



STANDARDISIERTE BEFISCHUNG BIELERSEE

Resultate der Erhebungen vom September 2017



Impressum

Auftraggeber

Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern
Amt für Landwirtschaft und Natur
Fischereiinspektorat
Schwand 17
3110 Münsingen

Auftragnehmer

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



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

Autoren

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

Zitiervorschlag: Vonlanthen, P., Périat, G., 2018. Standardisierte Befischung Bielersee – Resultate der Erhebungen vom September 2017. Aquabios GmbH. Auftraggeber: Amt für Landwirtschaft und Natur, Fischereiinspektorat, 3110 Münsingen

Foto Titelseite: Sicht auf die Petersinsel und den Bielersee.

Verdankungen

Wir bedanken uns beim Fischereiinspektorat vom Kanton Bern für den Auftrag. Bei Jörg Ramseier, Rolf Schneider, Jonathan Paris, Hervé Décourcière, Daniel Schlunke, Timon Polli, Thomas Kreienbühl, Stéphane Ecuier, Thomas Poulleau, Jean-Sébastien Brocard, Jérémy Nicollet und Thomas Groubatch für die tatkräftige Mitarbeit bei den Feldarbeiten. Tim Alexander und Ole Seehausen und ihr Team von der EAWAG für die zur Verfügung Stellung des Bootes und die Mithilfe bei der Feldarbeit. Jennifer Vonlanthen-Heuck für die kritische Durchsicht des Dokumentes.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUSGANGSLAGE	5
2.1	NOTWENDIGKEIT VON STANDARDISIERTEN AUFNAHMEN DER FISCHE	5
2.2	FISCHE ALS INDIKATOREN FÜR DEN ZUSTAND EINES SEES	5
2.3	ZIELSETZUNG DER STANDARDISIERTEN BEFISCHUNG VOM BIELERSEE	6
2.4	DER BIELERSEE	6
3	METHODEN	7
3.1	HABITATE	7
3.2	BEFISCHUNG	7
3.3	DATENERFASSUNG UND SAMMLUNG VON PROBEN	9
3.4	ZUSÄTZLICH EINBEZOGENE DATEN	11
4	RESULTATE	12
4.1	PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE DATEN	12
4.2	UFERHABITATE	14
4.3	STANDARDISIERTE ABFISCHUNG	15
4.4	FISCHEREILICHE ASPEKTE	27
4.5	VERGLEICHE MIT ANDEREN SEEN	29
5	SYNTHESE	31
5.1	ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG DES BIELERSEES	31
5.2	FISCHEREILICHE NUTZUNG	33
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	34
6.1	ALLGEMEINES	34
6.2	ARTENVIELFALT UND UMWELTBEDINGUNGEN	34
6.3	MANAGEMENT DER FISCHEREI	35
6.4	WERT VON STANDARDISIERTEN BEFISCHUNGEN FÜR EIN MONITORING DES FISCHBESTANDS	35
7	LITERATURVERZEICHNIS	36
8	ANHANG	37
8.1	TIEFENVERTEILUNG DER FÄNGE	37
8.2	GEOGRAFISCHE VERTEILUNG	43
8.3	LÄNGENSELEKTIVITÄT VON MASCHENWEITEN	46

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 standardisierten Befischungen stellen einen guten Ausgangszustand dar. Die Entwicklung des Fischbestands im See lässt sich zukünftig detaillierter und genauer verfolgen, wenn die Datenerhebungen mittel- bis langfristig regelmässig wiederholt werden. Der vorliegende Bericht umfasst sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Bielersee vom 18. - 22. September 2017 durchgeführt wurden.

Der limnologische Zustand des Sees kann als mesotroph (mässig produktiv) eingestuft werden. In der Tiefe tritt jährlich ein Sauerstoffdefizit auf, das ein natürliches Aufkommen von tiefenangepassten Fischarten schmälert. Das Seeufer präsentiert sich oft stark verbaut und vielerorts naturfremd. Grössere zusammenhängende naturnahe Abschnitte finden sich nur noch rund um die St. Petersinsel und an ausgewählten Partien des Südufers. Die Vernetzung der Uferhabitate ist ungenügend. Das ökologische Potenzial von Uferrenaturierungen ist für viele Fischarten dementsprechend sehr hoch.

Der Fischbestand im Bielersee befindet sich in einem recht guten Zustand. Er entspricht über weite Strecken dem historischen Artenspektrum. Nur wenige Arten sind im See verschwunden und wenige standortfremde Fischarten kamen seither dazu. Im gesamtschweizerischen Vergleich sind der Bielersee und der benachbarte Neuenburgersee

sehr ähnlich im Fischbestand. Auffallend ist das Defizit an Fischen in Tiefen unter rund 40 m während der Probenahme. Dies ist vermutlich den reduzierten Sauerstoffbedingungen in der Tiefe während der Stagnationsphase geschuldet. Auch das massenhafte Auftreten von 0+ Flussbarschen im Pelagial wäre im natürlichen Zustand nicht zu erwarten. Auffallend ist auch die Präsenz des Stichlings im Pelagial. Neben dem Bodensee, und neu auch im Bielersee, wurde dies bisher noch in keinem anderen Schweizer See beobachtet.

Im Vergleich mit anderen Seen ist der Bielersee ein ertragreicher und für die Berufs- und Angelfischer attraktiver See. Er weist einen guten Felchen- und Flussbarschbestand auf. Aber auch andere attraktive Arten kommen im See vor, wie der Hecht, der Wels, die Trüsche, der Zander, die Forelle und der Seesaibling. Die meisten Arten zeigen für Netzfänge natürliche Längenstrukturen auf. Im See scheint die Rekrutierung demzufolge zu funktionieren. Inwiefern die für gewisse Arten praktizierten Besatzmassnahmen notwendig sind, sollte überprüft werden.

Der Bielersee ist ein Beispiel für einen See, dessen limnologische Eigenschaften im Verlauf des letzten Jahrhunderts durch die Eutrophierung und durch wasserbauliche Eingriffe (Juragewässerkorrektion, Wasserstandregulation, Uferaufschüttungen und -verbauungen) deutlich beeinträchtigt wurde. Einzelne endemische Fischarten sind seither ausgestorben. Der grosse Anteil der natürlichen Fischartenvielfalt ist hingegen weitgehendst erhalten geblieben. Die gewässerschützerischen Anstrengungen sollen fortgeführt werden, damit die Defizite im Sauerstoffgehalt in der Tiefe und bei der Ufermorphologie behoben werden können. Bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung ist darauf zu achten, dass biologische Hotspots im See, die sich u.a. bei Zu- und Ausflüssen befinden, prioritär angegangen werden.

2 Ausgangslage

2.1 Notwendigkeit von standardisierten Aufnahmen der Fische

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

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

grossen und tieferen Seen umfassende und standardisierte Aufnahmen des Fischbestands durchgeführt. Bis dahin beruhte das Wissen hauptsächlich auf Erfahrungen der Behörden und der Fischer (Fangstatistiken), Einzelbeobachtungen, gezielten Monitorings (z.B. Felchenmonitorings) und artspezifischen wissenschaftlichen Studien.

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

2.2 Fische als Indikatoren für den Zustand eines Sees

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

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

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

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

2.3 Zielsetzung der standardisierten Befischung vom Bielersee

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

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

im Tiefenwasser, Temperatur, Produktivität) und Artenvielfalt.

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

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Befischungen zusammen, die im Bielersee vom 18. September bis zum 22. September 2017 durchgeführt wurden. Der Fokus der Auswertungen wird auf die Artenzusammensetzung und die Habitatnutzung der einzelnen Fischarten gelegt.

2.4 Der Bielersee

Der Bielersee nimmt eine Fläche von 39.2 km² ein und liegt grösstenteils im Kanton Bern. Er ist ca. 15 km lang und weist eine mittlere Breite von 4.1 km auf. Der See liegt auf 429 m ü. M. und die maximale Tiefe beträgt 74 m. Er liegt, wie auch der Murten- und der Neuenburgersee am südlichen Rand des Juras. Zusammen bilden die drei Seen das sogenannte Drei-Seen-Land. Die wichtigsten Zuflüsse des Bielersees sind die Aare (Hagneckkanal), die Schüss, der Zihlkanal und der Twannbach.

Im Rahmen der ersten Juragewässerkorrektur (1868-1891) wurde die Aare ab Aarberg in den Bielersee umgeleitet. Für die Zuleitung in den See wurde der Hagneckkanal gebaut. Dadurch wurden die mittlere Zuflusswassermenge von ca. 50 auf ca. 244 m³/s erhöht und die Wassererneuerungszeit von 250 auf 54 Tage verringert. Für die Ableitung ins alte Aare-Bett wurde bei Büren der Nidau-Büren-Kanal gebaut. Die drei Jurarandseen wurden mit Kanälen miteinander verbunden. Der Seespiegel der drei Seen wurde dabei gesenkt. Die St. Petersinsel wurde damit zur Halbinsel.

Bei der zweiten Juragewässerkorrektur wurden die drei Seen stärker vernetzt. Diese werden heute bei Hochwasser als Rückhaltebecken genutzt. Der Seespiegel der drei Seen wird beim Wehr Port im Nidau-Büren-Kanal in Biel reguliert. Wenn die Aare starke Hochwasser führt, fliesst das Wasser in umgekehrter Richtung vom Bielersee in den Neuenburgersee und den Murtensee.

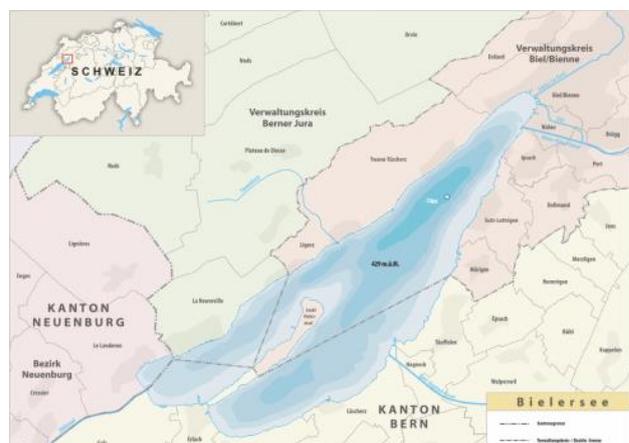


Abbildung 2-1. Der Bielersee mit seinen Zuflüssen (Grafik © Wikimedia, Tschubby)

3 Methoden

3.1 Habitate

Auf eine Habitatkartierung des Bielersees wurde verzichtet, weil die Ökomorphologie im See bereits erhoben wurde [5]. Die Resultate dieser Studie wurden daher übernommen.

Fische verteilen sich nicht zufällig über die verschiedenen Habitattypen, sondern halten sich in gewissen litoralen Habitaten oder Tiefen zu einem gewissen Zeitpunkt im Jahr häufiger auf. Je nach Art können sich die bevorzugten Habitat-Typen unterscheiden [1]. Der Bielersee wurde daher für die Auswertungen in drei Einheiten unterteilt [6]:

- 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 Bathymetrie des Sees bestimmt.

3.2 Befischung

3.2.1 Pelagische Multimaschen-Kiemennetze (Vertikalnetze)

Die im Rahmen des „Projet Lac“ eingesetzten vertikalen Kiemennetze haben sich bewährt. Diese Netze fischen jeweils simultan vom Seegrund bis zur Oberfläche. Folgende der CEN-Norm (CEN prEN 14757; im vorliegenden Dokument als CEN-Norm angesprochen) entsprechenden Maschenweiten wurden auf sechs Vertikalnetze verteilt eingesetzt (Breite des Netzblatts pro Maschenweite in Klammern, die Höhe des Netzes entspricht jeweils der befischten Tiefe und ist variabel):

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

Alle sechs Vertikalnetze werden nebeneinander (Netzgruppe) an derselben Stelle im See und in der gleichen Tiefe gesetzt. Um eine mögliche geografische und tiefenbedingte Variabilität in der Verteilung der Fische im See zu erfassen, wurden mehrere Netzgruppen gesetzt. Dies erfolgte in unterschiedlichen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten. Eine Gruppe von sechs Netzen verbleibt ca. 20-24 Stunden im See, bevor sie wieder gehoben wird. Beim Heben der Netze wird nebst der Fischart und der Fischlänge auch die Fangtiefe jedes Fisches auf einen Meter genau protokolliert (Abbildung 3-1).

Diese Methode wurden im „Projet Lac“ als Vertikalnetz-Methode bezeichnet. Sie wurde an der Universität Besançon ausgearbeitet [7] und durch die - EAWAG, das BAFU und die Büros Aquabios GmbH und Teleos sàrl weiterentwickelt. Für die Standardisierung der Daten (Berechnung von CPUE-Werten) wurde die Netzfläche pro Maschenweite herangezogen.



Abbildung 3-1. Links: Vertikales Multimaschennetz abgewickelt von einem Schwimmkörper. Darunter fischt das Netz die gesamte Seetiefe vom Seegrund bis zur Oberfläche. Rechts: Entnahme der Fische aus einem Vertikalnetz. Dabei wird nebst der Art und der Länge auch die Tiefe, in denen die Fische gefangen wurden, erfasst.

3.2.2 Benthische Multimaschen Kiemennetze

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

- 0-3 m: 10 Netze
- 3-6 m: 10 Netze
- 6-12 m: 10 Netze
- 12-20 m: 10 Netze
- 20-35 m: 10 Netze
- 35-50 m: 6 Netze
- 50-74 m: 6 Netze

Jedes Netz war individuell markiert. Somit konnte zurückverfolgt werden, in welchem Netz, an welchem Standort, in welcher Tiefe und in welcher Maschenweite ein Fisch gefangen wurde. Die geografische Verteilung der Netze im See erfolgte, wie von der Norm vorgesehen, zufällig [8]



Abbildung 3-2. Links: Heben von benthischen Multimaschennetzen im Bielersee; Rechts: Setzen eines benthischen Netzes (Foto © Mikael Goguilly).

3.2.3 Elektrische Befischung

Gewisse Uferbereiche des Sees mit Wassertiefen < 1 m wurden elektrisch befischt (Abbildung 3-3). Dabei wurden alle zuvor bei der Kartierung erfassten Habitate mehrmals befischt. Bei jeder Befischungsaktion wurde mit einem Durchgang eine

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



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

3.3 Datenerfassung und Sammlung von Proben

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

Gewebeprobe entnommen und für die Konservierung im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern vorbereitet.



Abbildung 3-4. Links: Messstation, die im Feld im Einsatz war. Rechts: Beispiel eines standardisierten Fotos der EAWAG.



Abbildung 3-5. Ausmaschen der Fische und Vorbereitung der Netze für den nächsten Einsatz am Abend.



Abbildung 3-6. Links: Präparation eines Fisches für die Museumssammlung. Rechts: Konservierte Fische, die im Naturhistorischen Museum von Bern eingelagert sind (Foto © Naturhistorisches Museum der Burggemeinde von Bern).

3.4 Zusätzlich einbezogene Daten

3.4.1 *Fischfangstatistik*

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

Umwelt (BAFU) und vom Fischereiinspektorat des Kantons Bern zur Verfügung gestellt und für spezifische Auswertungen mit einbezogen.

3.4.2 *Chemische und physikalische Messreihen*

Die verwendeten chemischen ($P_{\text{tot}}\text{-P}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-}$) und physikalischen (Temperatur, Sauerstoff) Mess-

resultate wurden vom Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern zur Verfügung gestellt.

4 Resultate

4.1 Physikalische und chemische Daten

4.1.1 Temperatur

Die von 1996-2017 maximal gemessene Temperatur lag bei 25.2°C (13.08.2003). Die 20°C-Marke wurde dabei im Sommer an der Seeoberfläche regelmässig überschritten (Abbildung 4-1). Im Sommer wurden an der Oberfläche des Sees oft Temperaturen >20°C gemessen (Abbildung 4-2). Der Bielersee war und ist somit ein eher oberflächenwarmer und tiefer Mittellandsee.

Im Winter kühlte der See gut aus und es ist davon auszugehen, dass jährlich eine vertikale Durchmischung des Wassers möglich ist [9]. Diese Durchmischung

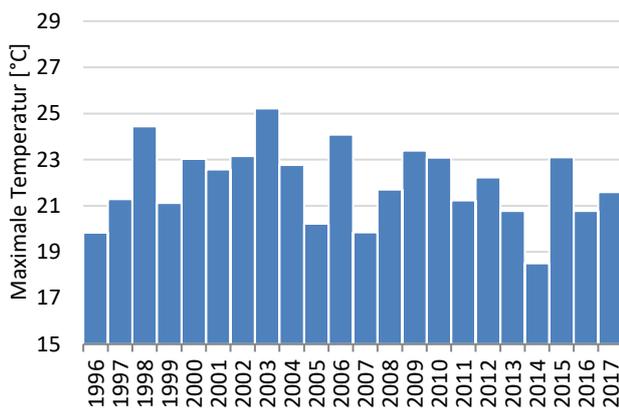


Abbildung 4-1. Maximale im Bielersee entlang von Tiefenprofilen gemessene Wassertemperatur (°C) (Daten Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern).

4.1.2 Sauerstoff

Die Resultate der Sauerstoffmessungen von 1996 bis 2017 (Abbildung 4-3) zeigen im Durchschnitt eine Zunahme der minimal gemessenen Sauerstoffkonzentration. Unterhalb von ca. 60 m treten aber auch heute noch Sauerstoffwerte <4 mg/l auf, die den Fischen ein Überleben stark erschweren (Abbildung 4-4). Ebenfalls ersichtlich ist die Sauerstoffzehrung, die unterhalb der Sprungschicht auftritt (20-25 m Tiefe). Hier sinken die Sauerstoffwerte auf < 6 mg/l. Heute weisen demnach sowohl das

schung der Wasserschichten ist für den See wichtig, weil damit das Oberflächenwasser mit Nährstoffen und die Tiefe mit Sauerstoff versorgt werden.

Im Jahr der Befischung 2017 erreichte der See im Sommer eine maximale Temperatur von 21.6°C. Im September war die Temperatur bereits auf unter 20°C gefallen. Die Temperaturschichtung war aber noch sehr ausgeprägt. Die Sprungschicht lag zwischen 15 und 25 m Tiefe.

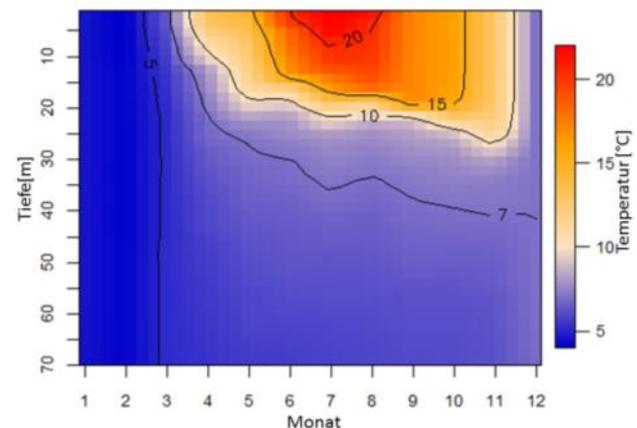


Abbildung 4-2. Temperaturmessungen entlang von Vertikalprofilen im Bielersee für das Jahr 2017 (Daten Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern).

Meta- als auch das Hypolimnion eine überdurchschnittliche Sauerstoffzehrung auf, die von Juli bis Dezember andauert. Für die Fauna kritische Werte werden unterhalb von 60 m erreicht, dies von September bis Dezember. Während den Abfischungen im September war in der Tiefe der Sauerstoffgehalt sehr gering. Unterhalb von 70 m lagen die Werte bei < 4mg/l. Natürlicherweise sollte in einem See in allen Tiefen und das ganze Jahr über kein Sauerstoffmangel auftreten.

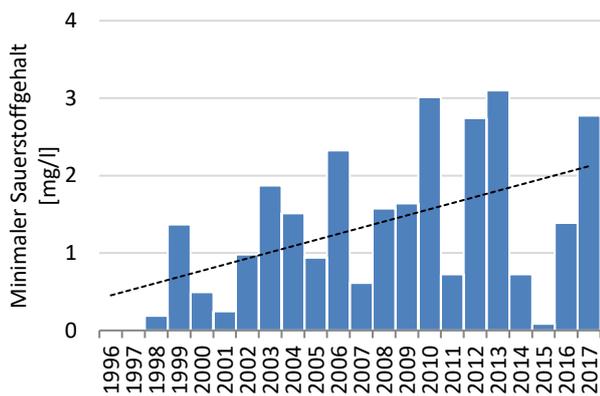


Abbildung 4-3. Minimaler im Bielsee entlang von Tiefenprofilen gemessener Sauerstoffgehalt (mg/l) (Daten AWA).

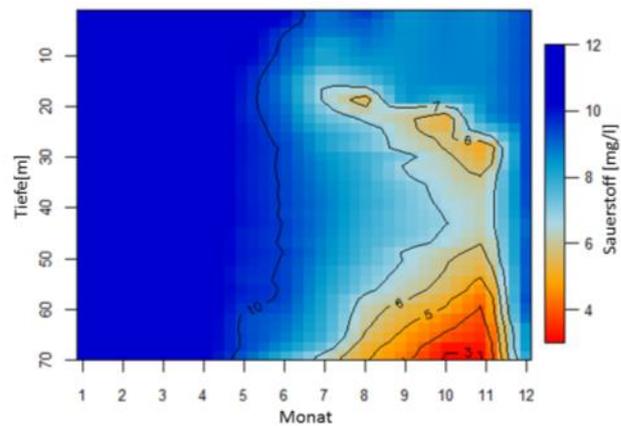


Abbildung 4-4. Sauerstoffmessungen entlang von Vertikalprofilen im Bielsee für das Jahr 2017 (Daten AWA, gemessen an der tiefsten Stelle des Sees).

4.1.3 Nährstoffe, Phytoplankton und Zooplankton

Die Entwicklung der Phosphormessungen zeigt (Abbildung 4-5), dass der Bielsee in den siebziger Jahren mit einem Höchststand bei ca. 130 µg/l sehr stark belastet war. In den letzten Jahren lagen die Phosphatwerte bei 4-9 µg/l. Die Werte schwankten also je nach Jahr auf einem eher tiefen Niveau. Eine weitere Abnahme ist jedoch nicht zu erkennen.

Trotz der eher stabilen Phosphorkonzentrationen der letzten Jahre haben die Algenbiomassen im Bielsee geringfügig abgenommen [9]. Ein ähnliches Bild ist auch beim Zooplankton zu erkennen

[9]. Insbesondere die Rüsselkrebsechen und Hüpferlinge, von denen viele Arten eher nährstoffreiche Bedingungen bevorzugen, sind für diesen Rückgang verantwortlich [9]. Die Nahrungsgrundlage für Fische ist im Bielsee aber weiterhin deutlich umfangreicher vorhanden als beispielsweise im Thuner- oder im Brienersee.

Der See ist heute als mesotroph einzustufen. Dies obwohl gewisse Werte, wie z.B. die Phosphatkonzentration langsam in Richtung Oligotrophie zeigen.

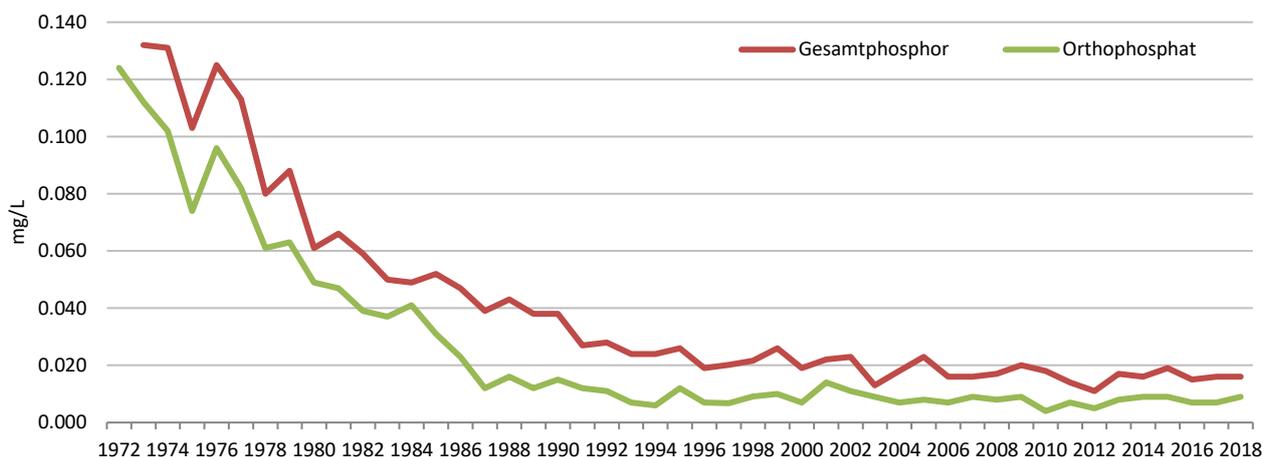


Abbildung 4-5. Gesamtphosphor- und Orthophosphatmessungen des Bielseees von 1972 bis 2018.

4.2 Uferhabitate

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde keine eigene Kartierung der Unterwasserhabitate durchgeführt. Allerdings liegen Daten zum Zustand der Wasserpflanzen vor, welche seit 1967 regelmässig kartiert werden (Turnus: ca. alle 10 Jahre). Ein spezifischer Bericht deckt diesen Aspekt des Uferlebensraumes und die neusten Erhebungen aus dem Jahre 2015 detailliert ab [10]. Die Wasserpflanzengesellschaften haben sich seit der ersten Untersuchung vor 40 Jahren markant verändert. So wurde 2015 die höchste durchschnittliche Artenzahl pro Bestand, eine zunehmende Ausdehnung des Pflanzenwachstums in die Tiefe, mehr Bestände mit unterschiedlichen Wuchshöhen und eine generelle Zunahme der Arten mit einer grossen Ausdehnung beobachtet [9, 10].

Die Erhebung der Ökomorphologie der Seeufer zeigt, dass 55% des Seeufers vom Bielersee als naturfremd oder künstlich eingestuft werden (Abbildung 4-6, [5]). Nur 36% des Ufers werden als natürlich oder wenig beeinträchtigt eingestuft. Steilufer sind dabei in einem schlechteren Zustand als Flachufer [5]

Das Ufer des Bielersees ist zu einem grossen Teil verbaut. Dabei gehen 32% auf das Konto von Siedlungen und Industrie, 25% der Verbauungen sind Verkehrswegen geschuldet, 18% basieren auf Interessen der Freizeitnutzungen und 25% stehen in Zusammenhang mit Land- und Forstwirtschaft.

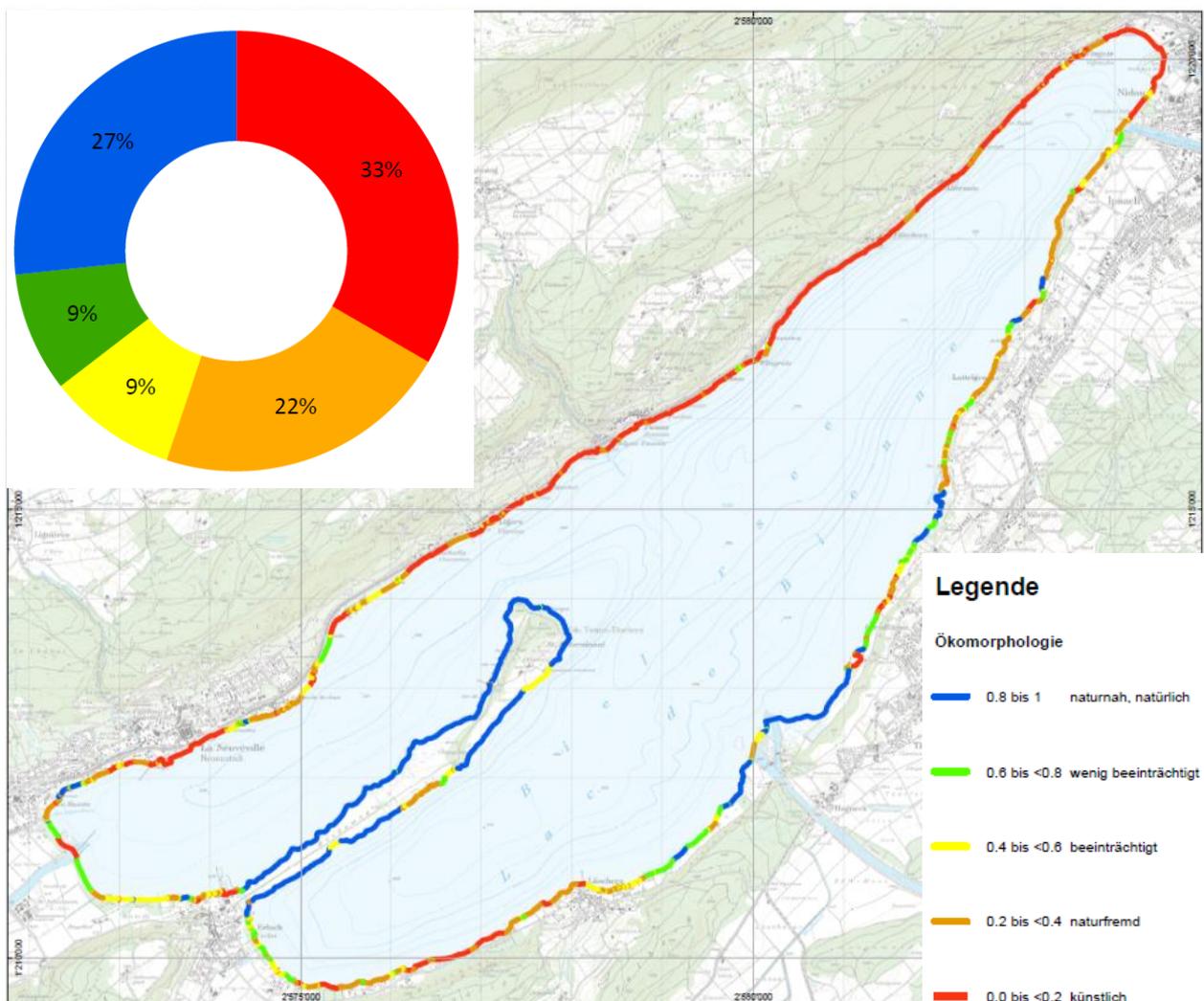


Abbildung 4-6. Resultat der Ökomorphologie des Seeufers vom Bielersee [5].

Bei der Ökomorphologie nicht betrachtet sind die morphologischen Veränderungen des Ufers, die durch die Juragewässerkorrekturen verursacht

wurden. Im Murten- und Neuenburgersee wurden durch die Juragewässerkorrektur die mineralischen Substrate (Steine, Kies) am Ufer deutlich seltener.

4.3 Standardisierte Abfischung

4.3.1 Standorte der Probenahmen

Während fünf Tagen wurden im Bielersee insgesamt 100 benthische CEN und 27 pelagische Vertikalnetzgruppen (jeweils sechs Netze pro Gruppe) über Nacht eingesetzt. Zusätzlich wurden 61 Ufer-

strecken (24 zu Fuss, 37 mit dem Boot) elektrisch befishcht. Insgesamt sind somit 188 Befischungsaktionen durchgeführt worden (Abbildung 4-7).

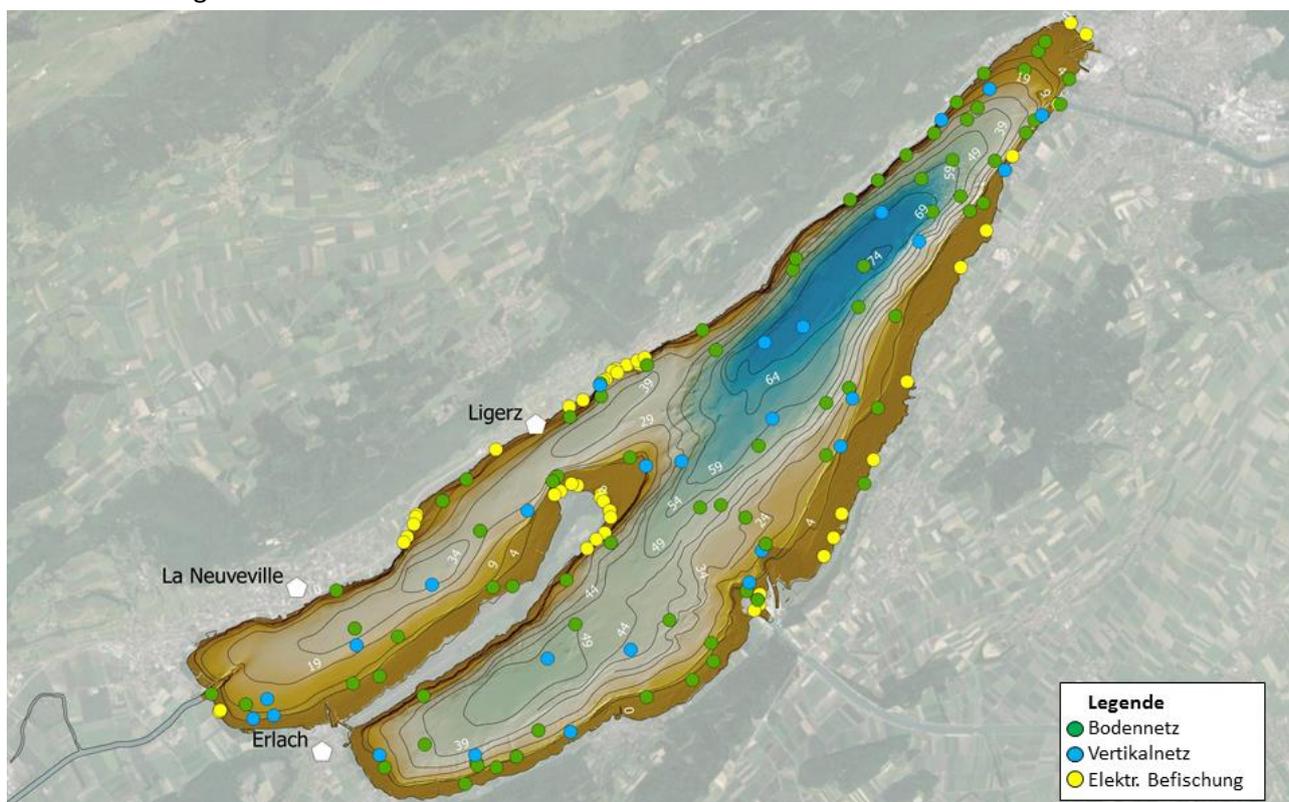


Abbildung 4-7. Karte der Befischungsstandorte im Bielersee (Luftaufnahme © Google Basemap, Bathymetrie © Swisstopo).

4.3.2 Fischbestand und Artenvielfalt

Insgesamt wurden im Bielersee bei der Befischung 5952 Fische von 25 Fischarten gefangen (Tabelle 4-1; Felchen nicht nach Arten getrennt, vgl. Kap 4.3.6). Über alle Fangmethoden gesehen waren Flussbarsche mit 4088 Individuen klar am häufigsten vertreten. Ebenfalls sehr häufig waren Rotaugen (N=624) und Felchen (N=464). Fünf Arten wurden nur bei elektrischen Befischungen nachgewiesen

(Schneider, Bartgrundel, Bitterling, Bachneunauge, Sonnenbarsch).

Die gesamte Biomasse des Fanges betrug 231.91 kg (Tabelle 4-1). Die Rotaugen machten den grössten Teil der Biomasse aus (73.61 kg), gefolgt von Flussbarsch (52.87 kg), Alet (23.99 kg) und Felchen (19.93 kg).

Tabelle 4-1. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der gefangenen Fische pro Art und für die verschiedenen Fangmethoden.

Fischart		Anzahl Individuen				Biomasse [kg]			
Deutsch	Lateinisch	Benth.	Elektr.	Vert.	Total	Benth.	Elektr.	Vert.	Total
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	999	94	2995	4088	24.69	0.99	27.19	52.87
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	313	110	201	624	49.04	0.15	24.42	73.61
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	23	-	441	464	1.92	-	18.02	19.93
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	9	26	96	131	0.21	0.04	1.65	1.90
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	9	79	3	91	13.67	7.19	3.14	23.99
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	-	83	-	83	-	0.21	-	0.21
Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	45	17	63	0.00	0.02	0.03	0.06
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	5	48	6	59	0.03	0.16	0.05	0.24
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	18	33	4	55	12.12	0.01	0.87	13.00
Bartgrundel	<i>Barbatula barbatula</i>	-	48	-	48	-	0.10	-	0.10
Brachse	<i>Abramis brama</i>	16	9	10	35	4.83	0.05	3.34	8.22
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	21	12	1	34	0.89	0.05	0.01	0.95
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	13	13	3	29	9.31	0.17	3.68	13.16
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	4	23	-	27	0.03	0.04	-	0.07
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	25	-	1	26	1.49	-	0.07	1.56
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	1	24	-	25	1.19	6.50	-	7.69
Bitterling	<i>Rhodeus amarus</i>	-	22	-	22	-	0.04	-	0.04
Hecht	<i>Esox lucius</i>	9	1	3	13	1.94	0.04	0.35	2.33
Kambersch	<i>Orconectes limosus</i>	4	5	1	10	0.10	0.03	0.03	0.15
Cobite	<i>Cobitis bilineata</i>	1	7	-	8	0.00	0.01	-	0.01
Trüsche	<i>Lota lota</i>	-	2	3	5	-	0.02	0.26	0.28
Wels	<i>Silurus glanis</i>	3	1	1	5	8.28	0.19	2.07	10.54
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	3	-	1	4	0.98	-	0.02	1.00
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	-	2	-	2	-	0.002	-	0.002
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	-	1	-	1	-	0.002	-	0.002
Total		1477	688	3787	5952	130.71	16.01	85.19	231.91
Anzahl Arten		19	22	17	25	19	22	17	25

4.3.3 Volumen-korrigierte Fänge

Die Fische und die zum Fang verwendeten Methoden sind nicht zufällig im Raum verteilt. Anhand der vorliegenden Daten können Häufigkeit und Biomasse der einzelnen Fischarten für die Verfügbarkeit der verschiedenen Habitate (in diesem Fall das vorhandene Volumen der einzelnen Seekompartimente) korrigiert werden [11].

Bei dieser Darstellung der Resultate dominiert ebenfalls der Flussbarsch die Fangzahlen (Abbildung 4-8). Dies weil im Pelagial nebst den Felchen auch eine grosse Anzahl kleine Flussbarsche gefangen wurden. Auch die hohe Stichlingsdichte fällt auf. Dies wiederum, weil sie auch im Pelagial gefangen wurden und nicht nur am Ufer.

Wird die Biomasse für die Volumenkorrektur herangezogen, dann dominieren die Felchen in den Fängen, vor den Flussbarschen und den Rotaugen

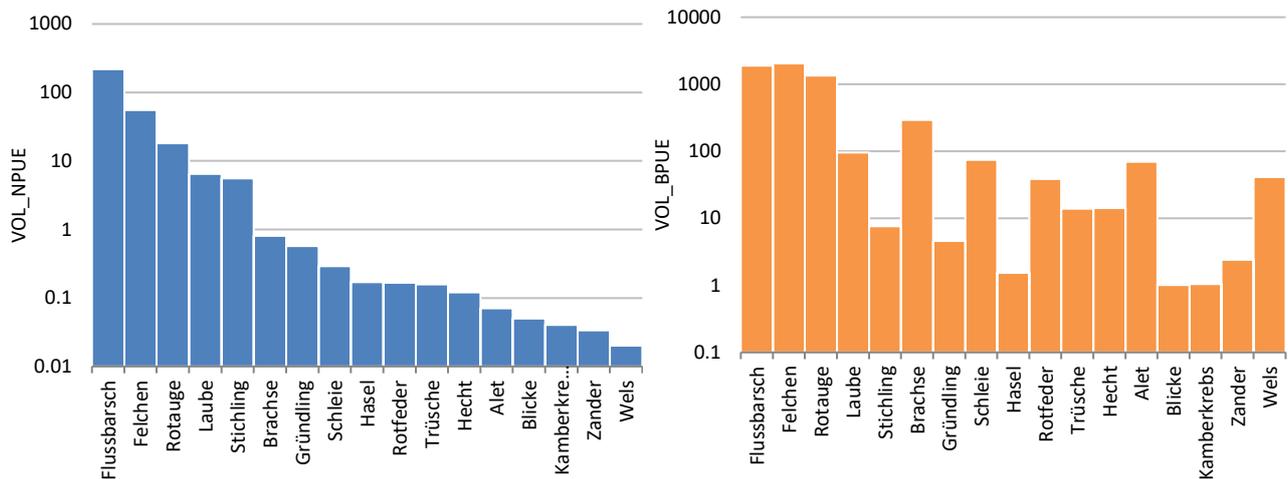


Abbildung 4-8. Die Anzahl (links) und die Biomasse (rechts) der mit den Vertikalnetzen gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit [11].

4.3.4 Museumssammlung

Von den gefangenen Fischen sind mindestens 983 für die Museumssammlung vom Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern vorgesehen (Tabelle 4-2). Ob alle Individuen in die Sammlung aufgenommen werden können, ist derzeit noch nicht klar. Die Fische werden erst im Jahr 2020 ver-

arbeitet, da derzeit die Fischsammlung renoviert wird. 1985 genetische Proben wurden in die Sammlungen der EAWAG aufgenommen. Schliesslich wurden von der EAWAG insgesamt 2187 Individuen standardisiert fotografiert.

Tabelle 4-2. Liste der Anzahl Fische pro Fischart, für welche ein standardisiertes Foto vorliegt, die von der EAWAG entnommen wurden, von denen eine DNS-Probe vorliegt, und die im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde von Bern in die Sammlung aufgenommen werden sollen (Auskunft EAWAG, stand 05.04.2018).

Fischart		Anzahl Individuen				
Deutsch	Lateinisch	Gefangen	Mit Foto	Entnommen durch EAWAG	Mit DNS Probe	Museum
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	4088	769	892	601	38
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	624	463	482	416	48
Felchen, Art unbest.	<i>Coregonus sp.</i>	464	433	444	438	444
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	131	90	104	95	46
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	91	42	45	42	40
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	83	41	43	41	32
Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	63	29	30	29	30
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	59	44	45	44	35
Rotfeder	<i>Scardinius sp</i>	55	33	35	31	28
Bartgrundel	<i>Barbatula barbatula</i>	48	28	29	27	27
Brachse	<i>Abramis brama</i>	35	30	30	30	29
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	34	34	34	34	32
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	29	28	29	29	27
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	27	23	24	24	24
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	26	26	26	26	26
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	25	23	23	23	23
Bitterling	<i>Rhodeus amarus</i>	22	6	7	6	7
Hecht	<i>Esox lucius</i>	13	13	13	14	13
Kamberkrebs	<i>Orconectes limosus</i>	10	7	10	10	9
Cobite	<i>Cobitis bilineata</i>	8	8	8	8	8
Trüsche	<i>Lota lota</i>	5	5	5	5	5
Wels	<i>Silurus glanis</i>	5	5	5	5	5
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	4	4	4	4	4
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	2	2	2	2	2
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	1	1	1	1	1
Total		5952	2187	2370	1985	983
Anzahl Arten		25	25	25	25	25

4.3.5 Artenvielfalt

Tabelle 4-3. Artenfundliste des Bielersees. Die Arten wurden gemäss der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF) als einheimisch oder eingeführt eingestuft. Die nach Hartmann [13] und nach Rücksprache mit dem Fischereinspektorat im See natürlicherweise erwarteten Arten wurden als „standortgerecht“ bezeichnet. Zudem wurden noch die im Fischatlas von 2003 [12], in den Daten des CSCF und die dem Fischereinspektorat bis heute bekannten im See je nachgewiesenen Arten gelistet.

Fischart		Gefährdung VBGF	Ursprung VBGF	Ursprung im See	Nachweis der Fischart				
Art	Deutsch				Historische Nachweise	Fischatlas 2003	CSCF 1985-2016	Kt. Bern Fischerei	Projet Lac 2.0 2017
<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	3	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Signalkrebs	,	Eingeführt	Standortfremd			•		
<i>Orconectes limosus</i>	Kammerkreb	,	Eingeführt	Standortfremd			•	•	
<i>Lepomis gibbosus</i>	Sonnenbarsch	,	Eingeführt	Standortfremd			•	•	
<i>Cobitis bilineata</i>	Cobite	DU	Einheimisch	Standortfremd				•	
<i>Cobitis taenia</i>	Steinbeisser	3, E	Einheimisch	Standortgerecht	2	•	•	•	
<i>Coregonus sp.</i>	Felchen, Art unbest.	4, E	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Cottus gobio</i>	Groppe	4	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Abramis brama</i>	Brachse	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Schneider	3, E	Einheimisch	Standortgerecht		•	•	•	
<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Barbus barbus</i>	Barbe	4	Einheimisch	Standortgerecht		•	•	•	
<i>Blicca bjoerkna</i>	Blicke	4	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Carassius carassius</i>	Karassche	,	Eingeführt	Standortfremd		•	•		
<i>Carassius gibelio</i>	Gibel	,	Eingeführt	Standortfremd		•	•		
<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	1, E	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Cyprinus carpio</i>	Karpfen	3	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Gobio gobio</i>	Gründling	NG	Einheimisch	Standortgerecht		•	•	•	
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Elritze	NG	Einheimisch	Standortgerecht		•	•		
<i>Rhodeus amarus</i>	Bitterling	2, E	Einheimisch	Standortgerecht		•	•	•	
<i>Rutilus rutilus</i>	Rotauge	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotfeder	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Scardinius hesperidicus</i>	Schwarzfeder	DU	Einheimisch	Standortfremd				•	
<i>Squalius cephalus</i>	Alet	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Telestes souffia</i>	Strömer	3, E	Einheimisch	Standortgerecht		•	•		
<i>Tinca tinca</i>	Schleie	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Esox lucius</i>	Hecht	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Lota lota</i>	Trüsche	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Stichling	4	Einheimisch	Standortfremd		•	•	•	
<i>Barbatula barbatula</i>	Bartgrundel	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	NG	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Sander lucioperca</i>	Zander	,	Eingeführt	Standortfremd		•	•	•	
<i>Lampetra planeri</i>	Bachneunauge	2, E	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Regenbogenforelle	,	Eingeführt	Standortfremd		•	•		
<i>Salmo trutta</i>	Atlantische Forelle	4 (2)	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Salvelinus sp.</i>	Seesaibling, Art unbest.	3	Einheimisch	Standortgerecht	5	•	•	•	
<i>Salmo salar</i>	Atlantischer Lachs	0, E	Einheimisch	Standortgerecht	4				
<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	3, E	Einheimisch	Standortgerecht	1	•	•	•	
<i>Silurus glanis</i>	Wels	4, E	Einheimisch	Standortgerecht	3	•	•	•	
<i>Astacus astacus</i>	Edelkreb	,	Einheimisch	Standortgerecht			•		
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Weisser Amur	,	Eingeführt	Standortfremd			•		
Total				42	23	34	30	38	26
Total Anzahl Arten einheimisch (VBGF)				34	23	30	30	30	23
Total Anzahl Arten eingeführt (VBGF)				8	0	4	0	8	3
Total Anzahl Arten standortgerecht (seespezifisch)				31	23	29	29	29	20
Total Anzahl Arten standortfremd (seespezifisch)				11	0	5	1	9	6

1 Hartmann [13] erwähnt diese Arten nicht spezifisch im Bielersee, sagt aber dass diese in vielen Schweizer Seen vorhanden sind.

2 Nach Hartmann [13] fehlte der Steinbeisser in weiten Teilen der Schweiz.

3 Laut Hartmann [13] kam der Wels im Murtensee, in der Broye und im Neuenburgersee und im Rhein (Fänge im Rhein dokumentiert von 1498) vor. Es ist daher anzunehmen, dass dieser auch im Bielersee vorkam.

4 Der Lachs wanderte früher auch durch den Bielersee [14], dürfte aber nur wenig Zeit im See verbracht haben.

Im Rahmen des „Projet Lac“ wurden im Bielersee insgesamt 26 Fisch- und Krebsarten gefangen (Tabelle 4-3, 28 Arten falls alle drei Felchenarten berücksichtigt werden, vgl. Kapitel 4.3.6). Davon sind 23 Arten im Bielersee nach VBGF heimisch und drei (Zander, Sonnenbarsch, Kamberkrebs) sind eingeführt. Werden die Angaben von Hartmann, ergänzt durch allgemeine Informationen zur Verbreitung von Fischarten in der Schweiz, als historische Referenz herangezogen, dann sind 20 der im Rahmen dieses Projektes gefangenen Fischarten standortgerecht und fünf standortfremd (Zander, Sonnenbarsch, Schwarzfeder, Cobite, Stichling).

Bis heute wurden im ganzen See insgesamt 41 Fisch- und Krebsarten dokumentiert. Eine präzise Abhandlung der historischen Fischartengemeinschaft des Bielersees wurde nicht gefunden. Die recht allgemeinen Angaben von Hartmann [13] von 1827 lassen zumindest 23 standortgerechte Arten vermuten. Weitere acht Arten wurden nach Rücksprache mit dem Fischereiinspektorat ebenfalls als standortgerecht eingestuft (Steinbeisser, Schneider, Barbe, Gründling, Elritze, Bitterling, Strömer, Edelkrebs).

4.3.6 Artenvielfalt der Felchen

Bei den gefangenen Felchen konnten vermutlich Ökotypen von zwei Arten Bondelle (*Coregonus con-fusus*) und Brienzlig (*Coregonus albellus*, Abbildung 4-9) nachgewiesen werden. Die Bondelle ist im See häufig. Vom Brienzlig wurden höchstens 2-3 Individuen gefangen.

Eine weitere Felchenart, die Palée (*Coregonus palaea*), konnte in den vorliegenden Fängen nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden, da keine adulten Grossfelchen gefangen wurden. Ob bei den kleineren Felchen auch junge Palées im Fang waren, ist unklar und müsste genetisch oder morphometrisch untersucht werden. Aus den Fängen der Fischer ist aber bekannt, dass die Palée im Bielersee noch vorkommt, aber im Vergleich zum Neuenburgersee eher selten ist.

Von den 31 historisch standortgerechten Arten konnten bei den Befischungen vom „Projet Lac“ im Jahr 2017 noch 23 nachgewiesen werden. Es fehlen: Aal, Steinbeisser, Nase, Karpfen, Elritze, Strömer, Forelle, Seesaibling, Äsche, Lachs und Edelkrebs. Der Lachs und der Edelkrebs sind anscheinend ausgestorben. Die Äsche, der Strömer und die Elritze sind eher in Fließgewässern heimisch, wurden aber im Bielersee schon nachgewiesen, wenn auch eher selten. Die Nase wird nur noch sehr selten im See beobachtet. Die letzte Fundmeldung war der Fang eines Berufsfischers im Jahr 2017, sowie im Frühling 2018 in der Fischzählkammer des Umgehungsgerinnes des Wasserkraftwerks Hagneck (mündli. Mitteilung M. Breitenstein). Beim Steinbeisser ist nicht ganz klar, ob die nördliche Art *Cobitis taenia* überhaupt mal im See vorkam oder ob es sich um Fehlbestimmungen handelte. Der Aal und die Seeforelle werden heute noch von den Fischern gefangen; die Seeforelle laicht regelmässig in der Schüss. Beide Arten sind aber nicht häufig.

Es kommen heute also drei Felchenarten im Bielersee vor, wobei eine anscheinend aus dem Thunersee zugewandert ist [15]. Beim Brienzlig handelt es sich somit nicht um den früher im See erwähnten Pfarrit/Bräter [16, 17]. In Kenntnis der Diversität bei den Felchenarten kann demzufolge die effektive Anzahl gefangener Arten von 26 auf 27 erhöht werden, und infolgedessen die Anzahl bekannter Arten im See von 42 auf 44.



Abbildung 4-9. Brienzig (*Coregonus albellus*) gefangen im Bielersee und in 43 m Tiefe. Der Fisch war laichreif, wies Laichauschlag auf, war kleinwüchsig (Länge dieses Individuums: 21.2cm) und charakterisiert durch einen kleinen Kopf und grossen Augen.

4.3.7 Weitere erwähnenswerte Fänge

Wie schon im Murtensee [18] und im Neuenburgersee [19] wurden auch im Bielersee sowohl die Rotfeder als auch die Scardola (südliche Rotfeder, auch Schwarzfeder genannt) und deren Hybriden gefangen (Abbildung 4-10).

Weiter konnte sowohl die Brachse (*Abramis brama*) als auch die Blicke (*Blicca bjoerkna*) im Bielersee nachgewiesen werden (Abbildung 4-11).

Bei den im Bielersee gefangenen Steinbeisern handelt es sich wie schon im Murtensee, ausschliesslich

um die südliche Art *Cobitis billineata* (Abbildung 4-12).

Schliesslich wurde bei den Flussbarschen, nebst einem starken Parasitenbefall (wurde in dem Ausmass nur im Neuenburgersee beobachtet) wie auch in anderen Seen eine recht hohe Variabilität der Flossenfärbung beobachtet. Die meisten Individuen waren aber orange und damit intermediär.



Abbildung 4-10. Links: Im Bielersee gefangene Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) und rechts: Schwarzfeder (*Scardinius heperi-dicus*). Es wurden auch zahlreiche Fische der Gattung *Scardinius* gefangen, die nicht klar der einen oder anderen Art zugewiesen werden konnten.



Abbildung 4-11. Oben: Brachse (*Abramis brama*, kleines Auge im Vergleich zur Kopfgrösse). Unten: Blicke (*Blicca bjoerkna*, grosses Auge im Vergleich zur Kopfgrösse).



Abbildung 4-12. Links: im Bielersee gefangener Steinbeisser. Dieser weist 2 schwarze Punkte vor der Schwanzflosse auf, was typisch für den südlichen Steinbeisser (*Cobitis bilineata*) ist. Der im Bielersee beschriebene Steinbeisser sollte nur einen Punkt aufweisen (*Cobitis taenia*). Rechts: Variation bei der Flossenfärbung der Flussbarsche.

4.3.8 Konfidenzintervalle benthische Netze

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

Resultate wurden anschliessend benutzt, um die Konfidenzintervalle für jede Art zu schätzen.

Die Resultate (Tabelle 4-4) zeigen, dass die Streuung für die meisten Arten im Bereich von ca. 50 % liegt. Somit kann eine zukünftige Zunahme oder eine

Abnahme der Fänge einer häufigen 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 Konfidenzgrenze (5%) und die obere Konfidenzgrenze (95%).

Fischart			Konfidenz CEN Befischungen (benthische Netze)				
Familie	Art	Deutsch	Minimum	0.05	Mittelwert	0.95	Maximum
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	671	809	997.40	1205	1541
Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	Rotaugen	195	247	312.61	381	468
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>	Zander	6	12	25.30	40	52
Coregonidae	<i>Coregonus sp.</i>	Felchen, Art unbest.	8	14	22.93	32	39
Cyprinidae	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	0	3	21.10	50	90
Cyprinidae	<i>Scardinius sp</i>	Rotfeder	3	8	17.87	30	44
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	Brachse	6	10	16.06	23	30
Cyprinidae	<i>Tinca tinca</i>	Schleie	4	8	13.02	19	27
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Hecht	2	5	9.11	14	19
Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	0	0	9.03	21	39
Cyprinidae	<i>Squalius cephalus</i>	Alet	3	5	9.01	13	17
Cyprinidae	<i>Gobio gobio</i>	Gründling	0	0	5.02	13	24
Cambaridae	<i>Orconectes limosus</i>	Kamberskrebis	0	1	4.05	7	12
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Groppe	0	0	4.03	8	14
Cyprinidae	<i>Blicca bjoerkna</i>	Blicke	0	0	3.06	7	12
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Wels	0	1	3.00	6	9
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Stichling	0	0	1.02	3	5
Cyprinidae	<i>Barbus barbus</i>	Barbe	0	0	1.00	3	6
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Cobite	0	0	0.98	3	5
Total			898	1123	1476	1878	2453

4.3.9 Habitatnutzung

4.3.9.1 Habitattypen

Gewisse Fischarten bevorzugen die pelagischen, andere eher die benthischen oder profundalen Habitate in einem See (Abbildung 4-13). Im Fall des Bielersees ist – wie in allen bisher untersuchten Seen – die grösste Artenvielfalt im Litoral und an der Halde zu finden. In Ufernähe dominieren Arten wie Rotaugen, Alet, Wels, Schleie und Flussbarsch. An der Halde wurden insbesondere Flussbarsche, Rotaugen, Felchen, Brachsen und Welse gefangen. Das Pelagial war klar die Domäne der Felchen und

der Flussbarsche. Gefangen wurden aber auch Stichlinge und Lauben. Das Profundal schliesslich wird von Felchen, Flussbarschen, Trübschen und Gropfen bewohnt.

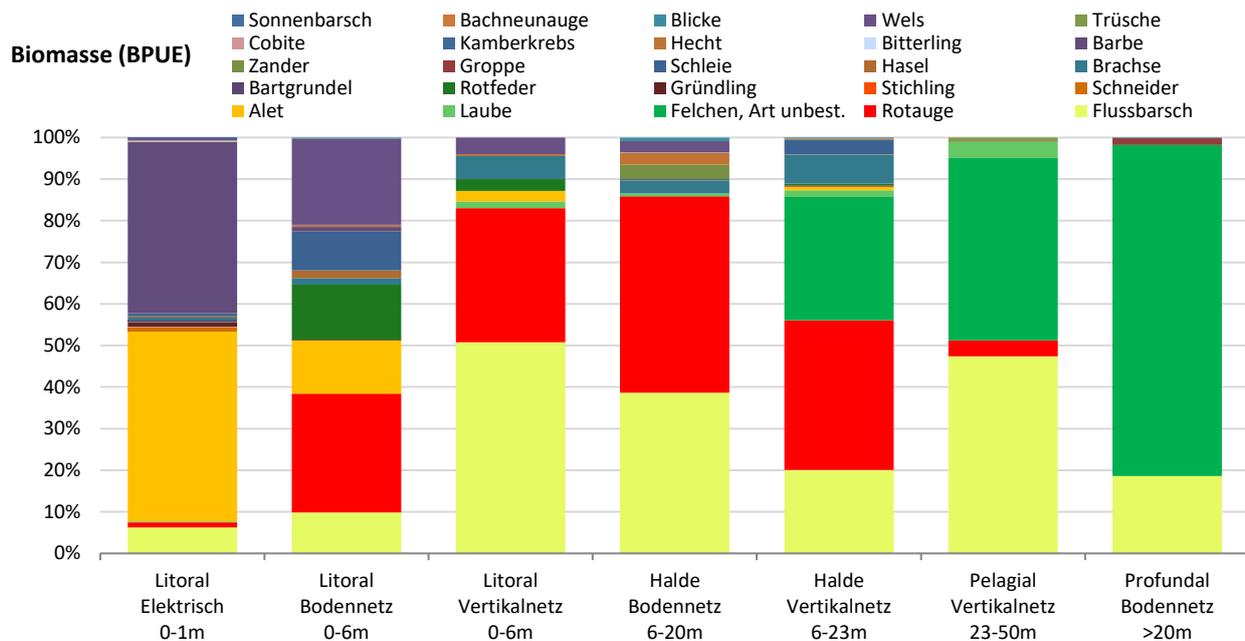


Abbildung 4-13. Anteil der verschiedenen Arten im Fang (Biomasse) aufgetrennt nach Habitat (Litoral, Halde, Pelagial, Profundal) und Methode (Elektrisch, Bodennetz, Vertikalnetz).

4.3.9.2 Tiefenverteilung

Die höchste Fischdichte in benthischen Netzen für alle Fischarten wurden in Tiefen zwischen 3 und 20 m beobachtet (Abbildung 4-14). Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche, Rotaugen und Felchen zurückzuführen. Die Netze, die zwischen 50 und 75 m gesetzt wurden, blieben leer.

In den Vertikalnetzen wurden bis 67 m Tiefe Fische gefangen. Die höchsten Dichten wurden dabei zwischen 6 und 24 m beobachtet. Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche und Felchen zurückzuführen. Unterhalb von 43 m wurden nur Trüschen gefangen.

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

- Felchen besiedeln den See zu diesem Zeitpunkt bis in eine Tiefe von ca. 43 m.
 - Flussbarsche befinden sich im Frühherbst bevorzugt zwischen 3 und 20 m Tiefe.
 - Hechte wurden von 0-20 m Tiefe gefangen.
 - Stichlinge wurden zwischen 2 und 23 m gefangen.
 - Welse wurden zwischen 1 und 20 m Tiefe gefangen.
- Es wurden keine Gropfen unterhalb von 35 m gefangen.
 - Trüschen besiedeln den See bis fast zur maximalen Tiefe.
 - Alet, Hasel, Barbe, und Rotfeder wurden nur sehr oberflächennah gefangen.

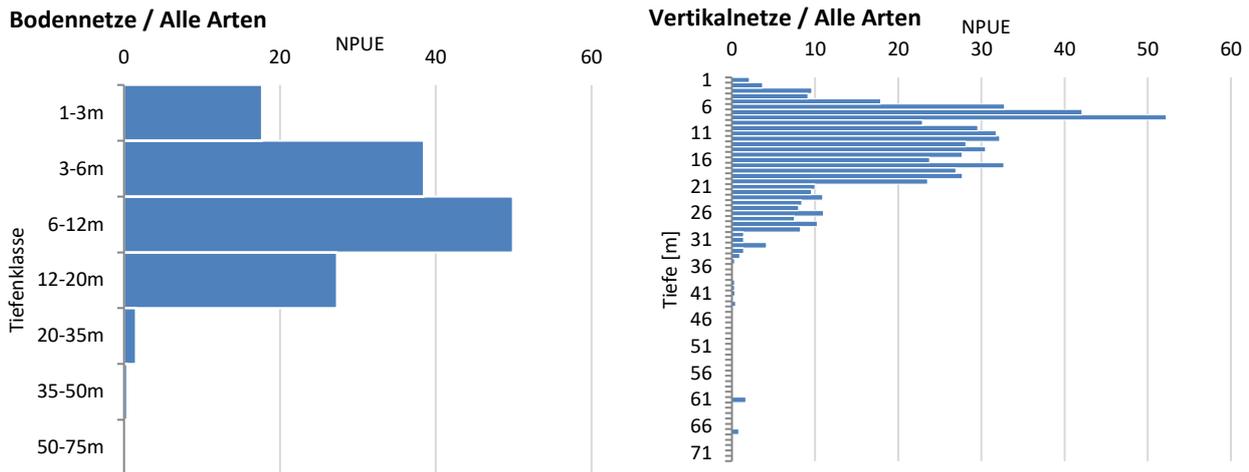


Abbildung 4-14. Die Anzahl (NPUE) der gefangenen Fische dargestellt für verschiedene Tiefen. Links: für Bodennetze in Tiefenklassen. Rechts: für pelagische Vertikalnetze.

4.3.10 Geografische Verteilung der Fänge

Bei der geografischen Verteilung konnten im Gegensatz zu anderen Seen nur leicht ausgeprägte Muster erkannt werden (Abbildung 4-15):

- Die Felchen meiden das Ufer und werden hauptsächlich in uferfernen Grundnetzen und im Pelagial gefangen.
- Flussbarsche werden im Bielersee sowohl im Pelagial (hohe Dichte an kleinen Flussbarschen) als auch am Ufer gefangen. Diese Verteilung ist typisch für mesotrophe Seen (z.B. auch beobachtet im Genfersee und Neuenburgersee).
- Stichlinge wurden hauptsächlich im südwestlichen Teil des Sees (um die St. Petersinsel) gefangen.
- Welse wurden bei Biel, bei der St. Petersinsel und bei der Mündung des Zihlkanals gefangen.
- Zander wurden bei Biel, bei der Mündung der Aare, der Mündung des Zihlkanals und bei der St. Petersinsel gefangen.

Die Fangplätze der Zander und der Welse stimmen gut mit bekannten Angelfischerplätzen für diese Fischarten überein.

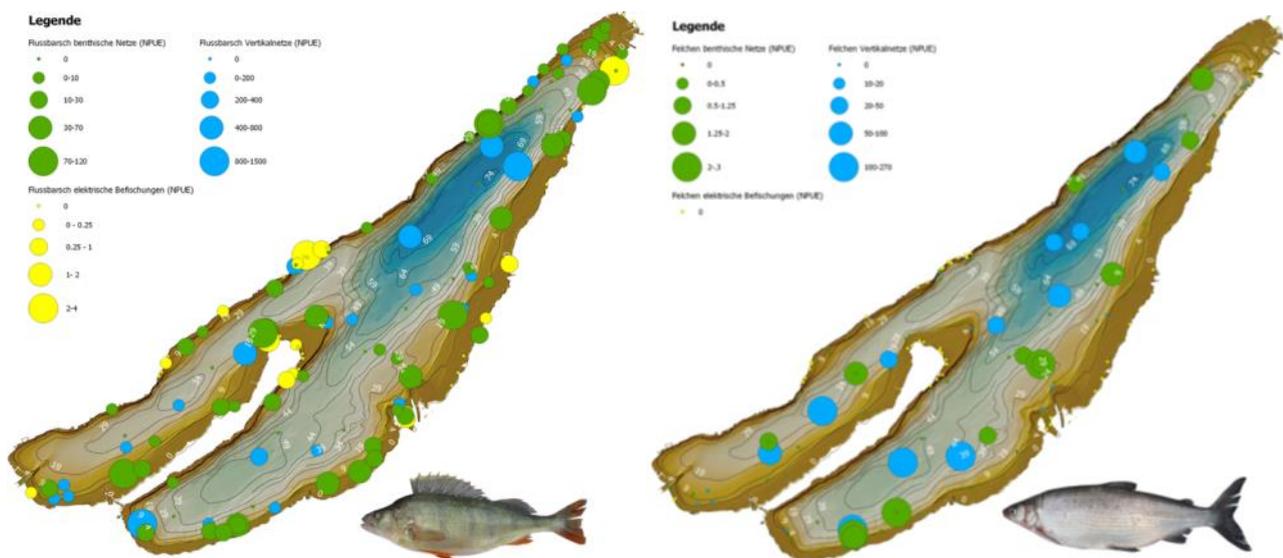


Abbildung 4-15. Geografische Verteilung der Flussbarsch- und Felchenfänge im Bielersee (alle Protokolle). Die Karten für weitere ausgewählte Arten befinden sich im Anhang.

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

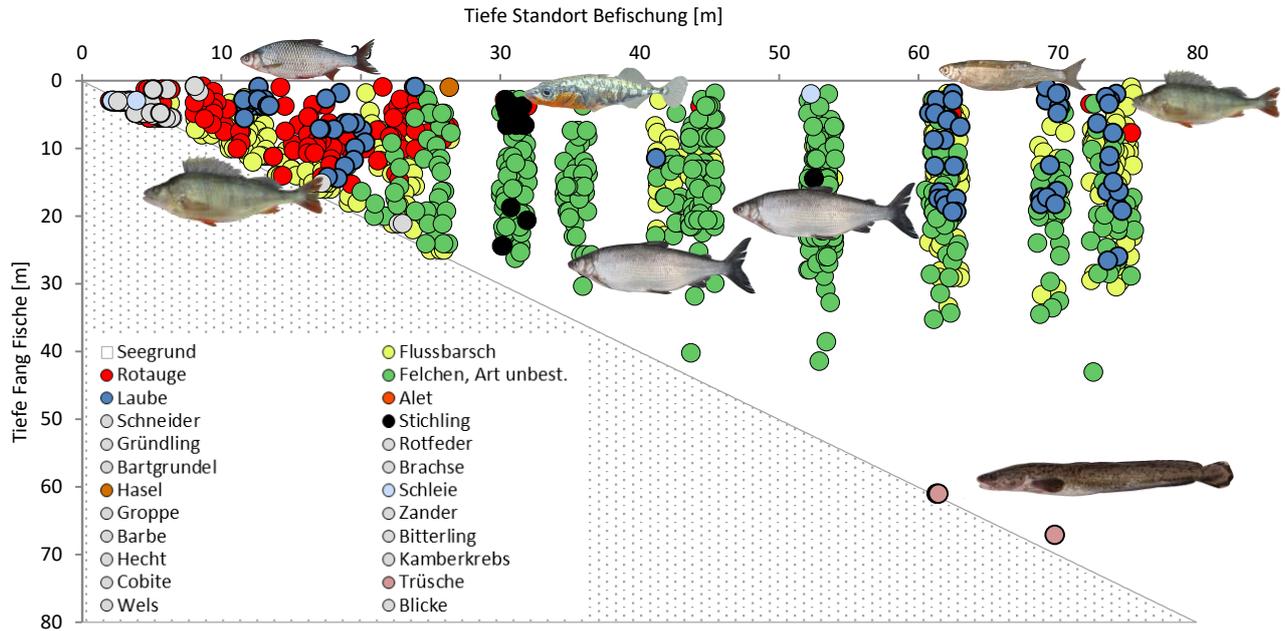


Abbildung 4-16. Dargestellt sind die mit Vertikalnetzen gefangenen Fische (Punkte) also Kombinationen zwischen Fangtiefe (Y-Achse) und geografischer Verteilung (Tiefe, in der ein Netz gesetzt wurde, X-Achse).

4.3.10.1 Uferhabitate

Die Resultate der elektrischen Befischung zeigen eine heterogene Verteilung der Fische in den verschiedenen Uferhabitaten (Abbildung 4-17). Auffällig ist die hohe Dichte und/oder Artenvielfalt bei

Zuflüssen, Totholz, Blöcken, Steinen und Wasserpflanzen. Wenige Fische werden an hart verbauten Ufern, auf Feinsediment, Sand, im Schilf und auf Kies gefangen.

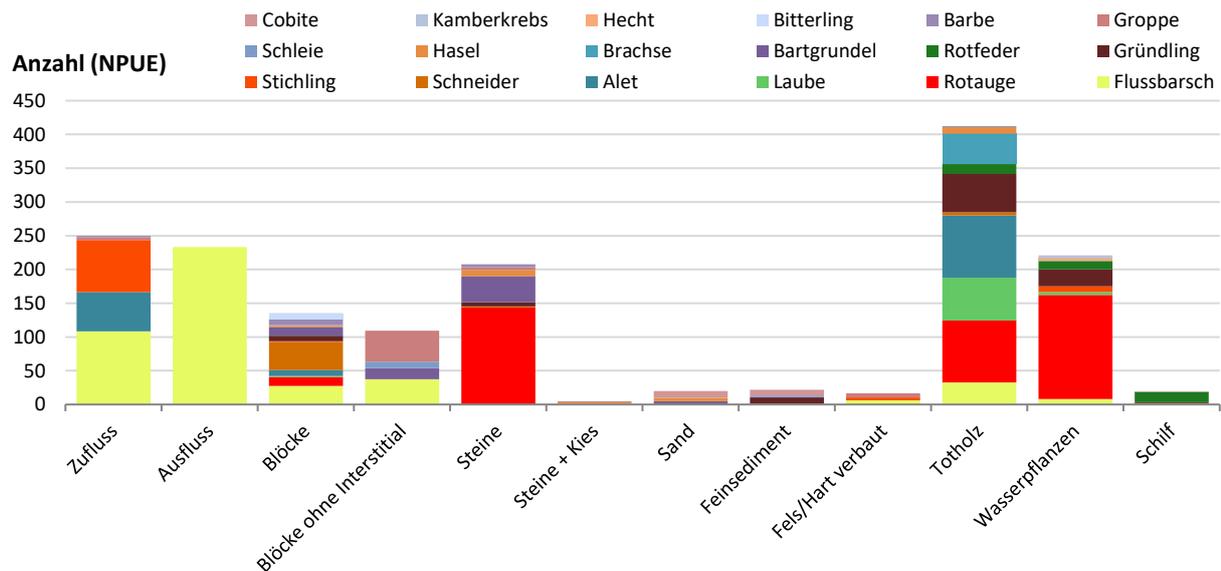


Abbildung 4-17. Anzahl Fische, korrigiert für die befischte Fläche, die mittels Elektrofischerei in den verschiedenen Habitaten gefangen wurden.

Am meisten positive Assoziation (Tabelle 4-5) zeigen die Habitate Totholz, Blöcke und Wasserpflanzen. Dieses Resultat zeigt, wie wichtig strukturierte Habitate als Versteckmöglichkeit für Fische auch in Seen 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. Bachneunauge, Bitterling, Schmerle).

Tabelle 4-5. Tabelle mit berechneten positiven und negativen Assoziationen⁵ zwischen Fischen und Habitaten. Je positiver ein Wert ist, desto häufiger wird eine Fischart in einem Habitat gefangen als dies durch Zufall zu erwarten wäre. Desto näher der Wert bei -1 ist, desto stärker meidet ein Fisch ein gewisses Habitat. Zwei Habitate mit N = 1 wurden nicht dargestellt.

Fischart	Zufluss	Ausfluss	Blöcke	Blöcke ohne Interstitial	Steine	Steine + Kies	Sand	Feinsediment	Fels/hart verbaut	Totholz	Wasserpflanzen	Schilf
	N=3	N=1	N=14	N=2	N=3	N=3	N=2	N=4	N=2	N=5	N=2	N=12
Flussbarsch	1.9	5.1	-0.3	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.1	-0.8	-1.0
Rotauge	-1.0	-1.0	-0.6	-1.0	3.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.7	3.6	-1.0
Laube	-1.0	-1.0	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	9.8	-0.3	-0.8
Alet	3.4	-1.0	-0.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	5.9	-1.0	-1.0
Schneider	-1.0	-1.0	9.4	-1.0	-0.7	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.2	-1.0	-1.0
Stichling	9.1	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9	-0.5	-1.0	0.1	-1.0
Gründling	-1.0	-1.0	-0.1	-1.0	-0.3	-1.0	-1.0	0.1	-1.0	5.4	1.8	-0.8
Rotfeder	-1.0	-1.0	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	3.1	2.5	3.3
Bartgrundel	-1.0	-1.0	0.9	1.7	5.3	-1.0	-0.2	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9
Brachse	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	11.0	-1.0	-1.0
Hasel	-1.0	-1.0	-0.2	-1.0	2.8	0.0	1.1	-1.0	-1.0	3.3	-1.0	-1.0
Schleie	-1.0	-1.0	0.1	7.1	-1.0	-1.0	-1.0	0.8	-1.0	0.1	-1.0	-1.0
Groppe	-0.2	-1.0	-0.8	7.8	-0.2	-0.8	-1.0	-1.0	0.2	-1.0	-1.0	-1.0
Barbe	0.7	-1.0	5.8	-1.0	2.4	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Bitterling	-1.0	-1.0	11.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Hecht	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	11.0	-1.0
Kammerkrebs	-1.0	-1.0	-0.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	10.1	-1.0
Cobite	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	5.4	4.4	-1.0	-1.0	-1.0	-0.8
Trüsche	-1.0	-1.0	0.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	9.7	-1.0	-1.0	-1.0
Wels	-1.0	-1.0	11.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Bachneunauge	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	11.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Sonnenbarsch	-1.0	-1.0	11.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Mittelwert	-0.1	-0.7	1.9	-0.1	-0.1	-0.9	-0.6	-0.1	-0.4	1.3	0.6	-0.8

⁵ Unter einer Assoziation wird hier die Beobachtung verstanden, dass in gewissen Habitaten mehr oder weniger Individuen einer Art gefangen werden als dies bei einer zufälligen Verteilung in den verschiedenen Habitaten der Fall wäre. Dabei bedeutet ein positiver Wert, dass eine Art häufiger vorkommt als dies durch Zufall erwartet würde. Ein negativer Wert bedeutet, dass eine Art seltener anzutreffen ist als dies durch Zufall erwartet würde.

4.4 Fischereiliche Aspekte

4.4.1 Längenselektivität der Maschenweiten

Die Längenselektivität der Netze ist abhängig von der Fischart [20, 21]. Bei den Felchen und den Flussbarschen sind die Maschenweiten eher grössenselektiv als beispielsweise bei Seeforellen und Seesaiblingen. Anhand der standardisierten Fänge

kann für jede Fischart und für jede Maschenweite die Verteilung und somit die Selektivität bestimmt werden. Welche Fischlängen durch die erlaubten Maschenweiten gefangen werden, ist dem Anhang (Kapitel 8.3) zu entnehmen.

4.4.2 Längenverteilung

Die Längenverteilungen (Abbildung 4-18) belegen für die am häufigsten gefangenen Arten ein gutes Jungfischaufkommen. Die Rekrutierung an Jungfischen scheint im Bielersee zu funktionieren. Bei den Flussbarschen fällt nebst der extrem starken 0+-Kohorte, die geringe Anzahl grösserer Fische auf (> 300 mm). Dies im Gegensatz zu anderen Seen wie z.B. dem Sarnersee oder dem Lac de Chalain, in

denen grössere Flussbarsche deutlich häufiger in den Fängen vertreten sind. Bei den Rotaugen ist dieses Fehlen von grösseren Fischen nicht feststellbar. Bei den Felchen war der 0+-Jahrgang (100-160 mm) in den Fängen sehr gut ausgeprägt. Auch bei den Felchen scheinen grössere Fische (> 300 mm) selten zu sein.

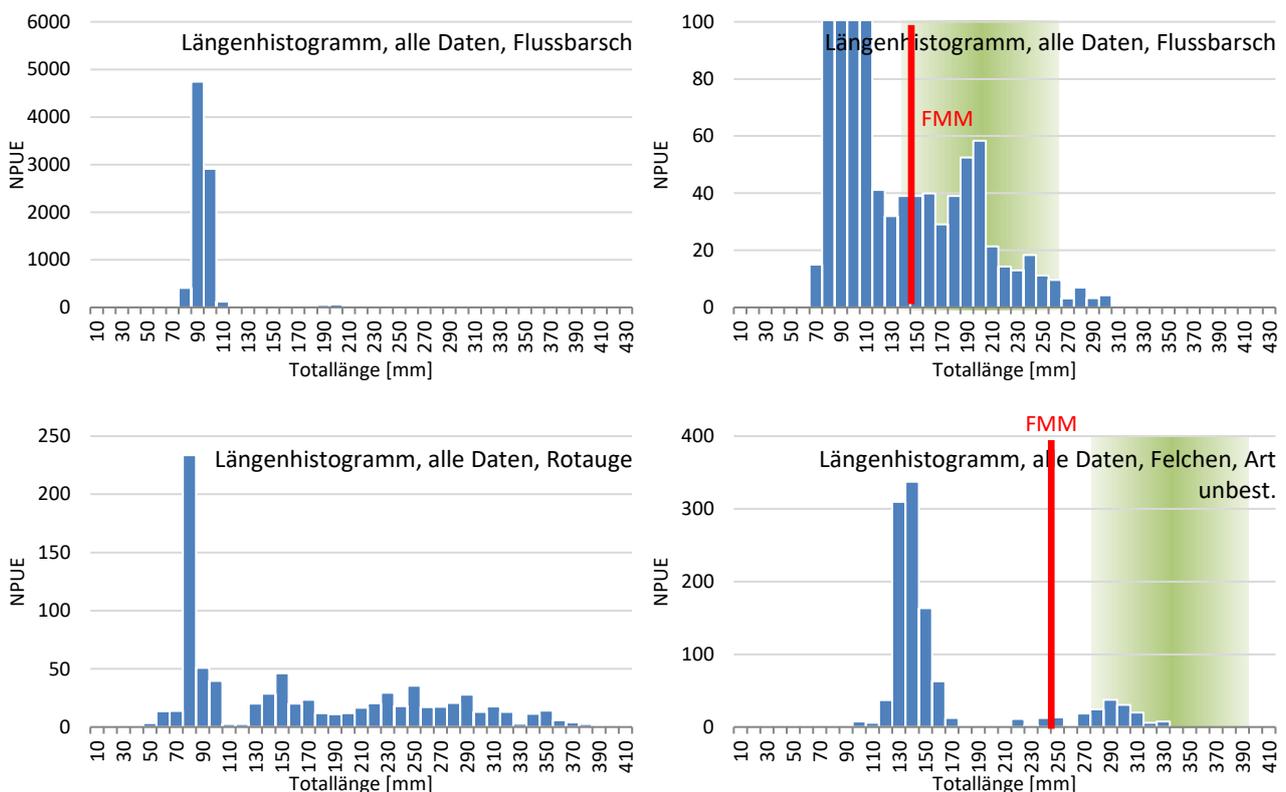


Abbildung 4-18. Längenverteilung der Flussbarsche, Rotaugen und Felchen im Bielersee. Die rote, vertikale Linie entspricht dem Fangmindestmass für Angelfischer (FMM). Die grüne Hintergrunfarbe entspricht der Längenselektivität der minimal erlaubten Maschenweite für Berufsfischernetze. Je dunkler das Grün, desto effizienter wird ein Fisch dieser Länge gefangen. Bei der Grafik oben rechts wurde die Skala der Y-Achse auf 100 Individuen begrenzt, damit die Längenverteilung > 110 mm auch für Flussbarsche ersichtlich wird.

Die Fangmindestmasse der Angelfischer sind im Vergleich mit der Längenselektivität der zugelassenen Maschenweite für die Netze der Berufsfischer eher im unteren Bereich angesiedelt. Bei den Fluss-

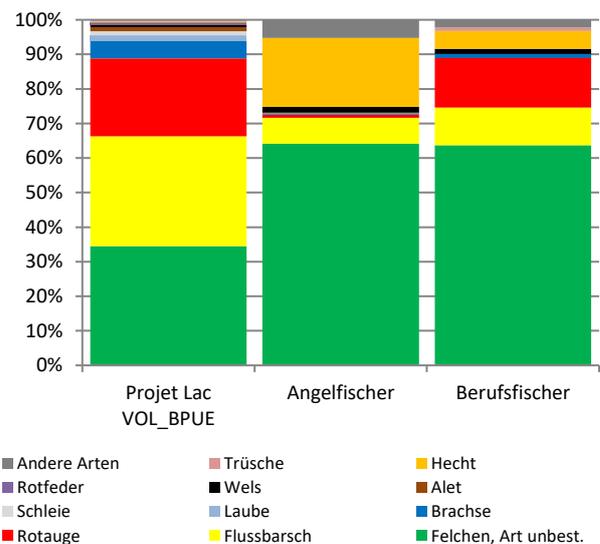
barschen fischen die Berufsfischer im Längenbereich von 150 bis 260 mm am effizientesten. Bei den Felchen im Bereich von 280 bis 390 mm.

4.4.3 Vergleich mit Fangstatistik

Die Berufsfischerfänge (Abbildung 4-20) sind seit 1989 um ca. 50% zurückgegangen. Seit 2012 liegen die Fänge bei ca. 100 Tonnen pro Jahr. Von 2000 bis 2010 lagen die Fänge bei durchschnittlich ca. 150 Tonnen pro Jahr. Demgegenüber haben die Anglerfänge von 1989 bis heute deutlich zugenommen. Die Fangmengen veränderten sich von ca. 30 Tonnen von 1989 bis 1996 auf heute ca. 50 Tonnen.

wichtig standardisierte und nicht gezielte Abfischungen sind, um eine vergleichbare Einschätzung (zwischen verschiedenen Seen und innerhalb eines Sees über die Zeit) der Fischartenzusammensetzung zu erhalten.

Der Vergleich der relativen Häufigkeiten der Fischarten in den Angelfischerfängen und den Berufsfischerfängen mit den „Projet Lac“-Daten zeigt eine Überschätzung der Abundanz der Felchen und Hechte (insb. bei den Angelfischerfängen) (Abbildung 4-19). Nicht befischte Arten wie z.B. das Rotauge sind untervertreten.



Insgesamt weichen die relativen Häufigkeitsschätzungen der verschiedenen Fischarten der „Projet Lac“-Fänge mässig stark von der Fischfangstatistik ab. Dabei sind besonders die häufig gefangenen Arten der Fischfangstatistik und der „Projet Lac“-Fänge relevant. Diese Resultate bestätigen, wie

Abbildung 4-19. Anteil der verschiedenen Fischarten im Fang der Angelfischerfänge (Mittelwert von 2011-2016), der Berufsfischerfänge (Mittelwert von 2002 – 2006) und vom „Projet Lac“ (volumenkorrigierte Biomasse).

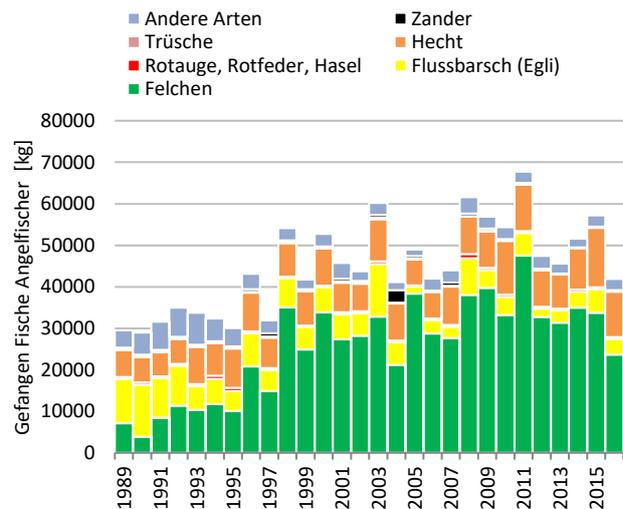
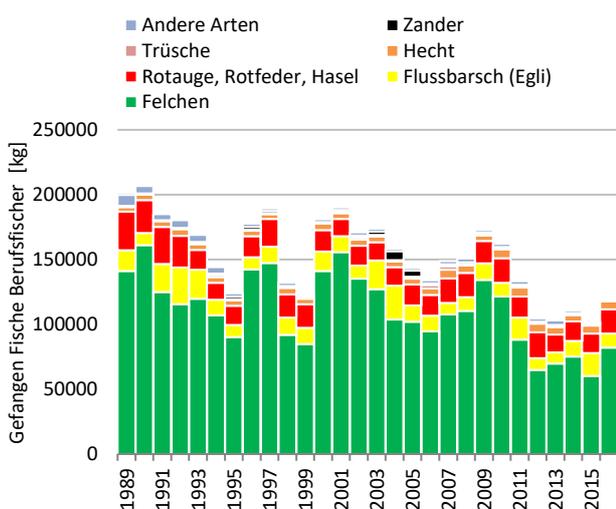


Abbildung 4-20. Entwicklung der Berufs- (links) und Angelfischerfänge (rechts) im Bielsee von 1989 bis 2016.

4.5 Vergleiche mit anderen Seen

4.5.1 Fischbestand nach „Projet Lac“

Im Vergleich mit anderen Seen und aufgrund der für die Netzfläche und die Verfügbarkeit der Habitate korrigierten Fänge [11] entspricht der Bielersee heute einem Übergangstyp zwischen einem Flussbarschsee und einem Felchensee (Abbildung 4-21), wobei die Flussbarsche eher dominant sind.

tensee sind Felchen und Flussbarsche weniger häufig, dafür die Rotaugen - auch im Pelagial - umso häufiger. Im Thunersee und Brienersee wurden kaum Flussbarsche im Pelagial gefangen, stattdessen dominieren dort die Felchen den Fischbestand (Abbildung 4-22).

Dies ist insbesondere auf die hohe Anzahl Flussbarsche zurückzuführen, die im Pelagial gefangen wurden. Dadurch fallen die Flussbarsche im Bielersee im Vergleich zu typischen Felchen-dominierten Seen wie dem Thunersee oder Walensee etwas mehr ins Gewicht.

Der Fischbestand im Bielersee von 2017 ist dem des Neuenburgersees von 2012 sehr ähnlich. Im Mur-

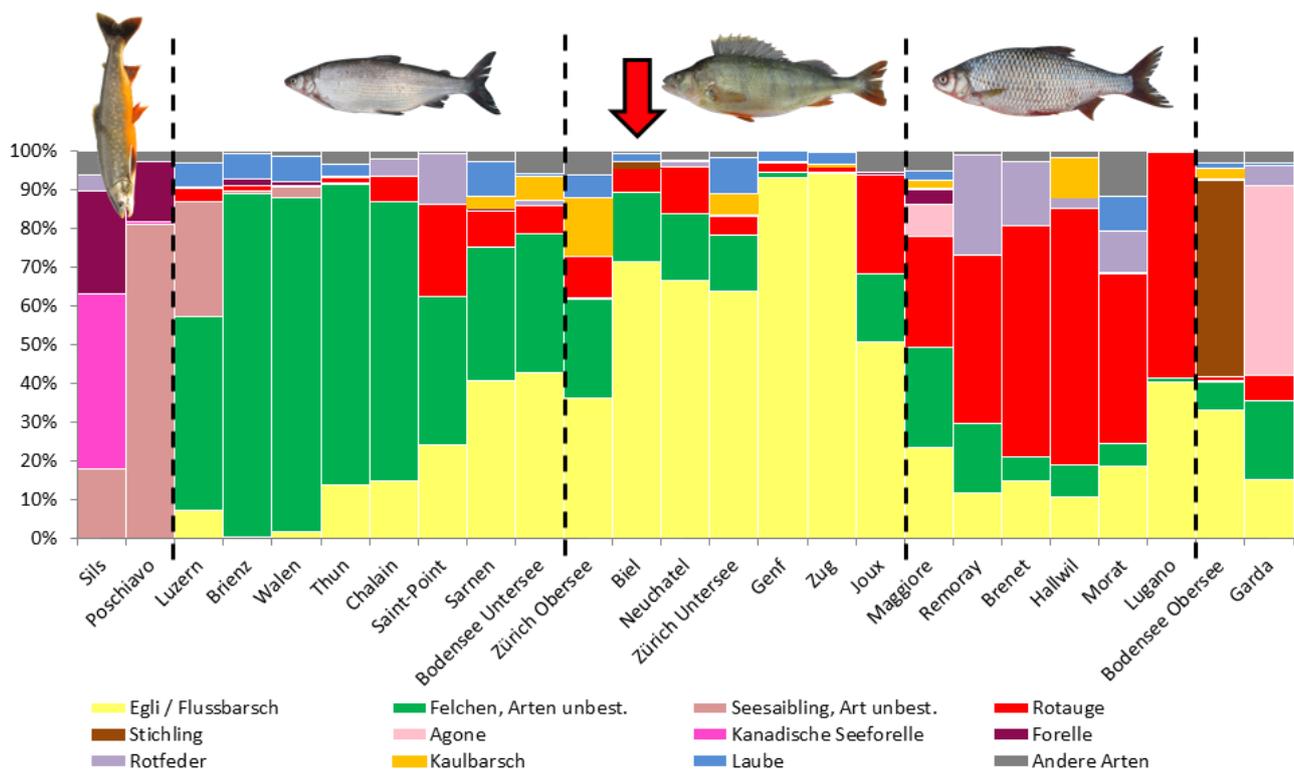


Abbildung 4-21. Vergleich der für den Aufwand und für die Fläche korrigierten Fänge (Anzahl Fische), die in den verschiedenen Seen in Vertikalnetzen gefangen wurden. Die Daten sind volumenkoriert [11], um zwischen den Seen besser vergleichen zu können.

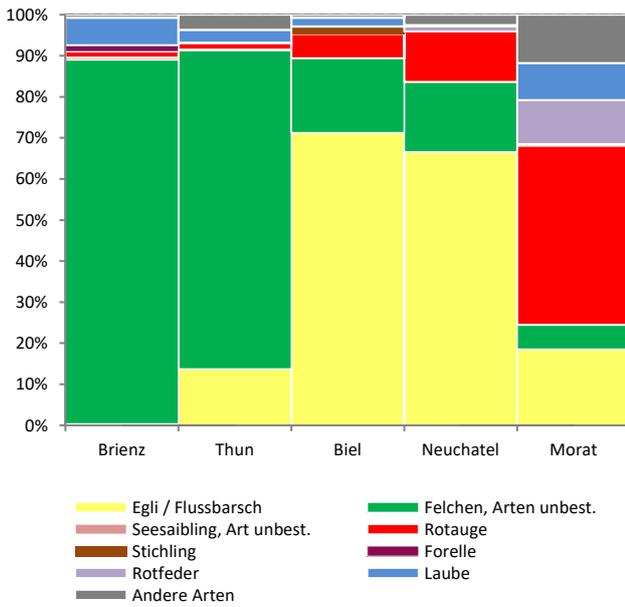


Abbildung 4-22 Auszug aus Abbildung 4-21: Vergleich der drei grossen Berner Seen, und Gegenüberstellung mit dem Neuenburger- und dem Murtensee aus der Drei-Seen-Region.

4.5.2 Angel- und Berufsfischerfänge

Die Fänge der Berufsfischer, die im Mittel zwischen 2012 und 2016 gefangen wurden, fallen im Bielersee (korrigiert für die Seefläche, also kein CPUE) im Vergleich mit anderen Seen beachtlich aus (Abbildung 4-23). Einzig im Sempachersee fangen Berufsfischer pro Seefläche noch mehr. Auch bei den Angelfischern ist der Hektarertrag im schweizweiten Vergleich sehr hoch. Der Bielersee war in den letzten 5 Jahren diesbezüglich gar Spitzenreiter.

Zweifelsohne ist der Bielersee heute aus fischereilicher Sicht ein attraktiver See. Diese hohen Fangzahlen legen aber auch nahe, dass der Befischungsdruk vergleichsweise hoch ist.

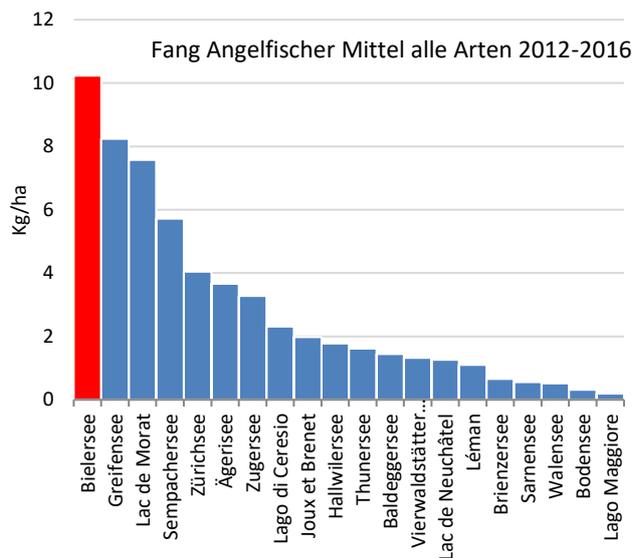
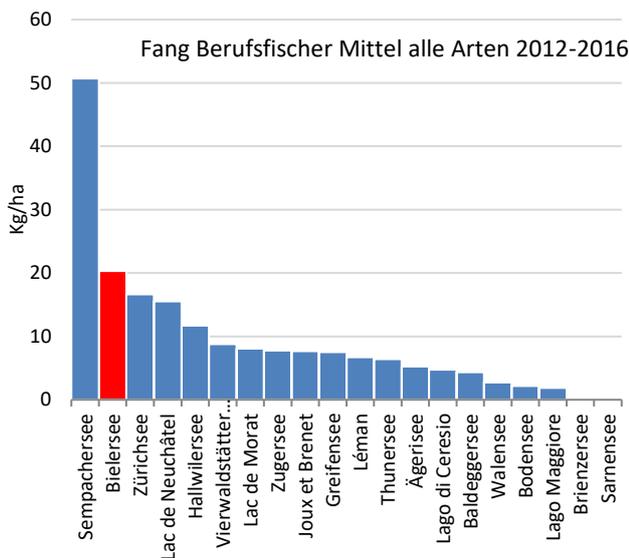


Abbildung 4-23. Mittelwert der Berufsfischerfänge von 2012-2016 in verschiedenen Schweizer Seen (Daten BAFU), korrigiert für die Seefläche aber nicht für den Fischereiaufwand.

5 Synthese

5.1 Ökologische Bewertung des Bielersees

5.1.1 Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers

Der Bielersee ist heute ein mässig tiefer, mesotropher und oberflächenwarmer See. Natürlicherweise wäre der Bielersee oligotroph.

Die anthropogene Nährstoffbelastung des letzten Jahrhunderts war sehr ausgeprägt. In den 1970er Jahren erreichten die Phosphor-Konzentrationen Maximalwerten von rund 130 µg/L. Nicht überraschend wird daher heute noch im Herbst, während der Schichtungsphase des Sees, in der Tiefe ein Sauerstoffmangel beobachtet. Die Zersetzung von organischem Material führt also nach wie vor zu einer Sauerstoffzehrung, die saisonal zu einem

Sauerstoffdefizit in der Tiefe führt. Während der Winterzirkulation werden alle Tiefen wieder ausreichend mit sauerstoffreichem Wasser versorgt. In den letzten Jahren hat sich die Nährstoffbelastung im See deutlich reduziert.

Der limnologische Zustand kann als mesotroph (mässig produktiv) eingestuft werden. Während der Schichtungsphase tritt in der Tiefe jährlich ein Sauerstoffdefizit auf, das ein natürliches Aufkommen von tiefenangepassten Fischarten beeinträchtigt.

5.1.2 Uferhabitate

Die im Kanton Bern bereits durchgeführte Untersuchung der Ökomorphologie der Seeufer zeigt eine starke Beeinträchtigung der Ufermorphologie. So werden 55% des Ufers des Bielersees als naturfremd oder künstlich eingestuft. Besonders betroffen sind die steileren Ufer des Sees. Es handelt sich grösstenteils um Mauern und Blockwürfe, die oft mit Hafenanlagen, Verkehrsinfrastrukturanlagen und Siedlungen am Seeufer in Zusammenhang stehen.

Flachufer prioritär behandelt werden. Totholz oder umgefallene Bäume sind Strukturelemente mit attraktiver Wirkung für Fische und sollten im See belassen werden.

Insgesamt ist das Seeufer stark verbaut und vielerorts naturfremd. Die Vernetzung der Uferhabitate ist ungenügend. Das ökologische Potenzial von Uferrenaturierungen ist für viele Fischarten sehr hoch.

Die längsten zusammenhängenden naturnahen Ufer liegen um die St. Petersinsel und im Bereich der Mündung der Aare (Abbildung 5-1).

Die Abfischungen zeigen, wie wichtig strukturierte und vielfältige Ufer für Fische in verschiedenen Altersstadien sind. Im Rahmen der Revitalisierungsplanung der Seeufer sollte daher darauf geachtet werden, dass besonders wertvolle Lebensräume wie Zu- und Abflüsse von Fließgewässern, sowie



Abbildung 5-1. Links: Google Earth Luftaufnahme des naturnahen Uferabschnitts entlang der St. Petersinsel. Rechts: Aufnahme der Mündung der Aare (Aare-Hagneck-Kanal) in den Bielersee.

5.1.3 Artenvielfalt und „Projet Lac“-Fänge

Im Rahmen dieses Projektes wurden im Bielersee 26 Fisch- und Krebsarten gefangen (Felchen und Seesaiblinge jeweils Artengruppe als eine Art eingerechnet). 20 der 25 gefangenen Fischarten sind im Bielersee aufgrund von Literaturangaben standortgerecht und 23 laut VBGF einheimisch. Fünf Fischarten (Zander, Sonnenbarsch, Schwarzfeder, Cobite, Stichling) gelten als standortfremd. Zu den meisten vorkommenden standortgerechten Fischarten des Bielersees, die jedoch im Rahmen des „Projet Lac“ nicht gefangen werden konnten, liegen rezente Beobachtungen vor (z.B. Nase, Karpfen, Seeforelle, Elritze). Gewisse Arten wie der ehemals vorkommende Pfärrit, mindestens eine Seesaiblingsart und der Edelkrebs gelten als ausgestorben.

Die standardisierten Fänge im Bielersee wurden durch Flussbarsch, Felchen und Rotaugen dominiert. Flussbarsche sind dominant, weil eine grosse Anzahl kleiner Individuen auch im Pelagial gefangen wurde. Die Felchen wurden hauptsächlich im Pelagial und im Profundal gefangen. Die Rotaugen vorwiegend im Litoral. Aufgrund dieser Dominanzverhältnisse kann der Bielersee als Übergangstyp zwischen einem Felchensee und einem Flussbarschsee eingestuft werden.

Während der Befischungsperiode im September 2017 waren in Tiefen unter 40 m nur wenige Fische (Individuen und Fischarten) vertreten. Die Groppe als Fischart, die in Seen typischerweise bis in sehr grossen Tiefen vorkommt, wurde unterhalb von ca. 40 m nicht gefangen. Auch Felchen oder Seesaiblinge, die in anderen Seen bis in sehr grosse Tiefen vorkommen, waren in den Netzen unter 40 m nicht vertreten. Nur die Trüsche wurde bis fast zur maximalen Tiefe festgestellt (68 m). Die Befischungsergebnisse von Projet Lac lassen im Herbst 2017 eine reduzierte Habitatverfügbarkeit für die Fische in den Tiefen des Sees vermuten. Ein Zusammenhang mit dem Sauerstoffdefizit in der Tiefe, welches jeweils mit fortschreitender Schichtungsphase des Sees im Herbst auftritt, scheint wahrscheinlich.

Hohe Fischdichten und Artenvielfalt zeigten sich in den Uferpartien v.a. bei Zuflüssen, Totholzstrukturen, Steinen und Wasserpflanzen.

Der Anteil an standortfremden Arten im Fischbestand ist gering (ca. 2%) und im Vergleich zu anderen Seen unterdurchschnittlich. Auffallend war das Auftreten von Stichlingen im Pelagial. Dies wurde ausser im Bodensee bisher noch in keinem anderen See beobachtet.

Insgesamt kann der Fischbestand im Bielersee als in einem recht guten Zustand bezeichnet werden. Die Fischfauna ist arten- und individuenreich. Die Artenzusammensetzung entspricht über weite Strecken dem historischen Artenspektrum: Nur wenige Arten sind verschwunden und nur wenige neue standortfremde Fischarten kamen seither dazu. Im gesamtschweizerischen Vergleich sind der Bielersee und der benachbarte Neuenburgersee ähnlich.

5.2 Fischereiliche Nutzung

In den letzten drei Jahrzehnten sind die Erträge der Berufsfischer um bis zu 50% zurückgegangen. Im gleichen Zeitraum haben die Anglerfänge teilweise um über 100% zugenommen. Es ist anhand dieser Daten schwierig einzuschätzen, wie sich der Fischbestand verändert hat. Dies weil sich auch der Befischungsdruk verändert hat, insbesondere bei den Angelfischern ist das „Hegene-Fischen“ auf Felchen erst im Verlauf der 90er Jahre richtig aufgekommen.

Im Vergleich mit anderen Seen, ist der Bielersee ein für Fischer ertragreicher See. Er weist einen guten Felchen- und Flussbarschbestand auf. Aber auch andere attraktive Arten kommen im See vor, wie

Als Defizit bei der Befischung im Herbst 2017 ist das Fehlen von Fischen in Tiefen unter 40 m zu nennen. Dies dürfte in Zusammenhang mit reduzierten Sauerstoffbedingungen in der Tiefe während der Schichtungsphase des Sees im Spätsommer stehen. Auch das massenhafte Auftreten von 0+-Flussbarschen im Pelagial ist bei einem nährstoffärmeren Zustand des Sees nicht zu erwarten.

der Hecht, der Wels, die Trüsche, der Zander, die Forelle und der Seesaibling.

Die Längenzusammensetzung der standardisierten Fänge zeigt für die meisten Arten für Netzfänge natürliche Längenstrukturen auf. Im See scheint die Rekrutierung demzufolge zu funktionieren. Bei einigen Arten werden allerdings auch Besatzmassnahmen durchgeführt. Inwiefern diese tatsächlich notwendig sind, sollte überprüft werden.

Der Bielersee ist heute ein ertragreicher See mit einem guten Bestand an fischereilich attraktiven Fischarten.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6.1 Allgemeines

Mit der vorliegenden Studie wurde die Fisch- und Flusskrebbsfauna im Bielersee erstmals mit einem methodisch standardisierten Verfahren erhoben. Bei der intensiven und aufwändigen Beprobung in der Zeit vom 18. - 22. September 2017 handelt es sich um eine stichprobenartige Momentaufnahme des Fischbestands, die während der Schichtung des Sees und ausserhalb der Fortpflanzungszeit der meisten Fischarten erhoben wurde. Das standardisierte Vorgehen erlaubt eine Charakterisierung des heutigen Fischvorkommens und ermöglicht einen

Vergleich mit den anderen 27 Seen der Schweiz, die nach demselben Ansatz beprobt wurden. Ebenso kann die Entwicklung des Fischbestands, auch der fischereilich nicht relevanten Arten, mit der Zeit wissenschaftlich verfolgt werden. Diese Aufnahme hat nicht den Anspruch, ein vollständiges Bild über den Fischbestand im Bielersee und deren Funktionen im Jahresverlauf geben zu können. Hierfür sind die erhobenen Ergebnisse räumlich und zeitlich zu eingeschränkt.

6.2 Artenvielfalt und Umweltbedingungen

Der Bielersee war natürlicherweise ein schwach belasteter, oligotropher See. Dabei kamen verschiedene endemische Felchen- und Seesaiblingsarten im See vor. Mit den zunehmenden zivilisatorischen Einflüssen nahm die chemische Belastung im vergleichsweise grossen Einzugsgebiet zu und der See wurde immer belasteter und damit eutroph. Als Folge davon verschlechterte sich die Sauerstoffsituation in den untersten Wasserschichten durch Abbauprozesse zunehmend. Zudem wurde die Aare in den Bielersee umgeleitet (Bau des Hagneckkanals) was die limnologischen Bedingungen im See ebenfalls beeinflusst hat. Dies führte einerseits zu einem Verlust von gewissen Arten, oft den sensiblen tiefenangepassten Arten, während andere Fischarten stark vom Nahrungsangebot profitierten.

Seit Anfang dieses Jahrhunderts verbessern sich die Sauerstoffverhältnisse auf dem Seegrund mit zunehmender Re-Oligotrophierung des Sees. Trotzdem werden die gewässerschützerischen Anforderungen von mindestens 4 mg/l Sauerstoff gegen Ende der Schichtungsphase regelmässig nicht erreicht, so beispielsweise auch nicht im Beprobungsjahr des Projet Lac 2017. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde festgestellt, dass Fänge in den

Netzen tiefer als rund 40 m selten waren. Groppen, als typische Bodenfische, die auch Seen bis in die grössten Tiefen besiedeln, konnten unterhalb 40 m nicht nachgewiesen werden. Die Verteilung der Felchenfänge beschränkte sich auf Wassertiefen von 1 – 50 m. Die einzige Art, die in Tiefen > 50 m gefangen wurde, war die Trüsche. Da die Befischung im September stattgefunden hat und somit zeitlich mit der Stagnationsphase des Sees übereinstimmt, wird angenommen, dass die fehlenden Fänge unter 50 m die Folge von mangelhaften Sauerstoffverhältnissen sein dürften und ein Meideverhalten der Fische darstellt. Erfahrungen und Netzfänge der Berufsfischer deuten darauf hin, dass zu gewissen Jahreszeiten in solchen Tiefen signifikante Erträge möglich sind.

Heute handelt es sich beim Bielersee um einen mässig tiefen, mesotrophen und oberflächenwarmen See. Die Fischartenzusammensetzung ist mit 25 gefangenen Arten überdurchschnittlich vielfältig. Die Anzahl neu eingewanderter oder eingesetzter standortfremder Arten ist im Vergleich zu anderen Mittellandseen gering (Zander, Sonnenbarsch, Schwarzfeder, Cobite, Stichling). In den Fängen dominieren Flussbarsch, Felchen und Rotaugen.

Die Fischartenzusammensetzung entspricht einem Seentyp der zwischen einem Felchensee und einem Flussbarschsee liegt.

Eine Eigenschaft des Sees liegt im grossen Vorkommen von Flussbarschen, v.a. dem von kleinen Flussbarschen in der Freiwasserzone. Inwiefern diese Entwicklung auf speziell günstige klimatische Witterungsbedingungen der beiden Vorjahre zurückzuführen ist, oder ob sie als eine konstante Eigenheit des aktuellen Seezustands betrachtet werden kann, ist unklar. Ein häufiges Massenaufreten von Flussbarschen im Pelagial wird auch in anderen Seen wie dem Neuenburgersee und dem Genfersee beobachtet.

Die standardisierte Befischung zeigt insgesamt, dass die natürliche Fischartenvielfalt trotz Eutrophierungsphase zu einem grossen Teil erhalten geblieben ist. Auch heute noch wird ein ähnliches Arten-

spektrum vorgefunden, wie vor der Eutrophierung. Bei den ausgestorbenen Arten sind der Pfärrit (eine tiefenangepasste Felchenart), sowie mindestens eine Seesaiblingsart anzuführen. Es handelt sich dabei um zwei Arten, die nur im Drei-Seen-Land vorkamen.

Das Seeufer ist stark verbaut. 55% des Ufers gelten ökomorphologisch als naturfremd oder künstlich. Die längsten zusammenhängenden naturnahen Ufer liegen um die St. Petersinsel und im Bereich der Mündung des Aare-Hagneck-Kanals. Die Befischungen der Uferpartien zeigten, dass vor allem bei Zuflüssen, Steinpartien, Totholzansammlungen und in Deckung von Wasserpflanzen hohe Fischdichten und eine grosse Biodiversität zu finden sind. Bei der strategischen Planung der Seeuferrevitalisierung sollte darauf geachtet werden, dass biologische Hotspots im See bei Zu- und Abflüssen prioritär revitalisiert werden.

6.3 Management der Fischerei

Im Vergleich mit anderen Seen ist der Bielersee ein für Berufs- und Anglerfischer ertragreicher See. Der gute Felchen- und Flussbarschbestand wird ergänzt durch weitere attraktive Arten wie Hecht, Wels, Trüsche und Zander.

Die Längenzusammensetzung der Fänge zeigt für die meisten Arten natürliche Verteilungen auf. Die Rekrutierung der nachwachsenden Generationen scheint gegeben. Die meisten Fischarten werden dazu nicht besetzt. Gewisse Arten, insbesondere Felchen werden jedoch intensiv bewirtschaftet. Zu

diesem Zweck werden seestämmige Stützbesätze zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt. Inwiefern diese in Kenntnis der Sauerstoffverhältnisse in den Tiefenschichten notwendig sind, lässt sich nur durch eine Erfolgskontrolle überprüfen.

Beim Flussbarsch fehlen v.a. grössere adulte Fische. Dies könnte ein Hinweis auf den starken Nutzungsdruck sein. Die Rekrutierung ist bei den Flussbarschen aber sehr stark, weshalb sich keine Änderungen beim Fischereimanagement aufdrängen.

6.4 Wert von standardisierten Befischungen für ein Monitoring des Fischbestands

Die vorliegende Untersuchung am Bielersee zeigt exemplarisch auf, wie wichtig standardisierte und vergleichbare Aufnahmen der Fischfauna nach dem Vorbild vom „Projet Lac“ sind. Diese erlauben es, einen Einblick in die Bestände von befischten und wenig oder nicht befischten Fischarten zu erhalten. Weiter zeigen diese Aufnahmen, wie sich die Fische

im Raum des Sees und über die Habitate verteilen, und wo allfällige Defizite in der Qualität der Lebensräume vorliegen, z.B. in der Tiefe des Sees und bei den wenig strukturierten Ufern. Anhand dieser ersten Aufnahme wird es in Zukunft möglich sein, die Entwicklung der Fischfauna im Bielersee mit einem wissenschaftlich-orientierten Ansatz zu verfolgen.

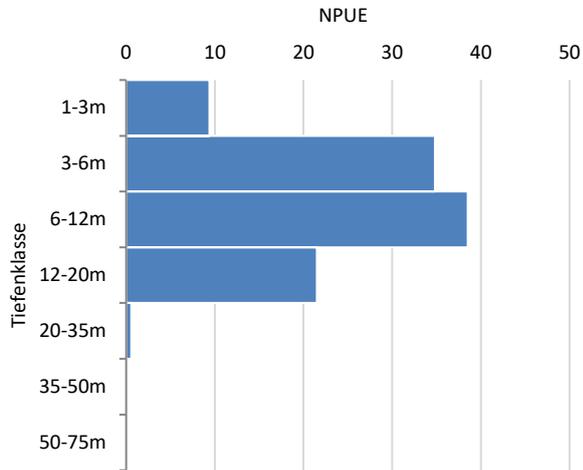
7 Literaturverzeichnis

1. Kottelat, M. and J. Freyhof, *Handbook of European Freshwater Fishes*. 2007, Cornol, Switzerland: Publications Kottelat.
2. Vonlanthen, P., et al., *Anthropogenic eutrophication drives extinction by speciation reversal in adaptive radiations*. *Nature*, 2012. 482: p. 375-362.
3. Karr, J.R., *Assessment of biotic integrity using fish communities*. *Fisheries*, 1981. 6(6): p. 21-27.
4. Degiorgi, F. and J.-C. Raymond, *Guide technique. Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante.*, C.s.d.l.p. Agence de l'eau, Editor 2000: Lyon.
5. Sartori, L., *Ökomorphologie der Seeufer*, A.f.W.u. Abfall, Editor 2017, Kanton Bern: Bern.
6. Degiorgi, F., et al., *Les techniques d'étude de l'ichtyofaune lacustre utilisée en France: bilan et perspectives*. *Hydroécologie appliquée*, 1993. 5: p. 27-42.
7. Degiorgi, F., *Etude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre*, in *U.F.R. des Sciences et Techniques de 1994*, Université de Franche-Comté: Besançon. p. 218.
8. Appelberg, M., B. Berquist, and E. Degerman, *Using fish to assess environmental disturbance of Swedish lakes and streams - a preliminary approach*. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 2000. 27: p. 311-315.
9. Clément, J., et al., *Zustand der Gewässer - 2015 und 2016 - Schwerpunkt Berner Jura/Seeland*, A.A.f.W.u. Abfall, Editor 2017, Kanton Bern.
10. Guthruf, K., et al., *Wasserpflanzen im Bielersee - Kartierung 2015*, A.A.f.W.u. Abfall, Editor 2016, Kanton Bern: Bern.
11. Alexander, T., et al., *Estimating whole-lake fish catch per unit effort*. *Fisheries Research*, 2015. 172: p. 287-302.
12. Zaugg, B., et al., *Fauna Helvetica - Pisces Atlas*. 2003, Neuchâtel: CSCF/SZKF.
13. Hartmann, G., *Helvetische Ichthyologie, oder ausführliche Naturgeschichte der in der Schweiz sich vorfindenden Fische... 1827*, Zürich: Orell, Füssli und Compagnie.
14. Dönni, W., L. Spalinger, and A. Knutti, *Die Rückkehr des Lachses in der Schweiz – Potential und Perspektiven. Auslegeordnung*, B.f.U. (BAFU), Editor 2016. p. 55.
15. Bittner, D., *Gonad deformations in whitefish (Coregonus spp.) from Lake Thun, Switzerland - A population genetic and transcriptomic approach*, in *Institut für Ökologie und Evolution 2009*, Universität Bern: Bern.
16. Steinmann, P., *Monographie der schweizer Koregonen*. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 1950. 12+13(1+2).
17. Fatio, V., *Histoire naturelle des poissons*, in *Faune des vertébrés de la Suisse*, H. Georg, Editor. 1890: Genève et Bale.
18. Périat, G. and P. Vonlanthen, *Etude du peuplement pisciaire du Lac de Morat, P. Lac*", Editor 2012, EAWAG: Kastanienbaum. p. 47.
19. Périat, G. and P. Vonlanthen, *Etude du peuplement pisciaire du Lac de Neuchâtel, P. Lac*", Editor 2013, EAWAG: Kastanienbaum. p. 48.
20. Fujimori, Y. and T. Tokai, *Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method*. *Fisheries Science*, 2001. 67(4): p. 644-654.
21. Regier, H.A. and D.S. Robson, *Selectivity of Gill Nets Especially to Lake Whitefish*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1966. 23(3): p. 423-&.

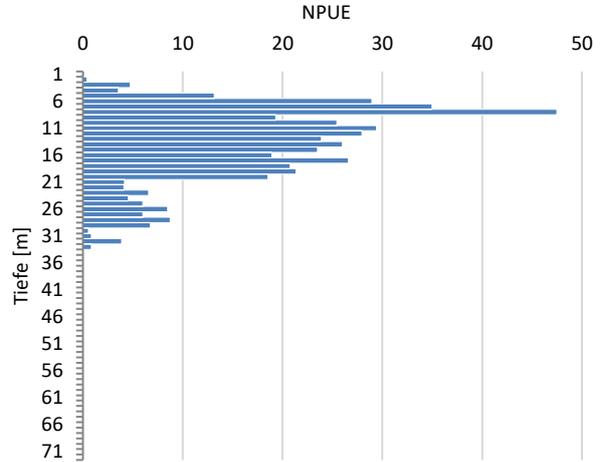
8 Anhang

8.1 Tiefenverteilung der Fänge

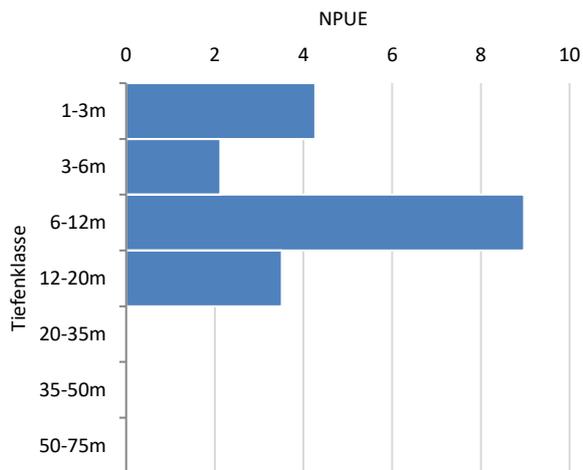
Bodennetze / Flussbarsch



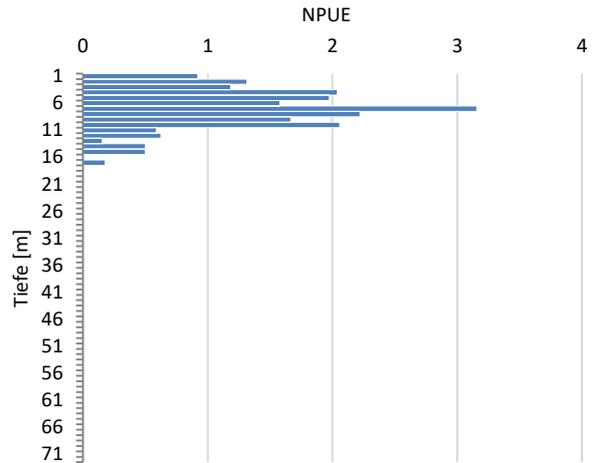
Vertikalnetze / Flussbarsch



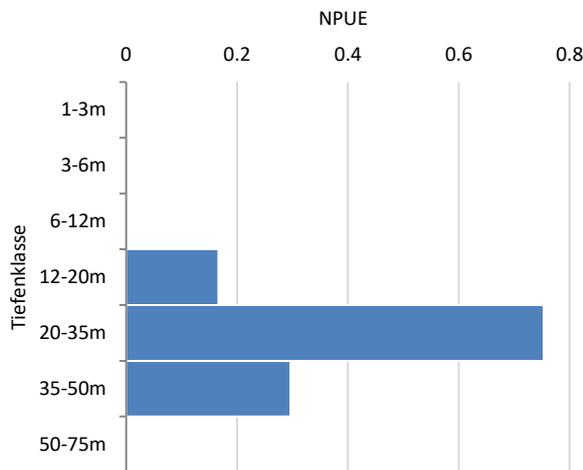
Bodennetze / Rotauge



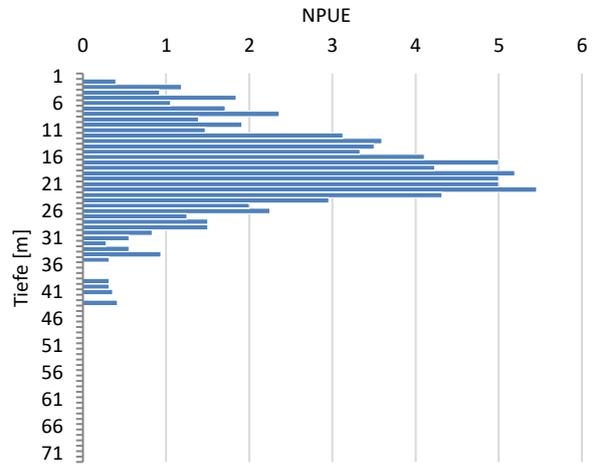
Vertikalnetze / Rotauge



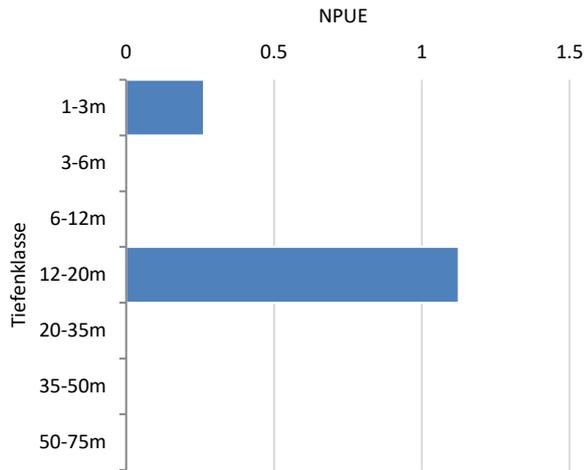
Bodennetze / Felchen, Art unbest.



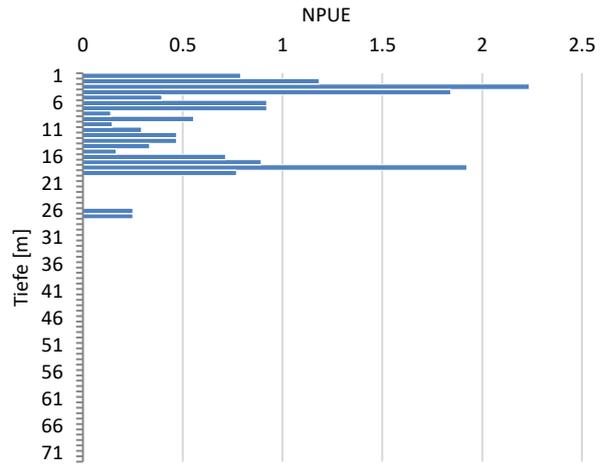
Vertikalnetze / Felchen, Art unbest.



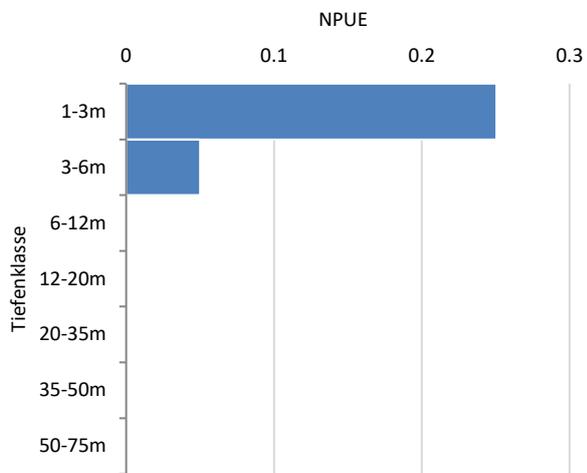
Bodennetze / Laube



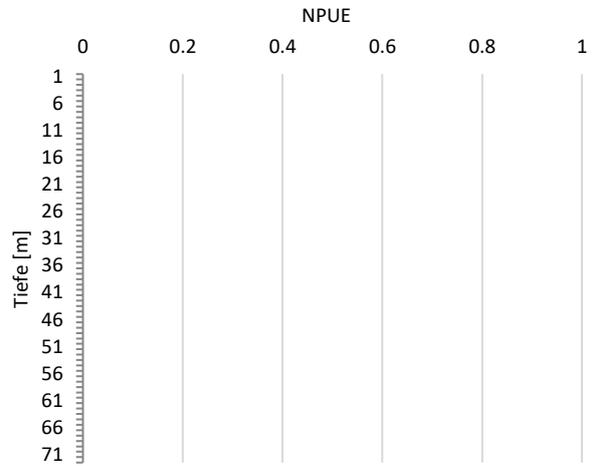
Vertikalnetze / Laube



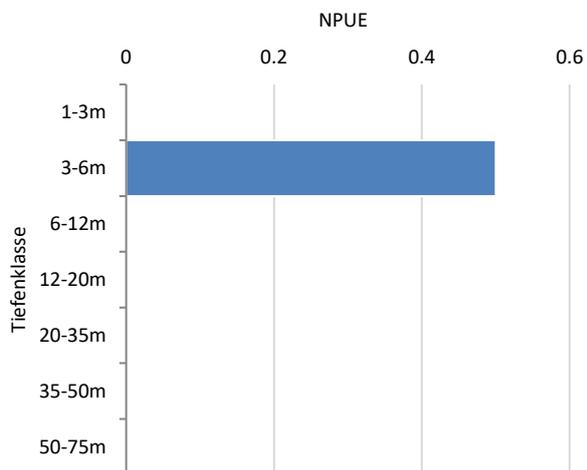
Bodennetze / Alet



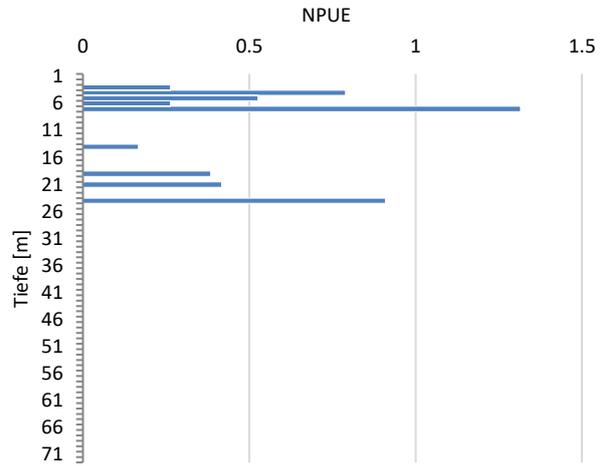
Vertikalnetze / Alet



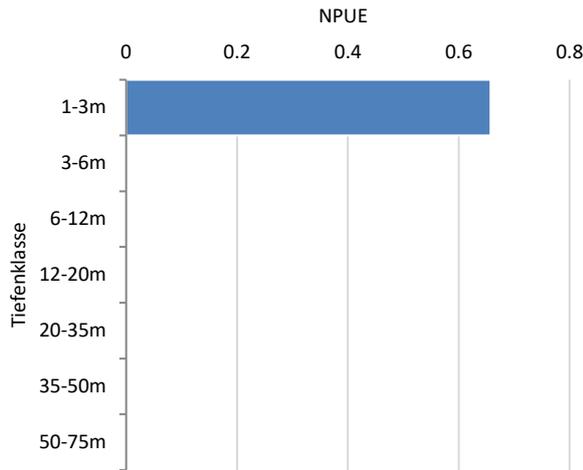
Bodennetze / Stichling



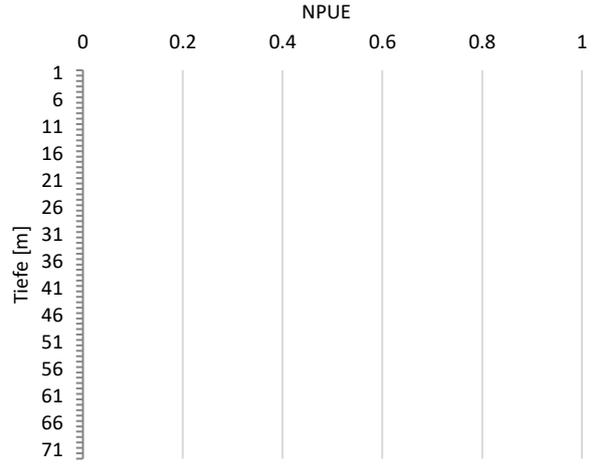
Vertikalnetze / Stichling



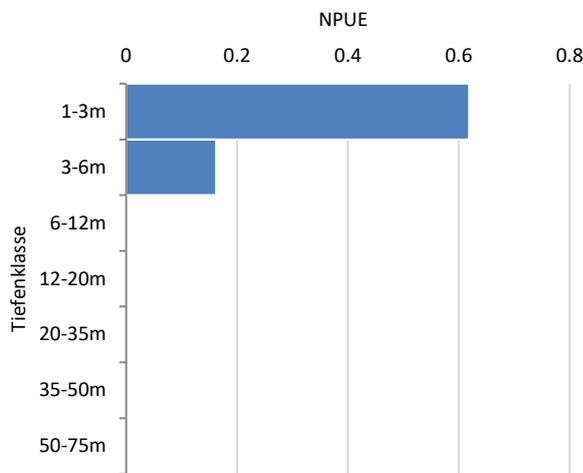
Bodennetze / Gründling



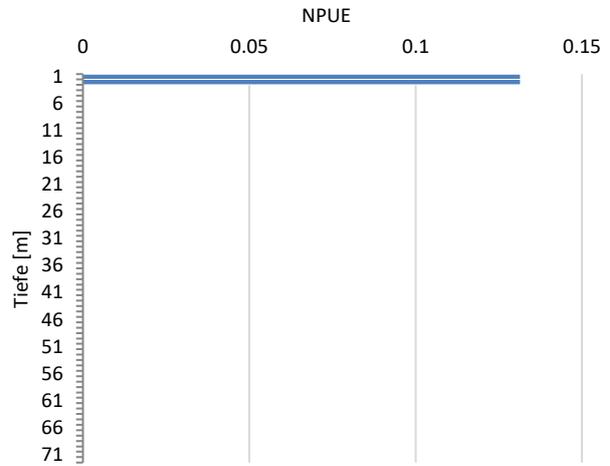
Vertikalnetze / Gründling



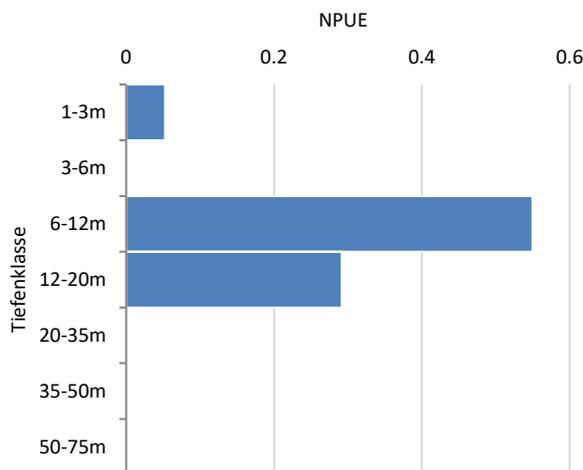
Bodennetze / Rotfeder



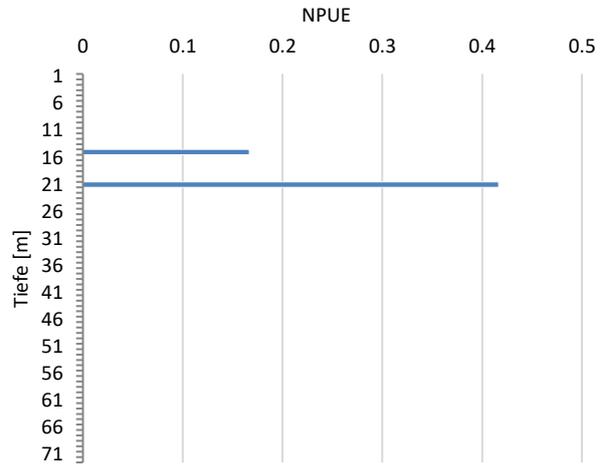
Vertikalnetze / Rotfeder



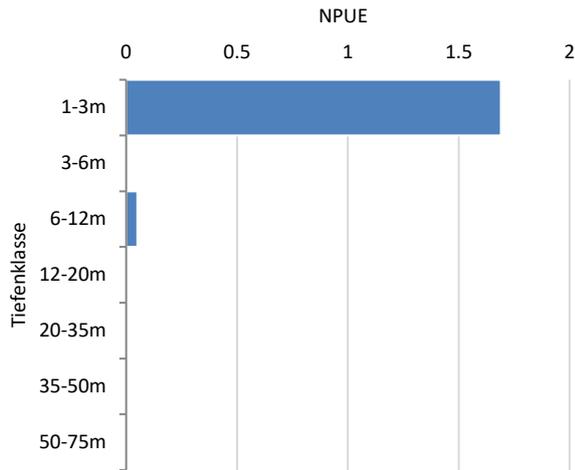
Bodennetze / Brachse



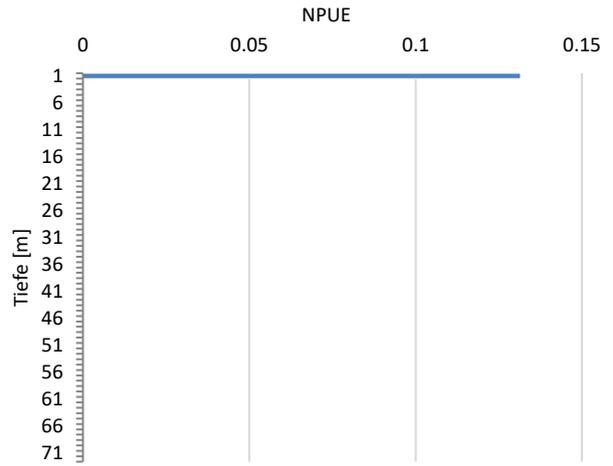
Vertikalnetze / Brachse



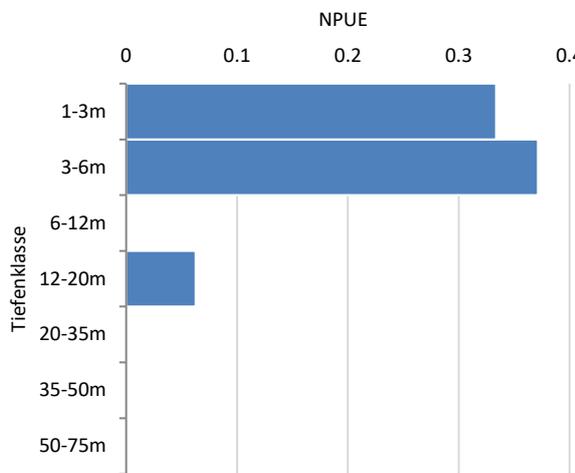
Bodennetze / Hasel



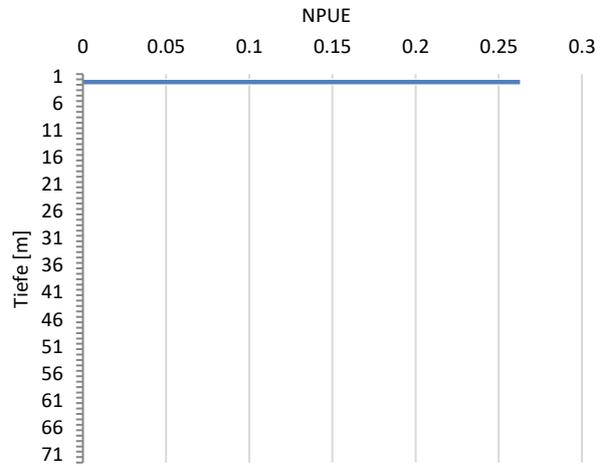
Vertikalnetze / Hasel



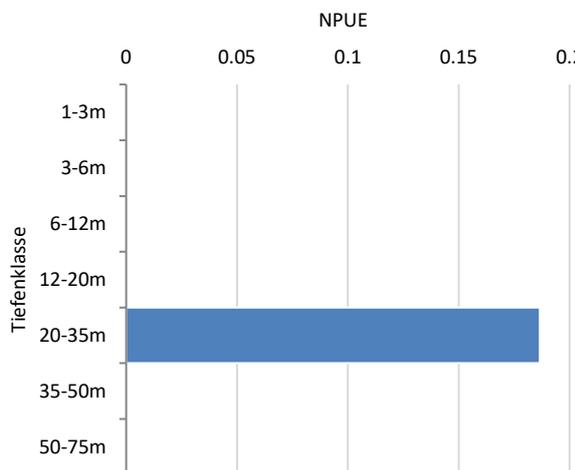
Bodennetze / Schleie



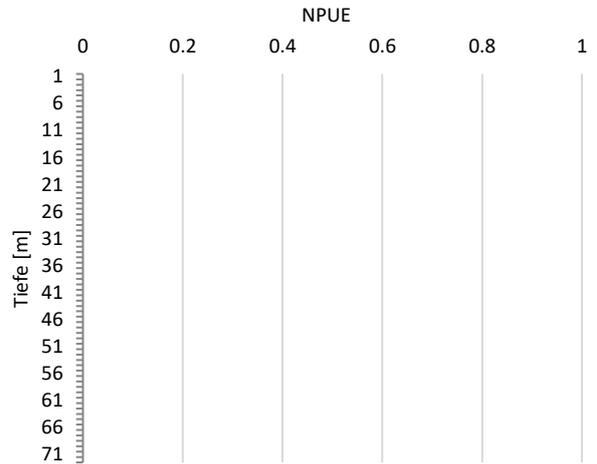
Vertikalnetze / Schleie



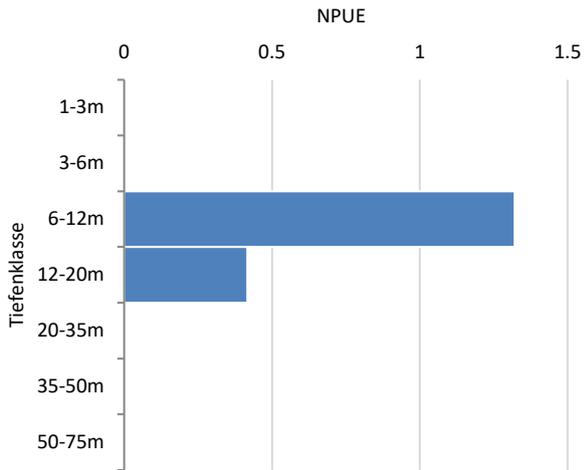
Bodennetze / Groppe



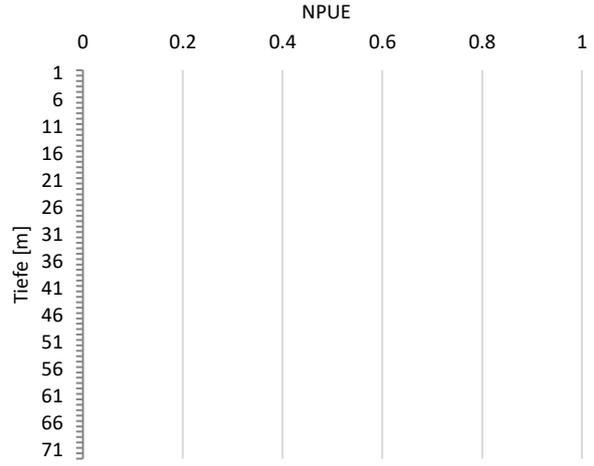
Vertikalnetze / Groppe



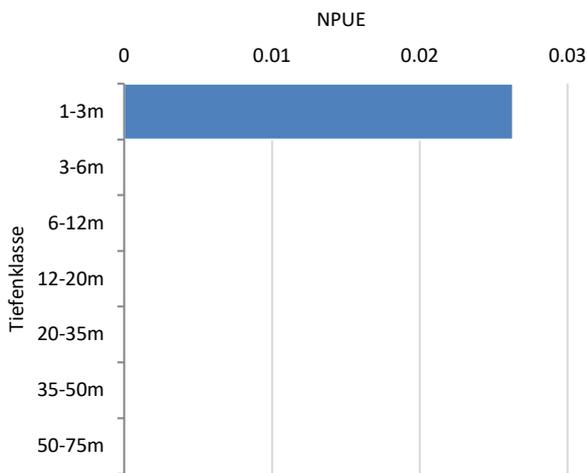
Bodennetze / Zander



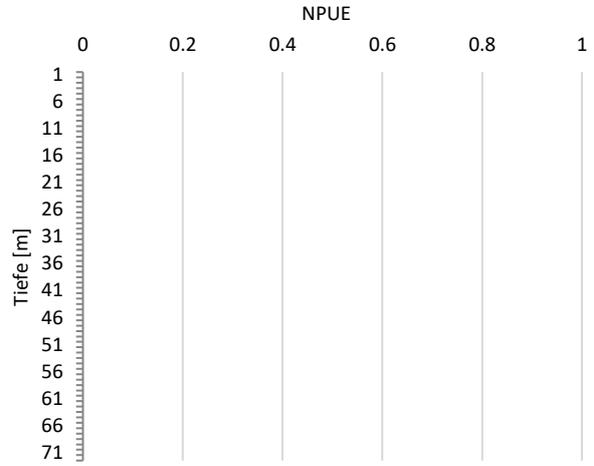
Vertikalnetze / Zander



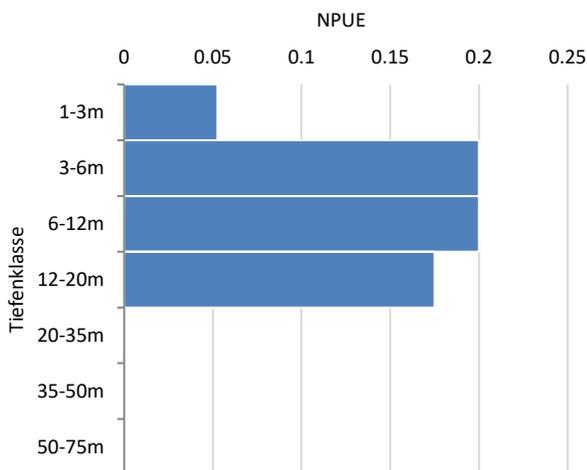
Bodennetze / Barbe



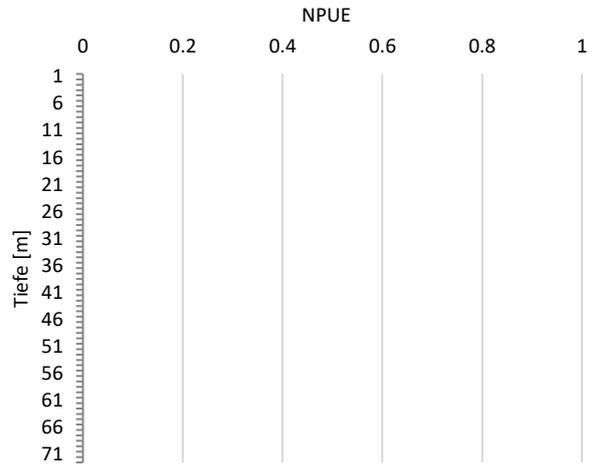
Vertikalnetze / Barbe



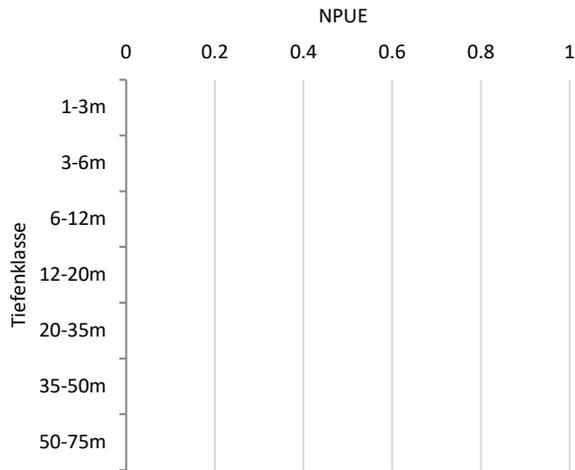
Bodennetze / Hecht



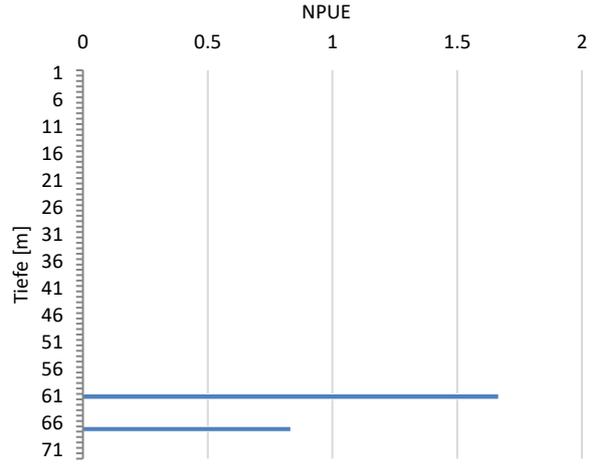
Vertikalnetze / Hecht



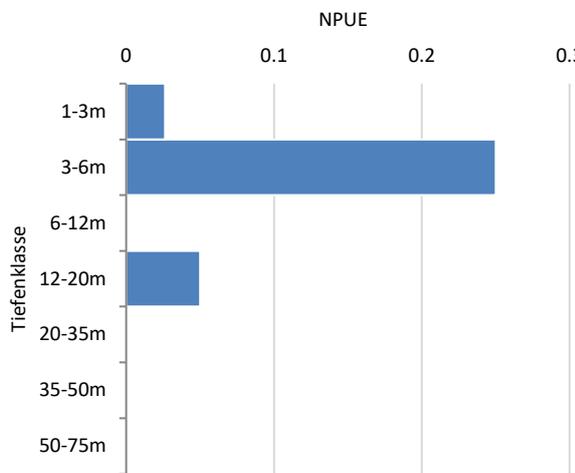
Bodennetze / Trüsche



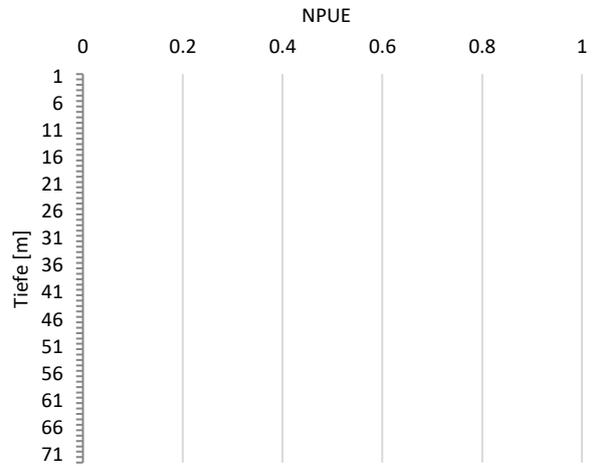
Vertikalnetze / Trüsche



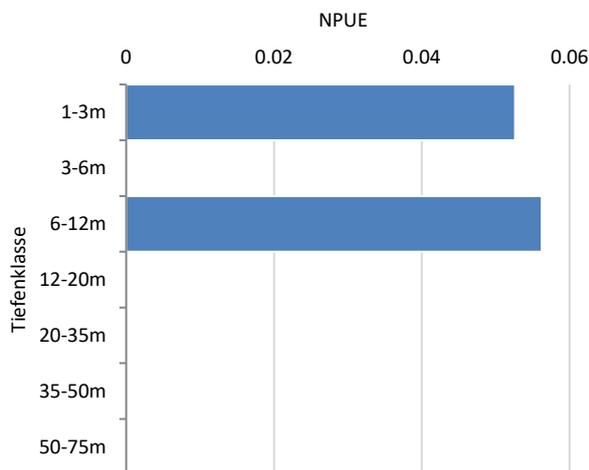
Bodennetze / Wels



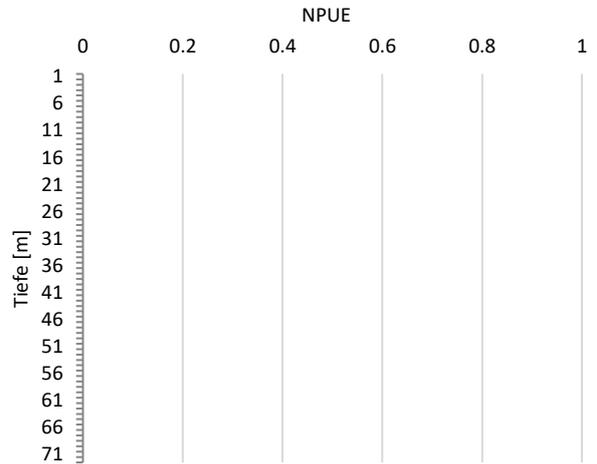
Vertikalnetze / Wels



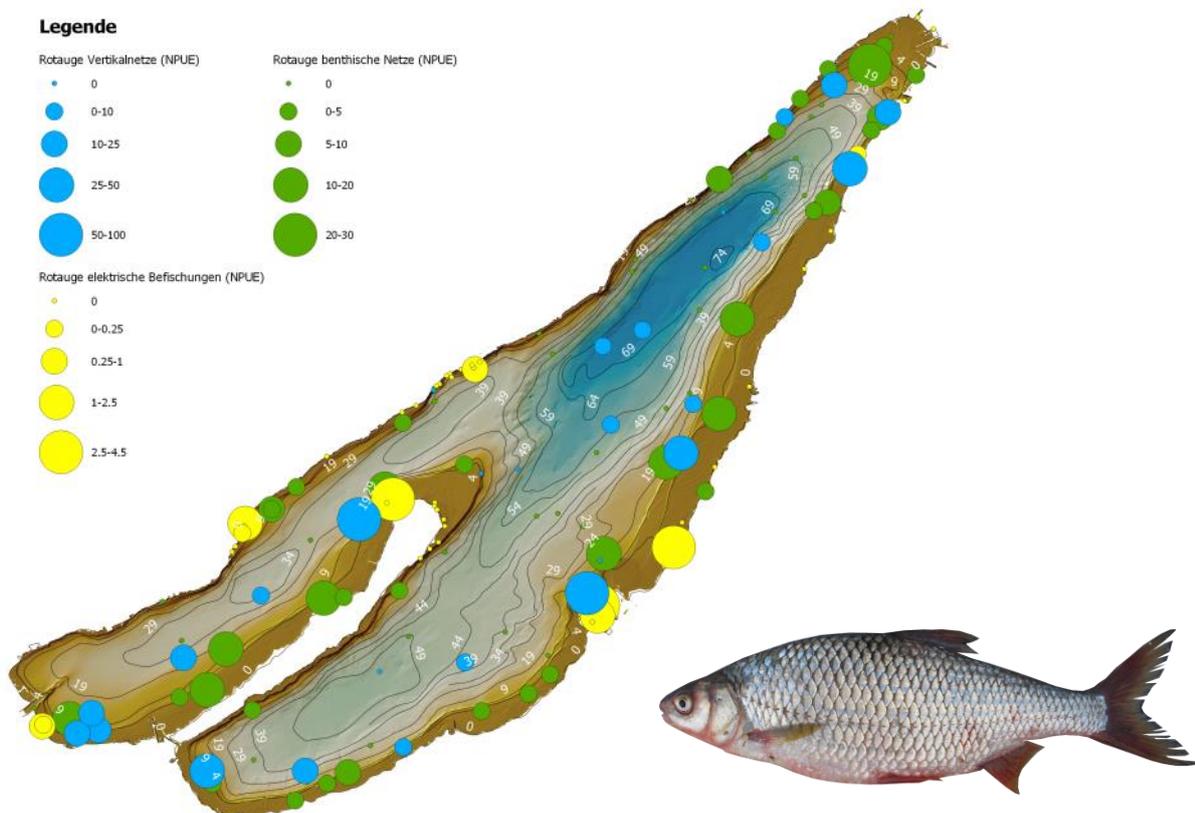
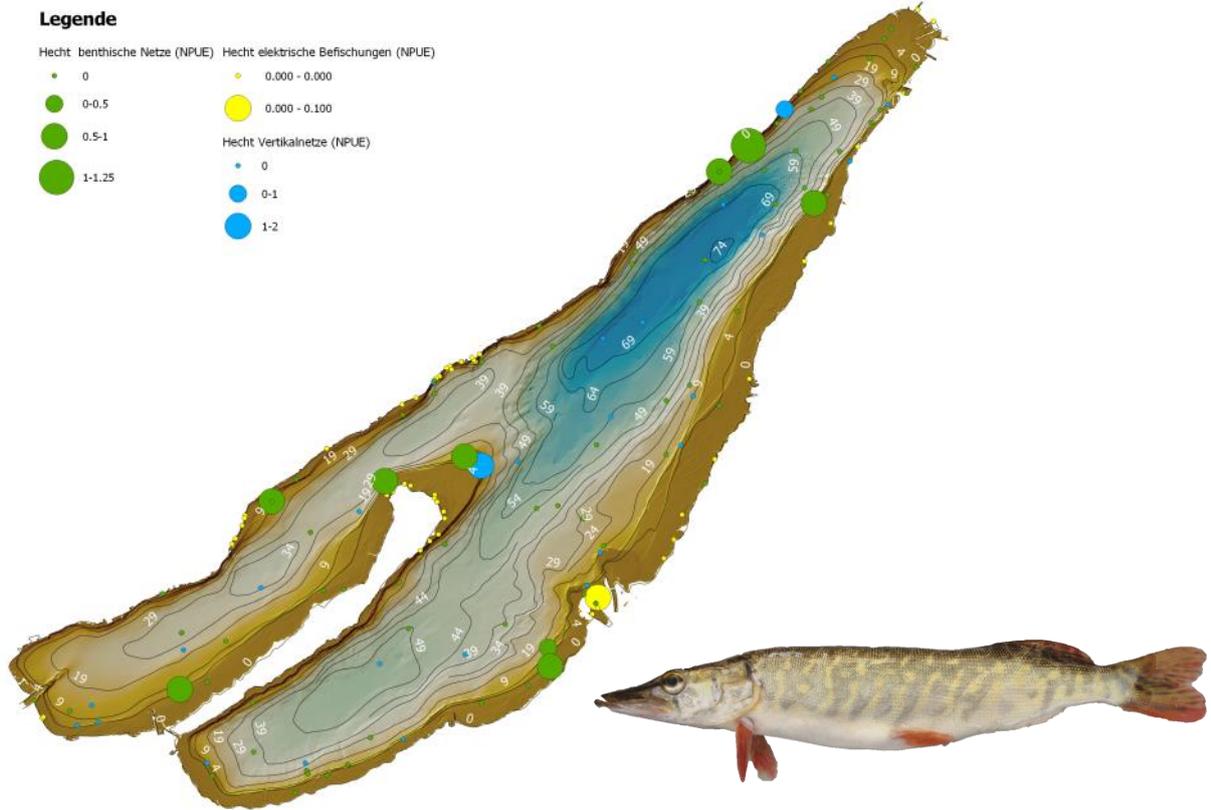
Bodennetze / Blicke

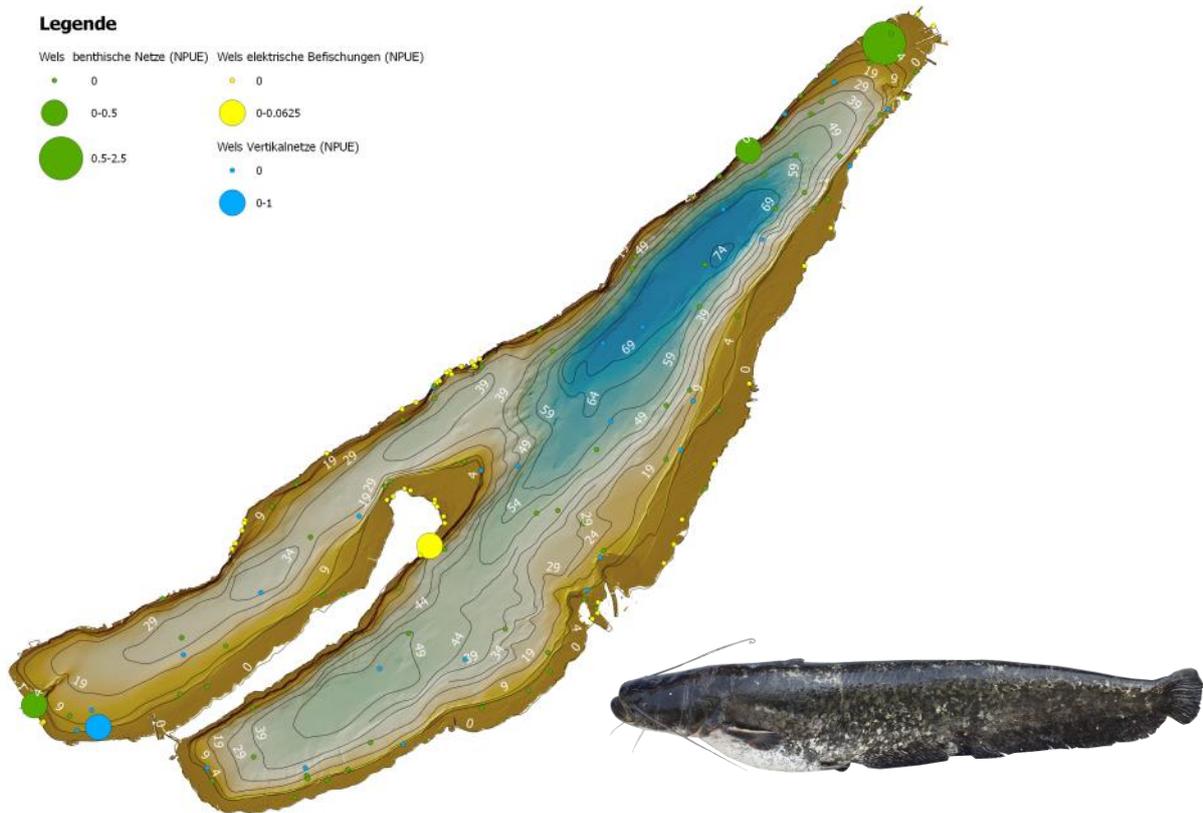
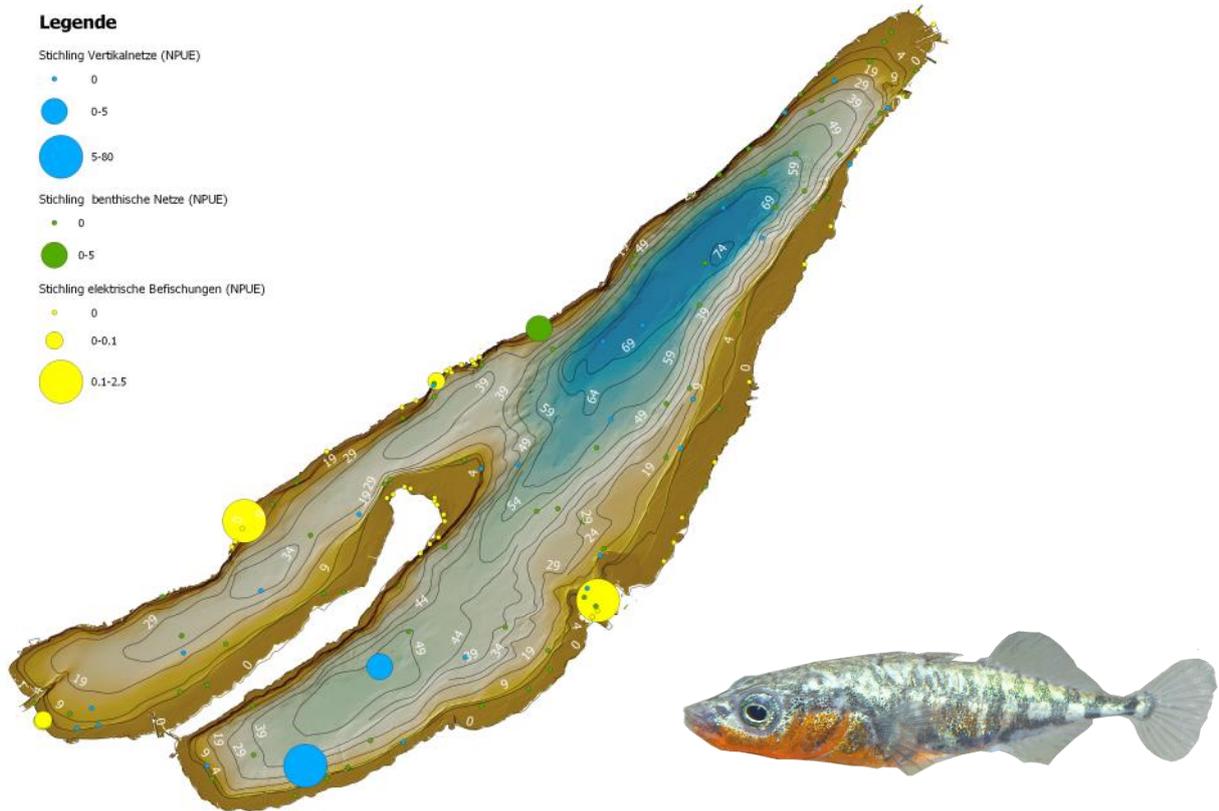


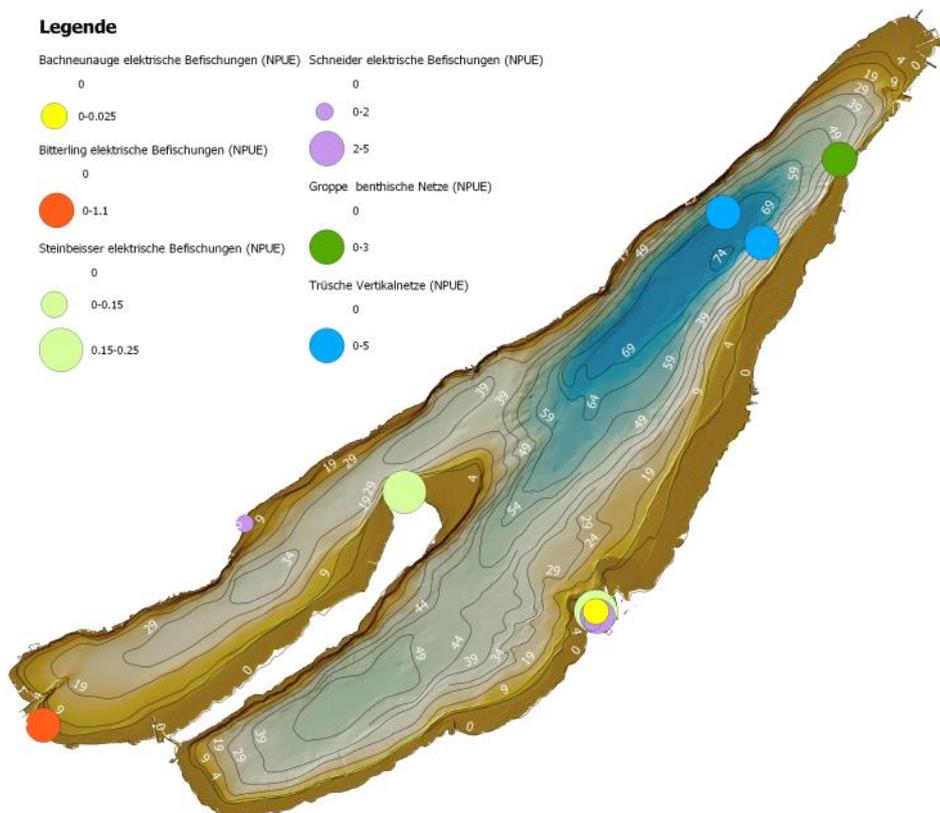
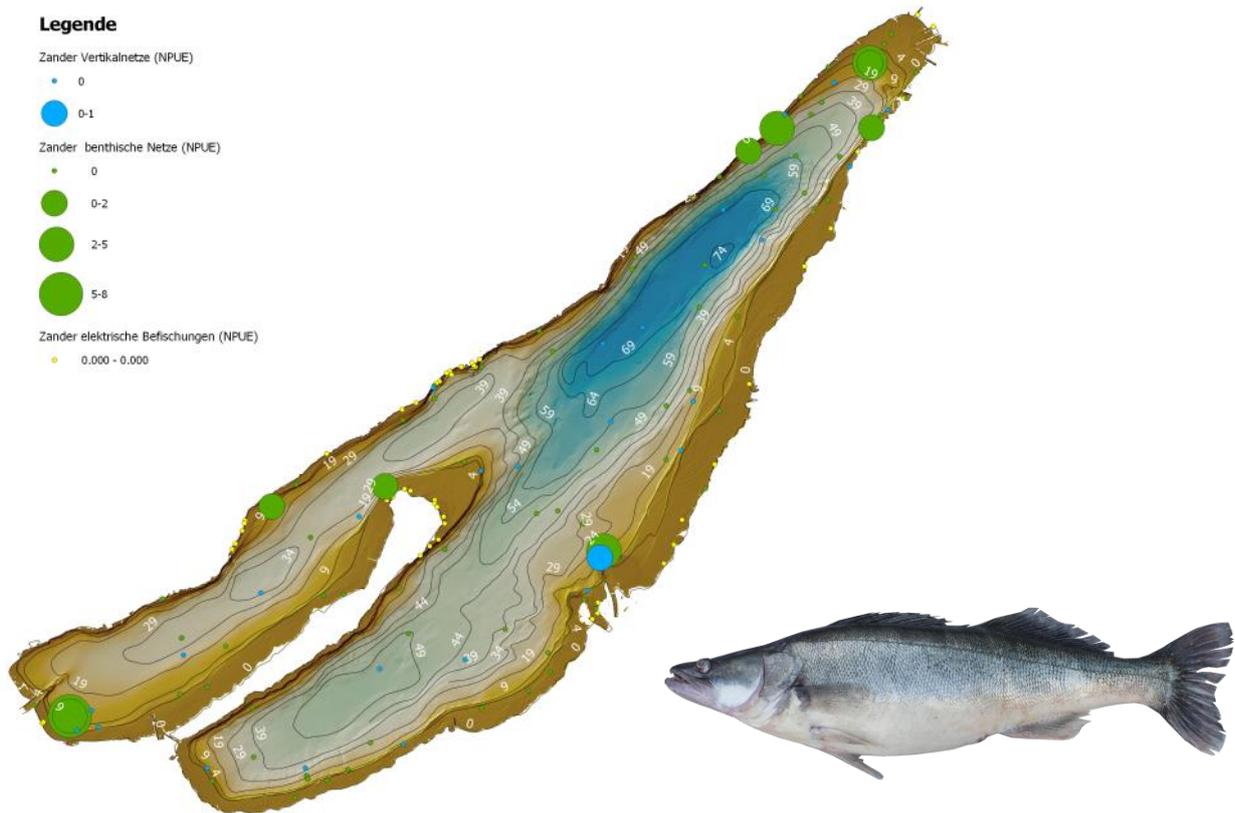
Vertikalnetze / Blicke



8.2 Geografische Verteilung



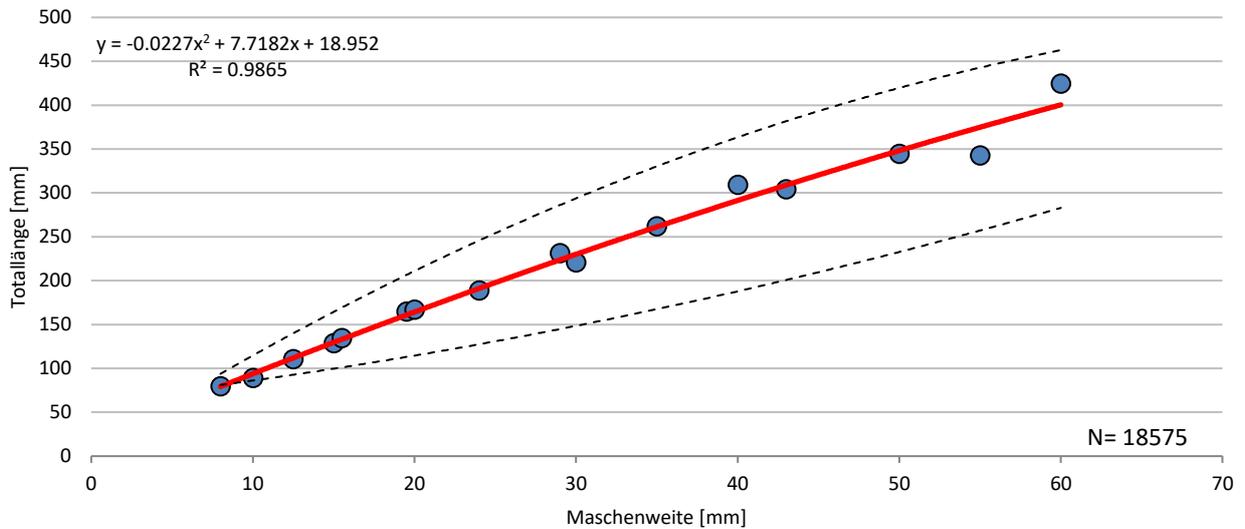
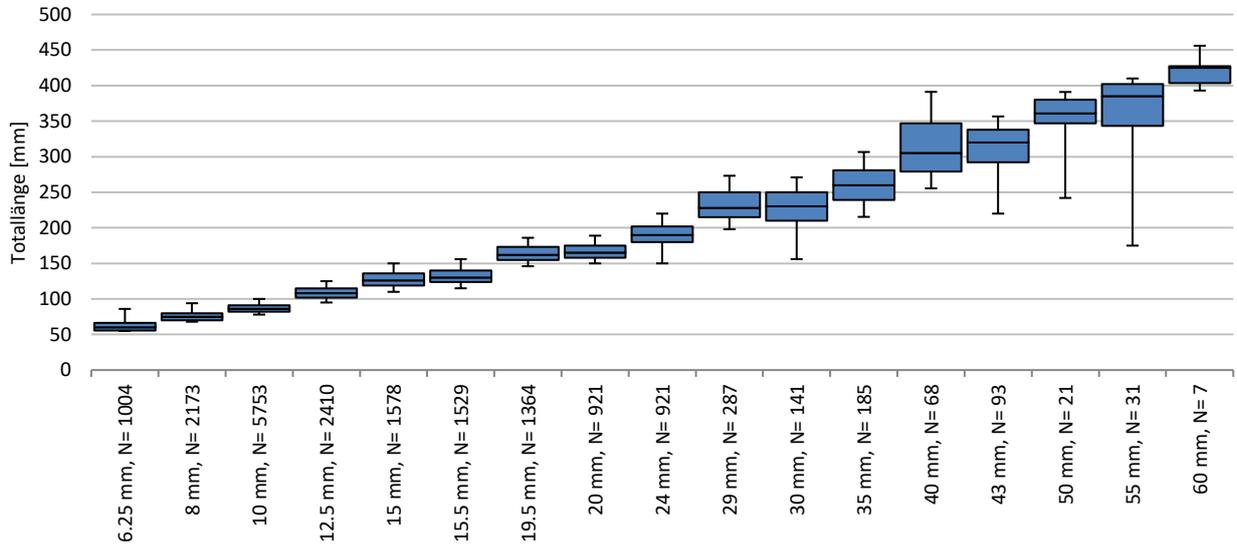




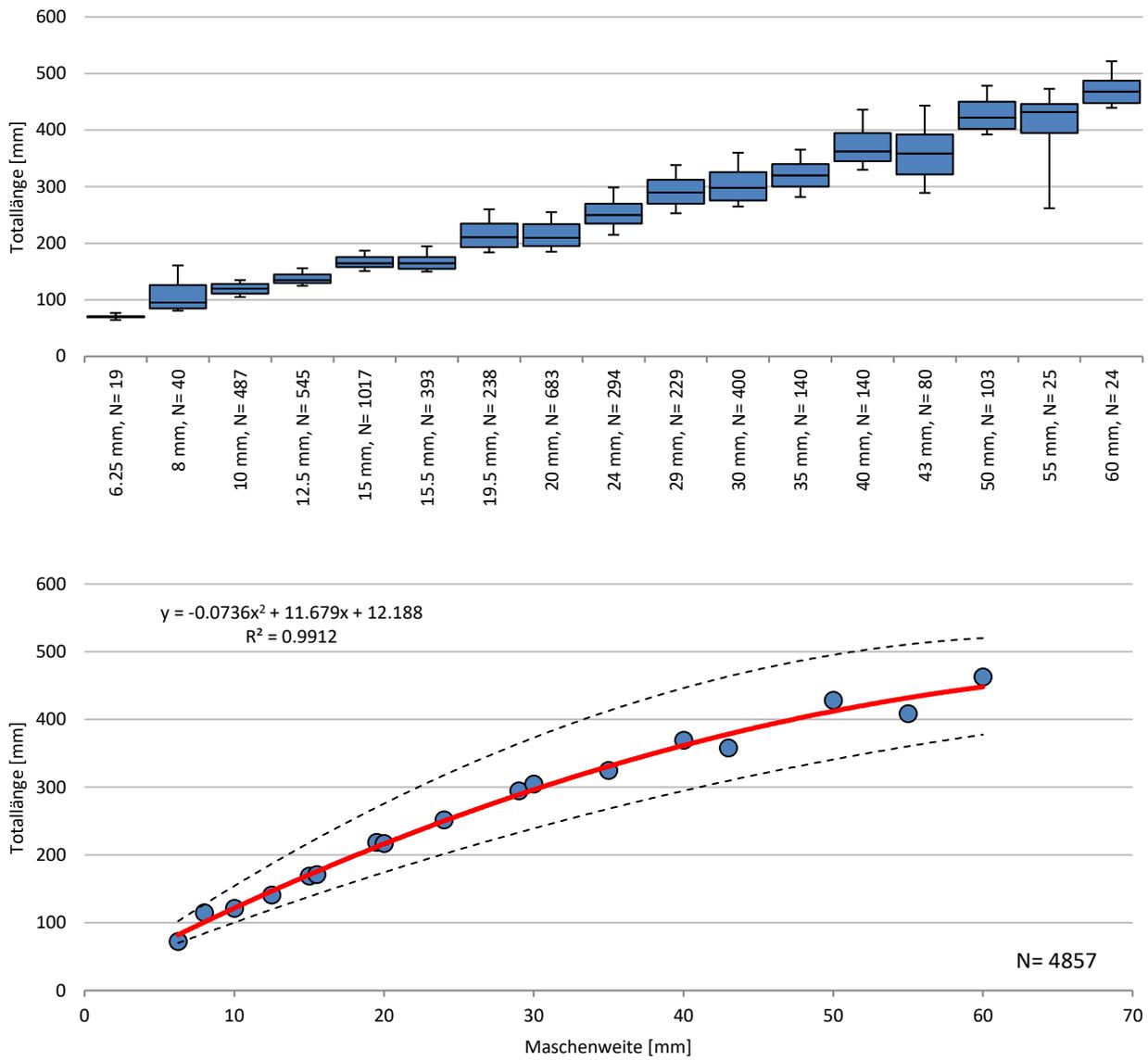
8.3 Längenselektivität von Maschenweiten

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

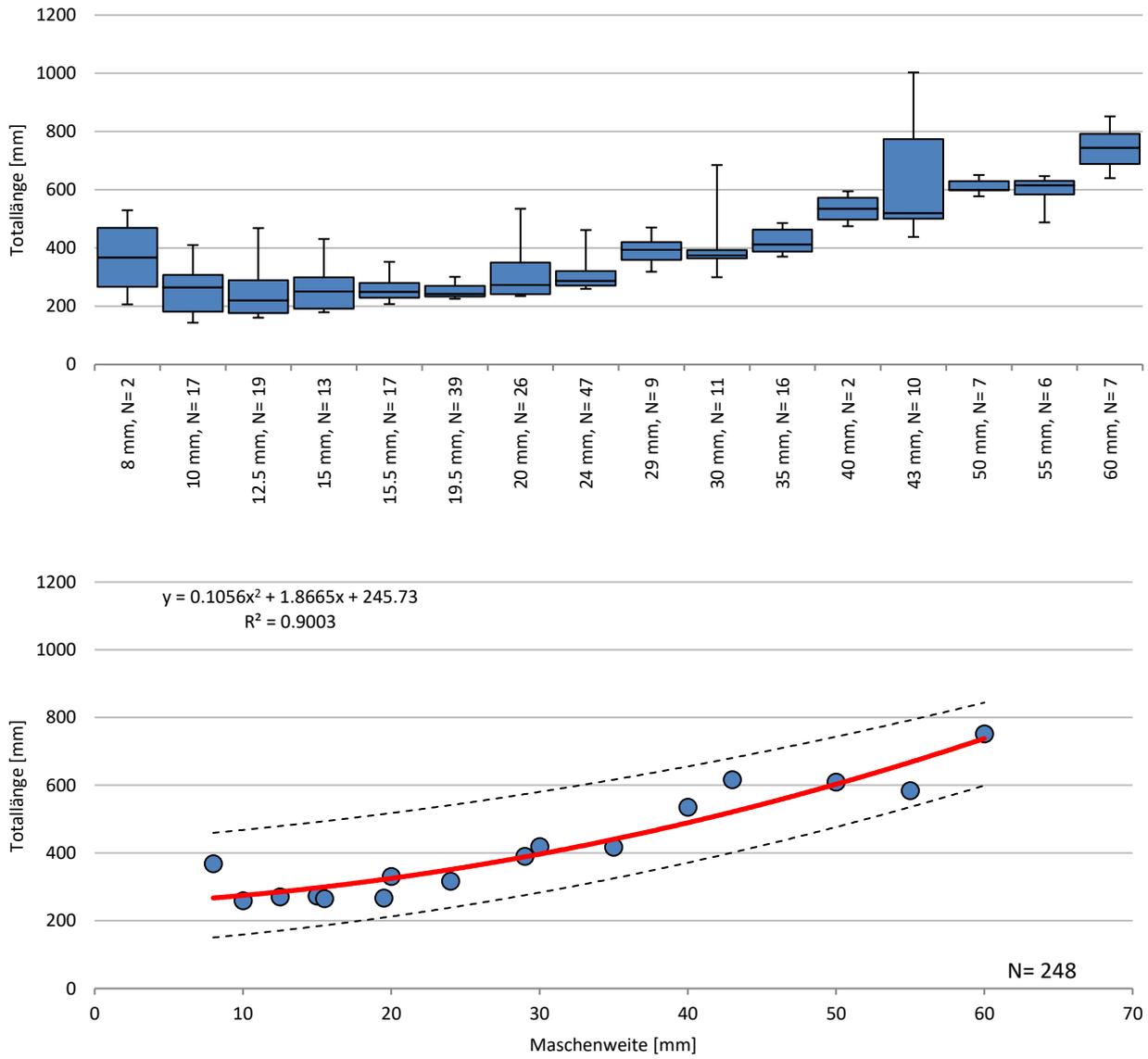
8.3.1 Flussbarsch



8.3.2 Felchen



8.3.3 Hecht



8.3.4 Rotauge

