden so bestimmt, dass die Resultate mit anderen Seen verglichen werden können (Zeitpunkt August-Oktober; Befischung an mindestens drei Tagen). Anhand dieses standardisierten Ansatzes konnten CPUE-Werte berechnet werden. Ausserdem wurden Maschenweiten verwendet, die Berufsfischer nicht verwenden dürfen. Es wurde auch an Orten und in Tiefen

gefischt, die Berufsfischer meiden. Dadurch weichen die Resultate zwangsläufig von den Resultaten der Fischfangstatistiken ab. Ein Nachteil ist, dass die Befischung nur einmal im Jahr durchgeführt werden konnte. Da sich das Verhalten der Fische je nach klimatischen Bedingungen und Nahrungsangebot im See ändert, können die realen Fischbestände von den erfassten abweichen.

3.3 Datenerfassung und Sammlung von Proben

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

entnommen. Die gefangenen Fische wurden entweder von der Fischerei Merz verwertet oder als Tierfutter weiterverwendet.



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

3.4 Zusätzlich einbezogene Daten

3.4.1 *Fischfangstatistik*

Die Resultate der standardisierten Fänge wurden mit den Fängen der Angel- und Berufsfischer verglichen. Die kantonalen Fangstatistiken wurden vom Bundes-

amt für Umwelt (BAFU) und vom Kanton Zug zur Verfügung gestellt. Sie wurden für spezifische Auswertungen miteinbezogen.

3.4.2 *Chemische und physikalische Messreihen*

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

4 Resultate

4.1 Physikalische und chemische Daten

4.1.1 Temperatur

Gemäss Messungen im Strandbad Lido, Unterägeri, liegt die durchschnittliche Wassertemperatur des Ägerisees im Juli und August über 20°C [11]. Dies verdeutlichen auch Messungen des Kantons Zug. Bereits im Juni 2018 lag die Oberflächentemperatur des Ägerisees über 20°C (Abbildung 4-1). Unter 10-15 m fällt die Temperatur schnell auf 4 bis 5°C. Die hohen Oberflächentemperaturen und die hoch gelegene Sprungschicht wurden schon von Steinmann 1947 festgestellt [12]. Da die 20°C-Marke im Sommer an der Seeoberfläche überschritten wird, kann der Ägerisee als oberflächenwarmer und tiefer Voralpensee betrachtet werden.

Im Winter kühlt der See gut aus und es ist davon auszugehen, dass jährlich eine vertikale Durchmischung

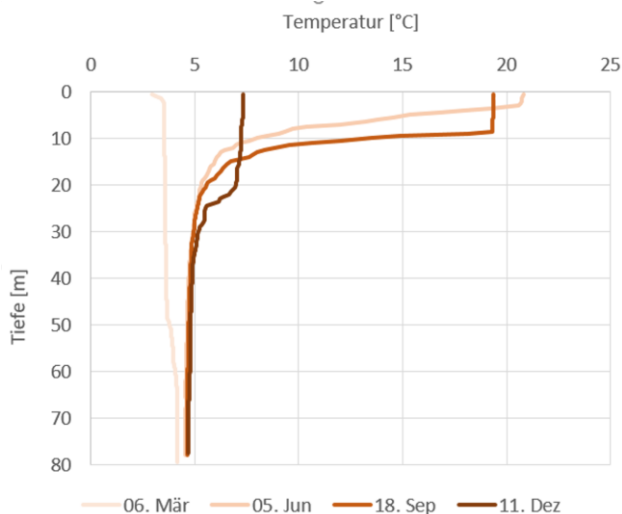


Abbildung 4-1. Die Temperatur, gemessen an vier Tagen entlang von Tiefenprofilen, während des Jahres 2018 (Quelle: Kanton Zug).

4.1.2 Sauerstoff

Sauerstoffmessungen zwischen 1991 und 2013 zeigen im Durchschnitt eine Zunahme der minimal gemessenen Sauerstoffkonzentration. Unterhalb von

des Wassers möglich ist. Diese Durchmischung der Wasserschichten ist für den See wichtig, weil damit das Oberflächenwasser mit Nährstoffen und die Tiefe mit Sauerstoff versorgt werden.

Im Jahr 2018, dem Jahr der standardisierten Befischung, erreichte der See im Sommer eine Temperatur von 25°C [13]. Gegen Ende September war die Temperatur bereits unter 20°C gefallen. Die Temperaturschichtung war zu diesem Zeitpunkt jedoch noch sehr ausgeprägt. Die Sprungschicht lag zwischen 9 und 15 m Tiefe.

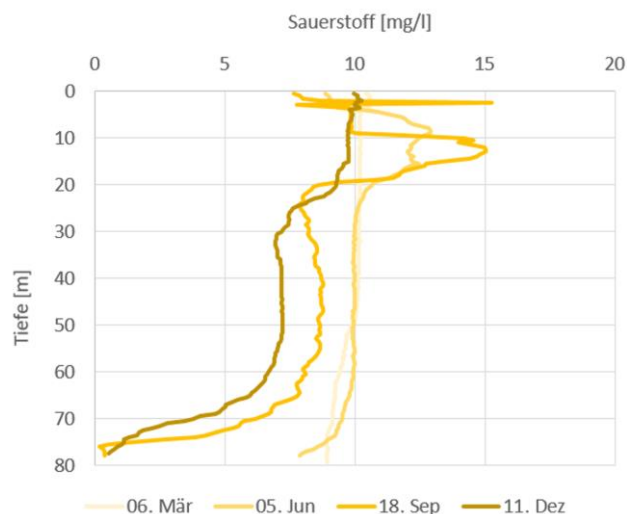


Abbildung 4-2 Der Sauerstoffgehalt, gemessen an vier Tagen entlang von Tiefenprofilen, während des Jahres 2018 (Quelle: Kanton Zug).

ca. 60 m treten aber auch heute noch Sauerstoffwerte < 4 mg/l auf, die den Fischen ein Überleben stark erschweren (Abbildung 4-3).

Ersichtlich ist die Sauerstoffzehrung in Abbildung 4-3. Sie tritt unterhalb der Sprungschicht auf. Hier sinken die Sauerstoffwerte auf unter 10 mg/l, in einigen Jahren liegen sie auch weit darunter. Für die Fauna kritische Werte werden teilweise schon unterhalb von 40 m erreicht, wie beispielsweise im Jahr 2011. Während den Abfischungen im September war der Sauerstoffgehalt in der Tiefe sehr gering. Unterhalb von ca. 70 m lagen die Werte bei < 4mg/l. Natürlicherweise sollte in den meisten voralpinen Seen in allen Tiefen und das ganze Jahr über kein Sauerstoffmangel auftreten.

Es wird vermutet, dass die niedrigen Sauerstoffkonzentrationswerte in der Tiefe des Sees natürlichen Ursprungs sind [14], weil die Trichterform des Sees organisches Material in der Tiefe konzentriert und

dadurch die Sauerstoffzehrung in der Tiefe akzentuiert [15, 16]. In produktionsreichen Jahren führt dies zu einem anaeroben Abbau des organischen Materials (vgl. schwarze Linien in Sedimentkernen, die von der EAWAG entnommen wurden, Abbildung 4-4), was zur Produktion von Methangas führt.

Die entnommenen Sedimentkerne zeigen auch (Abbildung 4-4), dass der Abbau des organischen Materials nicht immer anoxisch vonstattenging (helle Bereiche im Sediment). Es muss daher angenommen werden, dass die Sauerstoffzehrung in der Tiefe immer schon eher stark war. Anoxische Verhältnisse waren aber die Ausnahme und nicht die Regel. Daher ist anzunehmen, dass die heutige Sauerstoffzehrung, die zu anoxischen Verhältnissen in der Tiefe führt, zumindest teilweise einen anthropogenen Ursprung hat.

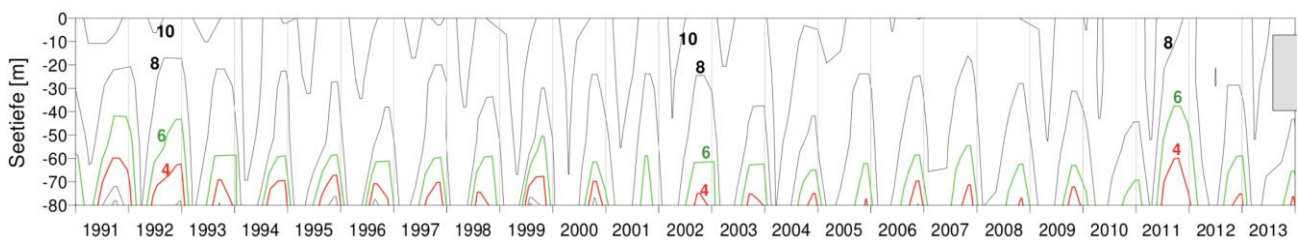


Abbildung 4-3: Der Sauerstoffgehalt pro Tiefenstufe im Jahresverlauf zwischen 1991 und 2013 (Quelle: Kanton Zug).



Abbildung 4-4. Sedimentkern aus der tiefsten Stelle des Ägerisees. Die schwarzen Schichten deuten auf anoxische Verhältnisse im überliegenden Wasser. Helle Bereiche deuten auf sauerstoffreiche Verhältnisse. Foto © Thomas Steinsberger, EAWAG.

4.1.3 Gesamtphosphor

Die Entwicklung des Gesamtphosphors zeigt, dass der Ägerisee in den Siebzigerjahren mit maximal 0.015 mg/l belastet war (Abbildung 4-5). Damals galt der See als mesotroph. Dank des Baus einer Abwasserreinigungsanlage sank der Phosphatgehalt bis in die Achtzigerjahre unter 0.01 mg/l. Seit 1992 dient

der See als Trinkwasserreservoir. Die Phosphatwerte schwanken je nach Jahr auf einem tiefen Niveau. Eine weitere Abnahme der Phosphatwerte ist nicht zu erkennen, stattdessen eine ganz leichte Zunahme seit 2010. Der Ägerisee ist heute als oligotroph (nährstoffarm) einzustufen.

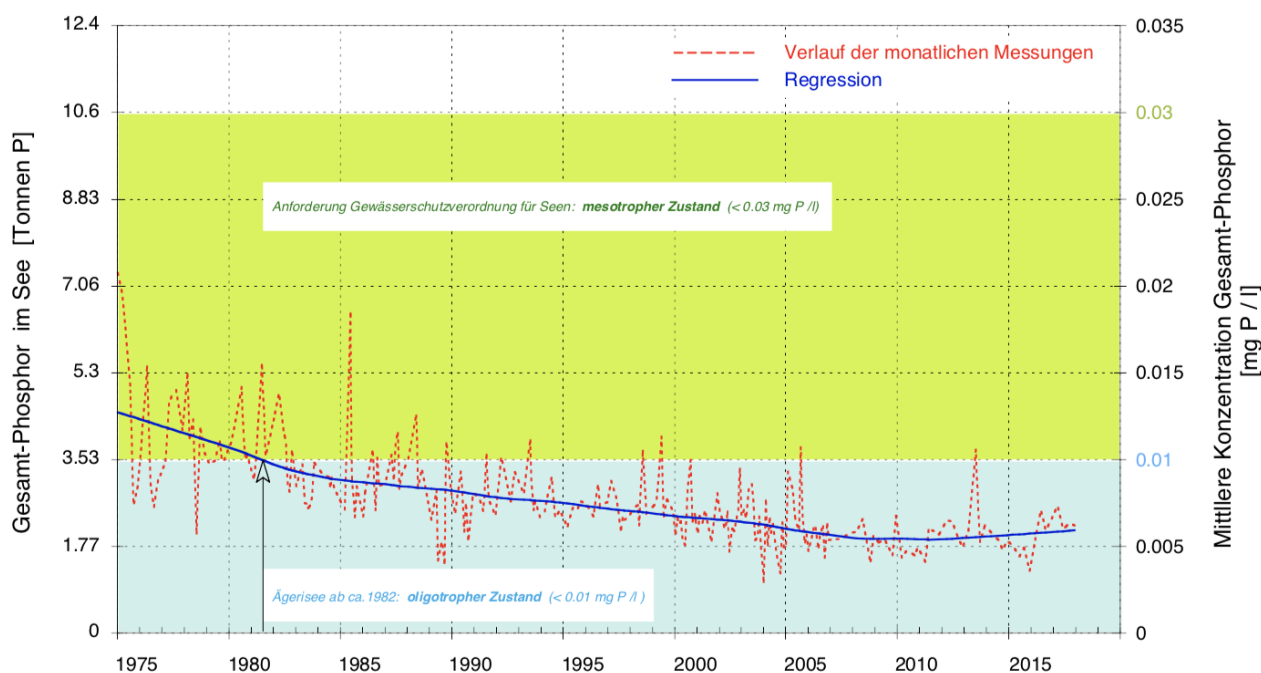


Abbildung 4-5. Phosphorinhalt des Ägerisees zwischen 1975 und 2017 (Quelle: Kanton Zug).

4.2 Habitatkartierung

Die Habitatkartierung des Litorals (Abbildung 4-6) zeigt einen vergleichsweise hohen Anteil an struktureichen Habitaten wie Einmündungen von Zuflüssen, Blöcken, Steinen, Vegetation oder Totholz. Diese bieten den Fischen Unterschlupf und Laichsubstrat (Abbildung 4-7). Die litorale Habitatvielfalt ist hoch. Der Anteil des Litorals an der See- fläche ist mässig bis gering. Er liegt bei 5.7 % der Gesamtfläche (Tiefe Litoral: 0 - 6 m).

59 % der Uferlinie kann heute als natürlich oder naturnah bezeichnet werden. 41 % sind durch Verbauungen anthropogen stark beeinträchtigt (Abbildung 4-9). Das Ufer des Ägerisees ist beinahe zur Hälfte künstlich. Der Anteil dieser künstlichen Habitate an der Gesamtfläche der litoralen Habitate liegt für Hafenanlagen und Stegen für Boote bei

4.3 %, für Blockwürfe bei 3.2 %, für hartverbaute Seeufer bei 2.8 % und für stark verbaute Zuflüsse bei 0.7 % (Abbildung 4-8). Die Verbauungen stehen damit grösstenteils in Zusammenhang mit Hafenanlagen, Strassen am Seeufer, Siedlungen und Hochwasserschutz (inkl. Seespiegelregulierung).

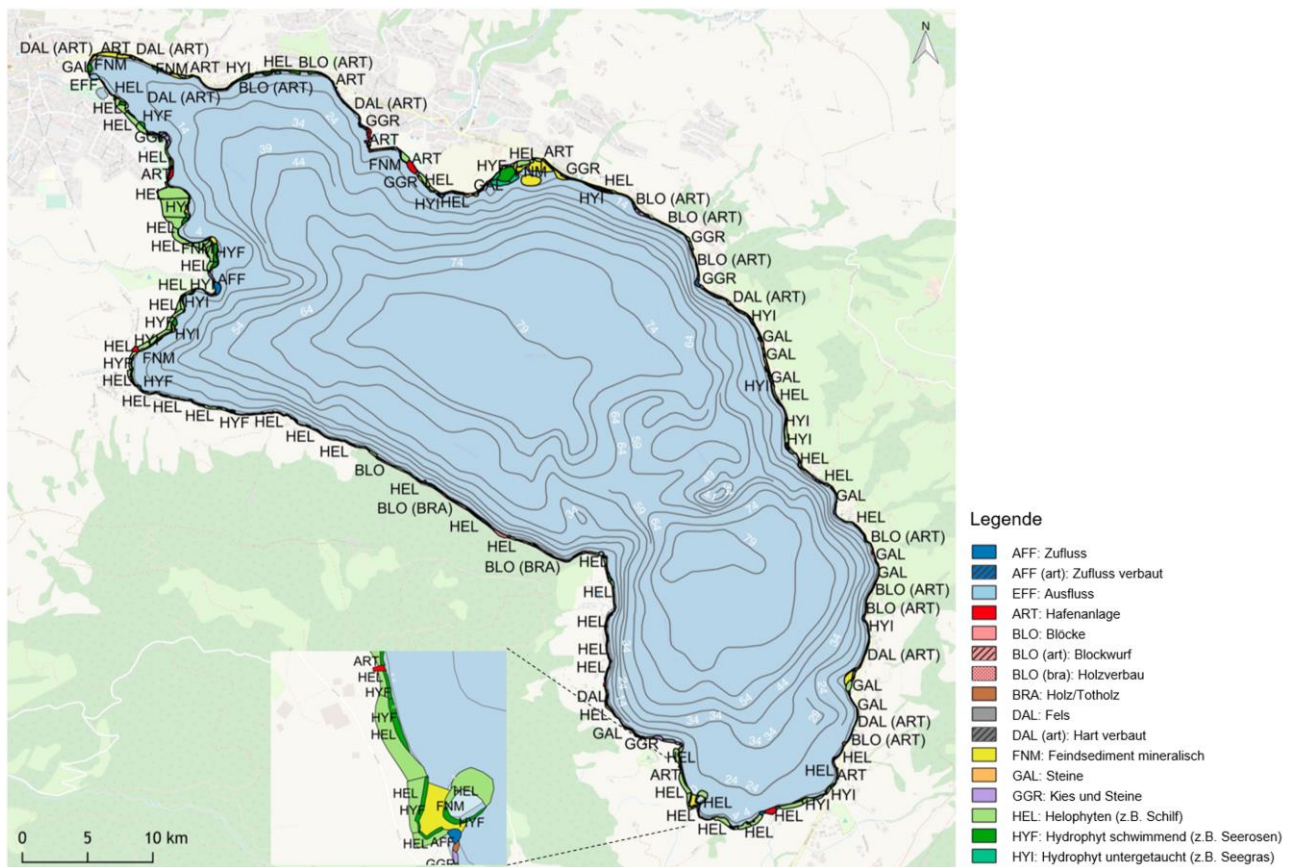


Abbildung 4-6. Ausschnitt der Standorte der litoralen Habitate für die habitatspezifischen Befischungen des Ägerisees (© openstreetmap; Bathymetrie © Swisstopo).

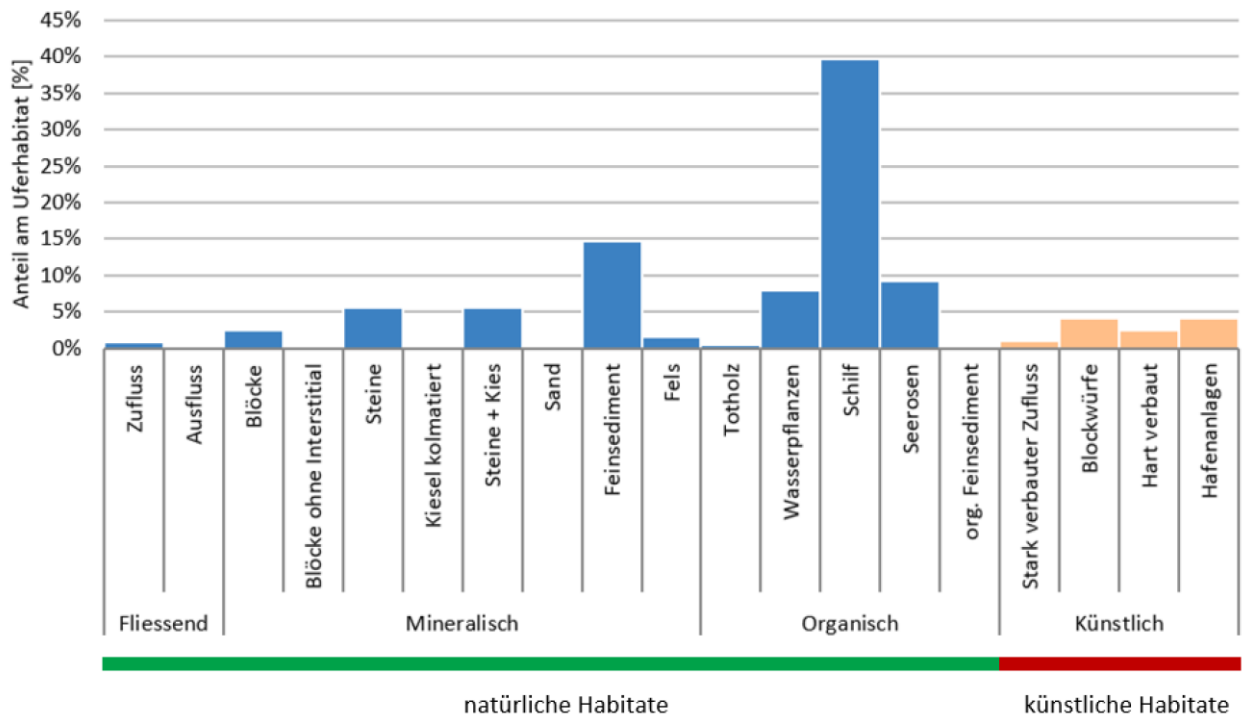
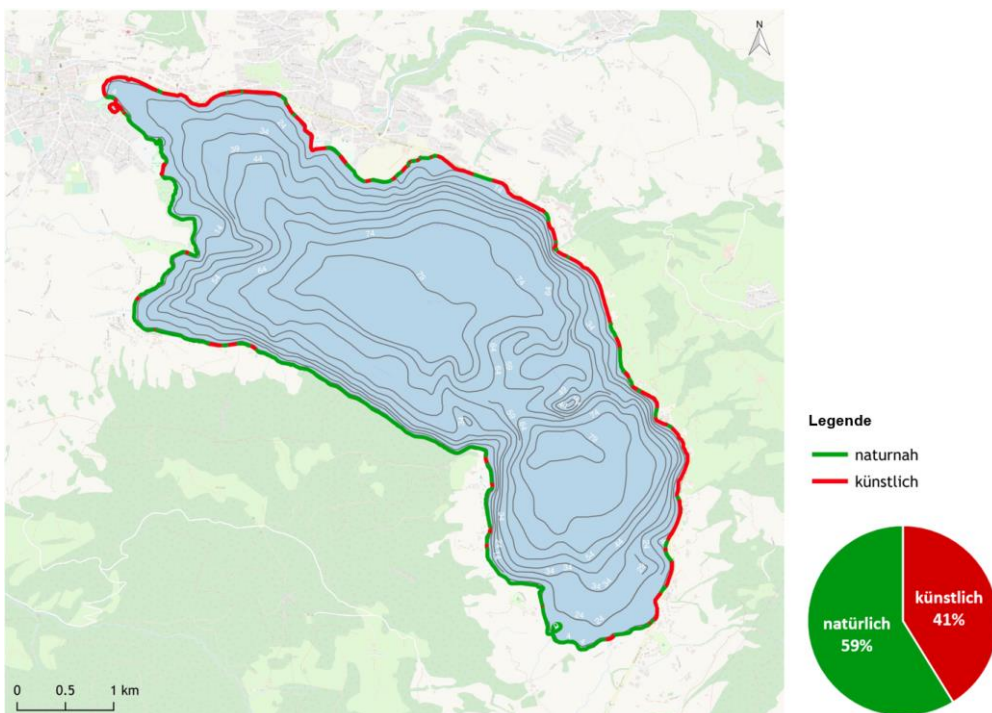


Abbildung 4-7. Flächenanteile der verschiedenen litoralen Habitate im Ägerisee.



Abbildung 4-8. Der Eierhalsbach als Beispiel für einen hart verbauten Zufluss des Ägerisees. Weiter flussaufwärts befindet sich zudem ein Geschiebesammler.



4.3 Standardisierte Abfischung

4.3.1 Standorte der Probenahmen

Insgesamt wurden im Ägerisee während drei Tagen 91 benthische CEN- und 20 pelagische Vertikalnetzgruppen (jeweils sechs Netze pro Gruppe) über Nacht eingesetzt. Zusätzlich wurden 67 Uferstrecken

(19 zu Fuss, 48 mit dem Boot) elektrisch befischt. Somit sind alles in allem 178 Befischungsaktionen durchgeführt worden (Abbildung 4-10).

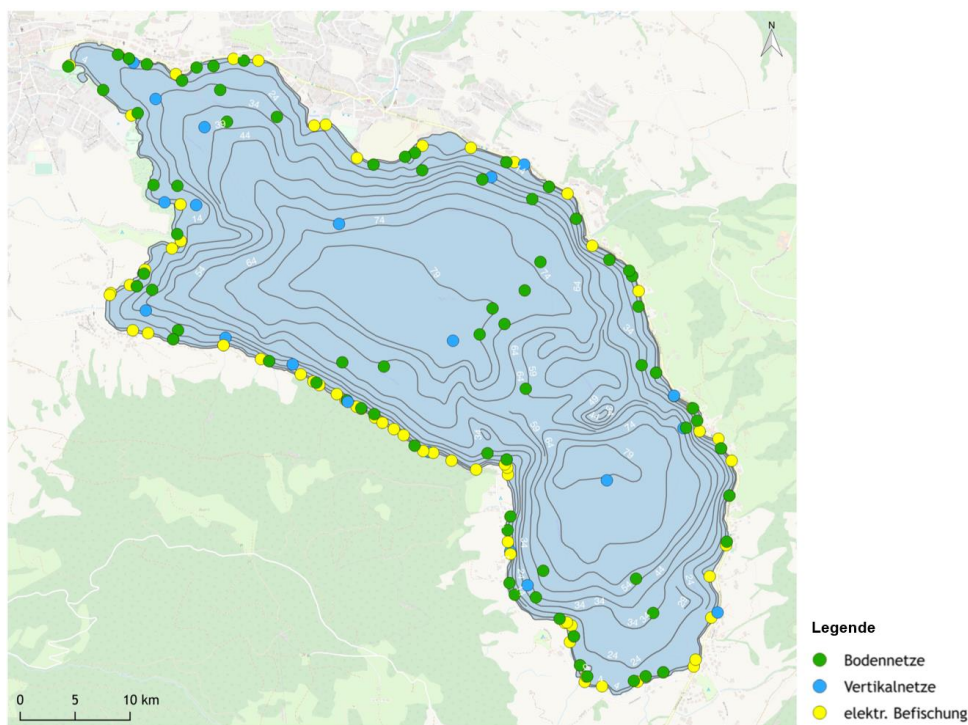


Abbildung 4-10. Karte der Befischungsstandorte im Ägerisee (© openstreetmap; Bathymetrie © Swisstopo).

4.3.2 Fischbestand und Artenvielfalt

Insgesamt wurden im Ägerisee bei der Befischung 4'797 Fische von 16 verschiedenen Fischarten gefangen (Tabelle 4-1; Felchen nicht nach Arten getrennt, vgl. Kap 5.3.6). Betrachtet man sämtliche Fangmethoden zusammen, dann waren Flussbarsche mit 3'154 Individuen am häufigsten in den Fängen vertreten. Ebenfalls sehr häufig vertreten waren Rotaugen (N=923) und die standortfremden Kaulbarsche (N=222). Die Anzahl gefangener Felchen war tief (N=43). Sie wurden fast ausschliesslich in den Vertikalnetzen gefangen.

Forellen wurden ausschliesslich bei elektrischen Befischungen nachgewiesen, Seesaiblinge nur durch

Vertikalnetze. Auch die Anzahl Seesaibling im Fang war mit 2 Individuen sehr gering.

Die gesamte Biomasse des Fangs betrug geringe 92.57 kg (Tabelle 4-1). Es wurde demnach eine eher grosse Anzahl Fische gefangen, diese waren aber eher klein. Die Flussbarsche stellten auch den grössten Anteil an der gefangenen Biomasse (30.71 kg), gefolgt von den Rotaugen (26.70 kg), Alet (9.63 kg) und Schleien (8.92 kg). Die Biomasse der gefangenen Felchen betrug 2.67 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	Perca fluviatilis	2350	75	729	3154	21.51	1.31	7.88	30.71
Rotaugen	Rutilus rutilus	754	37	132	923	22.00	0.11	4.58	26.70
Kaulbarsch	Gymnocephalus cernua	174	27	21	222	1.92	0.19	0.33	2.43
Laube	Alburnus alburnus	5	3	138	146	0.08	0.00	1.67	1.75
Hasel	Leuciscus leuciscus	13	55	4	72	0.31	0.71	0.03	1.05
Rotfeder	Scardinius sp	28	29	9	66	2.51	0.19	0.71	3.41
Alet	Squalius cephalus	7	52	3	62	8.12	0.18	1.33	9.63
Felchen, Art unbest.	Coregonus sp.	2	-	41	43	0.07	-	2.60	2.67
Gründling	Gobio gobio	20	13	-	33	0.13	0.03	-	0.17
Trüsche	Lota lota	-	20	2	22	-	1.10	0.20	1.30
Schleie	Tinca tinca	8	10	1	19	6.06	1.19	1.68	8.92
Kamberskreb	Orconectes limosus	7	2	3	12	0.11	0.02	0.06	0.19
Hecht	Esox lucius	2	6	2	10	1.16	0.86	1.27	3.29
Groppe	Cottus gobio	5	-	3	8	0.03	-	0.02	0.05
Forelle	Salmo sp.	-	3	-	3	-	0.11	-	0.11
Seesaibling, Art unbest.	Salvelinus sp.	-	-	2	2	-	-	0.17	0.17
Total		3375	332	1090	4797	64.01	6.02	22.54	92.57
Anzahl Arten		13	13	14	16	13	13	14	16

4.3.3 Volumenkorrigierte Fänge

Weder die Fische noch die zum Fang verwendeten Methoden waren zufällig im See verteilt. Anhand der vorliegenden Daten können Häufigkeit und Biomasse der einzelnen Fischarten mit der Verfügbarkeit der verschiedenen Habitaten (in diesem Fall handelt es sich um das vorhandene Volumen in den einzelnen Seekompartimenten) verrechnet werden [17].

Bei dieser Darstellung der Resultate dominiert ebenfalls der Flussbarsch die Fangzahlen, gefolgt von Laube, Rotaugen und Felchen (Abbildung 4-11). Wird die Biomasse für die Habitatgewichtung herangezogen, dann dominieren weiterhin die Flussbarsche, an zweiter Stelle folgen nun jedoch die Felchen. Danach folgen Rotaugen und dann die Lauben.

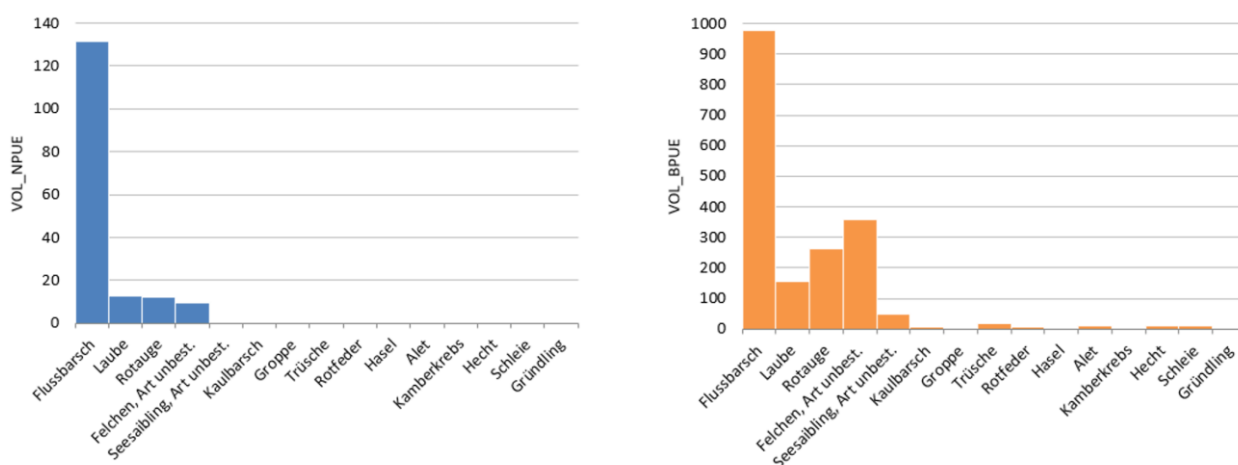


Abbildung 4-11. Die Anzahl (VOL_NPUE links, dabei handelt es sich um die pro Volumeneinheit des Sees und pro Netzfläche korrigierte Anzahl der gefangenen Fische) und die Biomasse (VOL_BPUE rechts, dabei handelt es sich um die pro Volumeneinheit des Sees und pro Netzfläche korrigierte Biomasse der gefangenen Fische) der mit den Vertikalnetzen gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit. Detaillierte Erklärungen zu der Berechnungsmethode können aus der folgenden Publikation entnommen werden [17].

4.3.4 Probenahme

Von den gefangenen Fischen wurden 70 Individuen eingehende untersucht (Tabelle 4-2). Ihnen wurde eine Gewebeprobe entnommen. Diese Proben lagern zurzeit bei Aquabios GmbH. Von 67 dieser Fische liegt auch ein standardisiertes Foto vor.

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

Fischart		Anzahl Individuen		
Deutsch	Lateinisch	Gefangen	mit Foto	mit DNA Probe
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	3154	6	6
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	923	8	8
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	222	2	2
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	146	1	3
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	72	4	4
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	66	4	4
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	62	5	5
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	43	20	22
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	33	4	4
Trüsche	<i>Lota lota</i>	22	1	1
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	19	3	3
Kamberskreb	<i>Orconectes limosus</i>	12	-	-
Hecht	<i>Esox lucius</i>	10	3	3
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	8	4	5
Forelle	<i>Salmo sp.</i>	3	-	-
Seesaibling, Art unbest.	<i>Salvelinus sp.</i>	2	2	2
Total		4797	67	70
Anzahl Arten		16	14	14

4.3.5 Artenvielfalt

Im Rahmen der standardisierten Befischungen von 2018 wurden im Ägerisee insgesamt 15 Fischarten gefangen (Tabelle 4-4, 16 Arten falls beide Felchenarten berücksichtigt werden, vgl. Kapitel 4.3.6). Diese gelten nach VBGF alle als heimisch. Wird die auf Literatur basierende Artenliste als historische Referenz herangezogen, dann sind 13 der im Rahmen dieses Projektes gefangenen Fischarten standortgerecht und zwei standortfremd (Kaulbarsch, Felchen).

Bis heute wurden im ganzen See insgesamt 24 Fischarten dokumentiert. Um 1900 werden im Ägerisee 17 Arten dokumentiert (Tabelle 4-3), wovon zwei (Felchen, Brachse) schon damals als standortfremd eingestuft wurden. Von den 15 historisch standortgerechten Fischarten (Gründling hier nicht berücksichtigt da historisch nicht belegt) konnten bei den

standardisierten Befischungen des im Jahr 2018 noch 12 Arten nachgewiesen werden. Es fehlen der Aal, die Bartgrundel (Schmerle) und die Elritze. Der Aal ist gemäss Zuger Fischatlas [18] im Ägerisee noch vorhanden, deren Bestand ist jedoch äusserst gering (Pers. Mitteilung Felix Ammann). Für Elritze und Bartgrundel sind keine nachweise aus dem See bekannt [18], sie sind also möglicherweise im Ägerisee ausgestorben.

Tabelle 4-3. Artenfundliste des Ägerisees. Die Arten werden aufgrund der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei als einheimisch oder eingeführt eingestuft. Die als historisch im See vorkommend bezeichneten Arten werden als standortgerecht bezeichnet, ausser wenn dieser in der Literatur als eingeführt erwähnt werden. Die in der Literatur als fehlend bezeichneten Arten werden als standortfremd eingestuft. Nicht erwähnte Arten werden als standortgerecht eingestuft, sofern sie in der Schweiz weit verbreitet sind. Genauere Angaben zu den Zitatensind der Fussnote zu entnehmen. Zudem wurden noch die im Fischatlas von 2003 [19], in den Daten vom CSCF und in der Fischfangstatistik erwähnten Arten berücksichtigt.

Fischart			Gefährdun g VBGF	Ursprung VBGF	Ursprung im See	Nachweis der Fischart				
Familie	Lateinisch	Deutsch				Historisch	Fischatlas 2000-2010	CSCF 2003 / CSCF 2018	Fischereistatisti k 2013-2016, Berufsfischer	Befischung 2018
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	3	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Sonnenbarsch	,	Eingeführt	Standortfremd			●		
Coregonidae	<i>Coregonus</i> sp.	Felchen, Art unbest.	4, E	Einheimisch	Standortfremd ¹	●	●	●	●	●
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Groppe	4	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	Brachse	NG	Einheimisch	Standortfremd ²	●	●	●	●	
Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Blicca bjoerkna</i>	Blicke	4	Einheimisch	Standortfremd ²		●	●		
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Karpfen	3	Einheimisch	Standortfremd ⁶		●	●	●	
Cyprinidae	<i>Gobio gobio</i>	Gründling	NG	Einheimisch	Standortgerecht ⁷			●		●
Cyprinidae	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hosel	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Cyprinidae	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Elritze	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●		●		
Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	Rotaugen	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Cyprinidae	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotfeder	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Squalius cephalus</i>	Alet	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●		●
Cyprinidae	<i>Tinca tinca</i>	Schleie	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Hecht	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Gadidae	<i>Lota lota</i>	Trüsche	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Nemacheilidae	<i>Barbatula barbatula</i>	Bartgrundel	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●		●		
Percidae	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Kaulbarsch ⁴	NG	Einheimisch	Standortfremd		●	●		●
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	NG	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>	Zander	,	Eingeführt	Standortfremd		●	●		
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Regenbogenforelle ⁵	,	Eingeführt	Standortfremd			●		
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Atlantische Forelle	4 (2)	Einheimisch	Standortgerecht	●	●	●	●	●
Salmonidae	<i>Salvelinus</i> sp.	Seesaibling, Art unbest	3	Einheimisch	Standortgerecht ³	●	●	●	●	●
Total					24	17	19	24	12	15
Total Anzahl Arten Einheimisch (VBGF)					21	17	18	21	12	15
Total Anzahl Arten Eingeführt (VBGF)					3	0	1	3	0	0
Total Anzahl Arten Standortgerecht (Seespezifisch)					16	15	13	16	9	13
Total Anzahl Arten Standortfremd (Seespezifisch)					8	2	6	8	3	2

¹ In Stadler [20] werden Felchen im Ägerisee nicht erwähnt, obwohl 1887 225'000 Brutfische von Zugerseebalchen eingesetzt wurden [12, 21]. J. Heuscher erwähnt [21], dass der Besatz mit Felchen wohl ergebnislos war. Heuscher empfahl auch ein Besatz mit Albelibrut vom Pfäffikersee. P Steinemann konnte nicht in Erfahrung bringen ob ein solcher Besatz durchgeführt wurde. Hudson [22, 23] hat die Ägerisee Felchen genetisch nicht untersucht, weshalb deren Ursprung nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann. Zwischen 1920-1934 war eine ständige Zunahme von Felchenfängen in der Fischerei zu verzeichnen, dafür gingen die Rötelfänge zurück [12]. Laut CSCF gelten Felchen im Aegerisee als eingeführt [19].

² Laut Steinmann [12] wurden Brachsmen nach Angaben von Fischern aus dem Zugersee eingesetzt und waren offenbar ursprünglich nicht im Aegerisee heimisch. Daher nehmen wir an, dass dies auch für die Blicke gilt.

³ Vor 1920 war der Aegerisee ein ausgesprochener Rötelsee, der auch mit Röteln (Seesaibling) besetzt wurde [12, 21]. Gemäss Hartmann [24] (Seite 128) wurde schon im Jahre 1316 österreichischer Herzog mit "Röthel" vom Aegerisee bezahlt. Daher wird der Seesaibling als im See einheimisch eingestuft.

⁴ Gemäss Zuger Fischatlas von 2010 [18] war der Kaulbarsch bis 2000 im Ägerisee nicht bekannt, 2010 aber schon.

⁵ Letzter bekannter Nachweis gemäss CSCF war 1985

⁶ Hartmann [24] erwähnt, dass der Karpfen im Ägerisee fehlt (S. 176)

⁷ Historische Quellen machen keine Angaben zum Gründling, dieser ist aber laut Hartmann weit verbreitet in der Schweiz [24]. Er wird daher hier als standortgerecht eingestuft.

4.3.6 Artenvielfalt der Felchen

Bei den im Rahmen der standardisierten Befischungen gefangenen Felchen konnten Ökotypen von zwei Arten nachgewiesen werden (Abbildung 4-12). Der erste ist kleinwüchsig und ähnelt morphologisch dem Felchen aus dem Zugersee. Er ist im Fang eher häufig. Der zweite ist starkwüchsig und ähnelt dem Balchen aus dem Vierwaldstättersee. Dieser ist im See seltener. Genauere genetische und morphologische Untersuchungen sind uns nicht bekannt. Daher kann keine genaue Artzuweisung vollzogen werden. Beide vermuteten Arten gelten im See als eingeführt [21] und werden daher als standortfremd bezeichnet.

Steinmann erwähnte 1950 im Ägerisee nur eine Felchenart. Auch Müller erwähnt keine zweite Art im See [25]. Gemäss Steinmann [26] wurden aber Zugersee-Balchen und Pfäffikersee-Albeli ausgesetzt. Zudem wurden Ende der 1980er Jahre Albeli aus dem Vierwaldstättersee eingesetzt (Pers. Auskunft Felix Ammann). Die genaue Artzuweisung könnte im Rahmen einer genetischen Studie überprüft werden.



Abbildung 4-12. Die beiden vermutlich unterschiedlichen Felchenarten die heute im Ägerisee vorkommen.

4.3.7 Weitere erwähnenswerte Fänge

Sehr häufig gefangen wurden die erst kürzlich eingeschleppten Kaulbarsche. Die hohe Dichte ist auffallend und dürfte nicht ohne Konsequenzen für andere Fischarten und damit das Ökosystemgleichgewicht sein. Wie sich dieses verändert, ist allerdings nicht bekannt. Ebenfalls negativ zu werten ist der Fang von mehreren Kamberkrebsen. Bis vor wenigen Jahren kamen im Ägerisee noch Edelkrebse (*Astacus astacus*), Steinkrebse (*Austropotamobius torrentium*) und Galizierkrebse (*Astacus leptodactylus*) vor [27]. Da es sich bei allen drei Arten um europäische Flusskrebse handelt, könnte es sein, dass die drei Arten

aufgrund des Aufkommens von Kamberkrebsen im See verdrängt wurden. Dies müsste jedoch genauer untersucht werden.

Erfreulich ist das Vorkommen von Groppen. Diese besiedeln aber nicht die gesamte Seetiefe, sondern nur einen Bereich zwischen ca. 5 m und 30 m Tiefe.

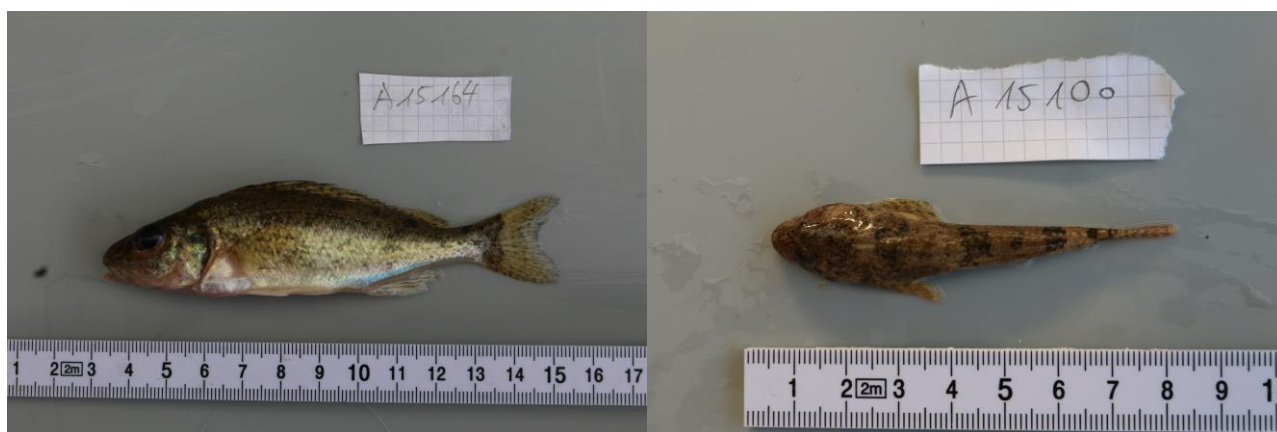


Abbildung 4-13. Links: Der im Ägerisee standortfremde Kaulbarsch hat sich im Ägerisee in den letzten Jahren massiv ausgebreitet. **Rechts:** Die Groppe kommt im Ägerisee noch vor, allerdings nur in eher geringen Tiefen.

4.3.8 CEN-Netze und Konfidenzintervalle

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

Die Resultate (Tabelle 4-4) 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. Zukünftige repräsentative Befischungen können somit statistisch mit denen von 2017 verglichen werden.

Tabelle 4-4. 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	Deutsch	Latain	Minimum	Mittelwert	Maximum	0.95	0.05
Percidae	Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	1'169	2'367	3'844	1'685	3'098
Cyprinidae	Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	446	752	1'151	582	930
Percidae	Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	95	174	304	125	229
Cyprinidae	Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	0	5	13	2	9
Cyprinidae	Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	1	13	25	7	19
Cyprinidae	Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	2	28	58	14	45
Cyprinidae	Alet	<i>Squalius cephalus</i>	0	7	20	2	13
Coregonidae	Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	0	2	12	0	6
Cyprinidae	Gründling	<i>Gobio gobio</i>	1	20	56	6	39
Cyprinidae	Schleie	<i>Tinca tinca</i>	0	8	19	3	13
Cambaridae	Kammerkreb	<i>Orconectes limosus</i>	0	7	20	2	14
Esocidae	Hecht	<i>Esox lucius</i>	0	2	9	0	5
Cottidae	Groppe	<i>Cottus gobio</i>	1	5	16	2	9
Total			1'715	2'430	4'429	3'390	5'547

4.3.9 Habitatnutzung

4.3.9.1 Habitattypen

Gewisse Fischarten bevorzugen die pelagischen, andere eher die benthischen oder profundalen Habitate in einem See (Abbildung 4-14). Im Fall des Ägerisees ist - wie in allen bisher untersuchten Seen - die grösste Artenvielfalt im Litoral und an der Halde zu finden. In Ufernähe (Litoral) dominieren Arten wie Alet, Flussbarsch, Kaulbarsch und Rotaugen. An der Halde wurden sehr viele Flussbarsche gefangen. Es wurden aber auch Rotaugen, Laube, Kaulbarsche

und vereinzelt Felchen gefangen. Im Pelagial dominiert ebenfalls der Flussbarsch, aber auch Felchen, Laube und Rotaugen kommen vor. Üblicherweise dominieren in Seen mit dem Artenspektrum wie im Ägerisee im Pelagial Seesaiblinge und Felchen. Das Profundal schliesslich wird von Groppen und Kaulbarschen besiedelt. Wobei zu erwähnen ist, dass sehr wenige Fische in der Tiefe gefangen wurden (vgl. Kapitel 4.3.9.2).

Anzahl (NPUE)

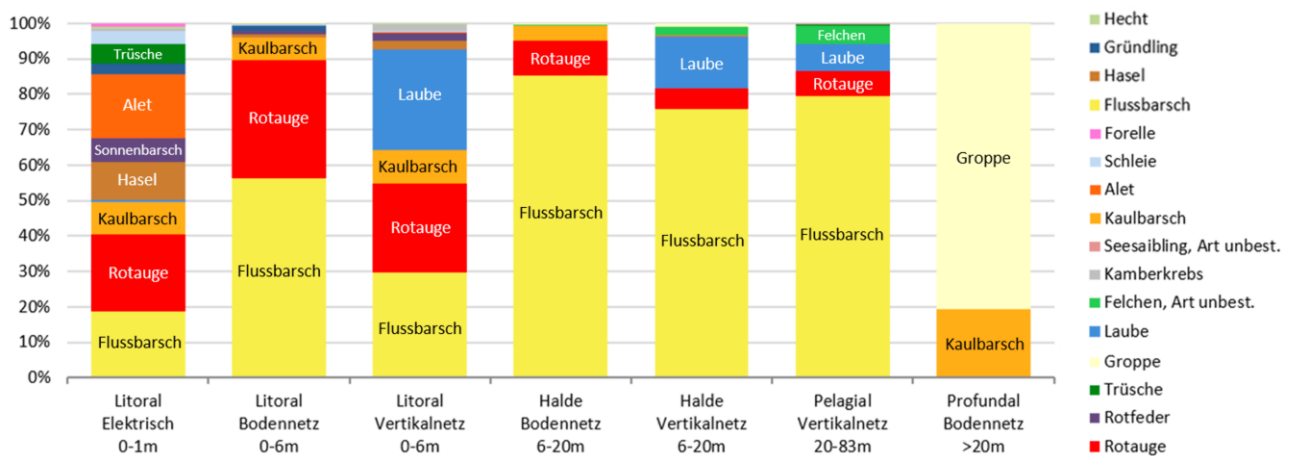


Abbildung 4-14. Jeder Balken zeigt den Anteil der verschiedenen Arten im Fang (Biomasse) für die verschiedenen Habitate (Litoral, Halde, Pelagial, Profundal) und Befischungsmethoden (Elektrofischerei, Bodennetz, Vertikalnetz).

4.3.9.2 Tiefenverteilung

Die höchste Fischdichte in benthischen Netzen für alle Fischarten wurde in Tiefen zwischen 0 und 12 m beobachtet (Abbildung 4-15). Das ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche und Rotaugen zurückzuführen.

In den Vertikalnetzen wurden bis maximal 30 m Tiefe Fische gefangen. Darunter wurden keine Fische registriert. Die höchsten Dichten wurden wiederum zwischen 0 und 12 m beobachtet. Dies ist mehrheitlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche zurückzuführen.

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

- Es wurden keine Fische unterhalb von 30 m gefangen, obwohl der See bis 60 m Tiefe genügend Sauerstoff aufweist.
- Trüschen besiedeln den See bis 20 m Tiefe.
- Seesaiblinge wurden bis maximal 30 m Tiefe gefangen.
- Alet und Hasel wurden wie fast in allen untersuchten Seen nur sehr oberflächennah gefangen.

- Felchen besiedeln nicht die gesamte Seetiefe. Sie wurden maximal in 16 m Tiefe gefangen.
- Flussbarsche befinden sich im Frühherbst insbesondere zwischen 0 und 7 m Tiefe.
- Hechte wurden in einer Tiefe von 0 bis 6 m gefangen.
- Kaulbarsche kommen vor allem in Ufernähe bis 12 m Tiefe vor. Ein Kaulbarsch wurde zusammen mit zwei Groppen im Profundal gefangen (20 bis 35 m Tiefe).

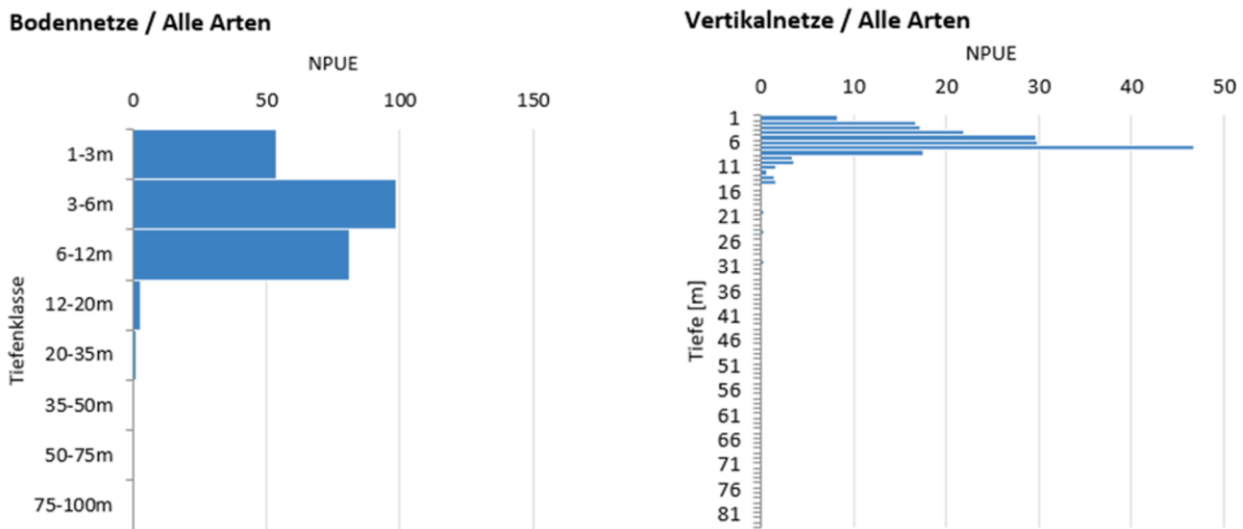


Abbildung 4-15. Die Anzahl (NPUE) der gefangenen Fische dargestellt für verschiedene Tiefen: Links für Bodennetze in Tiefenklassen; Rechts für pelagische Vertikalnetze.

4.3.10 Geografische Verteilung der Fänge

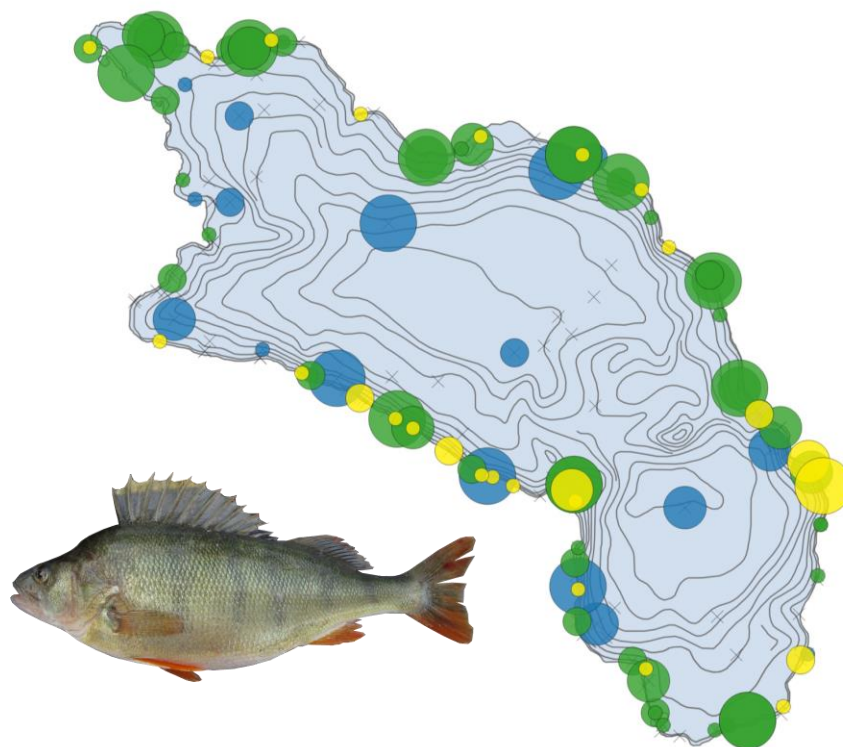
Der Flussbarsch dominiert in Ufernähe, ist aber auch in den pelagialen Zonen des Sees weit verbreitet (Abbildung 4-16). Die geografische Verteilung der Felchen zeigt, dass sie in Ufernähe stärker vertreten sind als in den pelagialen Zonen des Ägerisees. In typischen, tiefen voralpinen Seen wird üblicherweise beobachtet, dass Felchen im Pelagial dominieren und Flussbarsche am Ufer.

Besonders auffällig ist auch die Verteilung der Alet- und Rotfederfänge (siehe Anhang). Beide Arten wurden grossmehrheitlich am Südwestufer des Sees gefangen. Dort liegen vor allem naturnahe Ufer. An künstlichen Ufern waren diese deutlich seltener in den Fängen zu verzeichnen. Gründlinge wurden auffällig oft am flacheren unteren Ende des Sees gefangen. Die Schleie umgekehrt besonders oft am flacheren oberen Ende des Sees. Insgesamt kann festgestellt werden, dass auch im Ägerisee für gewisse Arten recht ausgeprägte geografische Muster erkenn-

bar sind. Diese scheinen zumindest teilweise in Zusammenhang mit dem Grad der Natürlichkeit der Ufer zu stehen.

Die Kombination von Fangtiefe und Standort im See zeigt zudem im Detail, wie die Fische im Raum verteilt sind (Abbildung 4-17). Ungewöhnlich ist, dass keine Fische unterhalb von 30 m gefangen werden konnten. Im Spätsommer scheinen die Bedingungen für die Fische in diesen Tiefen nicht optimal zu sein. Ein Blick auf die Sauerstoffwerte in diesen Tiefen zeigt, dass erst unterhalb von 70 m Tiefe die Sauerstoffkonzentration auf weniger als 4 mg/l liegt. Darüber liegt sie um die 8 mg/l. Der Sauerstoffgehalt scheint zum Zeitpunkt der Befischung also nicht die Hauptursache für das Fehlen der Fische in der Tiefe zu sein.

NPUE: *Perca fluviatilis*

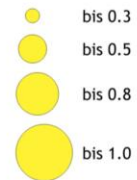


Legende

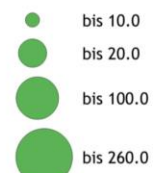
Flussbarsch (*Perca fluviatilis*)

× Befischungsstandorte

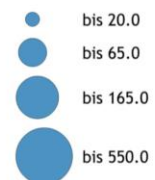
NPUE elektrische Befischungen



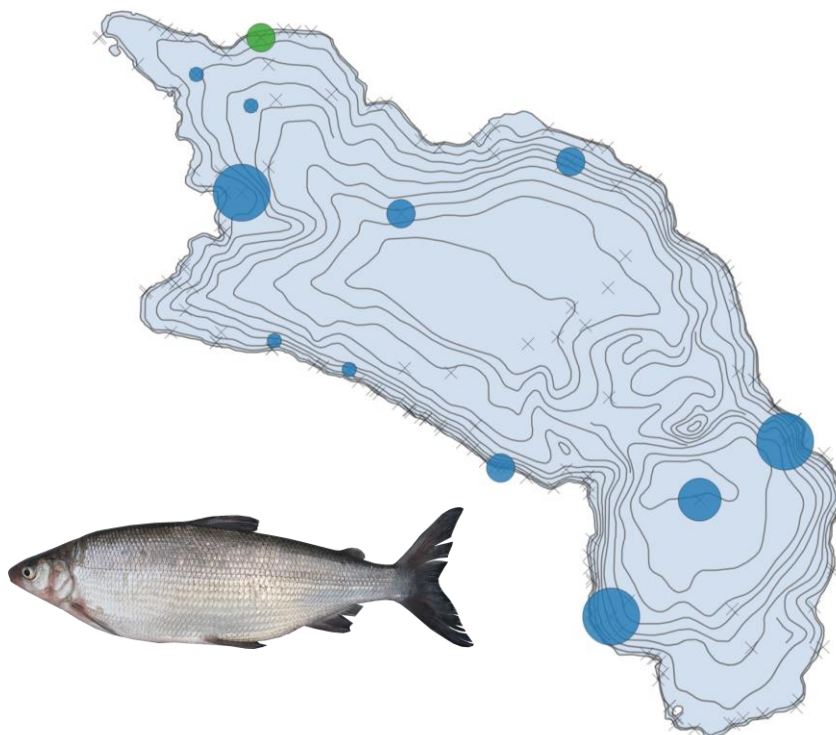
NPUE benthsische Netze



NPUE vertikale Netze



NPUE: *Coregonus* spp.



Legende

Felchen (*Coregonus* spp.)

× Befischungsstandorte

NPUE benthsische Netze



NPUE vertikale Netze

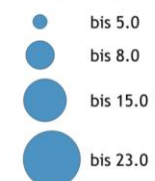


Abbildung 4-16. Geografische Verteilung der Flussbarsch- und Felchenfänge im Ägerisee (alle Protokolle). Die Karten der restlichen Arten befinden sich im Anhang.

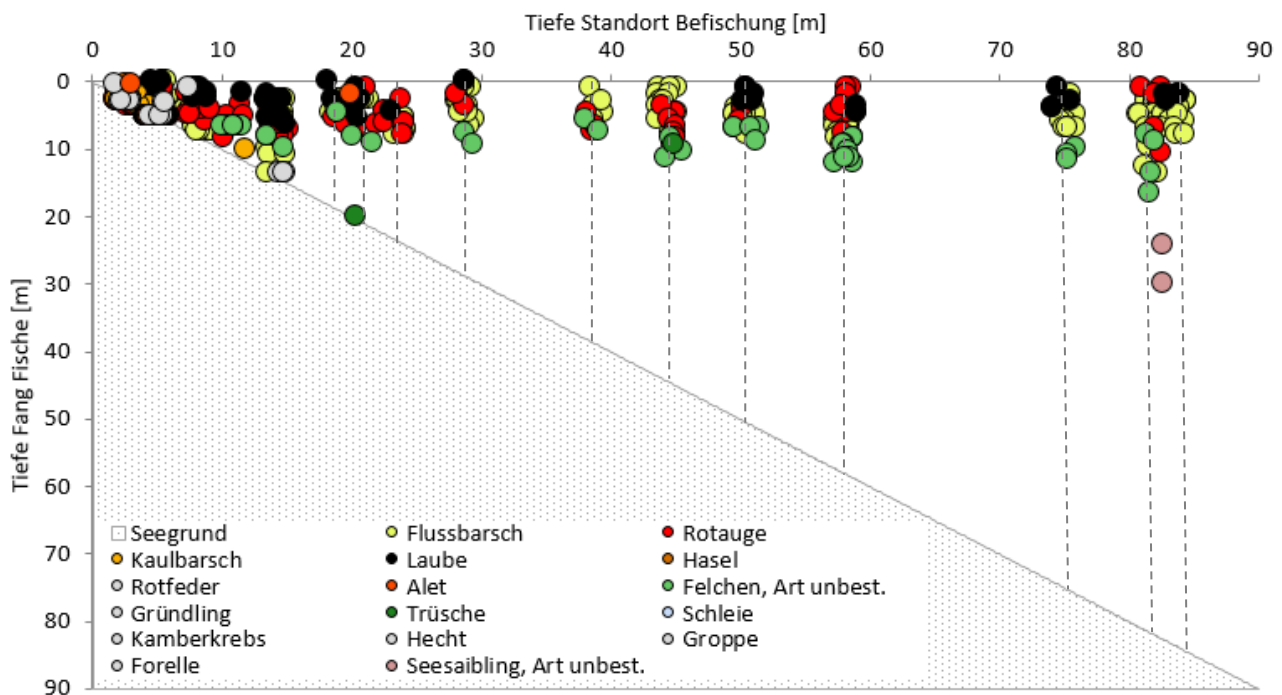


Abbildung 4-17. Dargestellt sind die mit Vertikalnetzen gefangenen Fische (Punkte) also Kombinationen zwischen Fangtiefe (Y-Achse) und geografischer Verteilung (Tiefe, in der ein Netz gesetzt wurde, X-Achse). Die grau gestrichelte vertikale Linie zeigt wo mit den Vertikalnetzen gefischt wurde.

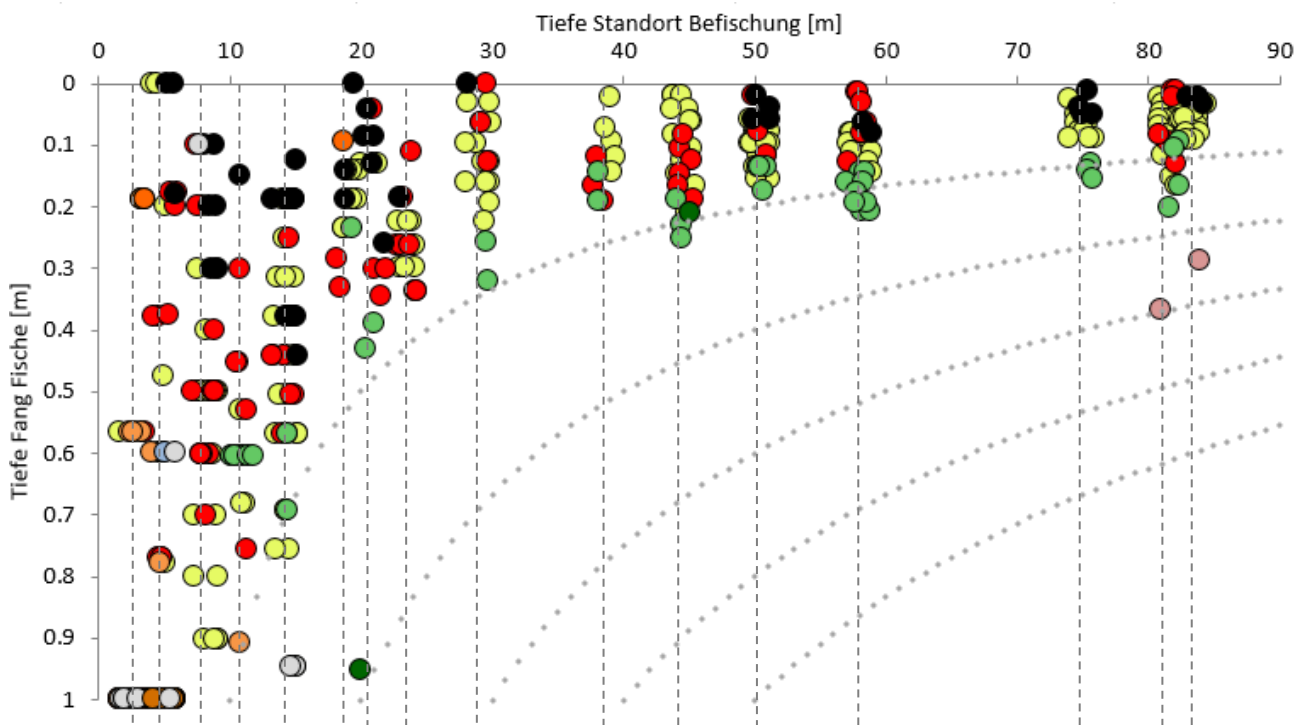


Abbildung 4-18: Darstellung der relativen Fangtiefe je nach Befischungsstandort. Links liegt das Ufer, rechts die Seemitte. Legende analog Abbildung 4-17. Die grau gestrichelte vertikale Linie zeigt, wo mit den Vertikalnetzen gefischt wurde.

4.3.10.1 Uferhabitate

Die Resultate der elektrischen Befischung zeigen eine heterogene Verteilung der Fische in den verschiedenen Uferhabitaten (Abbildung 4-19). Auffällig ist die hohe Dichte bei Zuflüssen, Blöcken, Steinen und Kies sowie im Schilf. Insbesondere die hohe Fischdichte im Schilf ist in vielen anderen Seen so nicht zu beobachten.

Viele Fische wurden auch bei hart verbauten Ufern resp. Fels gefangen. Das ist unüblich für diese strukturalarmen Uferbereiche.

Wasserpflanzen, Seerosen und Feinsedimente beherbergen wie erwartet vergleichsweise wenig Fische.

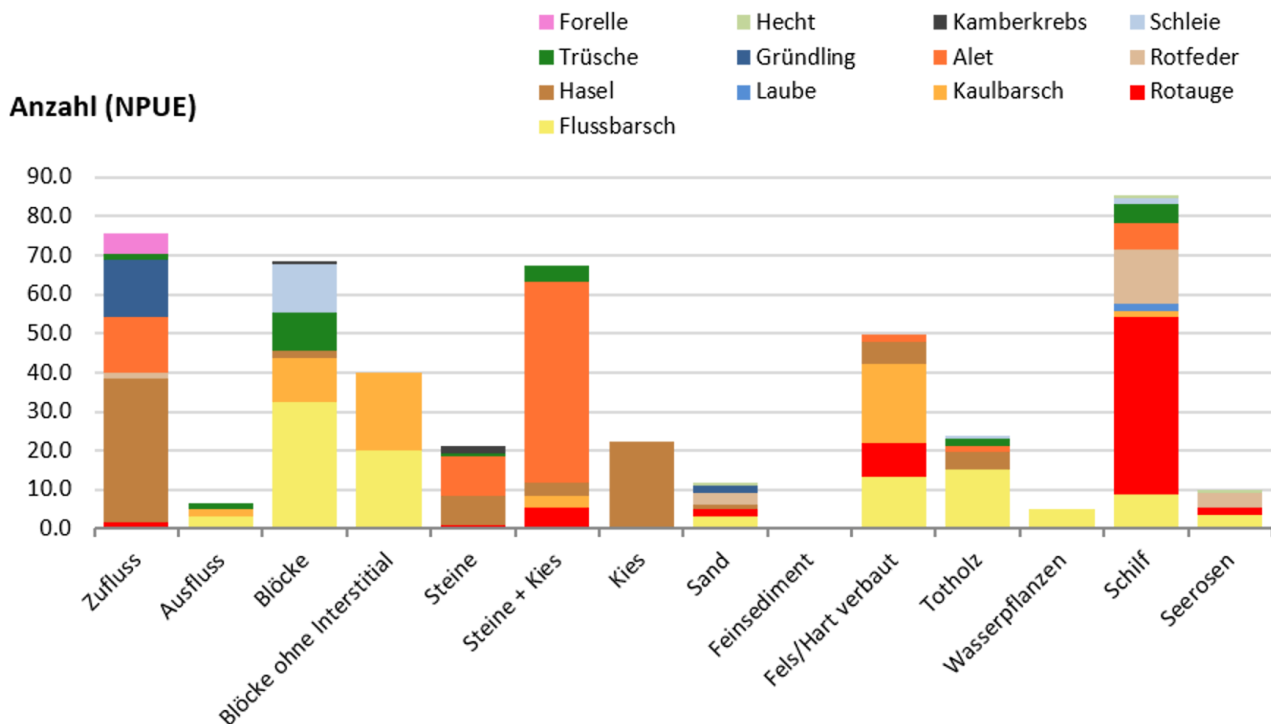


Abbildung 4-19. Anzahl Fische, korrigiert für die befischte Fläche, die mittels Elektrofischerei in den verschiedenen Habitaten gefangen wurden.

Die meisten positiven Zusammenhänge mit gewissen Fischarten (Tabelle 4-5) zeigten die Habitate Zuflüsse, Blöcke und Schilf. Von Fischen eher gemieden wurden der Seeausfluss, Feinsediment und Wasserpflanzen. Bei Seeausflüssen handelt es sich - in naturnahem Zustand - um sehr attraktive Habitate für Fische, in denen typischerweise eine hohe Vielfalt gefangen wird. Die Lorze ist beim Ausfluss aber kaum strukturiert und weist starke morphologische Defizite auf, was dieses Resultat erklären dürfte. Insgesamt zeigen die elektrischen Befischungen wie wichtig auch am Seeufer Strukturen für das Vorkommen von Fischen sind.

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

Tabelle 4-5. Tabelle mit berechneten positiven und negativen Assoziationen⁸ zwischen Fischen und Habitaten.

Fischart	Zufluss	Ausfluss	Blöcke	Blöcke ohne Interstitial	Steine	Steine + Kies	Kies	Sand	Feinsediment	Fels/Hart verbaut	Totholz	Wasserpflanzen	Schluff	Seerosen
N tot = 67	N=5	N=1	N=8	N=2	N=5	N=7	N=1	N=1	N=2	N=6	N=5	N=2	N=13	N=9
Flussbarsch	-1.0	-0.6	3.3	1.7	-0.9	-1.0	-1.0	-0.6	-1.0	0.8	1.0	-0.3	0.1	-0.5
Rotaugen	-0.6	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9	0.1	-1.0	-0.6	-1.0	0.8	-1.0	-1.0	8.7	-0.5
Laube	-1.0	-0.6	1.8	3.8	-1.0	-0.2	-1.0	-1.0	-1.0	3.9	-1.0	-1.0	-0.7	-1.0
Hasel	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	13.0	-1.0
Rotfeder	5.2	-1.0	-0.7	-1.0	0.3	-0.5	2.8	-0.8	-1.0	-0.1	-0.3	-1.0	-1.0	-1.0
Alet	-0.2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	8.0	1.2
Gründling	1.3	-1.0	-1.0	-1.0	0.6	7.3	-1.0	-1.0	-1.0	-0.7	-0.7	-1.0	0.1	-1.0
Trüsche	11.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.7	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Schleie	-0.3	0.0	4.7	-1.0	-0.6	1.4	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	1.8	-1.0
Kambersch	-1.0	-1.0	10.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.1	-1.0	0.2	-1.0
Hecht	-1.0	-1.0	3.3	-1.0	8.7	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Kaulbarsch	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	3.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	4.6	3.4
Forelle	13.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Mittelwert	1.8	-0.9	1.2	-0.4	0.0	0.0	-0.7	-0.3	-1.0	-0.2	-0.6	-0.9	2.5	-0.4

4.4 Fischereiliche Aspekte

4.4.1 Längenselektivität der Maschenweiten

Die Längenselektivität der Netze ist unterschiedlich für verschiedene Fischarten [28, 29]. Bei den Felchen und den Flussbarschen sind die Maschenweiten eher grössenselektiv als beispielsweise bei Seeforellen und Seesaiblingen. Anhand der standardisierten

Fänge kann für jede Fischart und für jede Maschenweite die Verteilung und somit die Selektivität bestimmt werden. Welche Fischlängen durch die erlaubten Maschenweiten gefangen werden, ist im Anhang (Kapitel 9.3) dargestellt.

4.4.2 Längenverteilung

Die Längenverteilungen (Abbildung 4-20) belegen für die am häufigsten gefangenen Arten ein gutes Jungfischauftreten. 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. Felchen über

280 mm fehlen fast vollständig in den standardisierten-Fängen. Bei den Flussbarschen fallen die geringen Dichten an grossen Fischen auf (>200 mm, Abbildung 4-20). Ab einer Länge von 240 mm werden kaum mehr Flussbarsche gefangen. Bloss fünf Flussbarsche waren zwischen 260 und 325 mm lang. Die

⁸ 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.

0+-Kohorte ist demgegenüber sehr stark ausgeprägt. Auffallend ist auch das Fehlen von grösseren Rotaugen.

Interessant ist auch die starke Abnahme der Häufigkeit der Flussbarsche, Felchen und Rotaugen, sobald diese eine Länge erreichen, mit der sie durch die für

die Netzfischerei zugelassenen Maschenweiten effizient gefangen werden können (Abbildung 4-20). Das legt die Vermutung nahe, dass die Fische des Ägerisees einem hohen Befischungsdruck ausgesetzt sind. In Seen mit geringen Befischungsdruck (vgl. Ergebnisse Sarnersee [30]) sehen die Längenverteilungen der häufigen Arten ausgeglichener aus.

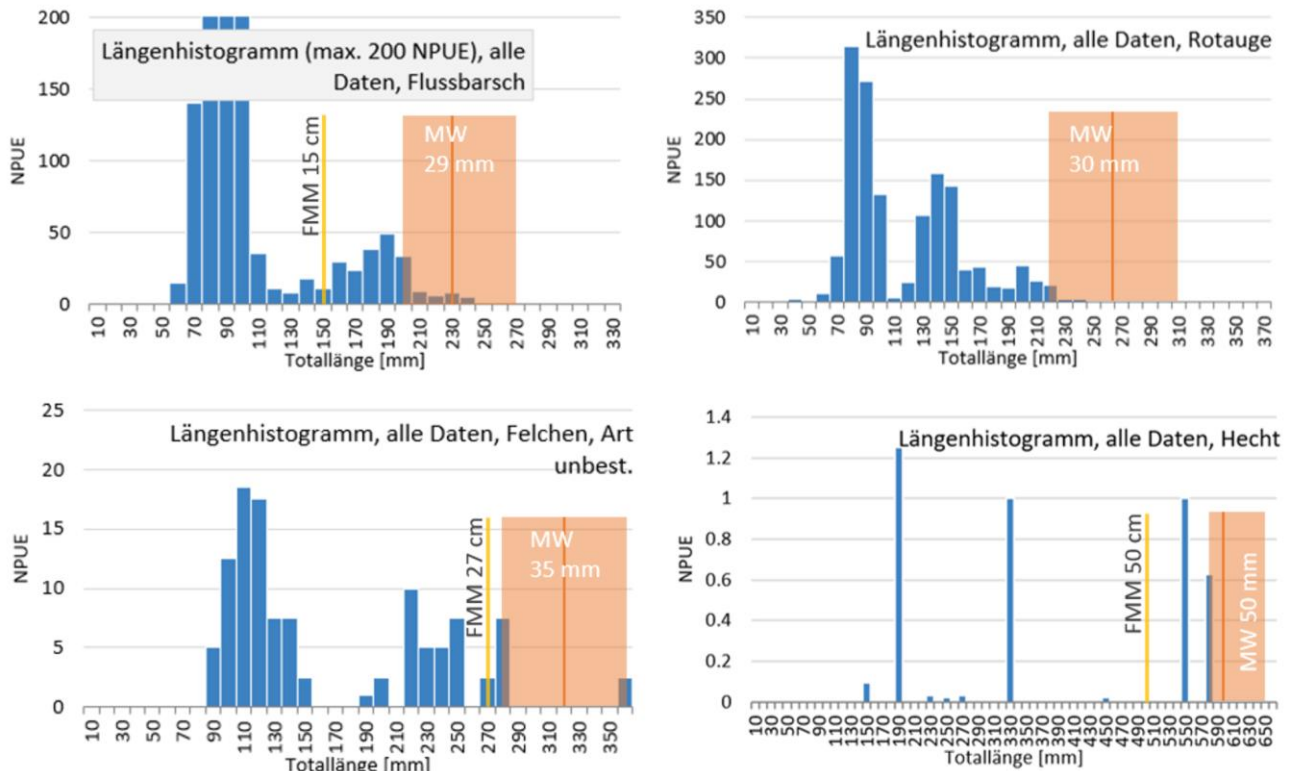


Abbildung 4-20. Längenverteilung der Felchen, Flussbarsche, Rotaugen, Felchen und Hechte aus den standardisierten Befischungen im Ägerisee. Ausserdem ist die Längenselektivität der erlaubten Maschenweiten (MW) von den Berufsfischern angegeben (orange, inkl. 90 %-Konfidenzintervall; vgl. Anhang). Ebenfalls eingezeichnet ist jeweils das Fangmindestmass (FMM), das für die Angelfischer gilt (gelb). Beim Flussbarsch sind 28 mm-Netze erlaubt, mangels Daten aus dem «Projet Lac» wurde die Längenselektivität von 29 mm-Netzen eingesetzt.

4.4.3 Vergleich mit Fangstatistik

Die Anglerfänge in Bezug auf sämtliche Fischarten (Abbildung 4-21) sind seit vielen Jahren relativ stabil. In einzelnen Jahren wie 1993, 2012 oder 2014 sind die Fänge im Vergleich tief. Dennoch kann momentan nicht von rückläufigen Fängen gesprochen werden. Gerade 2015 bis 2017 waren gute Angeljahre. Deutlich höher lagen die Fänge in den siebziger und achtziger Jahren. Allerdings kam es auch damals zu sehr tiefen Fängen (z.B. 1981).

Die Fänge der Berufsfischer scheinen auch im Vergleich mit den siebziger und achtziger Jahren vergleichsweise hoch und stabil zu sein. Jedoch hat sich die Zusammensetzung der Fänge verändert. Waren früher Felchen häufiger in den Fängen vertreten, sind heute auch Seesaiblinge ein wichtiger Bestandteil im Fang.

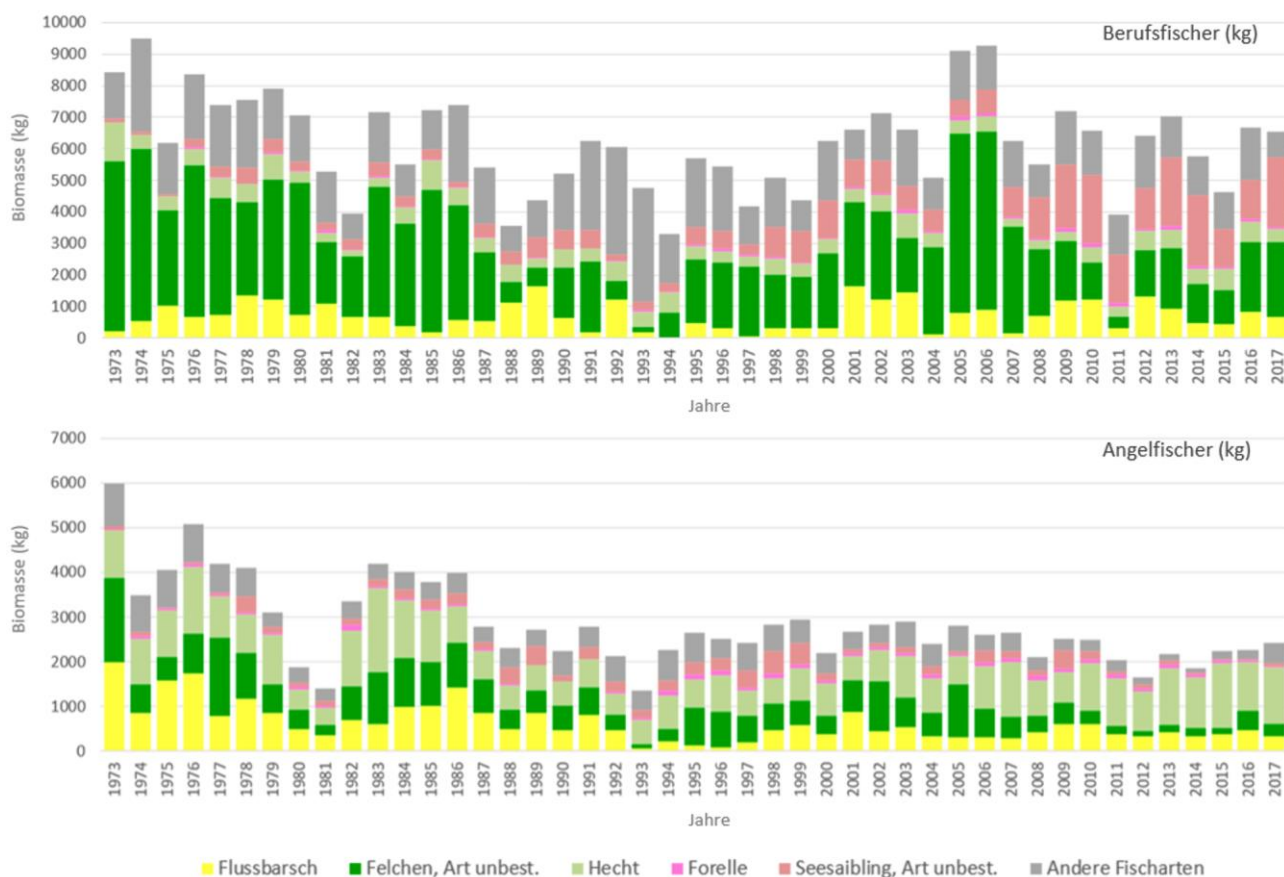


Abbildung 4-21. Entwicklung der Berufs- und Angelfischerfänge vom Ägerisee zwischen 1973 und 2017.

Der Vergleich der relativen Häufigkeiten der Fischarten in den Angelfischerfängen und den Berufsfischerfängen mit den standardisierten Daten dieser Befischung zeigt eine Überschätzung der Abundanz der Hechte und Seesaiblinge in den Fischereistatistiken. Felchen scheinen ähnlich stark vertreten. Eine Unterschätzung zeigt sich vor allem in den Fängen der Flussbarsche und den anderen Fischarten (Abbildung 4-22).

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 Fänge relevant. Diese Resultate bestätigen damit, dass standardisierte und nicht gezielte Abfischungen erforderlich sind, um eine vergleichbare Einschätzung (zwischen verschiedenen Seen und innerhalb eines Sees über die Zeit) der Fischartenzusammensetzung zu erhalten.

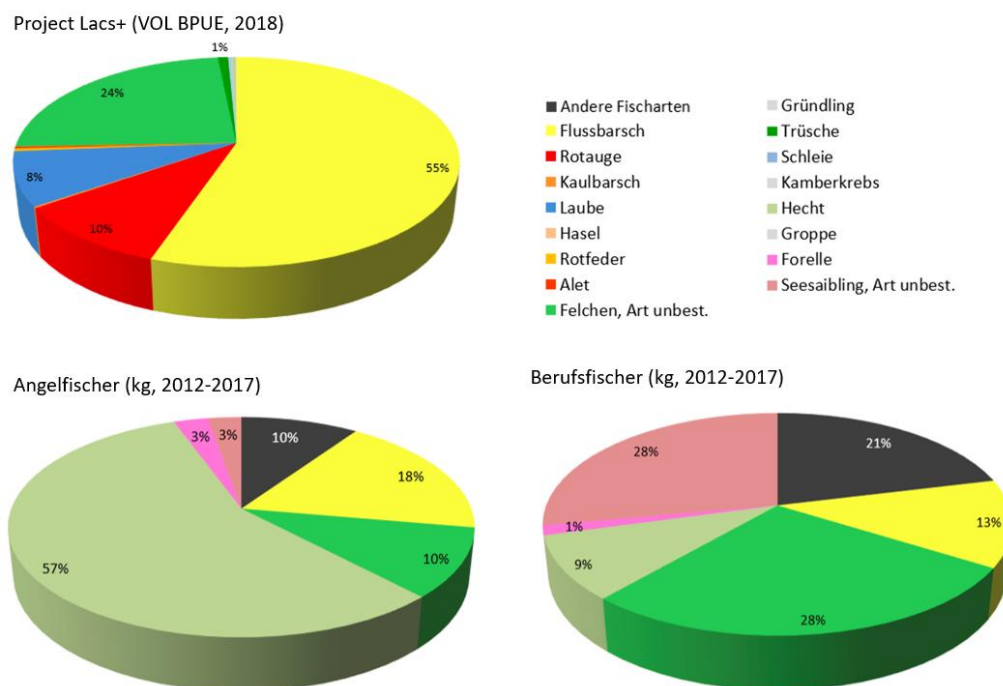


Abbildung 4-22. Anteil der verschiedenen Fischarten am Fang der Angelfischer (Mittelwert von 2012-2017), der Berufsfischer (Mittelwert von 2012 – 2017) und des „Projet Lac“ (volumenkorrigierte Biomasse).

4.5 Vergleiche mit anderen Seen

4.5.1 Fischbestand nach standardisierten Fängen

Im Vergleich mit anderen Alpenrandseen und aufgrund der bezüglich der Netzfläche und der Verfügbarkeit der Habitate gewichteten Fänge [17] entspricht der Ägerisee heute einem Flussbarschsee (Abbildung 4-23).

Interessant ist, dass trotz des niedrigen Nährstoffniveaus und des doch ausgeprägten Pelagials des Sees die Felchenpopulation vergleichsweise klein ist. Überraschend selten waren auch Seesaiblinge in den Fängen vertreten. Dies obwohl Der Berufsfischer-Hanspeter Merz erwähnt hat, dass der Seesaiblingsbestand in den letzten Jahren wieder zugenommen hat. Die typischen Fischvertreter des Pelagials sind

also zahlenmässig in den Fängen wenig vertreten, z.B. im Vergleich des topografisch und limnologisch ähnlichen Sarnersees.

Dies dürfte teilweise auf die eher kleine Grösse des Sees mit der damit einhergehenden geringen Ausdehnung des Pelagials im Vergleich mit dem Litoral und der Halde zurückzuführen sein. Dadurch fallen die Flussbarsche im Ägerisee im Vergleich zu typischen felchendominierten Seen wie dem Thunersee oder Walensee mehr ins Gewicht. Dies allein kann das geringe Aufkommen der Salmoniden jedoch nicht erklären.

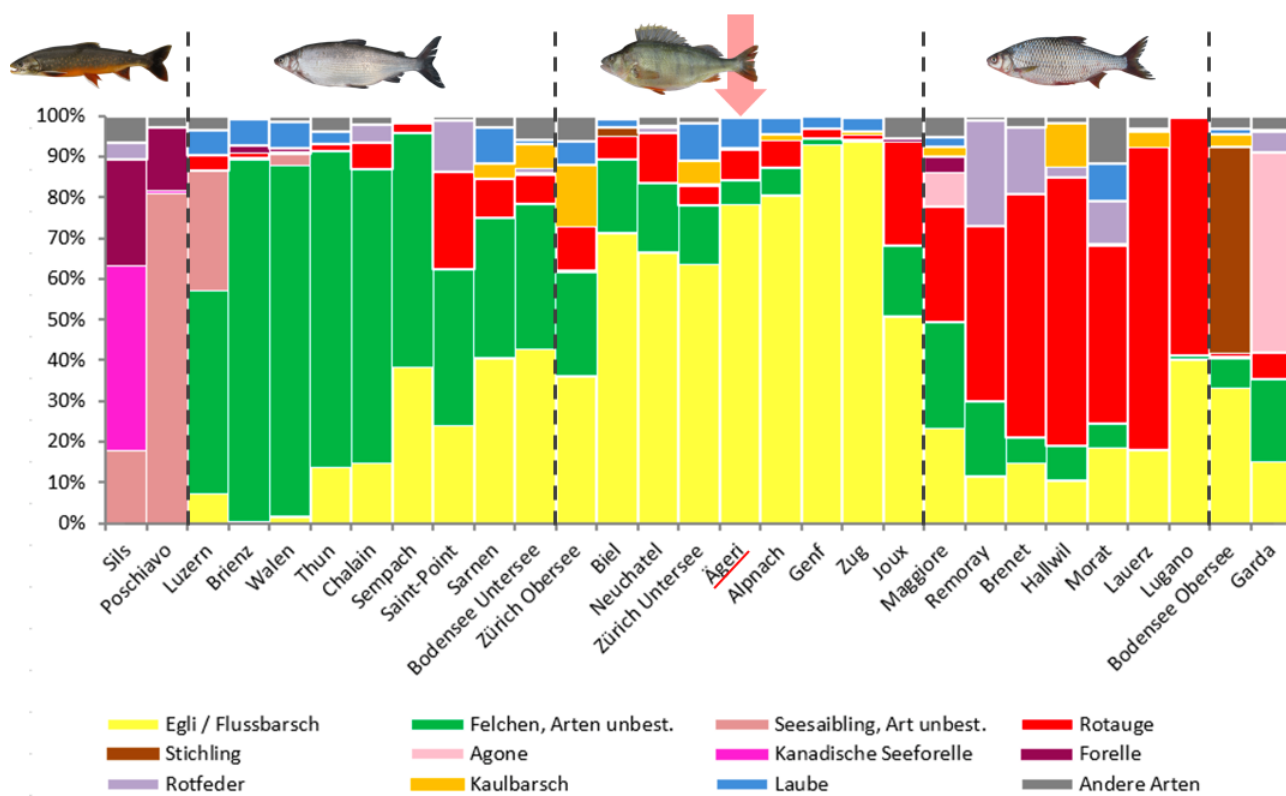


Abbildung 4-23. Vergleich der relativen Häufigkeit der Fänge der einzelnen Arten (Anzahl Fische), die in den verschiedenen Seen in Vertikalnetzen gefangen wurden. Die Daten sind volumenkorrigiert (vgl. Kapitel 5.3.3), um zwischen den Seen besser vergleichen zu können [17].

4.5.2 Angel- und Berufsfischerfänge

Die im Ägerisee zwischen 2013 und 2017 durch Berufsfischer im Durchschnitt gefangenen Fische sind im Vergleich mit anderen Voralpenseen eher ergiebig (Abbildung 4-24). Es ist zu beachten, dass die Fangmengen in der Abbildung für die Seefläche korrigiert wurde, jedoch nicht für den Fangaufwand.

Auch bei den Angelfischern ist der Hektarertrag im schweizweiten Vergleich gut. Im Ägerisee wird also eine recht hohe Fischmenge gefangen obwohl der See nur von einem Berufsfischer genutzt wird. Die Vermutung eines hohen Befischungsdrucks wird dadurch untermauert (vgl. Kapitel 4.4.2).

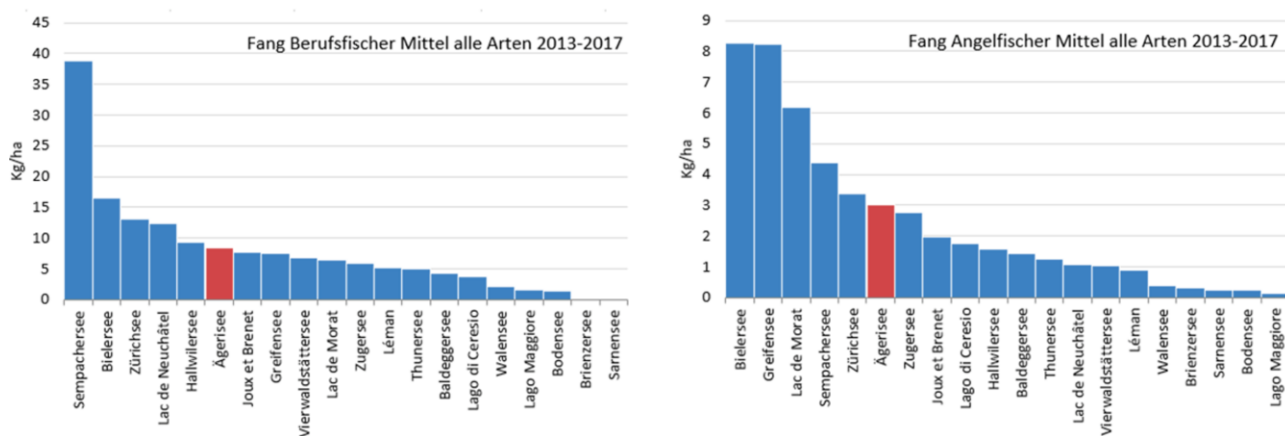


Abbildung 4-24. Mittelwert der Berufsfischerfänge von 2013-2017 und der Angelfischerfänge von 2013-2017 in verschiedenen Schweizer Seen (Daten BAFU resp. Kanton Zug). Die Fangmengen sind korrigiert für die Seefläche aber nicht für den Fischereiaufwand, da dieser nicht bekannt ist.

5 Synthese

5.1 Ökologische Bewertung des Ägerisees

5.1.1 Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers

Für den Ägerisee liegen umfangreiche und kontinuierliche limnologische Daten vor. Die durchgeführten Messungen erlauben eine allgemeine Beurteilung des limnologischen Seezustands.

Der Ägerisee ist heute ein mässig tiefer, oligotropher und eher oberflächenwarmer Voralpensee. Die Sprungschicht liegt, gerade im Sommerhalbjahr, oberflächennah. Die anthropogene Nährstoffbelastung war im See nie sehr ausgeprägt. Trotzdem kann heute in der Tiefe des Sees während der Schichtung bis in den Dezember ein leichter Sauerstoffmangel beobachtet werden. Dieser ist auf Nährstoffeinträge aus den Zuflüssen sowie auf die Primärproduktion des Sees zurückzuführen. Durch seine Trichterform konzentriert sich das organische Material am Grund. Der Abbau des Materials führt zu einer erhöhten Sauerstoffzehrung. Sedimentkerne zeigen, dass das

Seesediment in der Vergangenheit nicht oder nur sehr selten anoxischen Zuständen ausgesetzt war. Während der Frühjahrszirkulation werden heute alle Tiefen wieder ausreichend mit sauerstoffreichem Wasser versorgt.

Seit den Höchstständen, die anfangs der 1970er Jahren beobachtet wurden, hat sich die Nährstoffbelastung im See reduziert und der Ägerisee ist heute wieder natürlicherweise nährstoffarm (oligotroph). Eine erhöhte Sauerstoffzehrung ist jedoch nach wie vor festzustellen.

Insgesamt wird der limnologische Zustand aufgrund des anthropogen verursachten Sauerstoffmangels in der Tiefe als leicht beeinträchtigt angesehen.

5.1.2 Uferhabitate

Die Habitatkartierung des Litorals zeigt einen vergleichsweise hohen Anteil an strukturreichen Habitaten wie Blöcke, Steine, Vegetation oder Totholz. Diese bieten den Fischen Unterschlupf und Laichsubstrat. Insgesamt ist die litorale Habitatvielfalt im Ägerisee eher hoch.

Die Uferlinie und damit die Vernetzung des aquatischen Lebensraumes mit dem Umland ist im Ägerisee jedoch beeinträchtigt. So sind ca. 41 % der Uferlinie verbaut. Es handelt sich dabei mehrheitlich um Mauern und Blockwürfe. Diese stehen grösstenteils mit Hafenanlagen sowie Strassen und Siedlungen am Seeufer im Zusammenhang.

Strukturierte und vielfältige Ufer sind für Fische in verschiedenen Altersstadien besonders wichtig. Im Rahmen der Revitalisierungsplanung sollte darauf

geachtet werden, dass besonders wertvolle Lebensräume wie Zuflüsse, Ausflüsse und Flachufer prioritär behandelt werden. Schwemmholz, Totholz oder umgefallene Bäume sollten, wo dies möglich ist, im See belassen werden.

Insgesamt kann der Zustand der Uferhabitate im Wasser als naturnah bezeichnet werden. Die Uferlinie ist jedoch insbesondere entlang des Nord-Ostufers stark verbaut und damit naturfremd. Die Vernetzung der Uferhabitate ist somit teilweise ungenügend. Schliesslich sind mehrere kleinere Zuflüsse hart verbaut, was ihren ökologischen Wert mindert. Dies gilt insbesondere auch für die aus dem See fliessende Lorze, die stark verbaut ist und damit für die Natur im heutigen Zustand einen geringen Wert darstellt (Abbildung 5-1).

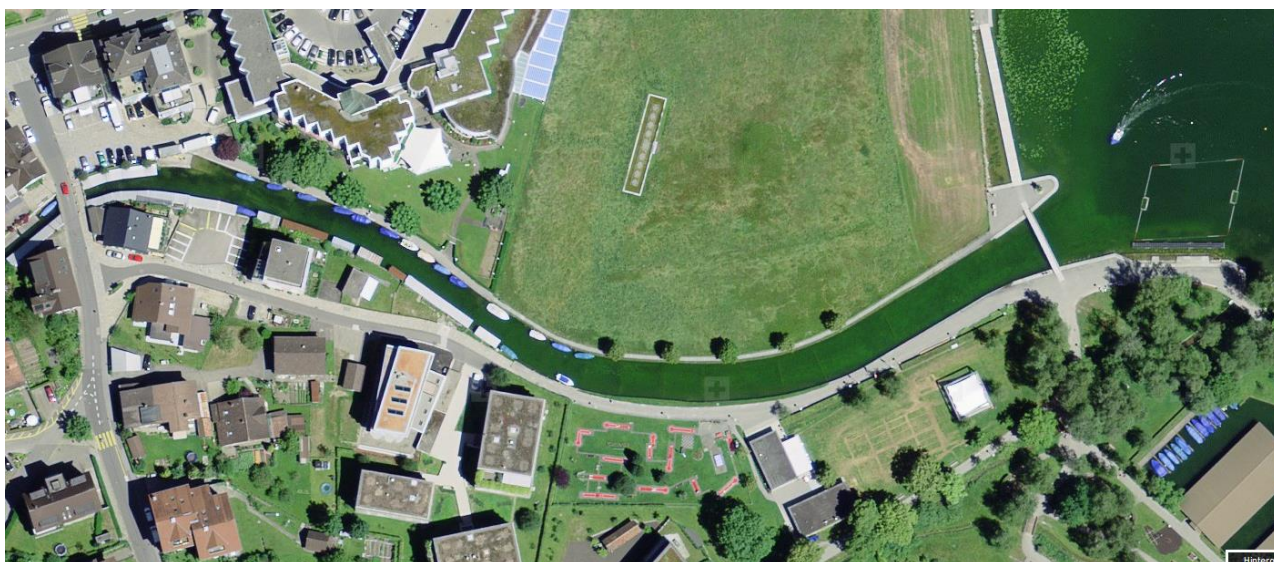


Abbildung 5-1. Stark verbaute Lorze in Unterägeri (Quelle: swisstopo).

5.1.3 Artenvielfalt und standardisierte Fänge

Im Rahmen dieses Projektes wurden im Ägerisee 15 Fischarten gefangen (Felchen als Artengruppe als eine Art eingerechnet). Sämtliche 15 Arten sind gemäss VBGF einheimisch, jedoch nur 13 Arten aufgrund von Literaturangaben standortgerecht. Als standortfremd gelten demnach Kaulbarsch, Felchen.

Nach CSCF wurden in der Vergangenheit im Ägerisee total 24 Arten nachgewiesen. Einige der im Rahmen der standardisierten Befischungen von 2018 nicht gefangenen Arten sind in den letzten Jahren durch Berufsfischer gefangen worden (Aal, Brachse, Karpfen). Im Ägerisee seit längerem nicht mehr beobachtet wurden die nicht-einheimischen Regenbogenforellen, Zander und Sonnenbarsche. Auch die standortfremden Blicken wurden schon länger nicht mehr gesichtet. Elritzen und Bartgrundeln, die im Ägerisee ursprünglich als einheimisch gelten, sind möglicherweise ausgestorben.

Der Fischbestand im Ägerisee wird heute durch Flussbarsche und Rotaugen dominiert. Dass vergleichsweise wenig Felchen im See vorkommen - auch in der Biomasse, liegt teilweise an der geringen Ausdehnung des Pelagials im Vergleich mit den litoralen Habitaten und der Halde. Obwohl der See relativ tief ist, besiedeln die Fische, zumindest zwischen

Sommer und Herbst, nicht die gesamte Seetiefe. Ab rund 30 m wurden keine Fische gefangen. Das schränkt die Ausdehnung des durch Felchen genutzten Pelagials weiter ein.

Steinmann sah den Ägerisee als ausgesprochenen Salmonidensee (Felchentypus) an [12]. Heuscher beschreibt aber auch, dass neben den sehr hohen Seesaiblingbeständen im 19. Jahrhundert, die damals mit jährlichen Kiesschüttungen und künstlicher Aufzucht gestützt wurden, auch kleine Barsche sehr häufig waren [21]. Dies lässt vermuten, dass es sich beim Ägerisee natürlicherweise um eine Mischform zwischen einem Salmonidensee und einem Flussbarschsee handelt (gemäss Einteilung "Projet Lac" Abbildung 4-23).

Insgesamt kann die Fischartenzusammensetzung im Ägerisee als leicht beeinträchtigt bezeichnet werden. Es kommen kaum nicht-einheimische und nur zwei standortfremde Arten häufiger vor. Aus fischökologischer Sicht ist jedoch die relativ hohe Dichte der standortfremden Kaulbarsche und das Vorkommen der standortfremden Felchen als kritisch einzustufen. Auffällig gering ist auch die Biomasse der gefangenen Fische. Grosse Fische sind im Ägerisee unterrepräsentiert.

5.2 Fischereiliche Nutzung

Die flächenkorrigierten Fangzahlen im Ägerisee der Berufs- und Angelfischer sind im schweizweiten Vergleich hoch. Unbekannt ist jedoch wie gross der Aufwand ist, der für diesen Fang betrieben werden muss. Berufsfischer und Angler fangen bevorzugt Flussbarsche, Felchen, Seesaiblinge und Hechte. Die Erträge sind für beide Fischergruppen stabil. Es kann kein Fangrückgang festgestellt werden.

Der Befischungsdruck im Ägerisee wird trotz den stabilen Fängen als hoch eingestuft, da die Populationsstruktur und die Längenverteilung von fischereilich beliebten Arten Defizite aufweisen. In den standardisierten Fängen waren beispielsweise nur wenig grössere Flussbarsche (> 220 mm) vertreten. Es fehlen auch grosse Felchen, Seesaiblinge und Rotaugen. Dies erklärt auch die sehr geringe gefangene Biomasse bei der vorliegenden Untersuchung. Es stellt sich daher die Frage, ob die starke Selektion gegen schnell-wüchsige Individuen auf lange Sicht Konsequenzen für die Fischerei haben könnte [31, 32].

Forellen, Seesaiblinge, Hechte und Felchen werden durch Besatzmassnahmen bewirtschaftet. Inwiefern diese Massnahmen den Bestand stützen, kann nicht beurteilt werden. Klar ist, dass Felchen im See ursprünglich nicht vorkamen und deren Besatz nur fischereiliche Ziele verfolgt.

Gemäss mündlicher Mitteilung von Berufsfischer Herr Merz, sind die Seesaiblinge nach den intensiven Besatzmassnahmen der letzten Jahre wieder

häufiger geworden. Interessant diesbezüglich ist, dass Röteln im 19. Jahrhundert durch Kiesschüttungen gefördert wurden, indem den Seesaiblingen Laichgründe zur Verfügung gestellt wurden[21]. Heute werden solche Massnahmen nur gelegentlich, z.B. nach Flussdelta-Abaggerungen nach dem Jahrhunderthochwasser von 2005, umgesetzt.

Die Forelle ist im Ägerisee heimisch, kam jedoch schon immer nur in geringen Dichten vor. Dies zeigen Steinmanns Recherchen aus den 1940er-Jahren [12]. Deshalb empfahl Steinmann auf Besatzmassnahmen mit Forellen zu verzichten. Er führt die geringe Forellendichte auf die eher kleinen Zuflüsse zurück. Auch die standardisierten Fänge zeigen, dass nur wenig Forellen im Ägerisee leben. Die bis heute andauernden Besatzmassnahmen ermöglichen es anscheinend auch nicht, einen nachhaltig grösseren Forellenbestand aufzubauen. Inwiefern diese einen fischereilichen Mehrertrag ermöglichen, müsste überprüft werden.

Insgesamt bietet der Ägerisee den Fischern Fangbedingungen, die einen vergleichsweise guten Ertrag ermöglichen. Die flächenkorrigierten Fangzahlen sind recht hoch und über die Jahre gesehen stabil. Allerdings sind Konsequenzen des hohen Befischungsdrucks bei fischereilich beliebten Arten sichtbar. So kommen nur wenig grössere Felchen, Seesaiblinge und Flussbarsche vor.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

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

Der Ägerisee ist ein Beispiel für einen oligotrophen See, der im Verlauf des letzten Jahrhunderts durch die Eutrophierung nur wenig beeinträchtigt wurde. Dabei ist die natürliche Fischartenvielfalt im See weitgehend erhalten geblieben. Gewisse standortfremde Arten konnten den See jedoch besiedeln und kommen im See heute häufig vor. Hier sind vor allem die Felchen und der seit kurzem vorkommende Kaulbarsch zu erwähnen.

Heute weist der See in der Tiefe ein leichtes Sauerstoffdefizit auf. Die Ursache ist gemäss limnologischen Untersuchungen teilweise bei der Seebeckentform und teilweise bei den leicht erhöhten Nährstoffbedingungen der letzten Jahrzehnte zu finden. Die Seeufer sind recht stark verbaut und schränken den Lebensraum der Fische ein, insbesondere entlang des Nordostufers. Dies scheint auch Auswirkungen auf die Verteilung der Fische im See zu haben.

Fische besiedeln nur ein Teil des Lebensraumes, sie kommen insbesondere in den ersten 30 m vor.

Wieso die tieferen Bereiche nicht genutzt werden, ist unklar - aber auffällig. Ebenfalls auffällig ist das geringe Vorkommen von grösseren Individuen gewisser Fischarten, wie den Felchen, Flussbarschen und Rotaugen. Aus diesen Gründen wird der Fischbestand im See heute als leicht bis mässig beeinträchtigt angesehen. Mögliche Gründe dafür sind die hohe Prävalenz von standortfremden Arten, das Sauerstoffdefizit in der Tiefe, der Verbauungsgrad der Ufer, der Zuflüsse sowie der hohe Befischungsdruck.

Wo möglich sollten Massnahmen getroffen werden, um den Zustand des Sees zu verbessern. Gerade bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung sollte darauf geachtet werden, dass biologische Hotspots in Seen, die sich unter anderem bei Zu- und Ausflüssen befinden, prioritär revitalisiert werden. Auf andere Eingriffe wie Kiesentnahmen und neue Uferverbauungen sollte aus ökologischer Sicht verzichtet werden. Ausserdem ist zu empfehlen, dass eine natürliche Dynamik des Sees und somit Seespiegelschwankungen in Zukunft zugelassen werden. Nur so können vielfältige Uferhabitate entstehen und erhalten bleiben.

Der Ägerisee wird heute durch Angelfischer und Netzfischer genutzt. Vieles weist auf einen hohen Befischungsdruck hin. Dies gilt insbesondere für die gezielt gefangenen Seesaiblinge, Felchen, Flussbarsche und möglicherweise sogar für die weniger gesuchten Rotaugen. Es stellt sich daher die Frage, ob die heute praktizierte fischereiliche Nutzung im Ägerisee langfristig nachhaltig ist. Die Tatsache, dass die Fänge in den letzten Jahren stabil geblieben sind, lassen eine nachhaltige Fischerei vermuten. Trotzdem wird empfohlen, dass der Befischungsaufwand, der von Angel- und Netzfischern ausgeübt wird, in Zukunft dokumentiert wird. Damit liesse sich der Befischungsdruck quantifizieren.

Inwiefern langfristige Auswirkungen durch fischereilich induzierte Selektion gegen schnellwachsende Fische entstehen sollte periodisch überprüft werden,

z.B. durch regelmässige Wachstumsanalysen von fischereilich stark genutzten Arten (z.B. Felchen und Seesaiblinge). Bei den Felchen werden idealerweise sowohl die schnell als auch die langsam wachsende Art untersucht. Mit einer einfachen genetischen Analyse könnte überprüft werden, ob es sich um zwei unterschiedliche Arten handelt.

Ebenso sollte die Sinnhaftigkeit der Besatzmassnahmen überprüft werden. Diese verfolgen heute hauptsächlich ein fischereiliches Ziel und es ist unklar, ob dieses Ziel mit dieser Massnahme auch erreicht wird.

Zudem konnten keine einheimischen Krebsarten (Steinkrebs, Edelkrebs) gefangen werden. Es sollte

überprüft werden, ob diese im See heute noch vorkommen oder ob sie von den neu entdeckten invasiven Kamberkrebsen verdrängt wurden.

Schliesslich zeigt die Befischung des Ägerisees, wie wichtig standardisierte und 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 zu finden sind, beispielsweise in der Tiefe des Sees oder bei den stark verbauten Ufern. Anhand dieser Aufnahme wird es in Zukunft möglich sein, die Entwicklung der Fischfauna im Ägerisee 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 Bodenzzone (Benthal) eines Sees gehörende Bereich oberhalb der trophischen Kompensationsebene ist biologisch hochproduktiv und beinhaltet eine artenreiche Fauna und Flora mit hoher Individuendichte.

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

Pelagial: Das Pelagial ist bei Seen der uferferne Freiwasserbereich oberhalb der Bodenzzone (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

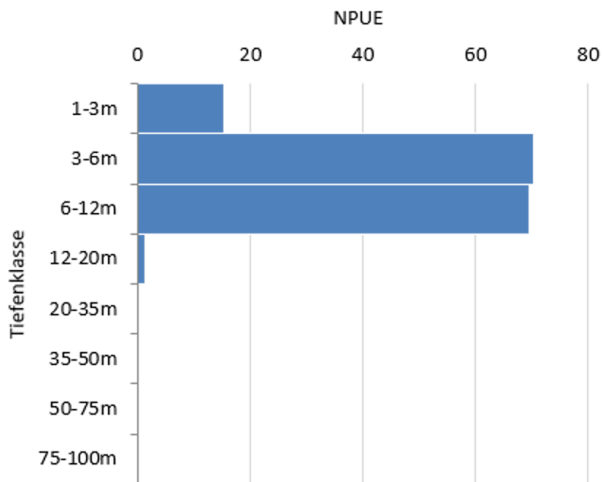
1. Kottelat, M., and J. Freyhof. 2007. *Handbook of European Freshwater Fishes*. Cornol, Switzerland: Publications Kottelat.
2. Vonlanthen, P., D. Bittner, A. G. Hudson, K. A. Young, R. Müller, B. Lundsgaard-Hansen, D. Roy, C. R. Largiadèr, and O. Seehausen. 2012. Anthropogenic eutrophication drives 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. Morsoli, R. 2019. Ägerisee. *Historisches Lexikon der Schweiz (HLS)*.
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. MeteoNews. 2019. Wassersport Unterägeri - Klimadaten.
12. Steinmann, P. 1947. *Gutachten über die Fischereiverhältnisse des Ägerisees mit besonderer Berücksichtigung der Felchen*. Aarau.
13. Luzerner Zeitung. 2018. Rekord Wassertemperaturen vom Sommer 2003 könnten gebrochen werden.
14. Kanton Zug. *Factsheet - Chemisch-physikalische Wasserqualität des Zugersees, Ägerisees und Wilersees seit Beginn der regelmässigen Messung von Tiefenprofilen bis Ende 2013*. Baudirektion, Amt für Umweltschutz.
15. Livingstone, D.M. 1993. Lake Oxygenation: Application of a One-box Model with Ice Cover. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 78: 465–480.
16. Livingstone, D.M., and Imboden, D.M. 1995. The prediction of hypolimnetic oxygen profiles: a plea for a deductive approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 924–932.
17. 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.
18. Ammann, F., E. Suter, G. Styger, L. Schifferle, and P. Ulmann. 2011. *Fischatlas Kanton Zug 2010*. Zug: Direktion des Innern, Amt für Fischerei und Jagd.
19. Zaugg, B., P. Stucki, J. C. Pedrolì, and A. Kirchhofer. 2003. *Fauna Helvetica - Pisces Atlas*. Neuchâtel: CSCF/SZKF.
20. Stadler, C. 1896. *Zuger Fische dargestellt in Wort und Bild mit spezieller Berücksichtigung der Gesetzgebung*. Zug: Unitis Viribus.
21. Heuscher, J. 1906. *Beiträge zu einer Monographie des Aegerisees mit besonderer Berücksichtigung seiner Fischereiverhältnisse*. Zürich: Universität Zürich.
22. Hudson, A. G., P. Vonlanthen, and O. Seehausen. 2011. Rapid parallel adaptive radiations from a single hybridogenic ancestral population. *Proc. R. Soc. B.* 278: 58–66.
23. Hudson, A. G. 2011. Population genomics and ecology of parallel adaptive radiations: the Alpine lake whitefish. Bern: Universität Bern.
24. Hartmann, G. L. 1827. *Helvetische Ichthyologie, oder ausführliche Naturgeschichte der in der Schweiz sich vorfindenden Fische...* Zürich: Orell, Füssli und Compagnie.
25. Müller, R. 2012. *Untersuchungen an den Felchen des Aegerisees*. Horw: LIMNOS Fischuntersuchungen.
26. Steinmann, P. 1950. Monographie der schweizer Koregonen. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 12+13.

27. Stucki, T., and J. Romer. 2001. Will *Astacus leptodactylus* displace *Astacus astacus* and *Austropotamobius torrentium* in Lake Ägeri, Switzerland? *Aquatic Sciences* 63: 1–13.
28. Fujimori, Y., and T. Tokai. 2001. Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. *Fisheries Science* 67: 644–654.
29. 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.
30. Vonlanthen, P., and G. Périat. 2018. *Standardisierte Befischung Sarnersee - Resultate der Erhebungen vom September 2017*. Auftraggeber: Kanton Obwalden, Amt Für Landwirtschaft Und Umwelt, Abteilung Umwelt. Cordast: Aquabios GmbH.
31. Lundsgaard-Hansen, B., and C. Schmid. 2017. Von frühreifen Dorschen und guten Vätern – oder wie Fischerei die Evolution von Fischpopulationen beeinflussen kann. *FIBER Wissen*.
32. Nusslé, S., C. N. Bornand, and C. Wedekind. 2009. Fishery-induced selection on an Alpine whitefish: quantifying genetic and environmental effects on individual growth rate. *Evolutionary Applications*: 200–208.

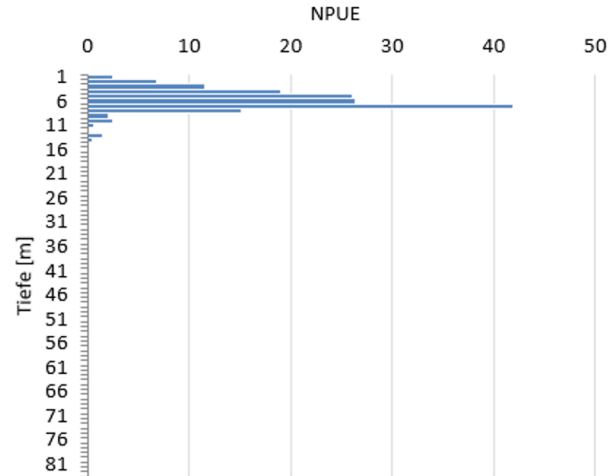
9 Anhang

9.1 Tiefenverteilung der Fänge

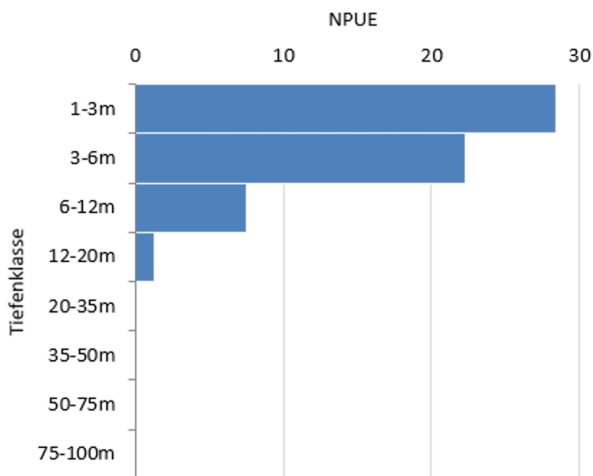
Bodennetze / Flussbarsch



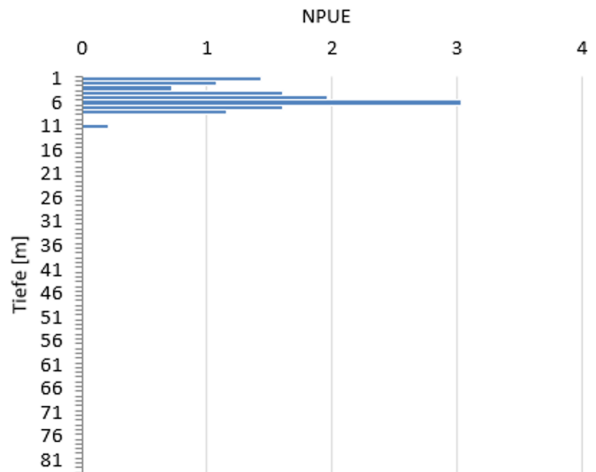
Vertikalnetze / Flussbarsch



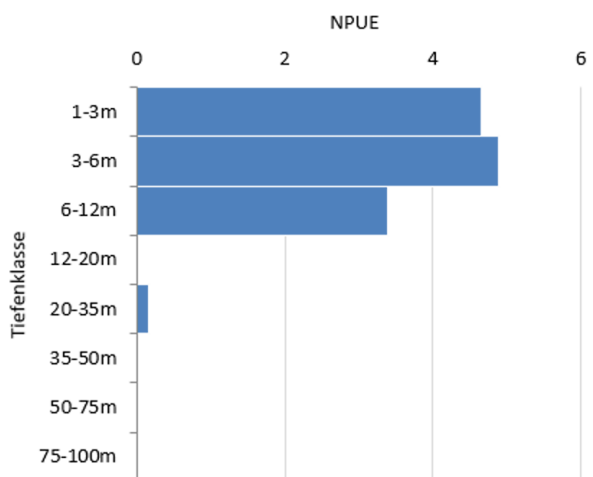
Bodennetze / Rotaugen



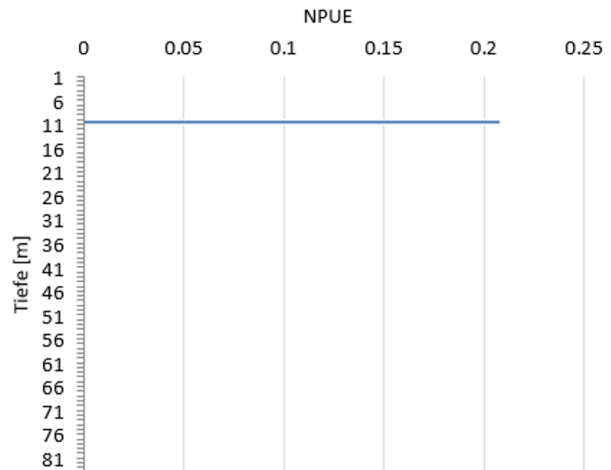
Vertikalnetze / Rotaugen

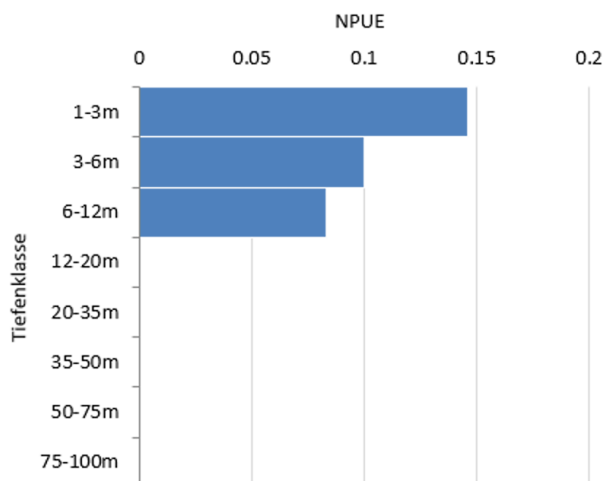
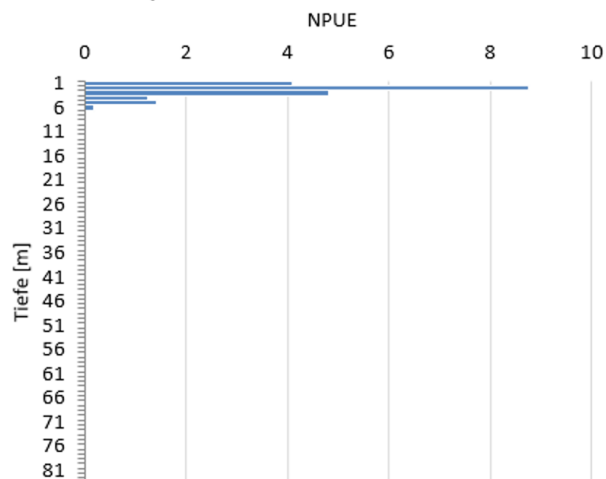
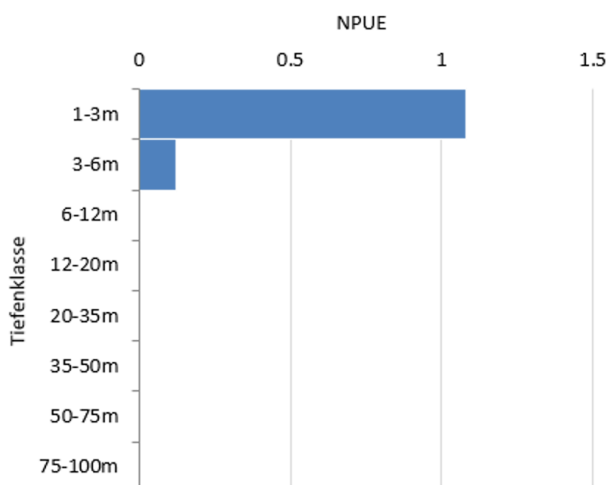
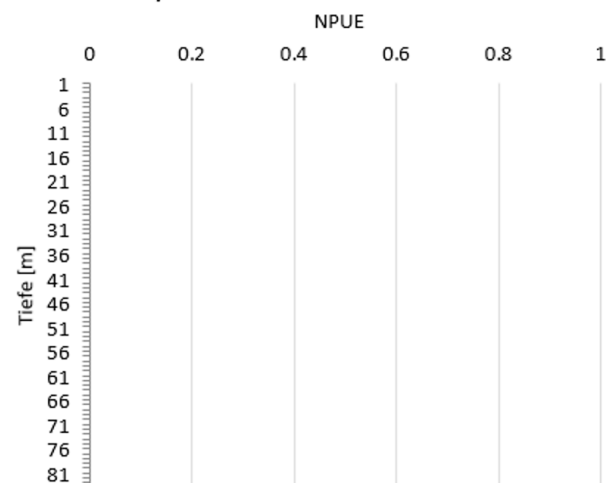
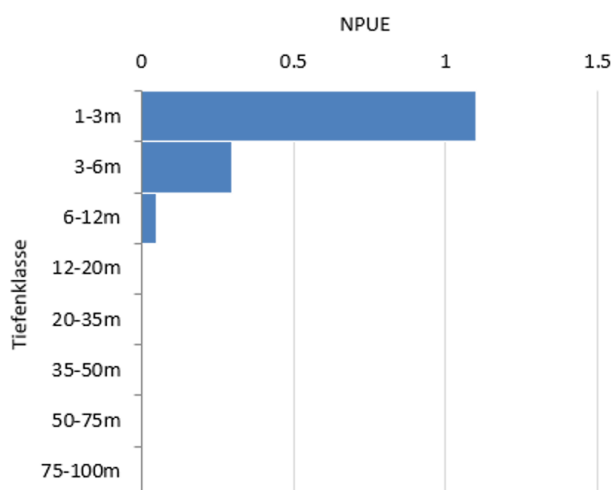
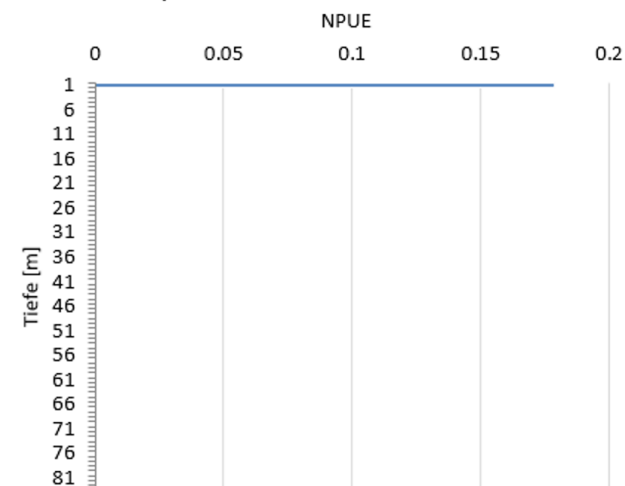


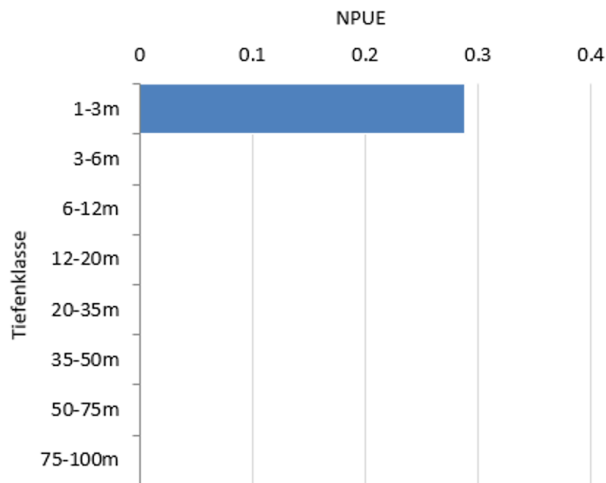
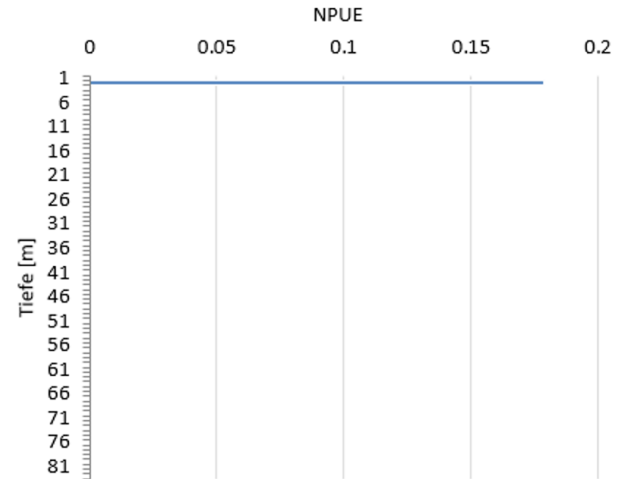
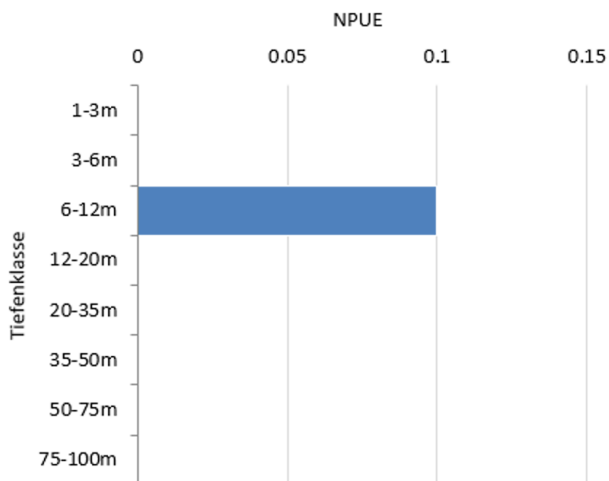
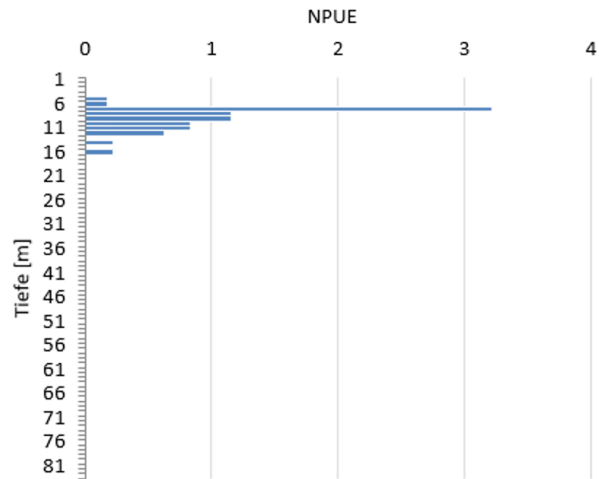
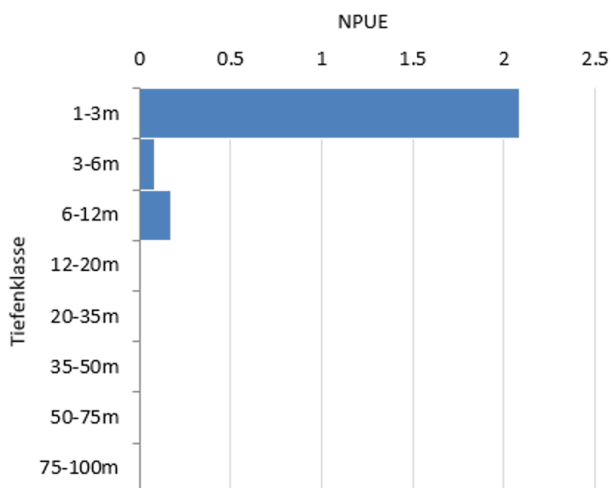
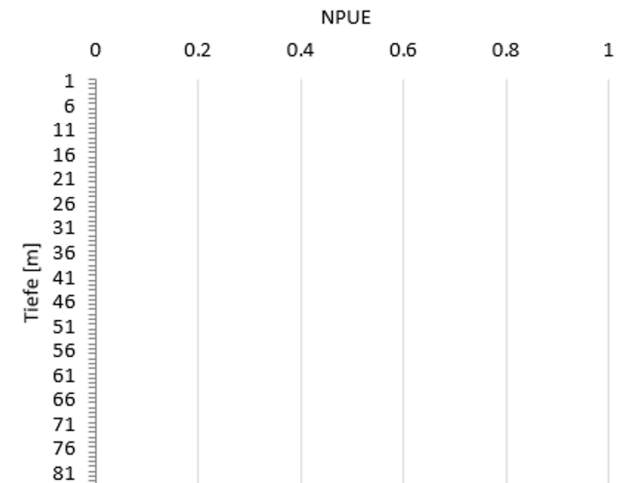
Bodennetze / Kaulbarsch

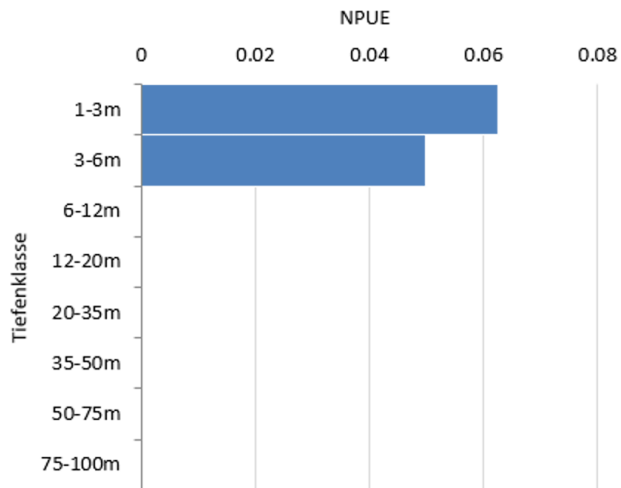
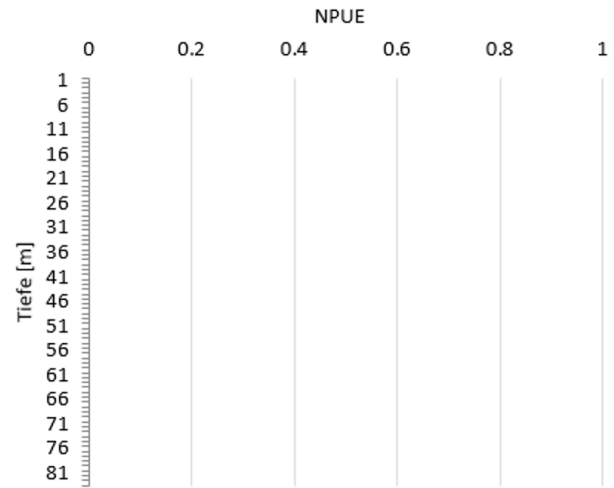
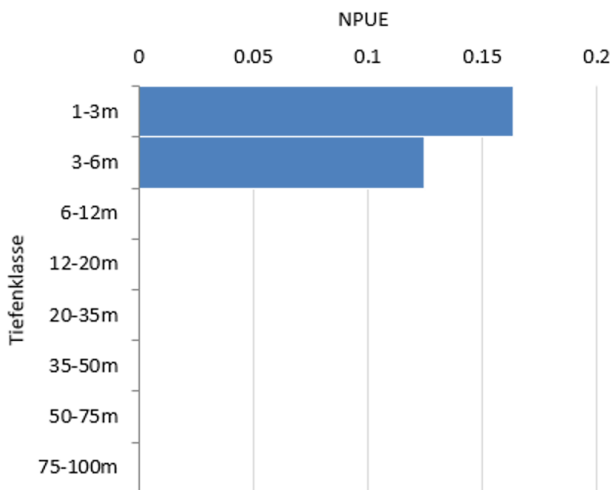
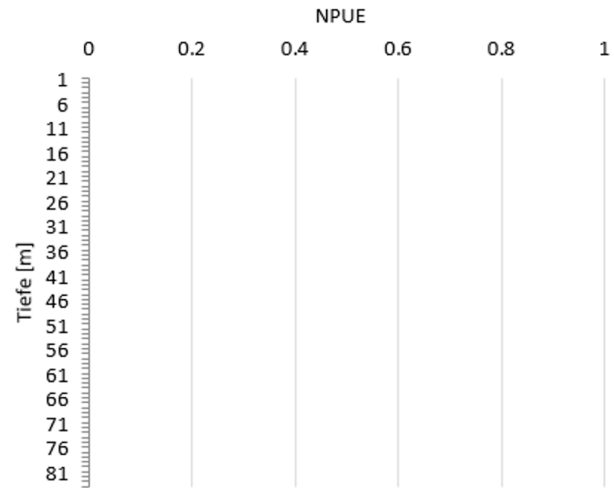
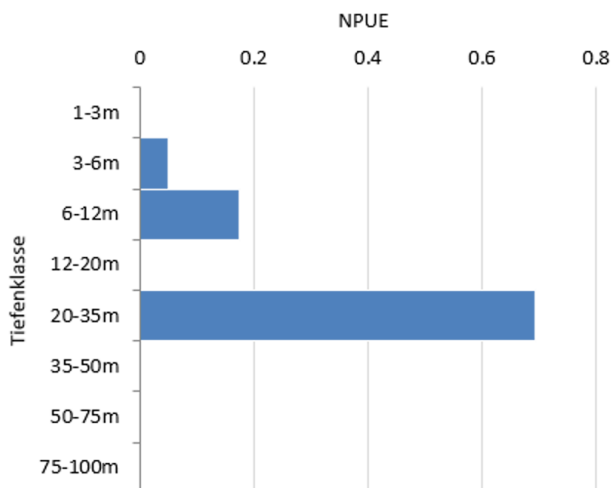
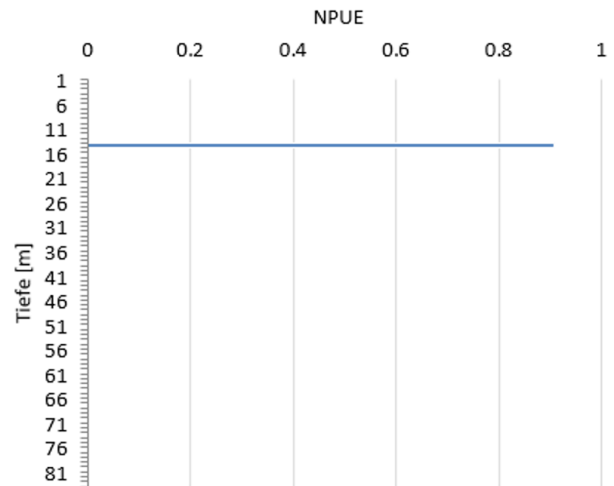


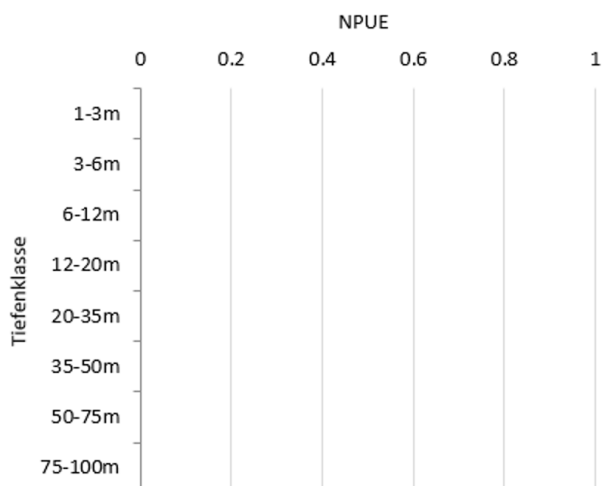
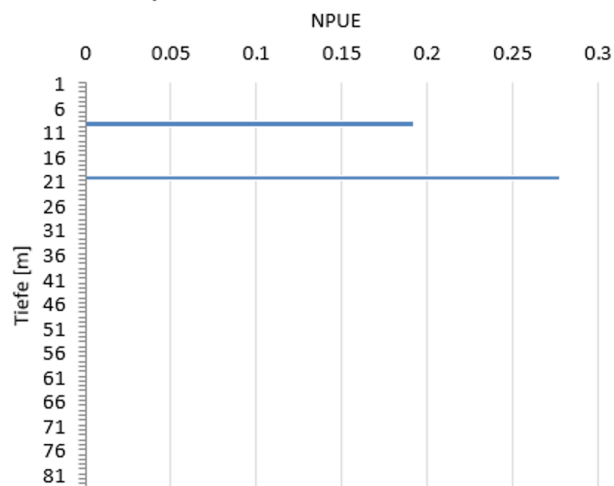
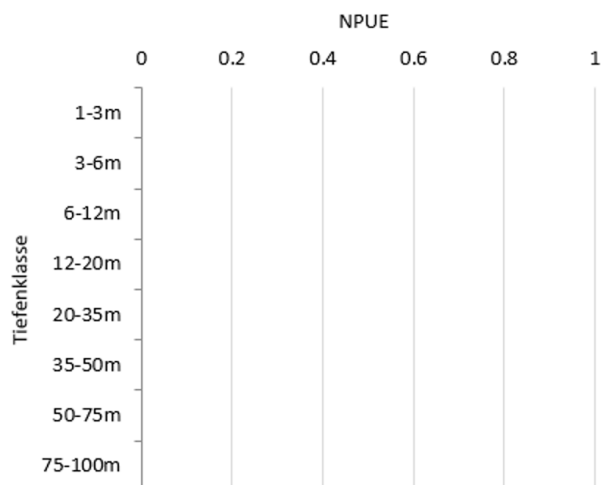
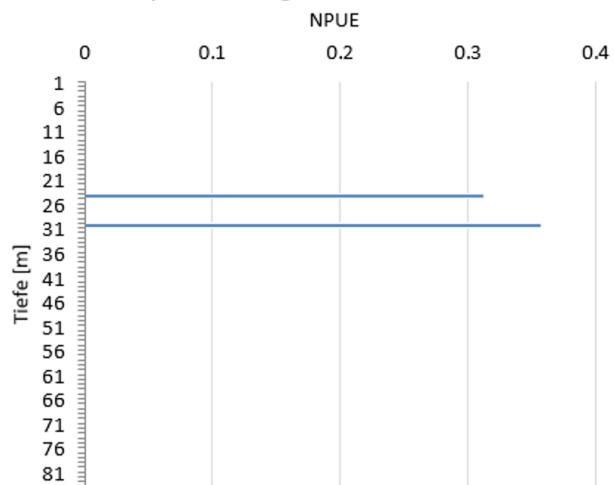
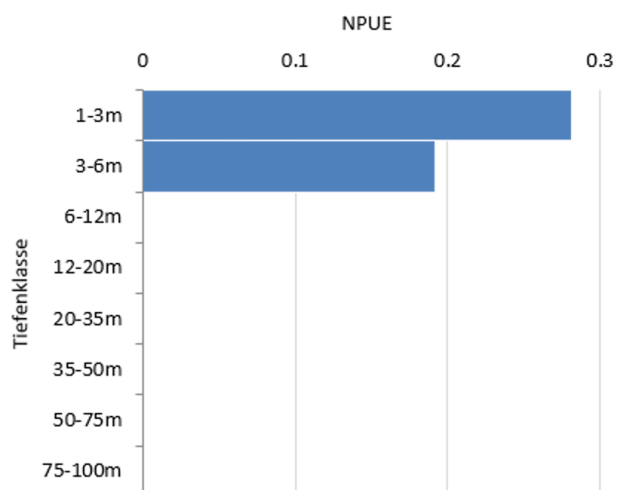
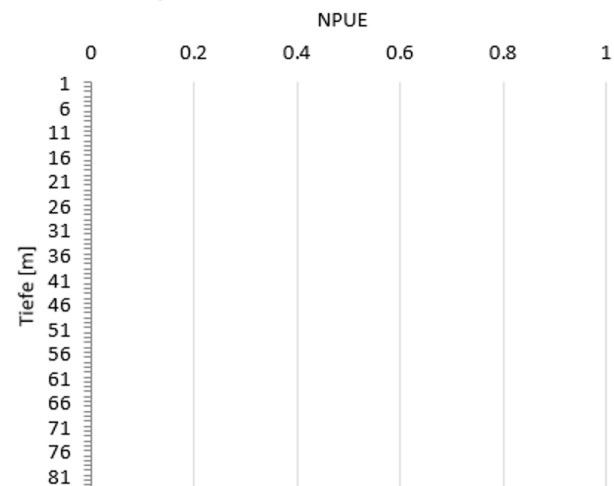
Vertikalnetze / Kaulbarsch



Bodennetze / Laube**Vertikalnetze / Laube****Bodennetze / Hasel****Vertikalnetze / Hasel****Bodennetze / Rotfeder****Vertikalnetze / Rotfeder**

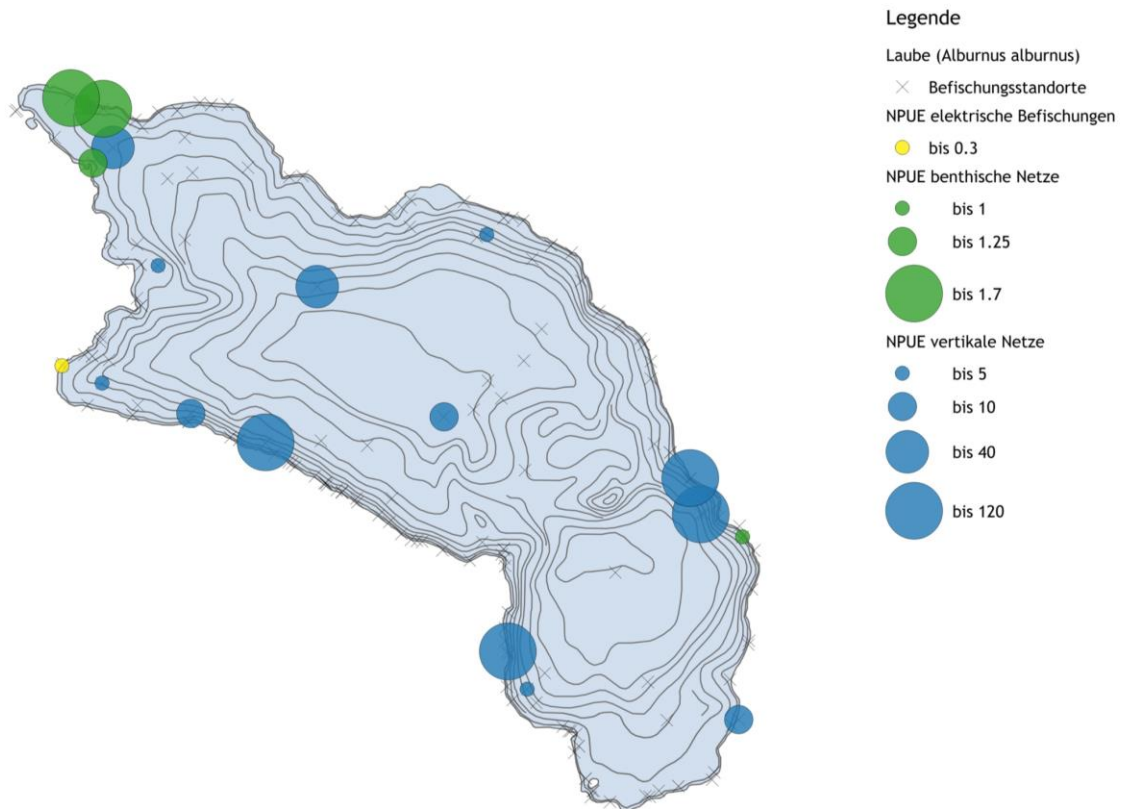
Bodennetze / Alet**Vertikalnetze / Alet****Bodennetze / Felchen, Art unbest.****Vertikalnetze / Felchen, Art unbest.****Bodennetze / Gründling****Vertikalnetze / Gründling**

Bodennetze / Hecht**Vertikalnetze / Hecht****Bodennetze / Schleie****Vertikalnetze / Schleie****Bodennetze / Groppe****Vertikalnetze / Groppe**

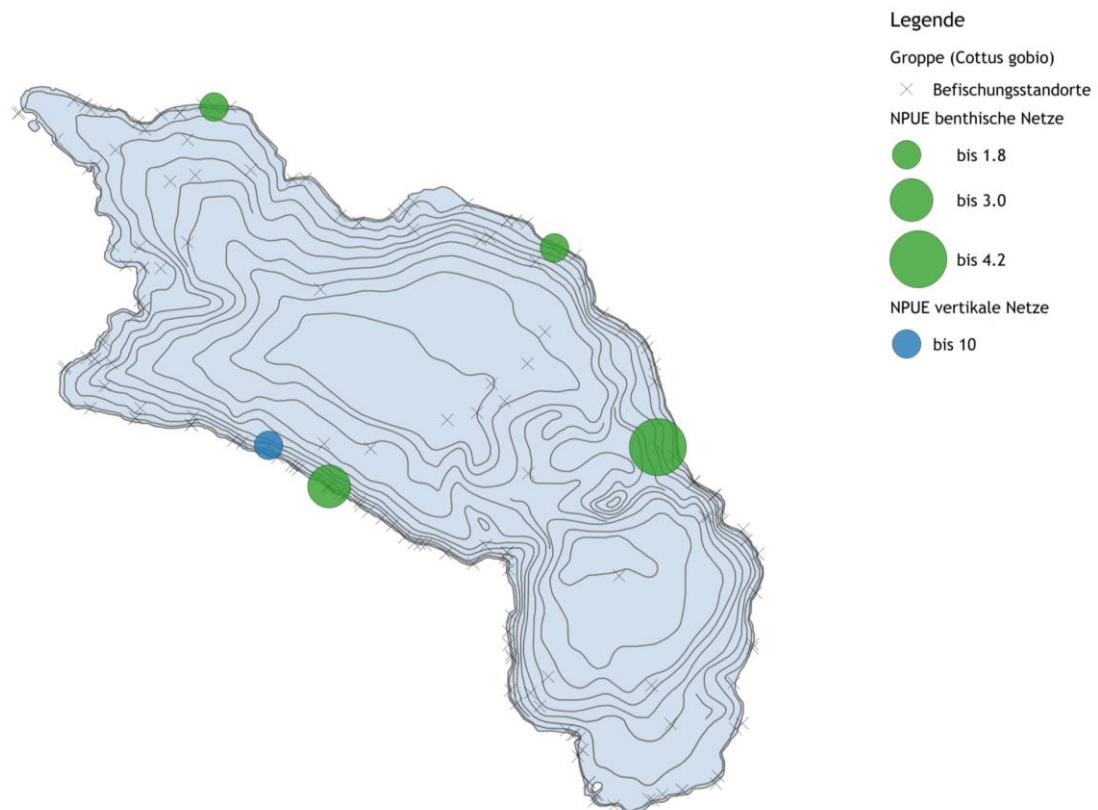
Bodennetze / Trüsche**Vertikalnetze / Trüsche****Bodennetze / Seesaibling, Art unbest.****Vertikalnetze / Seesaibling, Art unbest.****Bodennetze / Kamberkrebs****Vertikalnetze / Kamberkrebs**

9.2 Geografische Verteilung

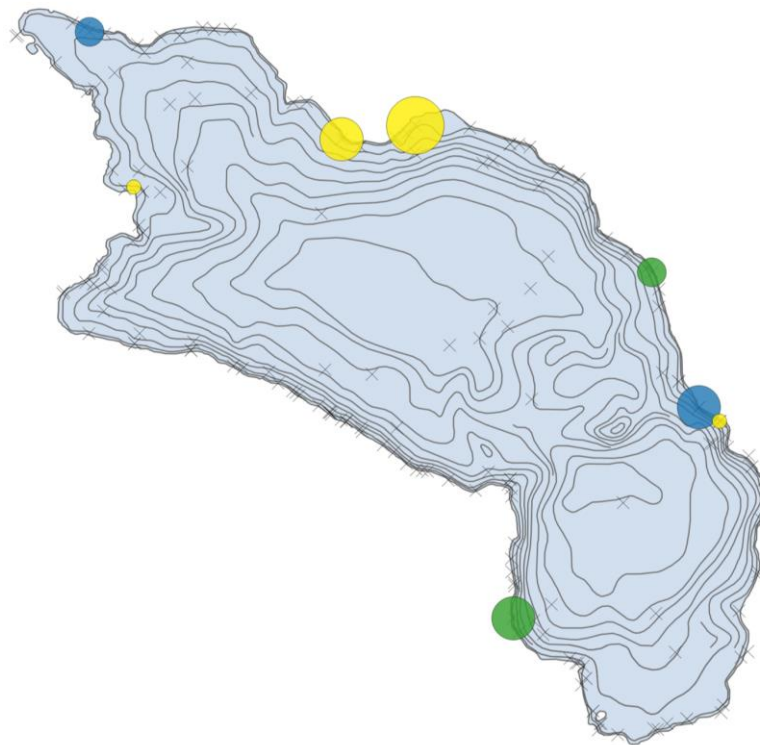
NPUE: *Alburnus alburnus*



NPUE: *Cottus gobio*



NPUE: *Esox lucius*



Legende

Hecht (*Esox lucius*)

× Befischungsstandorte

NPUE elektrische Befischungen

● bis 0.04

● bis 0.06

● bis 0.08

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

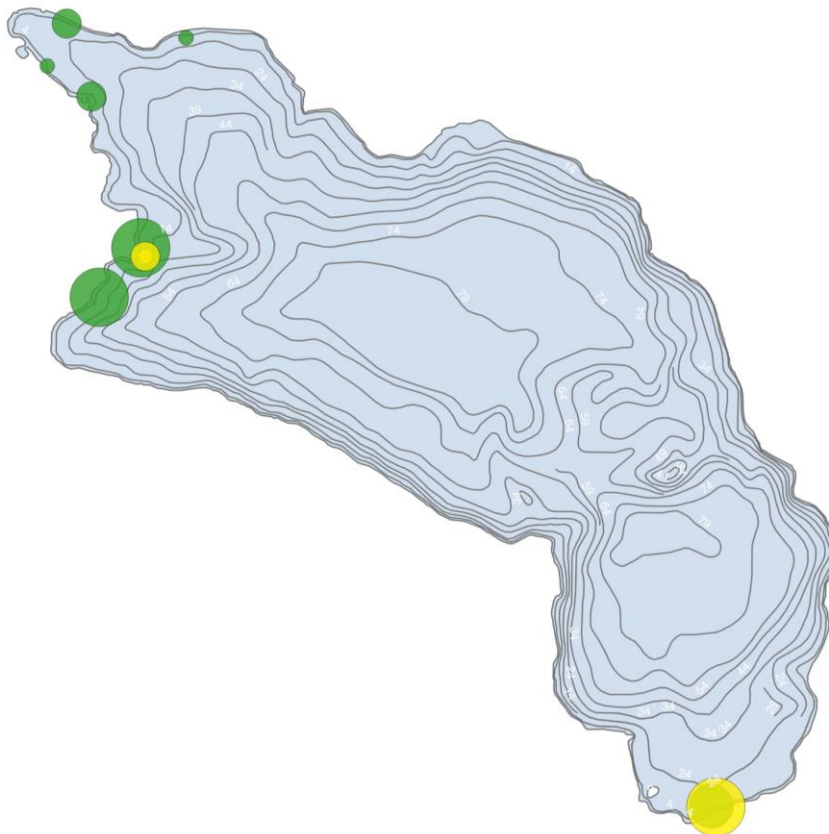
● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

● bis 0.10

NPUE: *Gobio gobio*



Legende

Gründling (*Gobio gobio*)

NPUE elektrische Befischungen

● bis 0.195

● bis 0.200

● bis 0.375

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

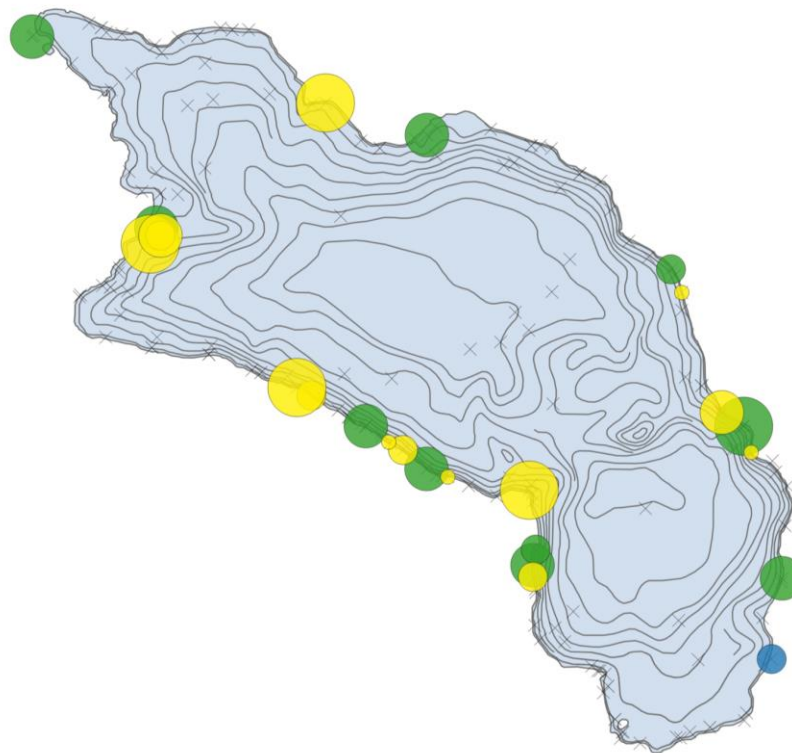
● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

● bis 0.550

NPUE: *Leuciscus leuciscus*



Legende

Hasel (*Leuciscus leuciscus*)

× Befischungsstandorte

NPUE elektrische Befischungen

● bis 0.065

● bis 0.125

● bis 0.200

● bis 1.575

● bis 1.575

NPUE benthische Netze

● bis 1.5

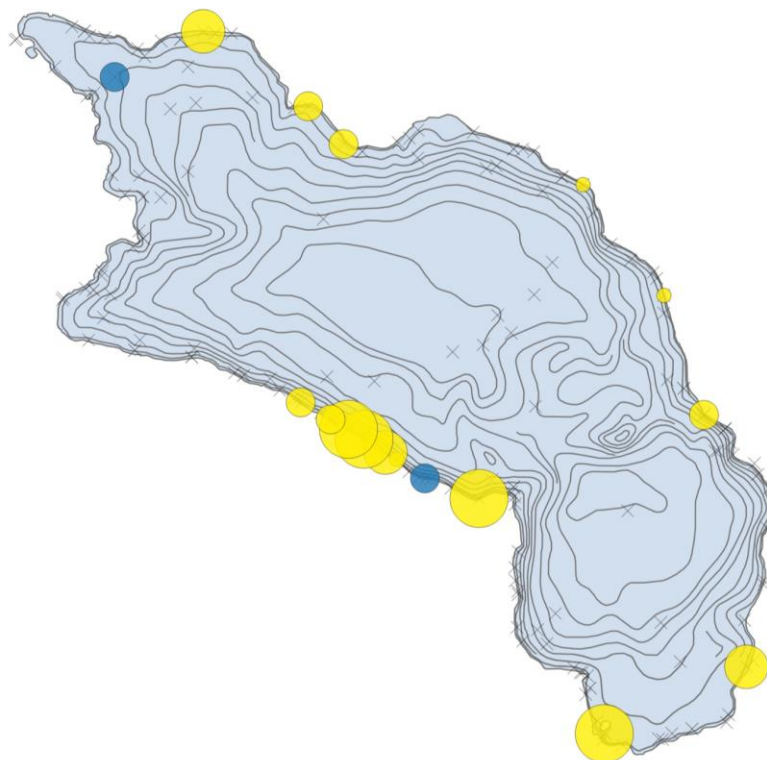
● bis 2.5

● bis 5.0

NPUE vertikale Netze

● bis 10.0

NPUE: *Lota lota*



Legende

Trüsche (*Lota lota*)

× Befischungsstandorte

NPUE elektrische Befischungen

● bis 0.050

● bis 0.075

● bis 0.125

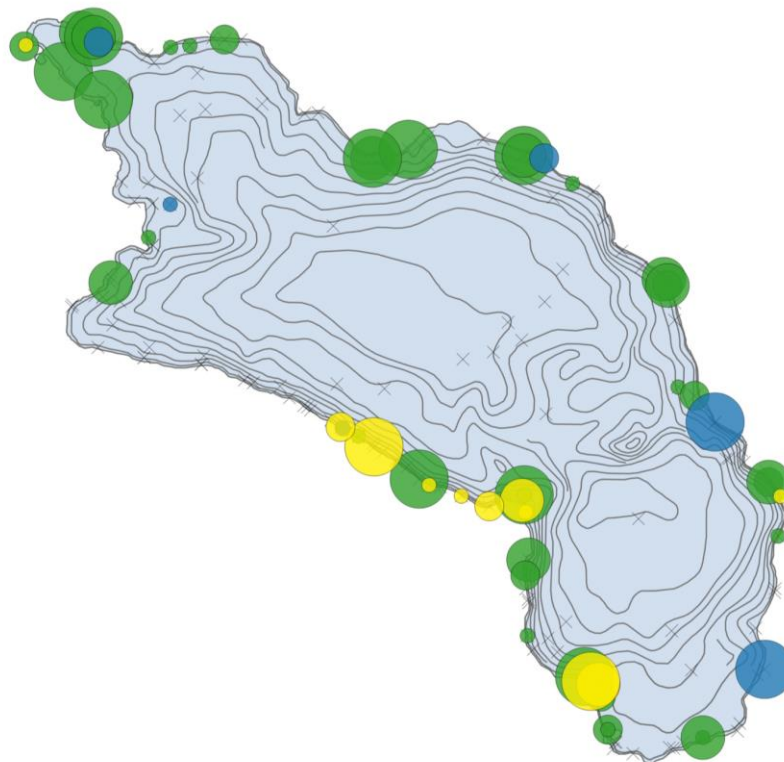
● bis 0.500

● bis 0.500

NPUE vertikale Netze

● bis 2.5

NPUE: *Gymnocephalus cernua*



Legende

Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernua*)

× Befischungsstandorte

NPUE elektrische Befischungen

● bis 0.20

● bis 0.25

● bis 0.40

● bis 0.65

● bis 0.65

NPUE benthische Netze

● bis 2.0

● bis 4.0

● bis 8.0

● bis 35.0

NPUE vertikale Netze

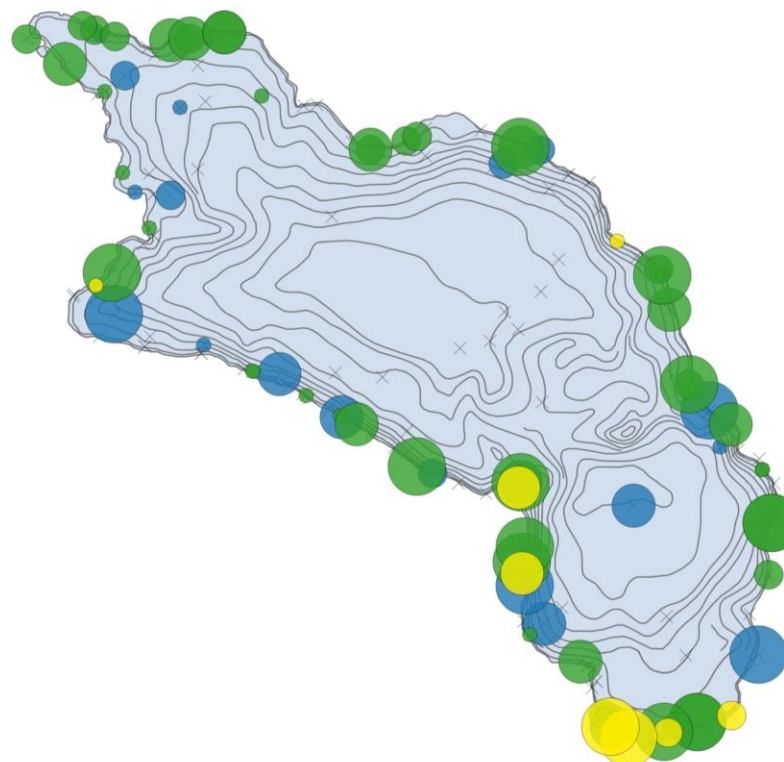
● bis 3.0

● bis 5.0

● bis 8.0

● bis 18.0

NPUE: *Rutilus rutilus*



Legende

Rotaugen (*Rutilus rutilus*)

× Befischungsstandorte

NPUE elektrische Befischungen

● bis 0.1

● bis 0.3

● bis 0.5

● bis 5.2

NPUE benthische Netze

● bis 6

● bis 12

● bis 22

● bis 141

NPUE vertikale Netze

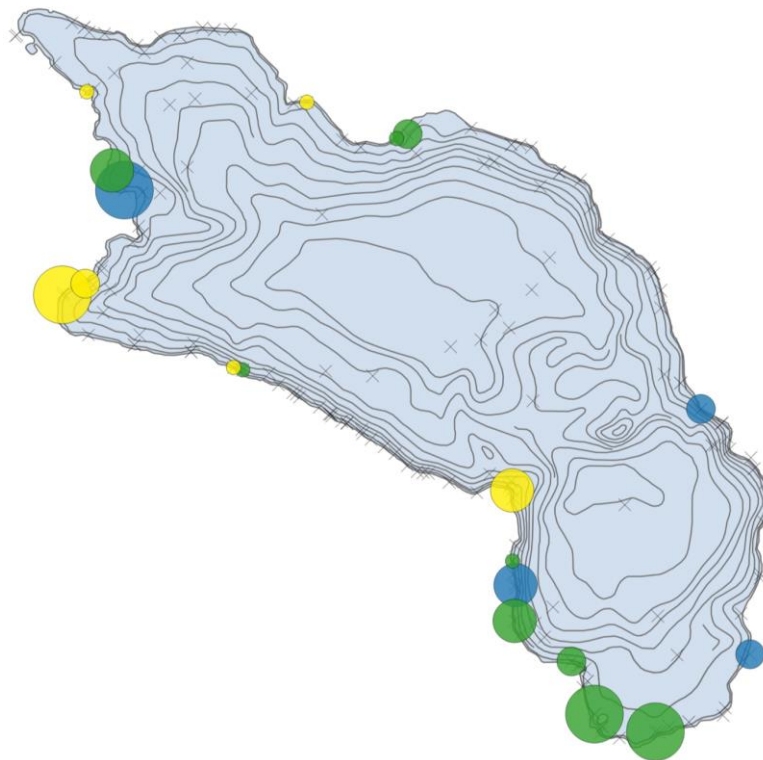
● bis 8

● bis 15

● bis 20

● bis 40

NPUE: *Scardinius erythrophthalmus*



Legende

Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*)

× Befischungsstandorte

NPUE elektrische Befischungen

- 0.029 - 0.100
- 0.100 - 0.200
- 0.200 - 0.400
- 0.400 - 1.600

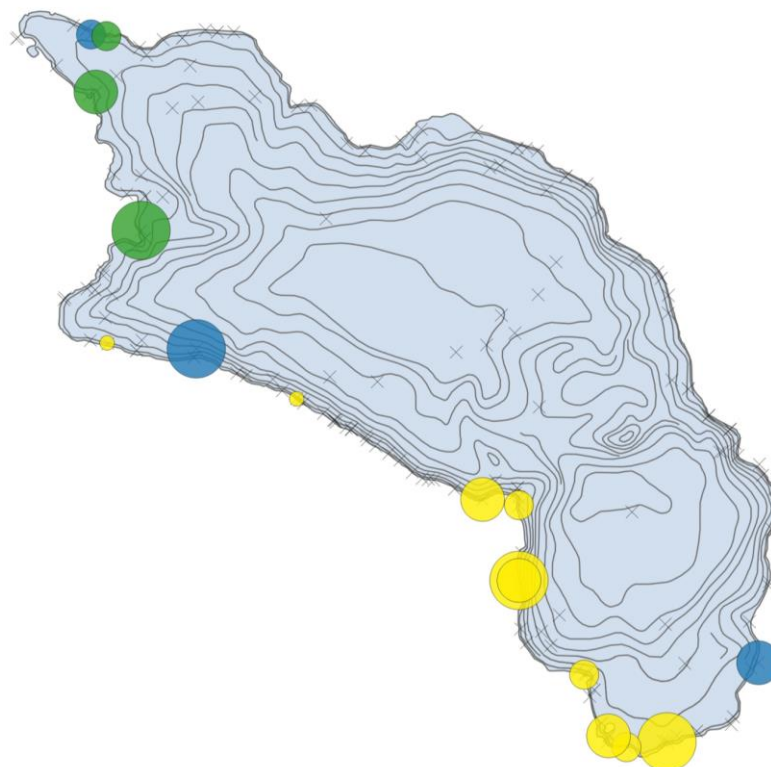
NPUE benthische Netze

- bis 2.0
- bis 3.8
- bis 4.2
- bis 6.0

NPUE vertikale Netze

- bis 2.0
- bis 3.5
- bis 6.0

NPUE: *Squalius cephalus*



Legende

Alet (*Squalius cephalus*)

× Befischungsstandorte

NPUE elektrische Befischungen

- 0.042 - 0.120
- 0.120 - 0.180
- 0.180 - 0.500
- 0.500 - 3.125

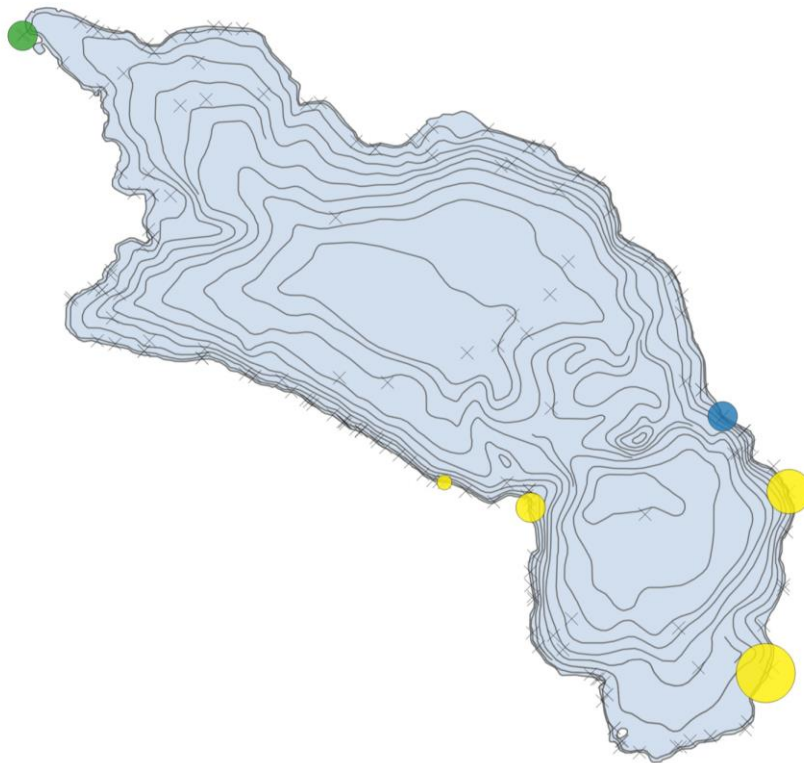
NPUE benthische Netze

- bis 1.2
- bis 2.3
- bis 3.3

NPUE vertikale Netze

- bis 1.0
- bis 1.8
- bis 2.5

NPUE: Tinca tinca



Legende

Schleie (*Tinca tinca*)

× Befischungsstandorte

NPUE elektrische Befischungen

● bis 0.14

● bis 0.28

● bis 0.45

● bis 0.60

● bis 0.60

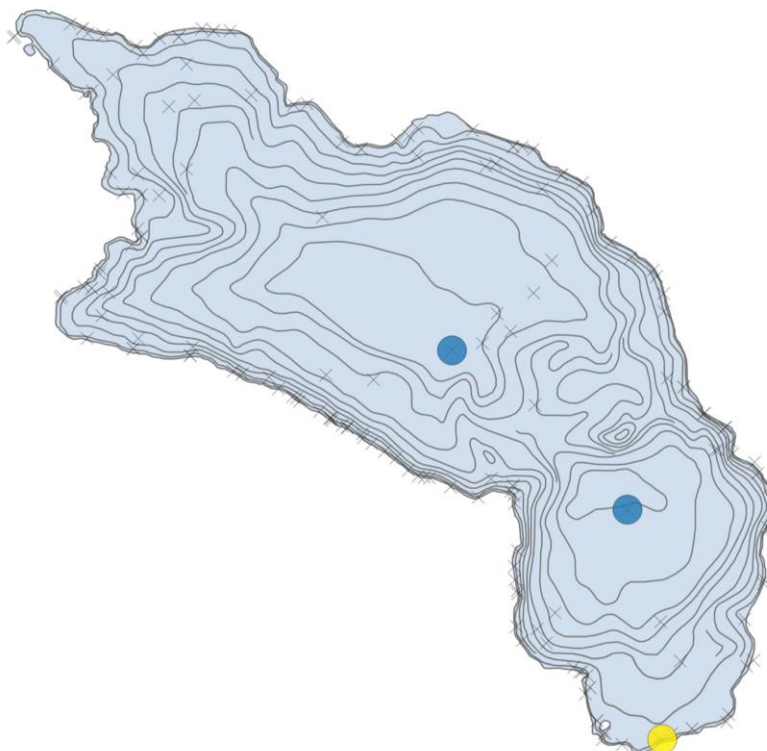
NPUE benthische Netze

● bis 0.7

NPUE vertikale Netze

● bis 0.6

NPUE: weitere Arten



Legende

weitere Arten

× Befischungsstandorte

NPUE Forelle (elektr. Befischungen)

● bis 0.28

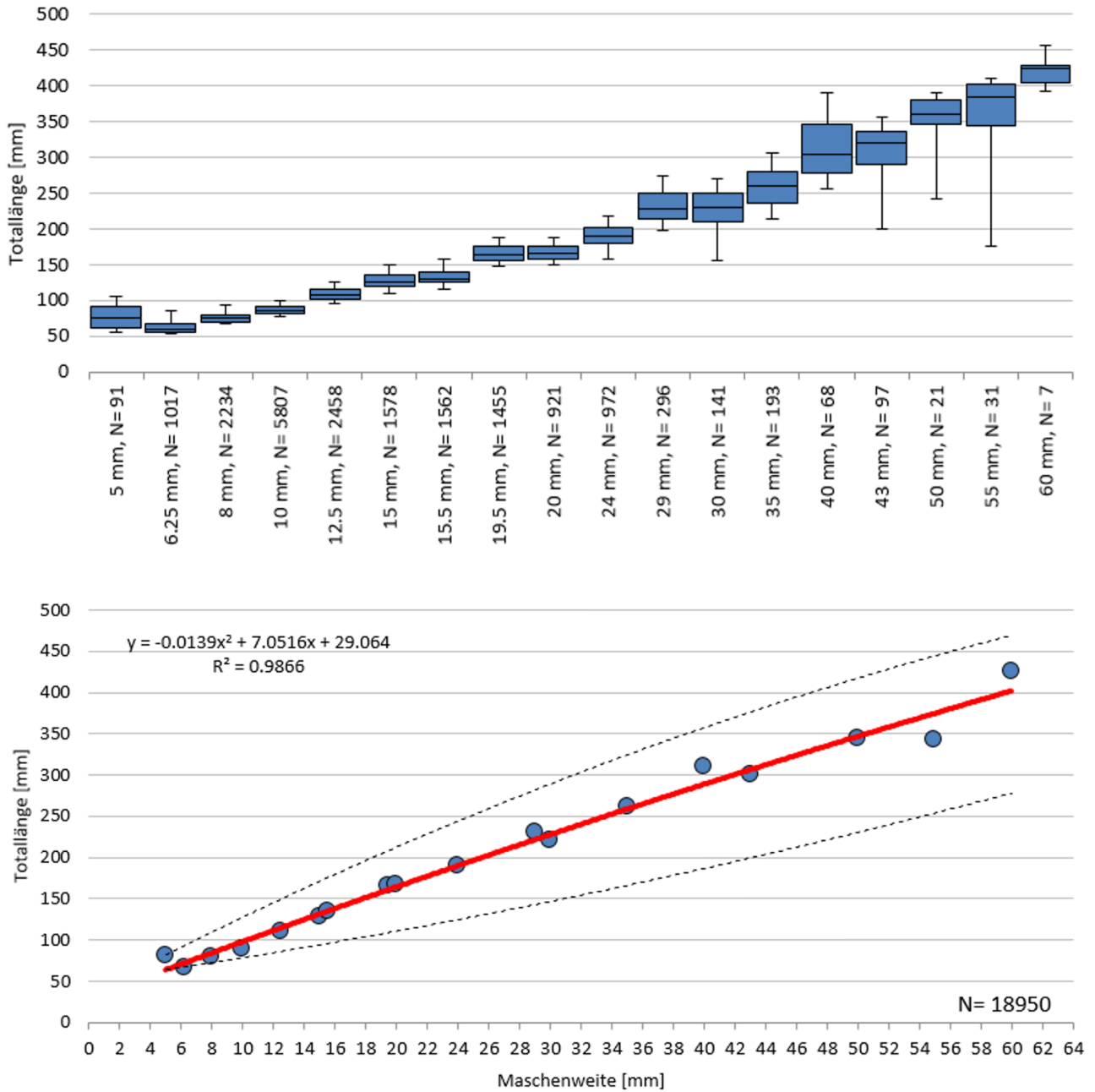
NPUE Saibling (vertikale Netze)

● bis 2.5

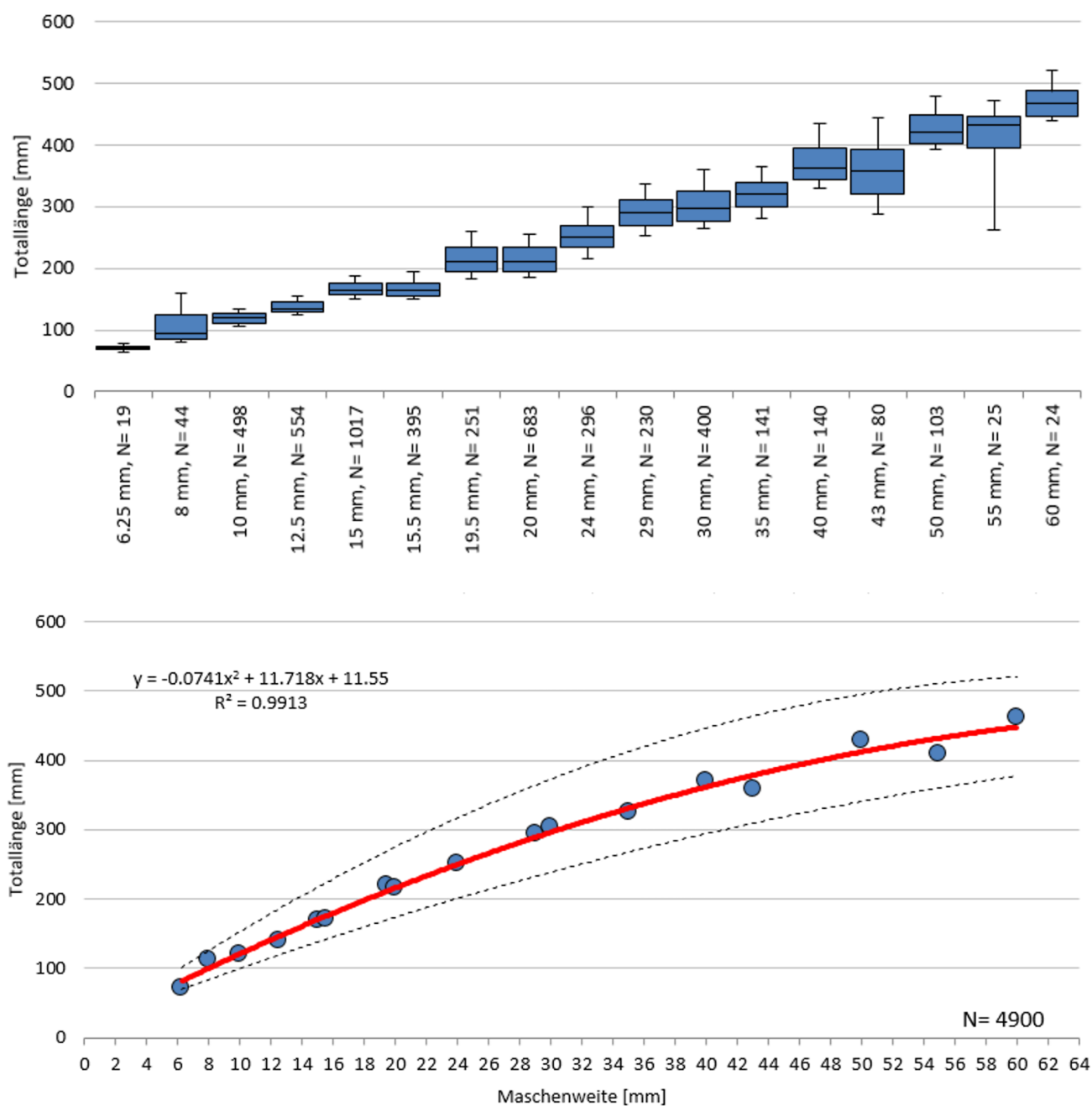
9.3 Längenselektivität von Maschenweiten

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

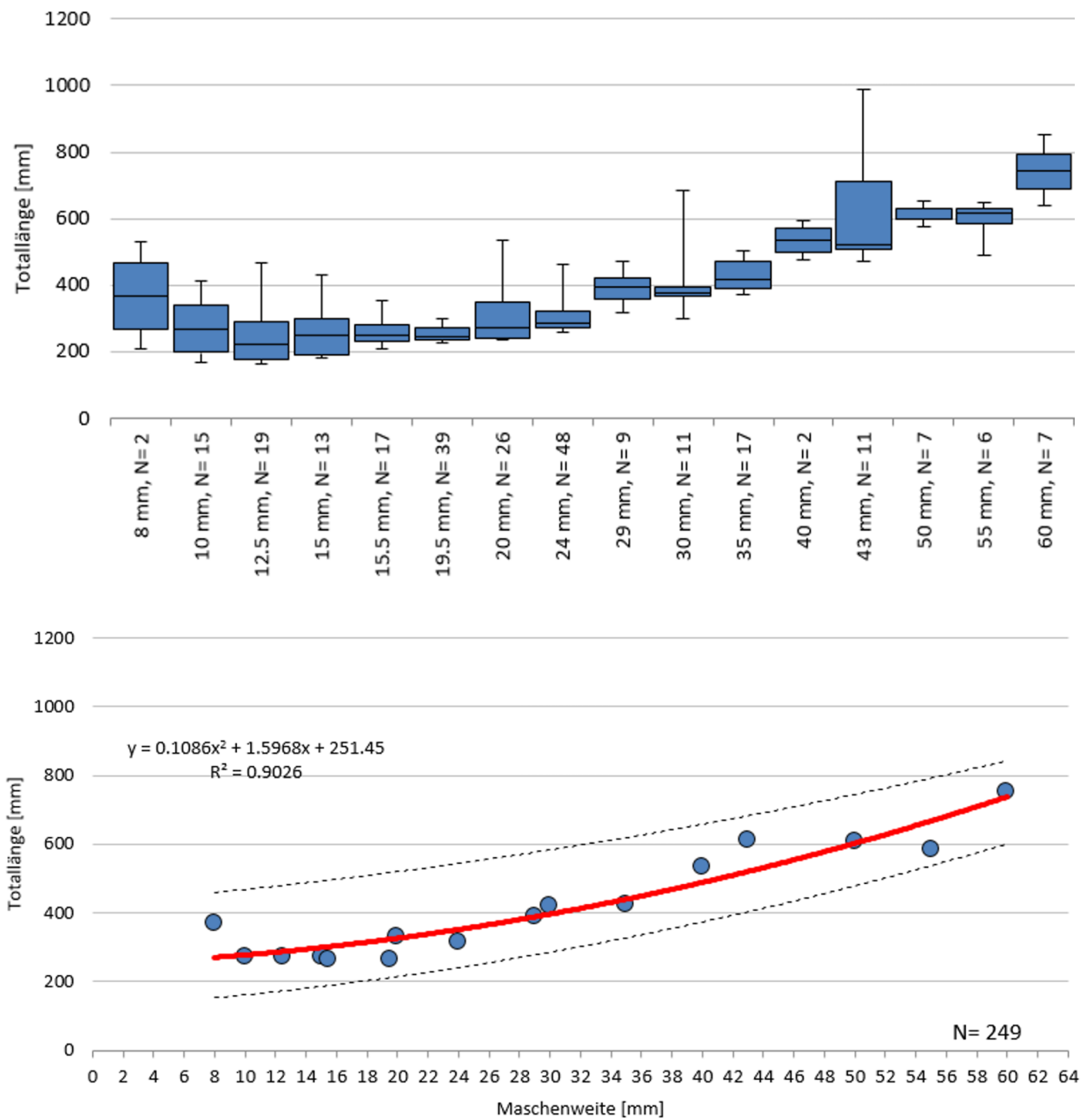
9.3.1 Flussbarsch



9.3.2 Felchen



9.3.3 Hecht



9.3.4 Rotaugen

