PROJET LAC
ASSESSING BIODIVERSITY OF FISH

Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Bodensee

eawag aquatic research

SCHLUSSBERICHT
19.12.2016

Impressum

Autoren:
Timothy J. Alexander
Eawag, Abteilung Fischökologie und Evolution
Seestrasse 79
CH-6047 Kastanienbaum
Timothy.Alexander@eawag.ch

Pascal Vonlanthen
Aquabios GmbH
Les Fermes 57
CH-1792 Cordast
p.vonlanthen@aquabios.ch

Projektleiter:
Ole Seehausen
Eawag, Abteilung Fischökologie und Evolution
und
Universität Bern, Institut für Ökologie und Evolution
Balzerstrasse 6
CH-3012 Bern
Ole.Seehausen@eawag.ch

In Zusammenarbeit mit:
Guy Périat, Teleos sàrl
Jean-Claude Raymond, ONEMA Thonon, France
François Degiorgi, Université de Besançon, France

Haftung:
Für den Inhalt dieses Berichtes ist die Eawag verantwortlich. Sie hat allen am Projekt beteiligten Organisationen und Behörden die Möglichkeit gegeben, Stellung zum Bericht zu beziehen. Die erhaltenen Rückmeldungen wurden in der Regel aufgenommen und der Bericht dementsprechend angepasst. Bei fachlichen Meinungsverschiedenheiten wurde versucht, die Aussagen bzw. Interpretationen neutral zu formulieren.

Zitiervorschlag:
Alexander TJ., Vonlanthen P., Périat G., Raymond, JC., Degiorgi, F., Seehausen O. 2016. Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Bodensee. Projet Lac, Eawag. Kastanienbaum.

Danksagung:
Olivier Alonzo, Jan Baer, Mathieu Baldeck, Gerhard Bartl, Cornelius Becke, Hans-Peter Billmann, Sigfried Blank, Matthias Bopp, Alexander Brinker, Jean-Sébastien Brocard, Christoph Dapp, Alexandre Cheval, Hervé Découcière, Peter Dehus, Carmela Doenz, Reiner Eckmann, Stéphane Ecuer, Julia Gaye-Siessegger, Alexander Gehrlich, Susanne Goebel, Thomas Groubatch, Sarah Gugele, Marcel Häsler, Roman Kistler, Markus Holzer, Harald Kohlmeier, Manuel Konrad, Michael Kugler, Sirpa Kunz, Herbert Löffler, Jonathan Paris, Natascha Pasche, Markus Pehr, Timon Polli, Andreas Revermann, Samuel Roch, Roland Rösch, Christian Rossignon, Lukas Rüber, Erwin Schäffer, Daniel Schlunke, Nikolaus Schotzko, Mark Schumann, Johanna Schwarzmeier, Rosi Siber, Vincent Somerville, Petra Teiber-Siessegger, Hendrik Thiele, Tom Tofield, Martin Troxler, Christian Wenzel.

Inhaltsverzeichnis

1 ZUSAMMENFASSUNG 2

2 AUSGANGSLAGE 3

2.1 WESHALB EIN „PROJET LAC“ 3
2.2 ZIELSETZUNG 4

3 METHODEN 5

3.1 CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE MESSREIHEN 5
3.2 HABITATKARTIERUNG 6
3.3 FELDAUFNAHMEN DER FISCHE 6
3.4 FISCHFANGSTATISTIKEN 8

4 RESULTATE UND DISKUSSION 9

4.1 PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE DATEN 9
4.2 HABITATKARTIERUNG 12
4.3 STANDARDISIERTE BEFISCHUNG 14
4.4 FISCHEREILICHE ASPEKTE 35

5 BEWERTUNGEN NACH WASSERRAHMENRICHTLINIE 44

5.1 AUSTRIAN LAKE FISH INDEX, ALFI 44
5.2 DEUTSCHER “LAKE FISH INDEX”: DELFI-SITE 45
5.3 DEUTSCHER “LAKE FISH INDEX”: DELFI-TYPE 50

6 SYNTHESE 54

6.1 ÖKOLOGISCHE BEURTEILUNG DES BODENSEES 54
6.2 FISCHEREILICHE NUTZUNG 55
6.3 BEWERTUNG NACH WASSERRAHMENRICHTLINIE (WRRL) 56

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN 57

8 LITERATURVERZEICHNIS 58

9 ANHANG 61

1 Zusammenfassung

Um unsere Gewässer effizient zu bewirtschaften und zu schützen, muss deren Ist-Zustand bekannt sein. Im „Projet Lac“ wurde die Fischartenzusammensetzung in grossen alpinen und voralpinen Seen der Schweiz zum ersten Mal standardisiert erhoben. Dieser Bericht fasst die Resultate der Befischungen im Bodensee (Obersee und Untersee) im Jahr 2014 zusammen.

Der Obersee ist ein tiefer, ursprünglich oligotropher und vergleichsweise oberflächen-warmer monomiktischer Voralpensee. Seit dem Rückgang der Phosphor-Belastung der letzten Jahrzehnte, weist der Obersee heute bis in die grössten Tiefen ausreichend hohe Sauerstoffkonzentrationen auf, um Fischen gute Lebensbedingungen zu bieten. Der Untersee ist im Vergleich zum Obersee flacher, produktiver und wärmer. Während die Sauerstoffversorgung in einem Teil des Untersees, dem Rheinsee, ganzjährig in allen Seetiefen gewährleistet ist, tritt in anderen Teilen des Untersees phasenweise Sauerstoffmangel in der Tiefenzone auf.

Die Ufer des Bodensees sind im Vergleich mit anderen Voralpenseen weniger stark verbaut und weisen eine relativ hohe Habitatsdiversität auf. Dennoch können nur ca. 55% des Seeufers als natürlich oder naturnah eingestuft werden. 45% des Ufers sind durch Verbauungen wie Hafenanlagen, Stege für Boote, Blockwürfe oder hart verbaute Seeufer stark beeinflusst.

Im Rahmen dieses Projekts wurden im Bodensee (Ober- und Untersee zusammen) mindestens 30 Fischarten gefangen, wovon fünf Arten als gebietsfremd gelten. Die ursprüngliche Fischfauna ist grösstenteils noch vorhanden. Jedoch wird das Freiwasser des Obersees aktuell vom eingewanderten bzw. eingebrachten Stichling dominiert, anstatt, wie in tiefen voralpinen Seen zu erwarten, von den einheimischen Felchenarten. Damit weicht die Fischartenzusammensetzung im Obersee stark von ihrem gewässertypspezifischen Leitbild ab. Überraschend wurden im Obersee in einer Tiefe von mehr als 90 m mehrere Individuen des als ausgestorben erachteten Tiefseesaiblings gefangen.

Im Untersee wird das Freiwasser ebenfalls vom Stichling dominiert, aber weniger stark als im Obersee. In den tiefen Zonen des Untersees sind die Fischdichten gering, was mit Sauerstoffmangel in Tiefenzonen erklärt werden kann. Der bis zum Grund mit Sauerstoff versorgte Rheinsee stellt eine Ausnahme dar; dort wurden viele Felchen und Trüschen bis in maximale Tiefen gefangen.

Die Bewertung der Fischfauna des Bodensees nach EU-Wasserrahmenrichtlinie wurde anhand von drei unterschiedlichen Verfahren durchgeführt: die deutschen DeLFi-Site- und DeLFi-Type-Ansätze sowie das österreichische ALFI. Alle drei Verfahren ergeben für den Bodensee einen guten ökologischen Zustand (Klasse 2).

Durch die Eutrophierung in den 1960er bis 1980er Jahre wurde die Wasserqualität des Obersees stark beeinträchtigt, wobei sich auch die Fischartenvielfalt im See veränderte. Mindestens eine endemische Felchenart (Kilch) ist dabei ausgestorben. Heute kommen verschiedene gebietsfremde Arten im See vor. Diese, insbesondere der Dreistachlige Stichling, dominierten zum Zeitpunkt der Befischung den Fischbestand des Obersees, während Felchen, die normalerweise in oligotrophen Voralpenseen dominant sind, nur in vergleichsweise geringen Dichten nachgewiesen wurden. Es wird empfohlen, die Situation umfassender zu untersuchen, um diese aussergewöhnlichen Abweichungen vom Ursprungszustand besser zu verstehen.

Stichwörter See – Fische – Biodiversität – Projet Lac – Bodensee

2 Ausgangslage

2.1 Weshalb ein „Projet Lac“

Zur rechtlichen Verpflichtung

Um unsere Umwelt effizient schützen zu können, muss der Zustand der Ökosysteme bekannt sein. In der Europäischen Union besteht diesbezüglich für Fliessgewässer und Seen eine rechtliche Verpflichtung, die in der Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG) geregelt ist. In der Schweiz verpflichtet das Umweltschutzgesetz (USG, SR 814.01) vor dem Bau jeglicher Anlagen, welche die Umwelt beeinträchtigen könnten, eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen, in welcher der Ausgangszustand des Ökosystems bestimmt werden muss (Art. 10*b* USG). Bezüglich der aquatischen Fauna sind die Kantone gemäss Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF, SR 923.01) verpflichtet, den Bund über das Vorhandensein von gefährdeten Arten (Gefährdungsstatus 1-3) zu informieren (Art. 10 VBFG).

In den Alpenrandseen ist die Anwendung der gesetzlichen Verpflichtung oft schwierig. Als Gründe sind insbesondere die Grösse und die Tiefe der Seen aufzuführen, die eine standardisierte Erhebung der Artenvielfalt erschweren. In der Tat ist eher wenig über die Artenvielfalt in den Alpenrandseen bekannt, was auch auf die Fische zutrifft, für welche die Datengrundlage überwiegend auf den Fischfangstatistiken beruht.

Fische als Bioindikator

Die Artenzusammensetzung der Fischgemeinschaft eines Gewässers stellt einen hervorragenden Indikator für den Status eines Ökosystems dar (Karr 1981; Degiorgi und Raymond 2000). Hervorzuheben sind diesbezüglich folgende Punkte:

- Fische sind langlebig und integrieren deshalb Effekte über einen langen Zeitraum.

- Die Habitat-Ansprüche variieren zwischen den verschiedenen Arten und zwischen den verschiedenen Altersstadien innerhalb einer Art.
- Fische nutzen ein weites trophisches Spektrum, das in Form von Anpassungen an unterschiedliche Nahrungsnischen und Schlüsselpositionen in Nahrungsnetzen verdeutlicht wird.
- Verschiedene Fischarten stellen unterschiedlichste Ansprüche an die Wasserqualität.
- Fische erfüllen wichtige Funktionen im Nahrungsnetz.

Um Fischgemeinschaften erfolgreich als Bioindikator nutzen zu können, müssen standardisierte Methoden angewendet werden, die reproduzierbar und somit vergleichbar sind. Da Fischpopulationen sich räumlich verschieben können, müssen die Methoden zudem simultan in allen Bereichen eines Gewässers angewendet werden. Aus diesem Grund ist eine standardisierte Befischung der Seen sehr aufwendig und wurde in der Schweiz vor „Projet Lac“ noch in keinem der grossen und tiefen Alpenrandseen durchgeführt.

Aufgrund dieser Tatsachen, aber auch wegen ihrer ökologischen, ökonomischen, touristischen und sozialen Bedeutung, sollten Fische im Rahmen des Aktionsplans der nationalen Biodiversitätsstrategie eine Priorität sein. Um dies zu erreichen, führte die Eawag mit der Unterstützung verschiedener Partner aus Wissenschaft, Bund, Kantonen und dem Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern erstmals eine standardisierte Aufnahme der Fischfauna der alpinen und voralpinen Seen durch. Dabei wurden von 2010 bis 2014 insgesamt 34 Seen untersucht.

2.2 Zielsetzung

Allgemeine Zielsetzungen

Die allgemeinen Zielsetzungen des Projekts können wie folgt zusammengefasst werden:

- Erhebung des aktuellen Zustandes der Fischbiodiversität in den Alpenrandseen: Zu diesem Zweck werden reproduzierbare und standardisierte Fischfangmethoden angewendet, die einen Vergleich zwischen verschiedenen Seen, beruhend auf wissenschaftlichen Auswertungen der Daten, ermöglichen. Da ein wesentlicher Anteil der Biodiversität von Fischen durch die klassische Taxonomie nicht erfasst wird, werden bei Bedarf genetische Methoden zusätzlich zu der alleine auf äusseren Merkmalen basierenden Taxonomie verwendet.
- Ausarbeiten der Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren und inter- und intraspezifischer Vielfalt.
- Erarbeitung einer Referenzsammlung: Um die Proben für die Wissenschaft und für die Zukunft als Referenzen zu konservieren und zu bewahren, werden mindestens 30 Individuen pro Art und See sowie verschiedene

Proben für genetische und chemische Analysen im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern hinterlegt.

Um die Artenvielfalt innerhalb besonders schwierig oder wenig untersuchter Fischtaxa zu erfassen und um die ökologischen und evolutionären Mechanismen, die der heutigen Artenvielfalt der tiefen Alpenrandseen zu Grunde liegen, zu verstehen, werden zusätzliche wissenschaftliche Arbeiten durchgeführt. Diese bauen auf den im Rahmen der Befischung erhobenen Daten auf, können allerdings nicht abschliessend im Rahmen des vorliegenden Berichtes behandelt werden. Wo immer möglich fliessen bereits vorliegende Resultate in den Bericht ein.

Spezifische Zielsetzung

Der vorliegende Bericht behandelt spezifisch die Resultate der Befischungen, die im Bodensee vom 5. bis 26. September 2014 durchgeführt wurden. Ein Fokus der Auswertungen wird auf die Artenzusammensetzung und die Habitatnutzung der Fische gelegt.

Zusätzlich zu den auch bei anderen Seen angewendeten „Projet Lac“-Auswertungen soll der ökologische Zustand des Bodensees (Obersee und Untersee separat) mit den Bewertungsverfahren der Wasserrahmenrichtlinie (Deutschland, Österreich) beurteilt werden. Es soll dabei geprüft werden, ob die Bewertung des Seezustandes anhand von Fangstatistiken, Fachliteratur und Expertenwissen von der Bewertung mit Daten aus den standardisierten „Projet Lac“-Fängen abweicht und wenn ja, weshalb.

Ausserdem soll geprüft werden, inwieweit der Aufwand der standardisierten CEN-Befischungen reduziert werden kann, ohne dass die Zuverlässigkeit der Abschätzung der Fischzusammensetzung darunter leidet. Die Resultate dieser Prüfung werden in einem separaten Bericht abgehandelt.

3 Methoden

3.1 Chemische und physikalische Messreihen

Für die meisten grossen alpinen Seen werden durch die Behörden regelmässige Messungen von chemischen und physikalischen Parametern durchgeführt. Diese Daten wurden für den Bodensee von der Internationalen Gewässerschutzkommission (IGKB) zur Verfügung gestellt.

3.2 Habitatkartierung

Verteilung der Fische im See ist nicht zufällig

In einem ersten Schritt der Datenerhebung werden die fischrelevanten Habitate kartiert. Das grundlegende Prinzip dabei ist, dass Fische nicht zufällig in den verschiedenen Habitat-Typen gefangen werden, sondern sich je nach Art und Lebensstadium in bestimmten Habitaten oder Tiefen häufiger aufhalten (Degiorgi und Grandmottet 1993). Ein See wird dabei in drei grosse Einheiten unterteilt:

- Die litorale Zone, die im Durchschnitt bis in eine Tiefe von 3 m reicht.
- Die sublitorale Zone, zu der ebenfalls die benthische Zone gerechnet wird.
- Die zentrale Zone, die sich aus pelagialen und profundalen Zonen zusammensetzt.

Die sublitoralen und zentralen Zonen werden anhand der Bathymetrie eines Sees bestimmt. Das Seelitoral des Bodensees wurde bereits sehr detailliert untersucht (IGKB 2009). Es wurde deshalb darauf verzichtet, das ganze Seeufer erneut detailliert zu kartieren.

3.3 Feldaufnahmen der Fische

Vier Protokolle wurden simultan durchgeführt (Abbildung 3-1):

Verschiedene sich ergänzende Methoden

a) Die Echolotuntersuchungen wurden von Prof. Reiner Eckmann in Zusammenarbeit mit Markus Pehr und Hendrik Thiele im September 2014 parallel zu den Befischungen durchgeführt. Um den Fischbestand der beiden Seen repräsentativ zu erfassen (ab einer Tiefe von fünf Metern), wurde ein Befahrungsdesign gewählt, das erlaubt, den Fischbestand mit der nötigen Präzision abzuschätzen. Die entscheidende Kennzahl hierfür ist der Variationskoeffizient. Dieser ist abhängig vom Grad der Abdeckung, welche definiert ist als $\lambda = D/\sqrt{A}$ (D = Summe der Transektlängen, A = Fläche des Gebiets (Simmonds und Maclennan 2008)). Um eine ausreichende Präzision der Daten zu gewährleisten wird ein λ von mindestens 4 gefordert. Diesem Anspruch wurde Folge geleistet. Die gewonnenen Daten erfassten die Fischbestände des Obersees und des Untersees somit mit genügender Präzision und sind untereinander vergleichbar.

   Die Echolotaufzeichnungen wurden bei einer Fahrtgeschwindigkeit von ca. 10 km/h durchgeführt. Alle Daten wurden mit einem Split-beam-Echolot der Marke Simrad EY60 erhoben, das mit einer Frequenz von 120 kHz arbeitet. Fischgrössen können damit, sofern die Fischart und ihr Zusammenhang mit der Signalstärke bekannt sind, direkt gemessen und Fischbiomassen abgeschätzt werden. Das Echolot wurde von einem Laptop gesteuert, auf dem die hydroakustischen Daten zusammen mit GPS Koordinaten abgespeichert wurden. Das Echolotsystem wurde vor jeder Ausfahrt mit einer Metallkugel gemäss den Herstellerangaben kalibriert.

Die gewonnenen Rohdaten wurden mit der Software SONAR5-Professional ver. 6.0.3 (Balk und Lindsem 2014) bearbeitet. Zur Korrektur der vom System erfassten Wassertiefe der Fischechos wurde die Tiefe, in welcher der Echolotschwinger im Wasser angebracht war, berücksichtigt und aktuelle Temperaturprofile der Seen hinterlegt. Störechos (z.B. vom Grund aufsteigende Methanblasen) wurden vor der Auswertung manuell entfernt, und die von der Software identifizierte Bodenlinie wurde bei Bedarf korrigiert. Die Echostärken wurden nach einer Echostärke-Fischlängenbeziehung berechnet, die für die Kleine Maräne *Coregonus albula* von Mehner (2006) aufgestellt wurde. Die Längenschätzungen der Kleinfische sind also mit Vorsicht zu interpretieren. Die gewonnenen Daten wurden mit der GIS-Software SURFER 9 in Form von Isoplethen dargestellt.

b) Fische wurden mit zwei verschiedenen Kiemennetzmethoden gefangen. Die erste entspricht einer für Befischungen im Rahmen der WRRL anerkannten Methode (EN 14757; im Dokument als CEN-Methode angesprochen; Comité Européen de Normalisation 2005), die eine zufällige Verteilung der Netze vorsieht (Appelberg 2000). Die zweite Methode (im Dokument als Vertikal-Methode bezeichnet) wurde an der Universität Besançon ausgearbeitet und durch die Eawag weiter entwickelt. Dabei wurden im Pelagial mit vertikalen Netzen und am Ufer mit benthischen Netzen die vorhandenen Habitate gezielt befischt (Degiorgi 1994). Die benutzte Netzfläche und die Befischungszeit wurden anschliessend für die Standardisierung der Daten herangezogen.

c) Alle Uferhabitate mit geringen Wassertiefen (<1m) wurden elektrisch befischt. Dabei wurde an jedem Standort nur ein Durchgang entweder watend oder mit dem Boot durchgeführt. Die befischte Fläche wurde anschliessend für die Standardisierung der Daten herangezogen.

Fische für das Museum

Die gefangenen Fische wurden identifiziert (wenn immer möglich auf Artniveau), vermessen, gewogen, fotografiert und für die Gewebeprobeentnahme sowie die Konservierung im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern vorbereitet (Abbildung 3-2).

Beispiel der Probenahmestrategie

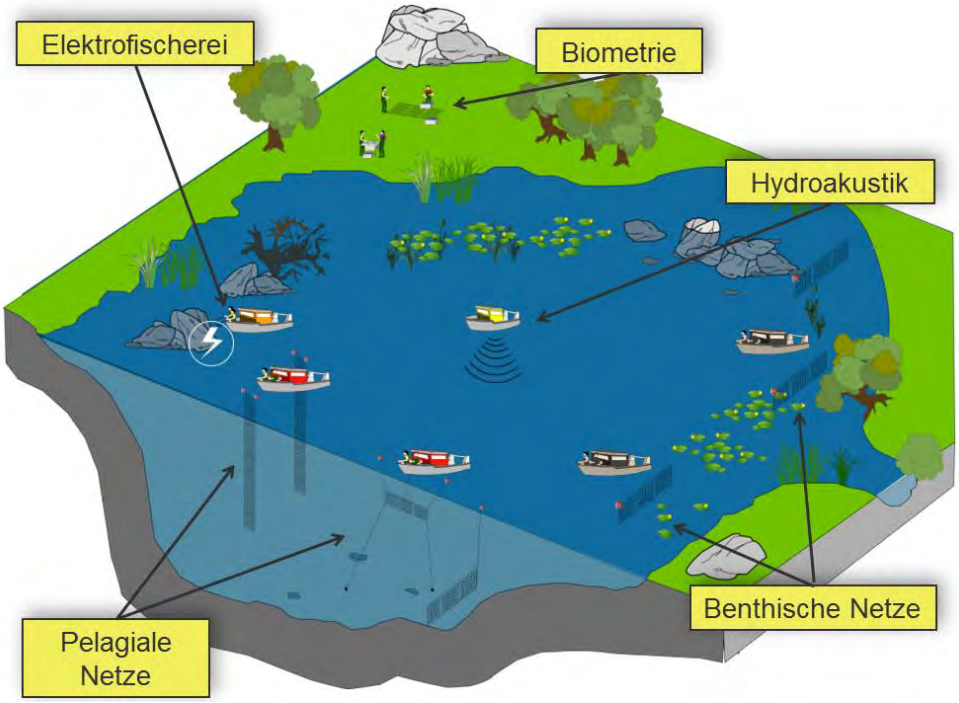

Abbildung 3-1. Illustration der verschiedenen Protokolle der Fischprobenahme (Zeichnung © M. Goguilly).

Abbildung 3-2. Vermessen eines Fisches (links) und Präparation eines Fisches für die Museumssammlung.

3.4 Fischfangstatistiken

Die Resultate der „Projet Lac“-Fänge wurden mit den Fängen der Angel- und Berufsfischerei verglichen. Die Fangstatistiken wurden von der Fischereiforschungstelle Langenargen (FFS-BW) und der Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF) zur Verfügung gestellt.

4 Resultate und Diskussion

4.1 Physikalische und Chemische Daten

Untersee wärmer als Obersee

Die Temperaturmessungen des Bodensees zeigen, dass die Oberflächentemperaturen die 20°C-Marke im Sommer übersteigen. Diese Temperatur wurde 2014 im Obersee von Juli bis September übertroffen und im Untersee von Juli bis Oktober (Abbildung 4-1). Die 2014 maximal gemessene Oberflächentemperatur lag im Pelagial des Obersees bei 20.7°C und des Untersees bei 21.3°C. Seit Messbeginn (1964) lagen die höchsten im Obersee gemessenen Temperaturen bei 24.4°C (1964) bzw. 24.2°C (2003). Im Untersee lag diese bei 27.1°C (2003). Der weniger tiefe (47m) Untersee erwärmt sich somit in den Sommermonaten an der Oberfläche etwas mehr. Der Obersee ist deutlich tiefer (maximale Tiefe 254 m) und erwärmt sich an der Oberfläche etwas weniger. Ein in der Bregenzer Bucht seit 1979 durchgeführtes Temperatur-Monitoring, zeigt eine deutliche Erwärmung des ufernahen Wassers. Von 1979 bis heute erhöhte sich die monatliche Durchschnittstemperatur um 2°C (Daten: Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft).

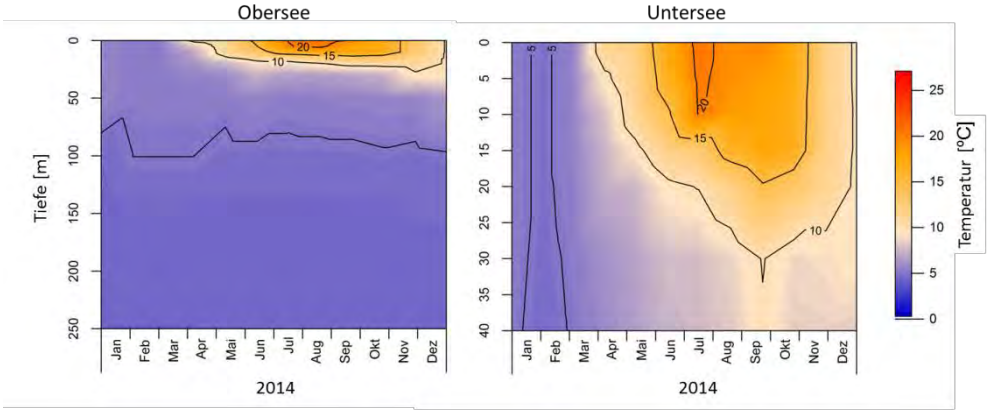

Abbildung 4-1. Temperaturprofile die 2014 im Bodensee gemessen wurden (links Obersee, rechts Untersee). Daten: IGKB.

Sauerstoffzehrung im Untersee

Die Sauerstoffmessungen zeigen (Abbildung 4-2, Abbildung 4-3), dass heute im Obersee alle Seetiefen zu jeder Jahreszeit ausreichend mit Sauerstoff versorgt sind. Dies ist auch in Jahren mit unvollständiger Zirkulation der Fall (IGKB 2014). Im Gegensatz dazu leidet der Untersee in den unteren Wasserschichten an einem Sauerstoffdefizit. Dieses Defizit tritt, wie in anderen stratifizierten und eutrophen Seen, im Hypolimnion auf (Müller et al. 2012).

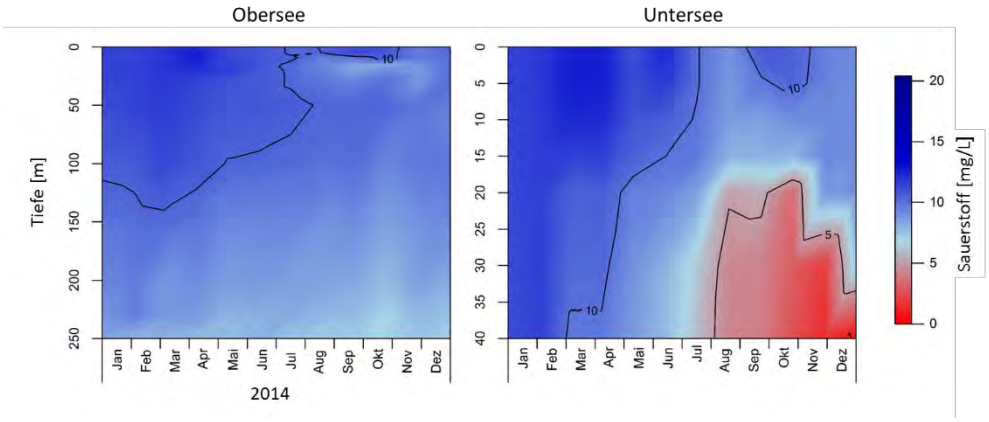

Abbildung 4-2. Sauerstoffprofile vom Bodensee von 2014 (links Obersee, rechts Untersee). Daten: IGKB.

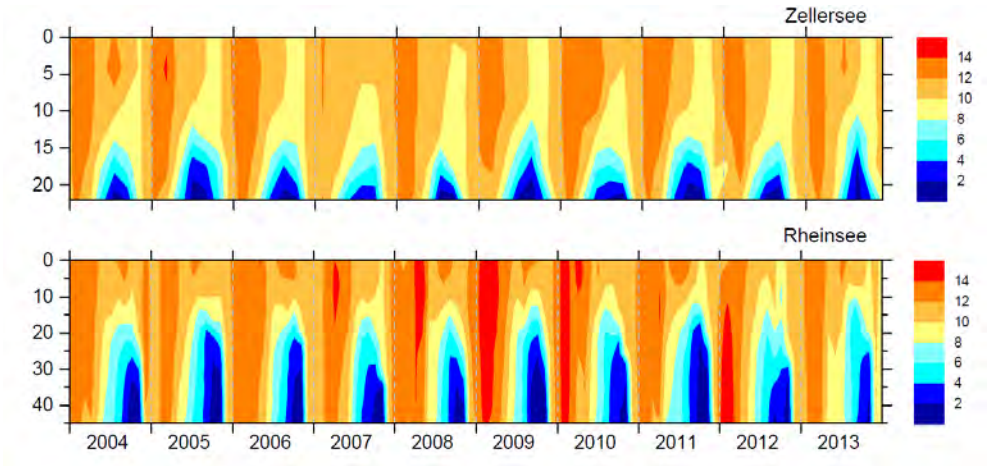

Abbildung 4-3. Entwicklung der Sauerstoffwerte (mg/L) 1m oberhalb des Seegrundes für zwei Messstationen am Untersee. Abbildung adaptiert von IGKB (2014).

Nährstoffgradienten im Ober- und Untersee

Äusserst interessant ist die Orthophosphatverteilung im See. Die Orthophosphat-Konzentration im Meta- und Epilimnion ist in der Bregenzer Bucht höher als in der Seemitte und auch höher als im Überlinger See (Abbildung 4-4). Die Einmündungen vom Alpenrhein und von der Bregenzerach scheinen für diese Erhöhung verantwortlich zu sein (IGKB 2014). Die für die Primärproduktion verfügbaren Nährstoffe sind also nicht homogen im See verteilt.

Im Untersee ist eine ähnliche Verteilung zu beobachten. Hier ist der Phosphorgehalt im Zellersee höher als im Rheinsee (Abbildung 4-4). Dies wird insbesondere auf Phosphorfreisetzung aus den Sedimenten des flacheren Zellersees zurückgeführt (IGKB 2014).

Die Vertikalverteilung von Orthophosphat wird überwiegend von der Produktion bzw. dem Abbau von Biomasse und von den jährlichen Zirkulationsereignissen bestimmt.

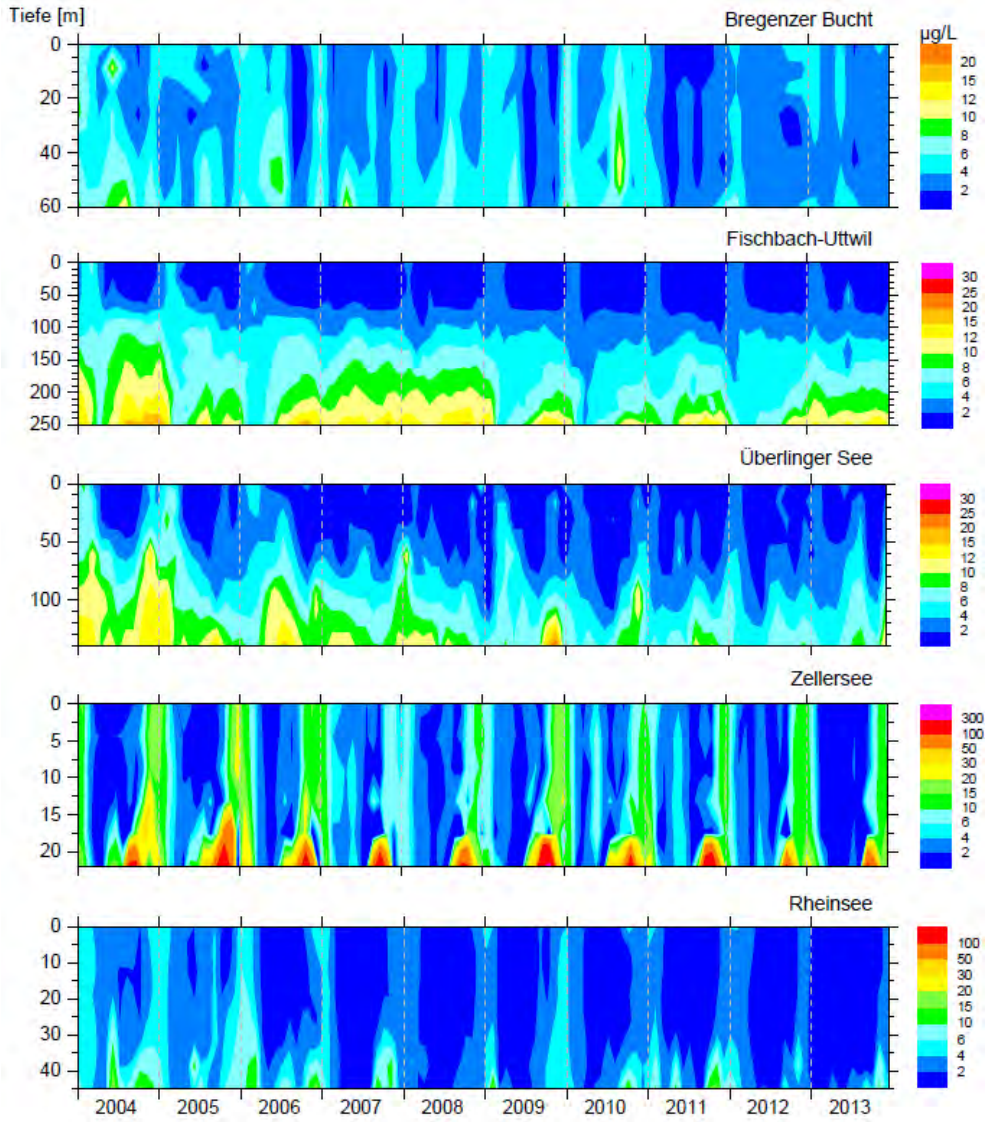

Abbildung 4-4. Orthophosphat (PO_4) gemessen bei den Messstationen der Bregenzer Bucht, in Seemitte (Fischbach-Uttwil) und im Überlinger See vom Obersee, sowie bei den Messstationen Zellersee und Rheinsee im Untersee. Abbildung adaptiert von IGKB (2014).

Auffallend sind die Zunahme und die Akkumulation von Chlorid im Wasser des Bodensees (Abbildung 4-5). Hauptquellen sind vermutlich auch im Bodensee Streusalz (52%), Abwasser (23%) und Landwirtschaft (11%) (Müller und Gächter 2012). Die möglichen Effekte auf aquatische Ökosysteme sind noch ungenügend abgeklärt (Hunt et al. 2012). In internationalen Studien wurden bei ähnlichen Konzentrationen erste Auswirkungen auf Fische dokumentiert (Meador und Carlisle 2007).

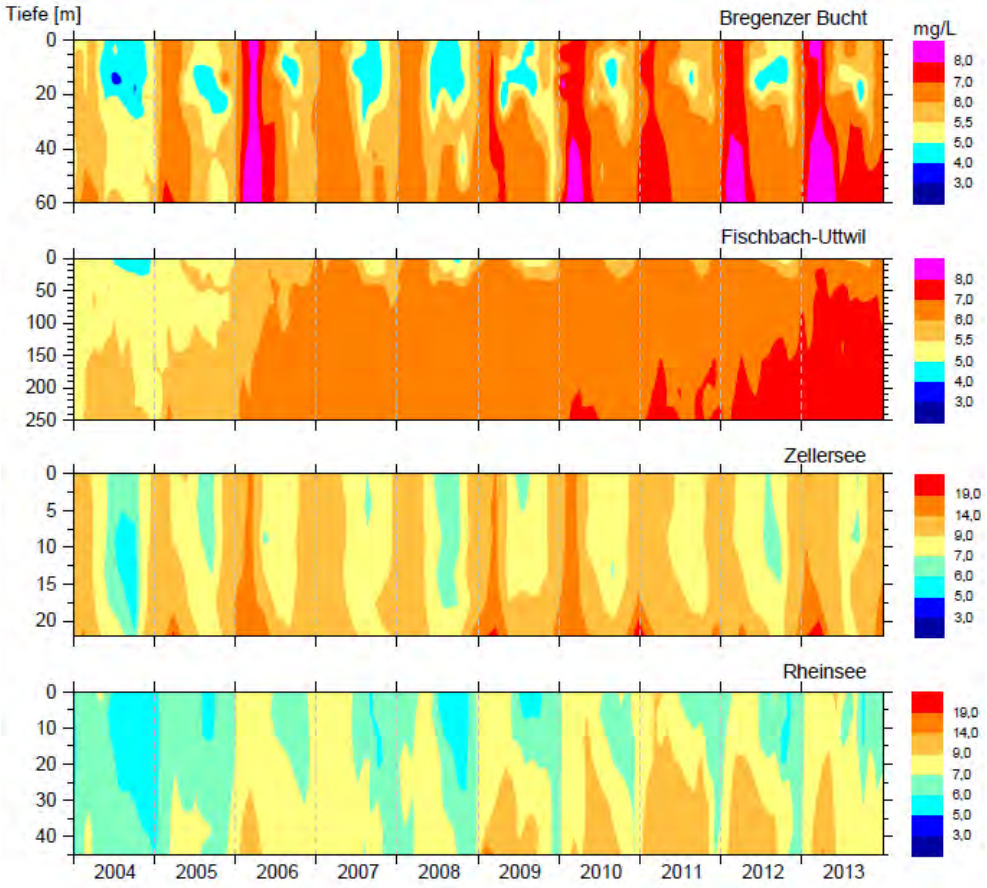

Abbildung 4-5. Chloridkonzentration gemessen in der Bregenzer Bucht, in der Seemitte (FU) im Obersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee. Abbildung adaptiert von IGKB (2014).

4.2 Habitatkartierung

Da für den Bodensee bereits eine sehr ausführliche Studie über den Zustand des Litorals durchgeführt worden war (IGKB 2009), wurde auf die erneute Kartierung aller litoralen Habitate verzichtet. Um die Standorte für die habitatspezifischen Befischungen trotzdem festlegen zu können, wurden gezielt einige Standorte der unterschiedlichen Habitattypen kartiert (Abbildung 4-6). Diese Karteninformation wurde für das Auslegen der Vertikalnetze in ufernahen Regionen verwendet.

Im Bodensee sind mittelsteile Ufer am häufigsten vertreten (IGKB 2009). Ausgeprägte Steiluferbereiche sind im Bodensee eher selten und kommen vor allem im Überlinger See (IGKB 2009) vor. Auffallend ist dabei, dass Flachufer oft naturnah sind, während steilere Ufer meist stark verbaut sind (IGKB 2009). Die gleiche Tendenz wurde bei der Substratzusammensetzung der Ufer beobachtet. Ein starkes Defizit besteht beim Totholzanteil entlang des Ufers (IGKB 2009). Aufgrund der vielen Steganlagen, Hafenbereiche, Schwimmplätze und anderer Einbauten ist die Uferlinie des Sees stark verbaut: nach der IGKB (2009) sind 45% der 273 km langen Uferlinie stark oder sehr stark beeinträchtigt (Abbildung 4-7). Dennoch sind nach wie vor relativ diverse Uferbereiche aufzufinden. Teilweise sind ausgedehnte Kieselstrände (insbesondere am Ostufer) oder Reste von

Schilfbeständen (insbesondere am Westufer und im Untersee) zu finden. Zu erwähnen ist, dass der Bodenseepegel nicht reguliert wird, was dem Erhalt der Uferhabitate zu Gute kommt (Abbildung 4-6).

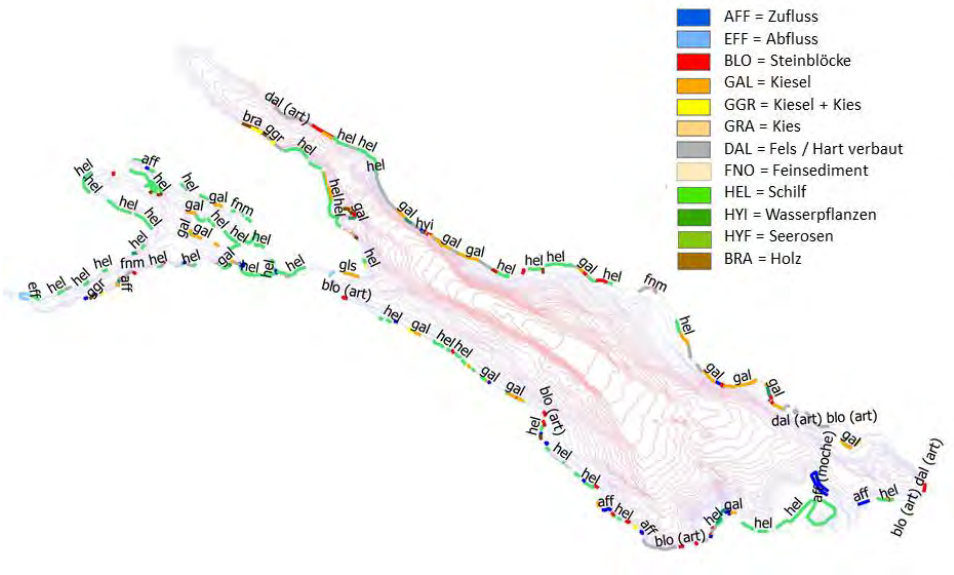

Abbildung 4-6. Verteilung der litoralen Habitate für die habitatspezifischen Ufernetze im Bodensee.

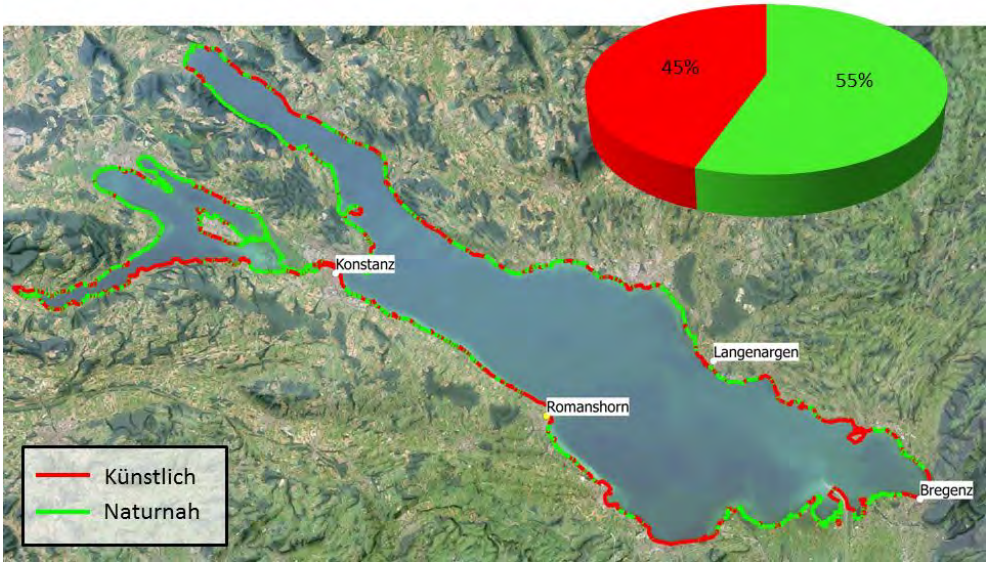

Abbildung 4-7. Kartierung der anthropogen beeinflussten und weitgehend naturnahen Uferzonen im Bodensee (Grün Klassen 1-3, Rot Klassen 4-5 (IGKB 2009)).

4.3 Standardisierte Befischung

4.3.1 Standorte der Probenahmen

524 Befischungs-aktionen

An vierzehn Tagen über dreieinhalb Wochen verteilt wurden im Bodensee insgesamt 218 benthische CEN-, 44 pelagische CEN-, 101 uferhabitatspezifische Vertikal-, und 53 pelagische Vertikal-Netze jeweils über Nacht gesetzt. Zusätzlich wurden 108 Uferstrecken elektrisch befischt. Insgesamt wurden somit 524 Befischungsaktionen durchgeführt (Abbildung 4-8, Abbildung 4-9).

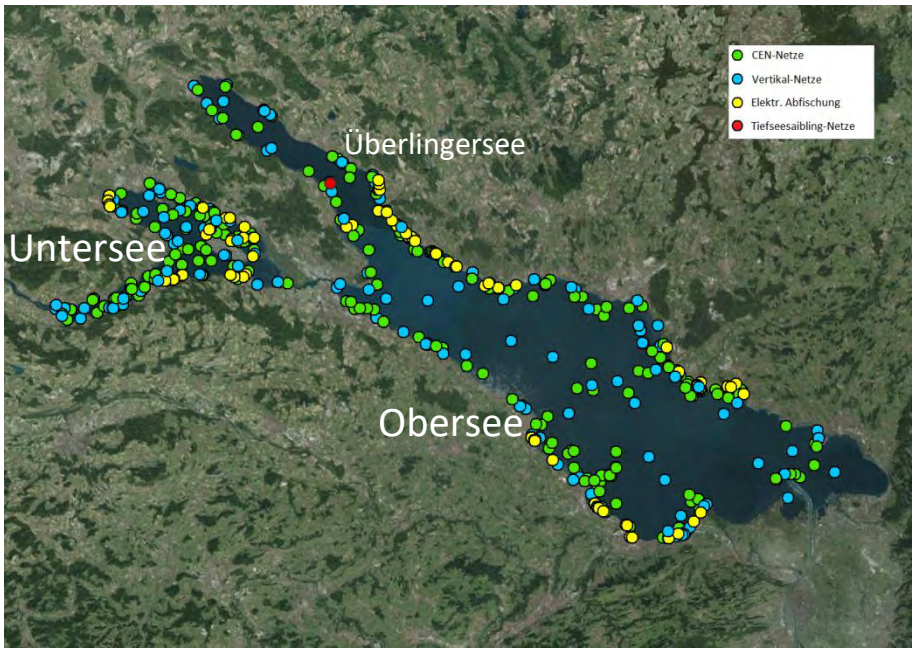

Abbildung 4-8. Karte der Befischungsstandorte im Bodensee (Luftaufnahmen © Swisstopo).

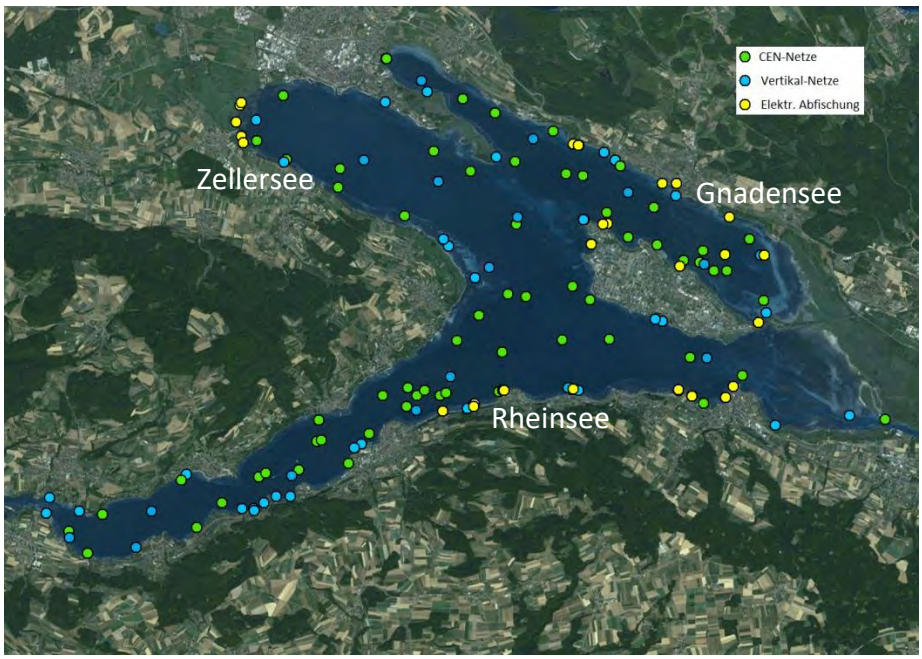

Abbildung 4-9. Karte der Befischungsstandorte im Untersee (Luftaufnahmen © Swisstopo).

4.3.2 Abundanz, Biomasse und Artenvielfalt

4.3.2.1 Obersee

Mindestens 27 Fischarten im Obersee

Insgesamt wurden im Obersee 11‘721 Individuen von mindestens 27 Fischarten gefangen (Felchen, von denen mit Gewissheit mehrere Arten vorkommen, sowie Flussbarsche und Dreistachlige Stichlinge, von denen möglicherweise mehrere Arten oder Ökotypen vorkommen, wurden in dieser Tabelle nicht nach Arten aufgetrennt; Tabelle 4-1, Abbildung 4-10). Bei den Felchen wurden aufgrund des äusseren Erscheinungsbildes mit hoher Wahrscheinlichkeit drei Arten gefangen: Blaufelchen, Gangfisch und Sandfelchen. Da aber viele Individuen anhand der Morphologie im Feld nicht zugeordnet werden konnten, werden hier die verschiedenen Felchenarten insgesamt unter dem Begriff „Felchen“ zusammengefasst.

Tabelle 4-1. Artenzusammenstellung nach Anzahl der gefangenen Individuen pro Art für die beiden Seen und die verschiedenen standardisierten Fangmethoden.

Anzahl Individuen		Obersee				Untersee			
Deutsch	**Lateinisch**	**CEN**	**Elektrisch**	**Vertikal**	**Total**	**CEN**	**Elektrisch**	**Vertikal**	**Total**
Egli / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	4850	79	719	5648	1437	19	217	1673
Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	2018	4	434	2456	228	18	3	249
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	1552	2	147	1701	78	-	16	94
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	98	270	119	487	7	7	10	24
Rotauge	*Rutilus rutilus*	254	49	96	399	49	-	38	87
Laube	*Alburnus alburnus*	134	155	73	362	13	13	6	32
Blicke	*Blicca bjoerkna*	67	46	27	140	18	14	-	32
Felchen	*Coregonus spp.*	54	-	63	117	77	-	132	209
Trüsche	*Lota lota*	38	53	9	100	4	17	5	26
Alet / Döbel	*Squalius cephalus*	23	37	31	91	1	127	19	147
Bartgrundel	*Barbatula barbatula*	32	19	-	51	6	17	35	58
Zander	*Sander lucioperca*	22	-	4	26	2	-	-	2
Brachse	*Abramis brama*	9	14	5	28	20	53	5	78
Hecht	*Esox lucius*	8	10	3	21	7	6	2	15
Aal	*Anguilla anguilla*	-	20	-	20	-	3	-	3
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	7	-	8	15	12	30	7	49
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	6	-	5	13	-	-	-	-
Schleie	*Tinca tinca*	2	8	1	11	12	11	6	29
Gründling	*Gobio gobio*	1	9	-	10	-	-	-	-
Groppe	*Cottus gobio*	3	5	-	8	-	-	1	1
Forelle	*Salmo trutta*	-	3	3	6	-	4	-	4
Karpfen	*Cyprinus carpio*	1	1	2	4	3	16	1	20
Giebel	*Carassius gibelio*	-	-	2	2	-	-	-	-
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	2	-	-	2	-	-	-	-
Regenbogenforelle	*Oncorhynchus mykiss*	-	-	1	1	-	-	-	-
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	-	1	-	1	-	2	-	2
Wels	*Silurus glanis*	-	1	-	1	-	3	-	3
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	-	-	-	1	1
Gesamtzahl		**9181**	**786**	**1752**	**11721**	**1974**	**360**	**504**	**2838**
Anzahl Arten		21	20	20	27	17	17	17	23

Über alle Fangmethoden gesehen waren Flussbarsche mit 5648 gefangenen Individuen am häufigsten vertreten. Ebenfalls sehr häufig vertreten waren die gebietsfremden Stichlinge (N=2456) und die gebietsfremden Kaulbarsche (N=1701). Für einen grossen Voralpensee waren die Felchenfänge für den betriebenen Aufwand im Obersee (N=117), auch im Vergleich zum Untersee der mit weniger Aufwand befischt wurde (N=209), gering.

Die gesamte Biomasse des Fanges im Obersee betrug 237,3 kg (Tabelle 4-2). Die Flussbarsche stellten erneut den grössten Anteil (72,6 kg), gefolgt von Alet/Döbel (35,5 kg) und den gebietsfremden Kaulbarschen (26,3 kg). Die Biomasse der effektiv gefangenen Felchen (alle Arten zusammen) betrug lediglich 14,4 kg. Der

Alet und das Egli sind bei der Biomasse dominant, weil im Litoral, dem bevorzugten Habitat dieser Arten, eher viele Netze gesetzt wurden. Weiter unten werden die Fänge noch für den Befischungsaufwand von unterschiedlichen Habitaten korrigiert, was den effektiven Fischbestand etwas besser widerspiegelt und die hohe Biomasse von Egli und Alet etwas relativiert (siehe Abbildung 4-12 und Abbildung 4-13).

4.3.2.2 Untersee

Mindestens 23 Fischarten im Untersee

Insgesamt wurden im Untersee 2'838 Fische und mindestens 23 Fischarten (Felchen nicht nach Arten aufgetrennt, siehe oben) gefangen (Tabelle 4-1). Über alle Fangmethoden gesehen waren Flussbarsche in den „Projet Lac"-Fängen auch im Untersee mit 1'673 gefangenen Individuen am häufigsten vertreten. Ebenfalls sehr häufig vertreten waren die gebietsfremden Stichlinge (N=249) und die Felchen (N=209). Im Vergleich zum Obersee wurden im Untersee keine Seesaiblinge, Gründlinge, Giebel und Regenbogenforellen gefangen.

Die gesamte Biomasse des Fanges im Untersee betrug 66,7 kg (Tabelle 4-2, Abbildung 4-11). Die Flussbarsche stellten erneut den grössten Anteil (19,77 kg), gefolgt von den Felchen (13,76 kg, Arten nicht aufgetrennt).

Tabelle 4-2. Artenzusammenstellung nach Biomasse (kg) der gefangenen Arten für die beiden Seen und die verschiedenen Fangmethoden (Felchen nicht nach Arten aufgetrennt).

Biomasse (kg)		**Obersee**				**Untersee**			
Deutsch	**Lateinisch**	**CEN**	**Elektrisch**	**Vertikal**	**Total**	**CEN**	**Elektrisch**	**Vertikal**	**Total**
Egli / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	61.58	1.45	9.56	72.59	16.94	0.34	2.49	19.77
Alet / Döbel	*Squalius cephalus*	8.19	5.47	21.83	35.49	0.45	1.12	6.30	7.86
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	23.64	0.01	2.73	26.38	0.94	-	0.44	1.38
Rotauge	*Rutilus rutilus*	10.02	0.85	4.44	15.31	1.04	-	1.13	2.17
Felchen	*Coregonus spp.*	7.57	-	6.88	14.45	6.02	-	7.74	13.76
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	4.88	0.89	4.77	10.54	0.42	0.04	0.75	1.20
Karpfen	*Cyprinus carpio*	2.94	3.13	3.71	9.78	1.00	4.02	0.00	5.03
Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	7.33	0.01	1.95	9.28	0.24	0.02	0.01	0.27
Zander	*Sander lucioperca*	0.60	-	7.67	8.27	0.10	-	-	0.10
Blicke	*Blicca bjoerkna*	3.36	0.16	3.45	6.97	0.13	0.04	-	0.17
Hecht	*Esox lucius*	2.52	3.09	0.38	5.98	1.50	0.46	0.19	2.15
Trüsche	*Lota lota*	4.05	0.98	0.53	5.57	0.23	1.71	0.32	2.26
Aal	*Anguilla anguilla*	-	5.10	-	5.10	-	0.64	-	0.64
Laube	*Alburnus alburnus*	1.18	0.19	1.00	2.38	0.05	0.02	0.07	0.14
Forelle	*Salmo trutta*	-	0.44	1.64	2.08	-	0.52	-	0.52
Giebel	*Carassius gibelio*	-	-	1.97	1.97	-	-	-	-
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	1.24	-	0.59	1.83	-	-	-	-
Regenbogenforelle	*Oncorhynchus mykiss*	-	-	1.28	1.28	-	-	-	-
Schleie	*Tinca tinca*	0.40	0.07	0.30	0.76	0.62	0.26	3.27	4.15
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	0.16	-	0.15	0.32	1.09	0.29	0.40	1.78
Brachse	*Abramis brama*	0.24	0.05	0.06	0.36	0.07	0.08	0.02	0.17
Bartgrundel	*Barbatula barbatula*	0.14	0.09	-	0.22	0.01	0.04	0.02	0.07
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	0.18	-	-	0.18	-	-	-	-
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	-	0.06	-	0.06	-	0.04	-	0.04
Gründling	*Gobio gobio*	0.01	0.05	-	0.06	-	-	-	-
Groppe	*Cottus gobio*	0.01	0.03	-	0.05	-	-	0.12	0.12
Wels	*Silurus glanis*	-	0.02	-	0.02	-	0.03	-	0.03
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	-	-	-	2.93	2.93
Gesamtgewicht (kg)		**140.3**	**22.14188**	**74.88**	**237.28**	**30.8**	**9.6**	**26.2**	**66.7**
Anzahl Arten		21	20	20	27	17	17	17	23

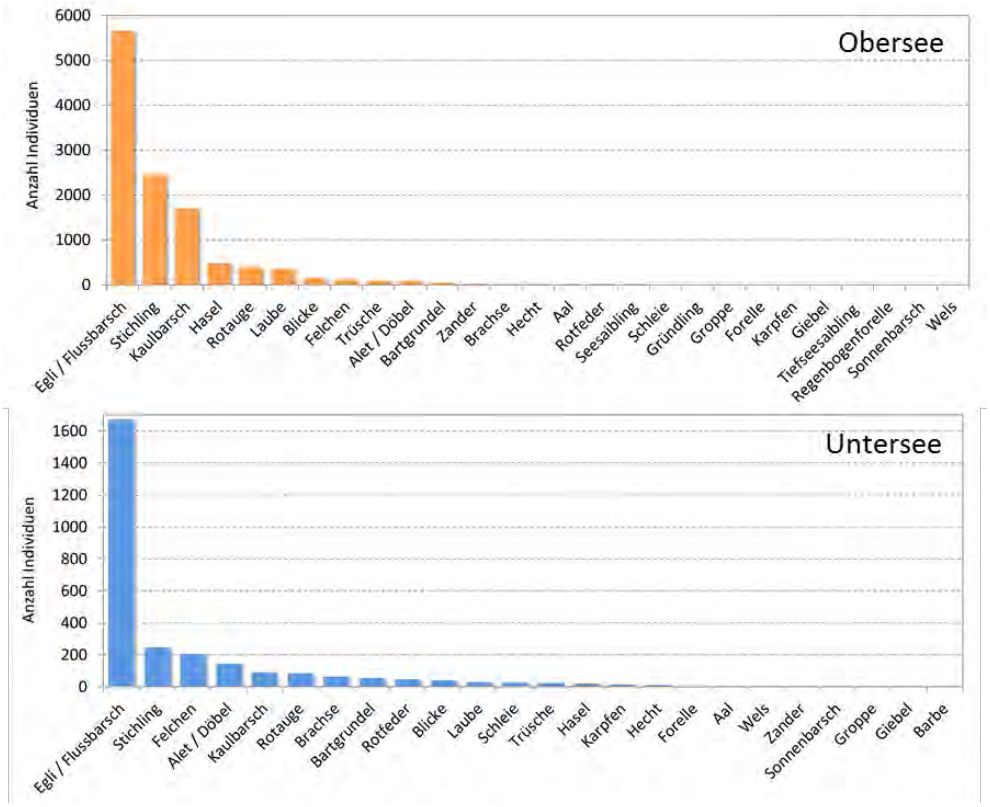

Abbildung 4-10. Grafische Darstellung der im Rahmen von „Projet Lac“ gefangenen Anzahl Fische im Bodensee.

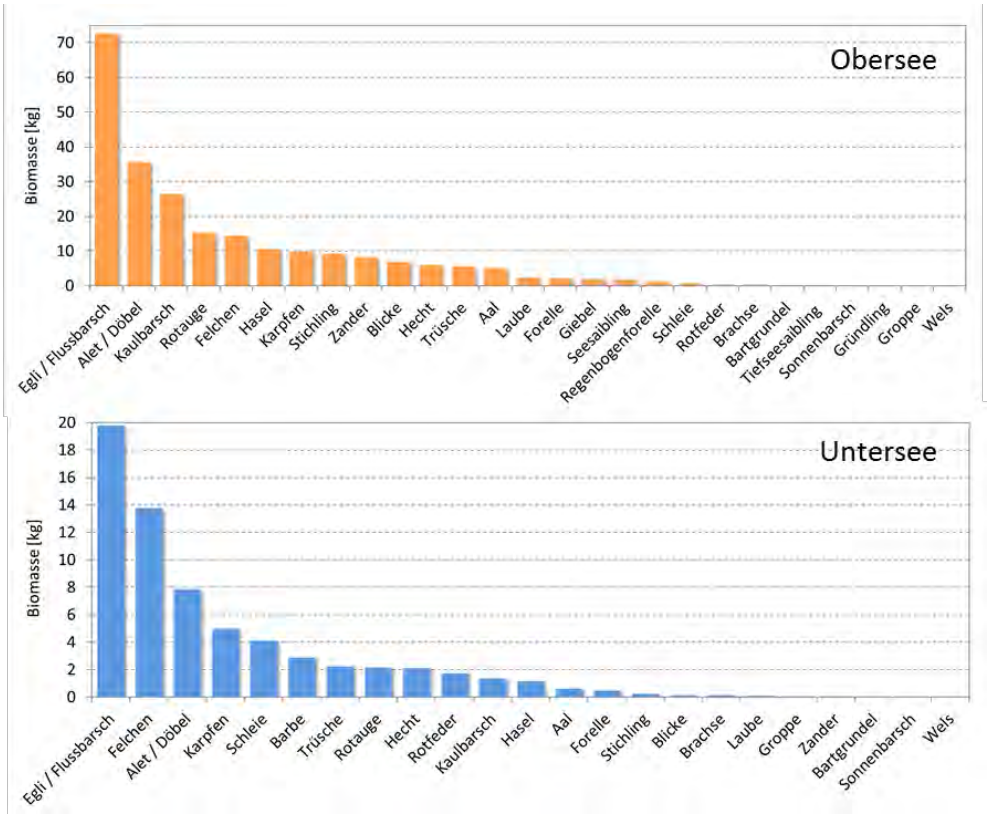

Abbildung 4-11. Grafische Darstellung der im Rahmen vom „Projet Lac“ gefangenen Fischbiomasse (in kg) im Bodensee (Obersee oben; Untersee unten; Felchen nicht nach Arten aufgetrennt).

Die Fische und die Netze sind nicht gleichmässig im See verteilt. Anhand der vorliegenden Daten können die Häufigkeit und die Biomasse der einzelnen gefangenen Fischarten für die Verfügbarkeit der verschiedenen Habitate korrigiert werden. Dabei wird der berechnete CPUE (Anzahl Fische pro Netzfläche und Zeiteinheit) mit der Häufigkeit (gemessen als Anteil vom Seevolumen) der einzelnen Habitate verrechnet (Alexander et al. 2015). Die artspezifische Fangwahrscheinlichkeit in den Netzen konnte nicht berücksichtigt werden. Es handelt sich um den Versuch einer Annäherung an die tatsächlichen Fischbestandsverhältnisse im See. Dabei ergibt sich, dass der Dreistachlige Stichling im Obersee in der Abundanz dominiert, vor den Flussbarschen und den Felchen. Im Untersee dominiert der Flussbarsch vor den Felchen und den Rotaugen (Abbildung 4-13).

Dominanter Stichling im Obersee

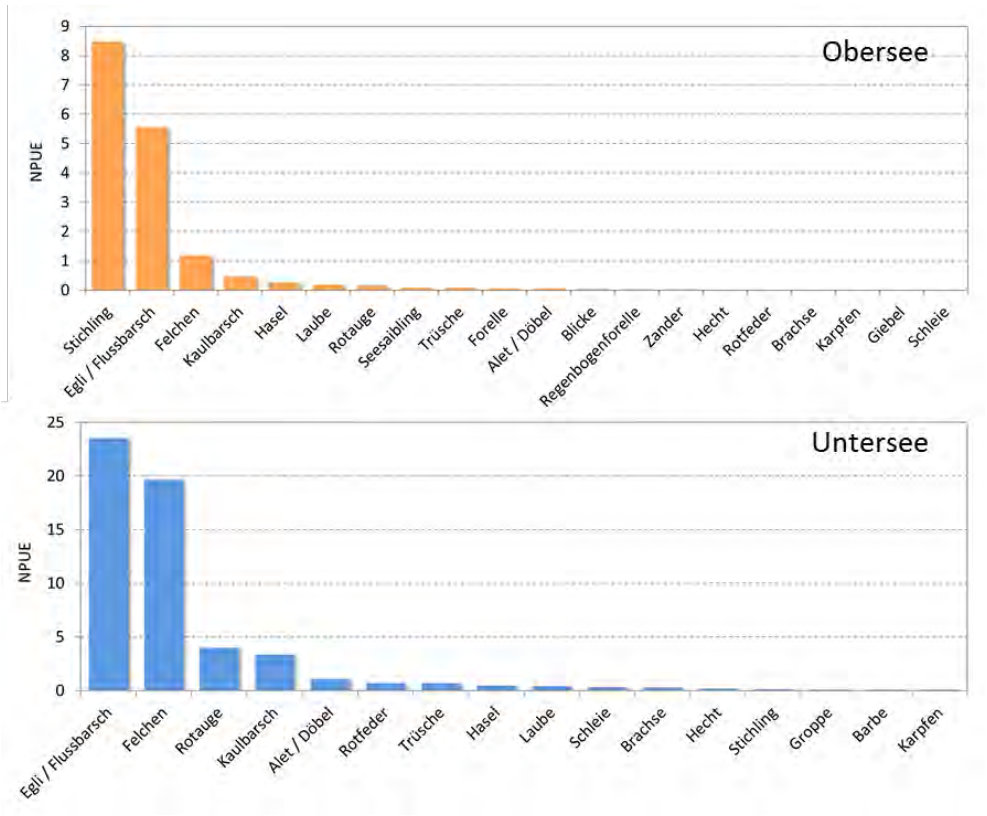

Abbildung 4-12. Die Anzahl der im Obersee (oben) und Untersee (unten) mit den Vertikalnetzen gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit. NPUE = Anzahl Fische pro Quadratmeter Netz pro 14 Stunden Einsatz (vgl. Methodenbeschrieb in Alexander et al. (2015)).

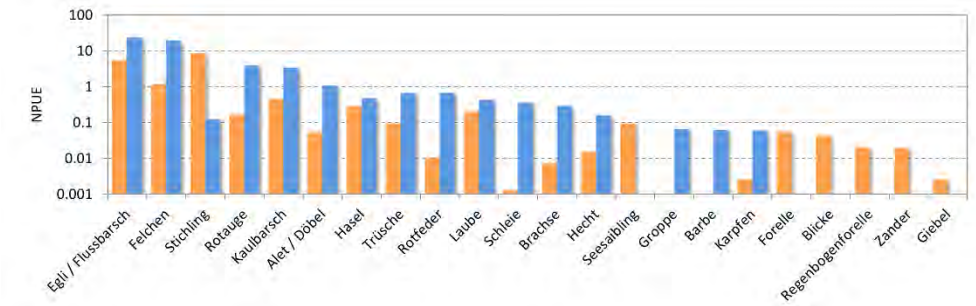

Abbildung 4-13. Vergleich der Anzahl im Obersee (orange) und Untersee (blau) mit den Vertikalnetzen gefangenen Fische, korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit. NPUE = Anzahl Fische pro Quadratmeter Netz für 14 Stunden Einsatz (vgl. Methodenbeschrieb in Alexander et al. (2015)). Die Y-Achse ist in logarithmischer Skala dargestellt, um die Unterschiede erkennbar darzustellen.

4.3.3 Museumssammlung

Von den gefangenen Fischen wurden 346 Individuen vom Obersee und 161 Individuen vom Untersee in die Museumssammlung des Naturhistorischen Museums der Burgergemeinde Bern aufgenommen (Tabelle 4-3). Weitere Proben für genetische Untersuchungen wurden in die Sammlungen der Eawag und der Fischereiforschungsstelle Langenargen (Baden-Württemberg) aufgenommen, sind aber noch nicht abschliessend aufgearbeitet, weshalb die Anzahl noch unklar ist. Es wurden insgesamt 2330 standardisierte Fotos erstellt.

Tabelle 4-3. Liste der im naturhistorischen Museum von Bern aufbewahrten Fischen oder Proben.

Sammlung		**Obersee**		**Untersee**	
Fischart		**Ganzer Fisch**	**DNS Proben**	**Ganzer Fisch**	**DNS Proben**
Brachse	*Abramis brama*	9	10	14	21
Laube	*Alburnus alburnus*	22	84	11	17
Aal	*Anguilla anguilla*	5	5	0	0
Bartgrundel	*Barbatula barbatula*	15	28	6	11
Barbe	*Barbus barbus*	0	0	1	1
Blicke	*Blicca bjoerkna*	10	52	0	6
Giebel	*Carassius gibelio*	2	2	1	1
Felchen	*Coregonus spp.*	23	23	10	10
Groppe	*Cottus gobio*	6	6	0	1
Karpfen	*Cyprinus carpio*	2	2	10	10
Hecht	*Esox lucius*	17	18	12	12
Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	26	53	5	24
Gründling	*Gobio gobio*	9	11	0	0
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	19	126	7	35
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	1	1	2	2
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	24	104	5	9
Trüsche	*Lota lota*	25	45	2	10
Regenbogenforelle	*Oncorhynchus mykiss*	1	1	0	0
Egli / Flussbarsch gelb	*Perca fluviatilis*	20	370	8	108
Egli / Flussbarsch orange	*Perca fluviatilis*	5	5	1	1
Egli / Flussbarsch rot	*Perca fluviatilis*	3	3	0	0
Rotauge	*Rutilus rutilus*	22	115	8	40
Forelle	*Salmo trutta*	6	6	4	4
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	18	18	0	0
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	7	7	0	0
Zander	*Sander lucioperca*	14	25	2	2
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	9	14	19	23
Wels	*Silurus glanis*	1	1	3	3
Alet / Döbel	*Squalius cephalus*	18	54	11	22
Schleie	*Tinca tinca*	7	8	19	21
Total		**346**	**1197**	**161**	**394**

4.3.4 Historische und heutige Artenvielfalt

4.3.4.1 Obersee

Im Rahmen des „Projet Lac“ wurden im Obersee insgesamt möglicherweise 29 Fischarten gefangen (bei den Felchen wurden drei endemische Arten berücksichtigt, Tabelle 4-4). Vor 1900 wurden im Bodensee 31 Arten dokumentiert (Eckmann und Rösch 1998). Dazu gehören auch der Zander und das Moderlieschen, die als nicht einheimisch betrachtet werden, aber schon vor 1900 eingeführt wurden (Eckmann und Rösch 1998). Von diesen 31 Arten wurden im „Projet Lac“ im Jahr 2014 23 gefangen. Sieben der ursprünglich vorhandenen Arten sowie das Moderlieschen wurden nicht gefangen. Zusätzlich zu der Artenliste von Eckmann und Rösch (1998) wurden die einheimischen Arten Giebel und Tiefseesaibling im Rahmen des Projet Lac dokumentiert.

Zu den sieben ursprünglich vorhandenen Arten, die im „Projet Lac“ nicht gefangen wurden, gehört der endemische Kilch. Dieser ist wegen des Verlusts der Tiefenhabitate durch Sauerstoffmangel während der Eutrophierung des letzten Jahrhunderts ausgestorben. Die sechs andern ursprünglich vorhandenen Arten sind in den letzten Jahren durch Fischereibehörden nachgewiesen worden; die Elritze allerdings nur im Bereich der Zuflüsse. Diese sind (Gefährdungsstufe in der Schweiz nach IUCN Kriterien bzw. für Baden-Württemberg nach Baer et al. (2014)): die Äsche (VU / stark gefährdet), die Elritze (LC, nicht gefährdet), der Bitterling (EN, stark gefährdet), die Barbe (VU, Vorwarnliste), die Karausche (LC / stark gefährdet) und die Nase (CR, stark gefährdet). Die Tatsache, dass diese Arten im Rahmen des „Projet Lac“ im 2014 nicht gefangen wurden, deutet darauf hin, dass sie nur in geringen Dichten vorkommen.

Vier Arten wurden gefangen, die den See nach 1900 besiedelt haben: der Dreistachlige Stichling, der Kaulbarsch, der Sonnenbarsch und die Regenbogenforelle.

Von ursprünglich mindestens fünf endemischen Arten des Bodensees (Tabelle 4-4) konnten mit grosser Wahrscheinlichkeit vier nachgewiesen werden. Vom endemischen Tiefseesaibling glaubte man, dass er während der Eutrophierung ausgestorben sei (Kottelat 1997). Seine Wiederentdeckung im Rahmen der Befischungen des „Projet Lac“ war daher eine positive Überraschung (Abbildung 4-14). Interessanterweise wurde er an genau derselben Stelle nachgewiesen, an der er zuletzt beobachtet worden war (Dörfel 1974).

Tabelle 4-4. Artenliste im Bodensee Obersee. Die Fänge des „Projet Lac“ sind rot umrandet. Die hier aufgeführten Fischarten wurden durch die Experten der Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg (FFS-BW) als im Bodensee einheimisch oder gebietsfremd eingestuft. Dabei werden nur Arten berücksichtigt, die regelmässig in Einzelexemplaren nachgewiesen wurden. Diese Einstufung unterscheidet sich bei zwei Arten gegenüber der Einteilung der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei der Schweiz. In letzterer werden Karausche und Giebel als gebietsfremd geführt (mit * gezeigt). Die Spalte Zaugg et al. (2003) zeigt die Angaben aus dem Schweizer Fischatlas. Hier sind alle im Obersee dokumentierten und dem Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna bis 2003 gemeldeten Fischarten aufgeführt. Die Spalte ALFI (WRRL) 2014 entspricht der Artenliste die im Rahmen der Österreichischen WRRL Bewertung des Bodensees berücksichtigt wurde. ** Individuen entsprechen phänotypisch dieser Art, aber dies muss mit genetischen Analysen bestätigt werden. *** typische Flussfischart, Nachweis in den Mündungsbereichen von Zuflüssen. [e] Im Bodensee endemisch.

Familie	Art		Status nach FFS-BW für Bodensee-Obersee	<1900 Eckmann & Rösch (1998)	<1900 ALFI (WRRL)	1992 Eckmann & Rösch (1998)	2003 Zaugg et al	1970-2012 Fischerei	2014 ALFI (WRRL)	2014 FFS-BW	2014 Projet Lac
Anguillidae	*Anguilla anguilla*	Aal	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Centrarchidae	*Lepomis gibbosus*	Sonnenbarsch	gebietsfremd	-	-	1	-	-	1	1	**1**
	Micropterus salmoides	Forellenbarsch	gebietsfremd	-	-	-	-	-	1	-	**-**
Cobitidae	*Cobitis taenia*	Steinbeisser	gebietsfremd	-	-	-	1	-	-	-	**-**
Cottidae	*Cottus gobio*	Groppe / Koppe	einheimisch	1	1	-	1	-	1	1	**1**
Cyprinidae	*Abramis brama*	Brachse	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
	Alburnus alburnus	Laube	einheimisch	1	1	1	1	-	1	1	**1**
	Barbus barbus	Barbe ***	einheimisch	1	-	1	1	1	-	1	**-**
	Blicca bjoerkna	Blicke / Güster	einheimisch	1	1	1	1	-	1	1	**1**
	Carassius carassius	Karausche	einheimisch*	1	-	1	1	-	1	1	**-**
	Carassius gibelio	Giebel	einheimisch*	-	-	-	-	-	1	1	**1**
	Chondrostoma nasus	Nase ***	einheimisch	1	-	1	1	-	-	1	**-**
	Ctenopharyngodon idella	Weisser Amur	gebietsfremd	-	-	-	1	-	-	-	**-**
	Cyprinus carpio	Karpfen	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
	Gobio gobio	Gründling	einheimisch	1	1	1	1	-	1	1	**1**
	Leucaspius delineatus	Moderlieschen	gebietsfremd	1	1	1	1	-	1	1	**-**
	Leuciscus leuciscus	Hasel	einheimisch	1	-	1	1	1	-	1	**1**
	Phoxinus phoxinus	Elritze	einheimisch	1	1	-	1	-	1	-	**-**
	Pseudorasbora parva	Blaubandbärbling	gebietsfremd	-	-	-	-	-	1	-	**-**
	Rhodeus amarus	Bitterling	einheimisch	1	1	-	1	-	1	1	**-**
	Rutilus rutilus	Rotauge / Plötze	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
	Scardinius erythrophthalmus	Rotfeder	einheimisch	1	1	1	1	-	1	1	**1**
	Squalius cephalus	Döbel / Alet	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
	Tinca tinca	Schleie	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Esocidae	*Esox lucius*	Hecht	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Gadidae	*Lota lota*	Trüsche	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Gasterosteidae	*Gasterosteus aculeatus*	Dreistachlige Stichling	gebietsfremd	-	-	1	1	-	1	1	**1**
Nemacheilidae	*Barbatula barbatula*	Bartgrundel	einheimisch	1	1	1	1	-	1	1	**1**
Ictaluridae	*Ameiurus melas*	Katzenwels	gebietsfremd	-	-	-	1	-	-	-	**-**
Percidae	*Gymnocephalus cernua*	Kaulbarsch	gebietsfremd	-	-	1	1	1	1	1	**1**
	Perca fluviatilis	Flussbarsch / Egli	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
	Sander lucioperca	Zander	gebietsfremd	1	-	1	1	1	1	1	**1**
Salmonidae	*Salmo trutta*	Forelle	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
	Coregonus arenicolus [e]	Sandfelchen	einheimisch	1	-	1	-	-	-	1	**1****
	Coregonus gutturosus [e]	Kilch	einheimisch	1	-	-	-	-	-	-	**-**
	Coregonus macrophthalmus [e]	Gangfisch	einheimisch	1	-	1	-	-	-	1	**1****
	Coregonus wartmanni [e]	Blaufelchen	einheimisch	1	-	1	-	-	-	1	**1****
	Coregonus spp.	Felchen unbest. / Renken	einheimisch	-	1	-	1	1	1	-	**1**
	Salvelinus profundus [e]	Tiefseesaibling	einheimisch	-	-	-	1	-	-	1	**1**
	Salvelinus umbla	Seesaibling	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
	Oncorhynchus mykiss	Regenbogenforelle	gebietsfremd	-	-	1	1	1	-	1	**1**
Siluridae	*Silurus glanis*	Wels	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	**1**
Thymallidae	*Thymallus thymallus*	Äsche	einheimisch	1	-	1	1	1	-	1	**-**
Anzahl einheimische Arten			31	29	21	25	27	16	23	29	**24**
Anzahl gebietsfremde Arten			11	2	1	6	8	3	7	6	**5**
Total Anzahl Arten			42	31	22	31	35	19	30	35	**29**

Abbildung 4-14. Foto eines in der Tiefe des Überlingersees gefangen Tiefseesaiblings (*Salvelinus profundus*). Es handelt sich um ein reifes Männchen im Laichkleid.

Bemerkenswert im Bodensee ist das Auftreten von zwei phänotypisch unterscheidbaren Barschtypen (Abbildung 4-15, Abbildung 4-16). Der häufigere Typ hat gelbe Flossen und schmale dunkle Querbänder und entspricht damit dem Typ, der für die meisten tiefen, oligotrophen, subalpinen Seen typisch ist. Daneben gibt es aber auch einen rotflossigen Typ mit weniger und breiteren Querbändern. Diese Form entspricht dem typischen Flussbarsch, der weit verbreitet ist. Intermediäre Formen, die im Rahmen von „Projet Lac“ in manchen anderen subalpinen Seen nachgewiesen wurden, sind in den „Projet Lac“ Fängen vom Bodensee selten.

Schliesslich kann gesagt werden, dass die Anzahl der gebietsfremden Arten und ihre relative Häufigkeit im Obersee verglichen mit anderen voralpinen Seen besonders hoch ist (insbesondere was die Stichlinge und Kaulbarsche betrifft). Auf der anderen Seite muss auch betont werden, dass ein Grossteil der ursprünglichen Artenvielfalt noch vorhanden ist.

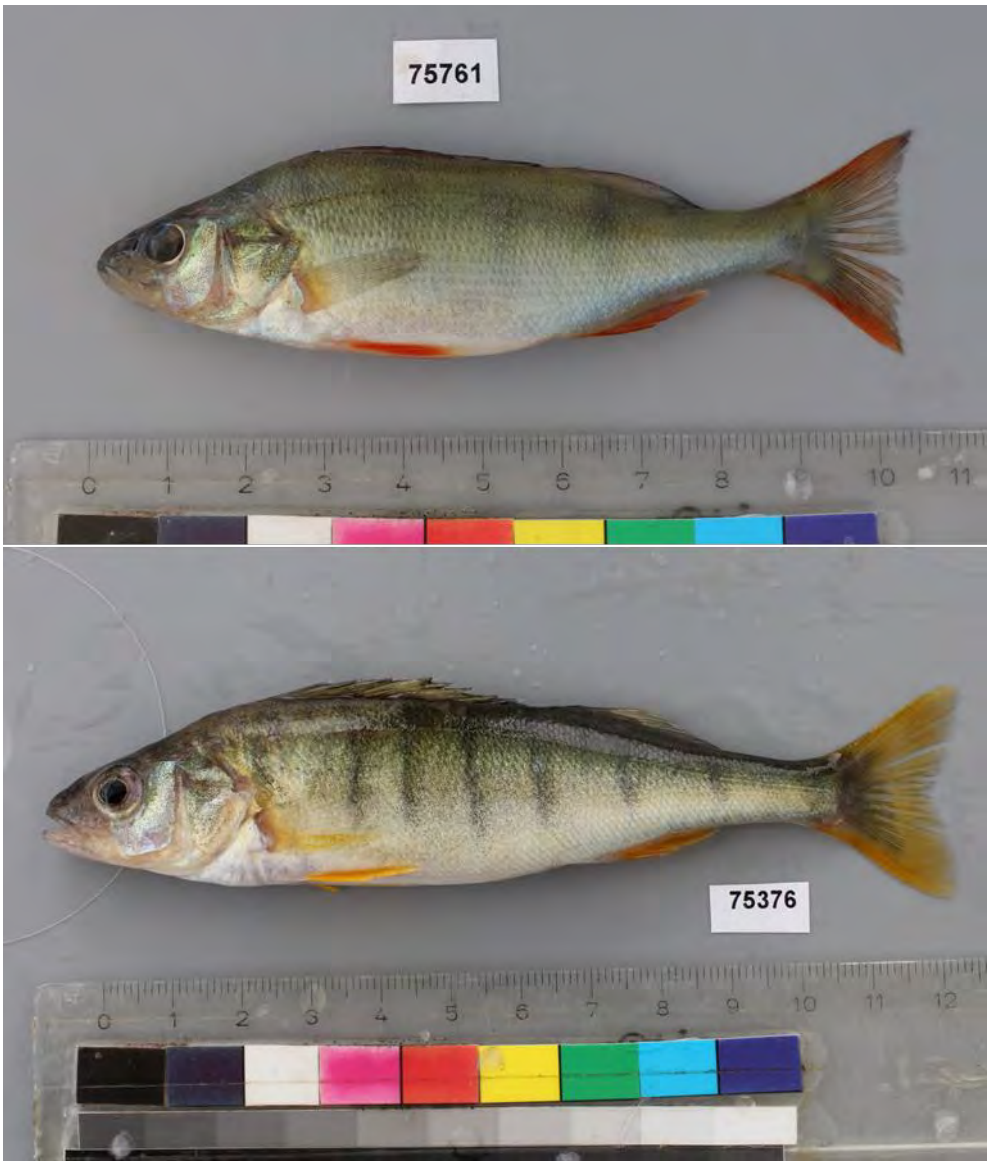

Abbildung 4-15. Die zwei deutlich unterscheidbaren Barschtypen des Bodensees. Der rotflossige Typ mit breiten Querbändern (oben) und der gelbflossige mit schmalen Querbändern.

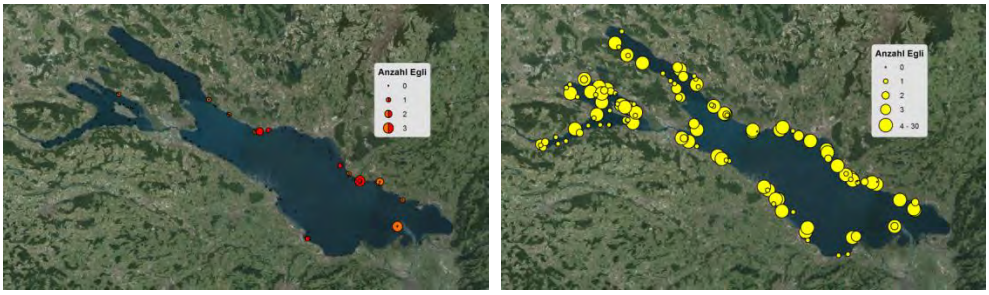

Abbildung 4-16. Verteilung der rot- und gelbflossigen Flussbarsche im Bodensee.

4.3.4.2 Untersee

Im Bodensee-Untersee wurden im Rahmen des „Projet Lac“ 24 Fischarten gefangen (Felchen nach zwei Arten getrennt betrachtet; Tabelle 4-5). Bis heute wurden insgesamt 28 einheimische Fischarten dokumentiert (Tabelle 4-5). Von den 24 Fischarten die im „Projet Lac“ gefangen wurden, sind 20 im Untersee einheimisch und vier gelten aufgrund historischer Literatur als gebietsfremd (Kaulbarsch, Stichling, Zander und Sonnenbarsch).

Nicht gefangen wurden sieben der als einheimisch geltenden Fischarten. Von diesen wurden der Seesaibling (LC / stark gefährdet), die Äsche (VU / stark gefährdet), der Giebel (NE / nicht gefährdet) und der Gründling (LC / nicht gefährdet) in den letzten Jahren durch die Fischereibehörden registriert. Folgende Arten konnten nicht mehr nachgewiesen werden: die Karausche (LC / stark gefährdet), die Elritze (LC / nicht gefährdet) und der Bitterling (EN / stark gefährdet).

4.3.5 Artenvielfalt der Felchen

Die Identifikation der Felchen auf Artniveau ist schwierig und wenn überhaupt, dann nur bei adulten Fischen und auch da nicht immer bei allen Individuen möglich. Nach Einschätzung der Eawag sind fünf Felchenarten aus dem Bodensee bekannt: Sandfelchen, Weissfelchen, Gangfisch, Blaufelchen und Kilch (Steinmann 1950; Vonlanthen et al. 2012; Hudson et al. 2013). Allerdings ist der taxonomische Status der Art Weissfelchen umstritten, da nur Steinmann (1950) diese Art je dokumentiert hat. Von den verschiedenen Felchenarten wurden mit grosser Wahrscheinlichkeit drei in den „Projet Lac“-Fängen identifiziert. Drei adulte Tiere aus dem Obersee sind demnach morphologisch als Sandfelchen (*Coregonus arenicolus*) anzusprechen, während die Mehrzahl der adulten Felchen aus dem Obersee dem Blaufelchen (*C. wartmanni*) oder dem Gangfisch (*C. macropthalmus*) zuzuordnen sind. Der verschollene Kilch (*C. gutturosus*) konnte nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 4-5. Artenliste im Bodensee Untersee. Die Fänge des „Projet Lac“ sind rot umrandet. Die hier aufgeführten Fischarten wurden durch die Experten der Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg (FFS-BW) als im Bodensee einheimisch oder gebietsfremd eingestuft. Dabei werden nur Arten berücksichtigt, die regelmässig in Einzelexemplaren nachgewiesen wurden. Diese Einstufung unterscheidet sich bei zwei Arten gegenüber der Einteilung der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei der Schweiz. In letzterer werden Karausche und Giebel als gebietsfremd geführt (mit * gezeigt). Die Spalte Zaugg et al. (2003) zeigt die Angaben aus dem Schweizer Fischatlas. Hier sind alle im Untersee dokumentierten und dem Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna bis 2003 gemeldeten Fischarten aufgeführt. ** Individuen entsprechen phänotypisch dieser Art, aber dies muss mit genetischen Analysen bestätigt werden. *** typische Flussfischart, Nachweis in den Mündungsbereichen von Zuflüssen. [e] Im Bodensee endemisch.

Familie	Art		Status nach FFS für Bodensee-Untersee	Zaugg et al 2003	Fischerei 1970-2012	FFS-BW 2014	Projet Lac 2014
Anguillidae	*Anguilla anguilla*	Aal	einheimisch	1	1	1	**1**
Centrarchidae	*Lepomis gibbosus*	Sonnenbarsch	gebietsfremd	1	-	1	**1**
Cobitidae	*Cobitis taenia*	Steinbeisser	gebietsfremd	1	-	-	**-**
Cottidae	*Cottus gobio*	Groppe / Koppe	einheimisch	1	-	-	**1**
Cyprinidae	*Abramis brama*	Brachse	einheimisch	1	1	1	**1**
	Alburnus alburnus	Laube	einheimisch	1	-	1	**1**
	Barbus barbus	Barbe ***	einheimisch	1	1	1	**1**
	Blicca bjoerkna	Blicke / Güster	einheimisch	1	-	1	**1**
	Carassius auratus	Goldfisch	gebietsfremd	1	-	-	**-**
	Carassius carassius	Karausche	einheimisch*	1	-	-	**-**
	Carassius gibelio	Giebel	einheimisch*	1	-	1	**-**
	Chondrostoma nasus	Nase ***	einheimisch	1	-	-	**-**
	Cyprinus carpio	Karpfen	einheimisch	1	1	1	**1**
	Gobio gobio	Gründling	einheimisch	1	-	1	**-**
	Leucaspius delineatus	Moderlieschen	gebietsfremd	1	-	-	**-**
	Leuciscus leuciscus	Hasel	einheimisch	1	1	1	**1**
	Phoxinus phoxinus	Elritze	einheimisch	1	-	-	**-**
	Rhodeus amarus	Bitterling	einheimisch	1	-	-	**-**
	Rutilus rutilus	Rotauge / Plötze	einheimisch	1	1	1	**1**
	Scardinius erythrophthalmus	Rotfeder	einheimisch	1	-	1	**1**
	Squalius cephalus	Döbel / Alet	einheimisch	1	1	1	**1**
	Tinca tinca	Schleie	einheimisch	1	1	1	**1**
Esocidae	*Esox lucius*	Hecht	einheimisch	1	1	1	**1**
Gadidae	*Lota lota*	Trüsche	einheimisch	1	1	1	**1**
Gasterosteidae	*Gasterosteus aculeatus*	Dreistachlige Stichling	gebietsfremd	1	-	1	**1**
Nemacheilidae	*Barbatula barbatula*	Bartgrundel	einheimisch	1	-	1	**1**
Percidae	*Gymnocephalus cernua*	Kaulbarsch	gebietsfremd	1	1	1	**1**
	Perca fluviatilis	Flussbarsch / Egli	einheimisch	1	1	1	**1**
	Sander lucioperca	Zander	gebietsfremd	1	1	1	**1**
Salmonidae	*Salmo trutta*	Forelle	einheimisch	1	1	1	**1**
	Coregonus arenicolus [e]	Sandfelchen	einheimisch	-	-	-	**1****
	Coregonus macrophthalmus [e]	Gangfisch	einheimisch	-	-	-	**1****
	Coregonus spp.	Felchen unbest. / Renken	einheimisch	1	1	1	**1**
	Salvelinus umbla	Seesaibling	einheimisch	1	1	1	**-**
	Oncorhynchus mykiss	Regenbogenforelle	gebietsfremd	1	1	1	**-**
Siluridae	*Silurus glanis*	Wels	einheimisch	1	1	1	**1**
Thymallidae	*Thymallus thymallus*	Äsche	einheimisch	1	1	1	**-**
Anzahl einheimische Arten			28	27	16	22	**20**
Anzahl gebietsfremde Arten			8	8	3	5	**4**
Total Anzahl Arten			36	35	19	27	**24**

4.3.6 Habitatnutzung

4.3.6.1 Pelagial – Benthisch im Obersee

Bestimmte Fischarten bevorzugen die pelagischen, andere eher die benthischen Habitate in einem See. Im Fall des Obersees war - wie in allen bisher untersuchten Seen - die grösste Artenvielfalt in den benthischen Netzen zu finden. In der Abundanz waren dabei im Benthal die Flussbarsche, Kaulbarsche und Stichlinge dominant. Im Pelagial zeigte der Dreistachlige Stichling eine überraschend starke Dominanz (Abbildung 4-17).

Die Biomasse verteilt sich im Benthal ein wenig ausgeglichener auf verschiedene Fischarten. Die Flussbarsche und die Kaulbarsche dominieren die Fischbiomasse des Benthals. Im Pelagial übertreffen die Felchen dank ihres höheren Körpergewichtes die Stichlinge in der Biomasse, allerdings beträgt die Biomasse der Stichlinge bedeutende 28% der Fänge im Pelagial. Dies ist deshalb besonders bemerkenswert, weil bis anhin in keinem anderen Voralpensee auch nur ein einziger Stichling im Pelagial gefangen wurde, selbst wenn die Art im See vorhanden war.

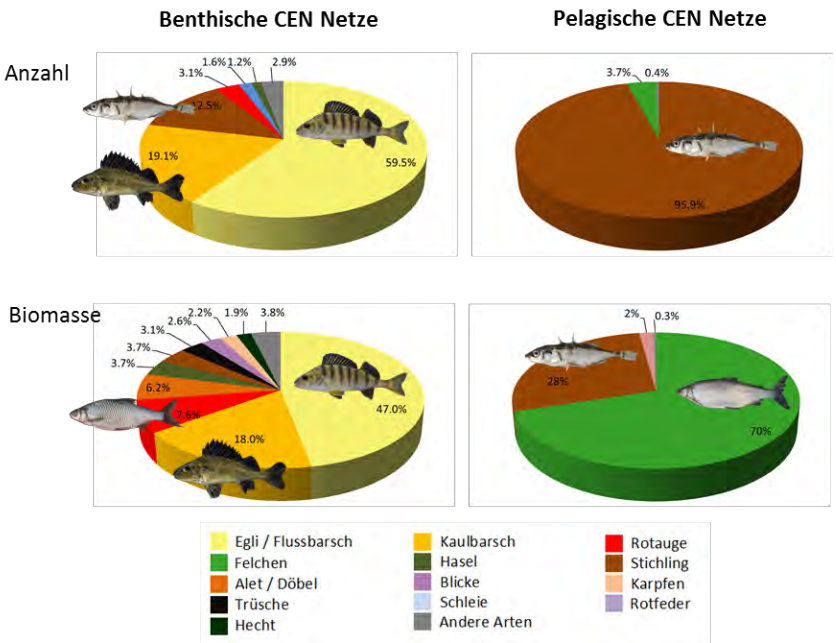

Abbildung 4-17. Zusammensetzung der Fänge im Benthal und Pelagial des Obersees (CEN Netze).

4.3.6.2 Pelagial – Benthisch im Untersee

Auch im Untersee wurde die grösste Artenvielfalt in benthischen Netzen beobachtet. In der Abundanz waren dabei im Benthal die Flussbarsche dominant (Abbildung 4-18). Im Pelagial sind auch im Untersee die Stichlinge sehr zahlreich vertreten und sie sind bei weitem die häufigste Art, wenn auch nicht ganz so extrem wie im Obersee.

Auch im Untersee verteilt sich die Biomasse im Benthal ein wenig ausgeglichener auf verschiedene Fischarten. Die Flussbarsche dominieren aber trotzdem klar in den Fängen. Im Pelagial sind die Felchen dank ihres grossen Körpergewichtes klar dominant, und die Biomasseverteilung entspricht der eines typischen Felchensees (Vonlanthen et al. 2013; Vonlanthen et al. 2014; Vonlanthen et al. 2015).

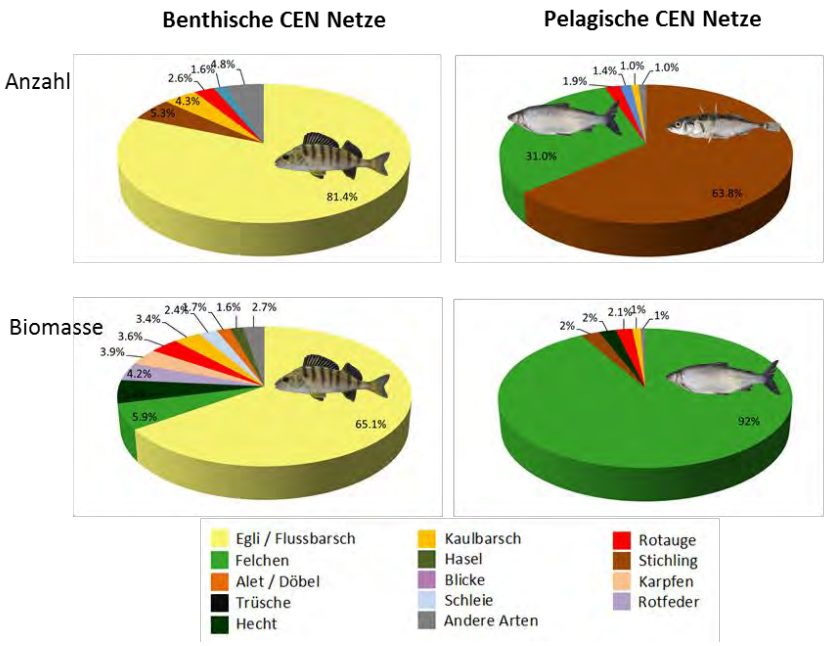

Abbildung 4-18. Zusammensetzung der Fänge im Benthal und Pelagial des Untersees (CEN Netze).

4.3.6.3 Tiefenverteilung der Fische im Obersee

Im Obersee wurde über alle Fischarten gesehen die höchste Fischdichte in einer Tiefe von 0-20 m gefunden (Abbildung 4-20). Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche und der Stichlinge zurückzuführen. Interessant ist die Beobachtung, dass Stichlinge und Felchen nahezu identische Tiefenverteilungen aufweisen mit maximalen Dichten zwischen 12 und 35 m Tiefe. Unterhalb von 50 m Tiefe konnten keine Felchen gefangen werden. Die Seesaiblinge bevorzugen tiefere Gewässerbereiche. Sie wurden zwischen 20 und 125 m Tiefe gefangen. Die zwei in den CEN-Netzen gefangenen Tiefseesaiblinge wurden in einer Tiefe von >75 m gefangen (Abbildung 4-19). Die Trüschen besiedeln alle Tiefenbereiche des Obersees und sind auch zwischen 175 und 200 m vertreten. Groppen wurden bis in eine Tiefe von 125-150 m gefangen.

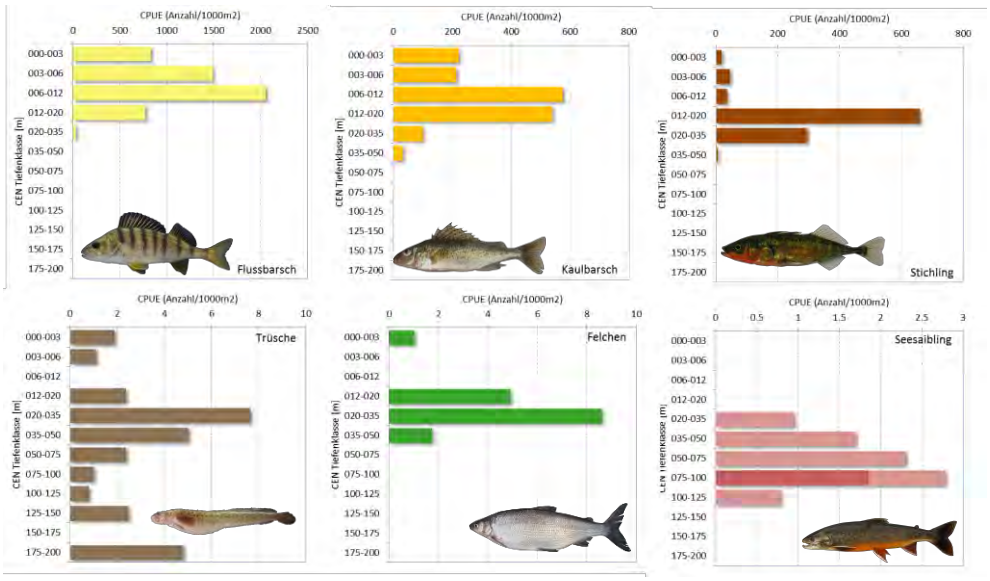

Abbildung 4-19. Die Tiefenverteilung im Obersee für sechs Arten oder Artengruppen. Gezeigt wird die Anzahl gefangener Fische korrigiert für die Netzfläche (CPUE) für verschiedene Tiefengruppen der CEN-Norm für benthische CEN-Netze. Bei den Seesaiblingen ist der kommune Seesaibling (*Salvelinus umbla*) hell und der Tiefseesaibling (*S. profundus*) dunkel dargestellt.

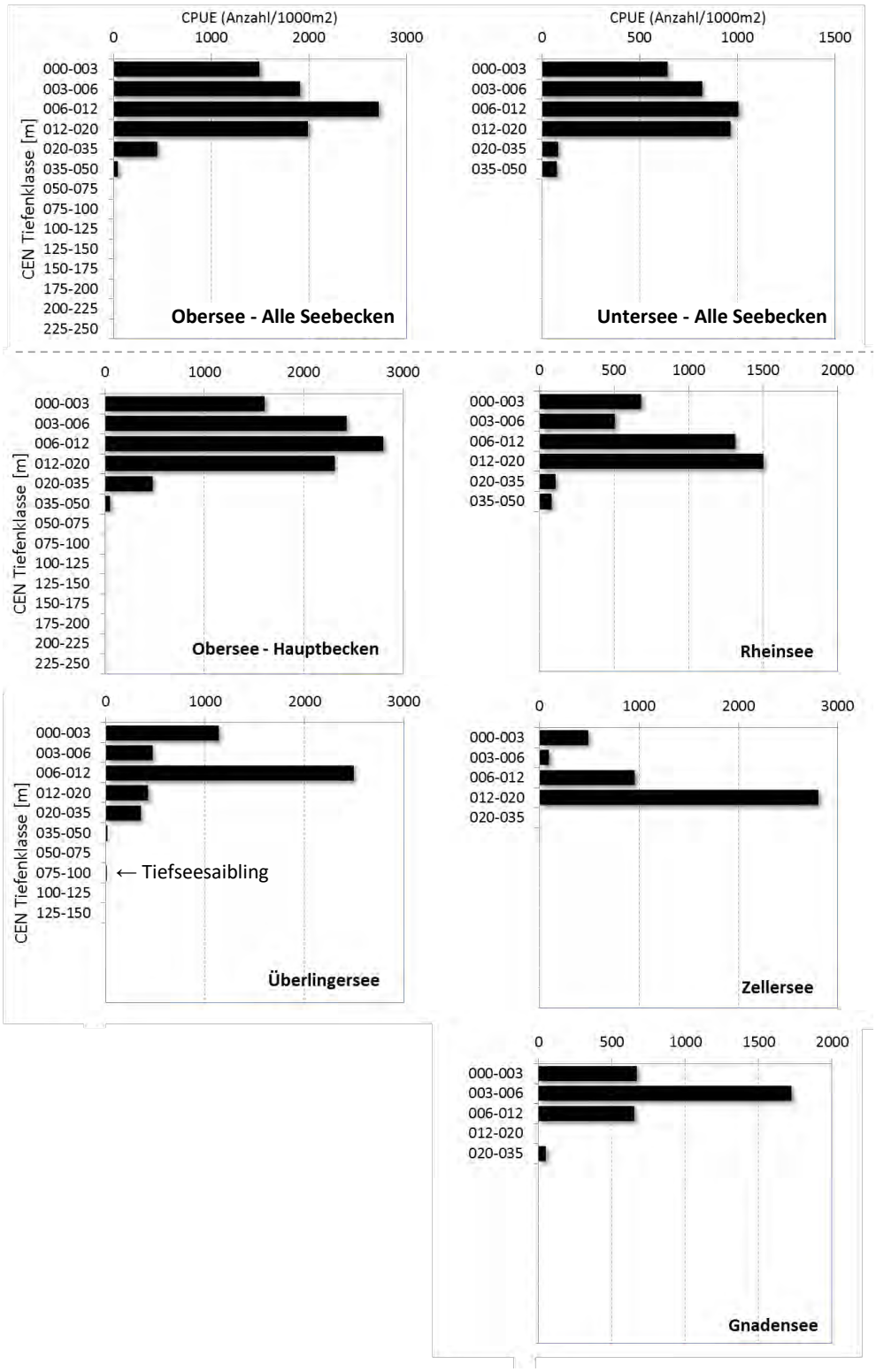

Abbildung 4-20. Die Tiefenverteilung im Obersee (linke Spalte) und Untersee (rechte Spalte) für die verschiedenen Seebecken für alle gefangenen Arten. Gezeigt wird die Anzahl gefangener Fische korrigiert für die Netzfläche (CPUE) für verschiedene Tiefengruppen der CEN-Norm für benthische CEN-Netze.

4.3.6.4 Tiefenverteilung der Fische im Untersee

Im Untersee wurde über alle Fischarten gesehen die höchste Fischdichte ebenfalls in einer Tiefe von 0-20 m gefunden (Abbildung 4-20). Dies ist hauptsächlich auf die Tiefenverteilung der Flussbarsche zurückzuführen (Abbildung 4-21). Unterhalb von 20 m wurden praktisch keine Flussbarsche mehr gefangen. Die Felchen wurden sehr tief gefangen (20 m bis zum Seegrund). Die Kaulbarsche und Stichlinge besiedelten die gesamte Tiefe des Untersees. Es konnten somit im September 2014 zumindest im Rheinsee keine Hinweise auf eine Verdrängung der Fische aus den tiefen Habitaten beobachtet werden. Im Zellersee, in dem im Gegensatz zum Rheinsee im Sommer/Herbst Sauerstoffmangel im Tiefenwasser herrscht, wurden in Seegrundnähe kaum Fische gefangen (Abbildung 4-20). Typische Fischarten, die üblicherweise auch in der Tiefe der Seen vorkommen, wie Groppen und Seesaiblinge, konnten im gesamten Untersee keine oder nur sehr wenige gefangen werden.

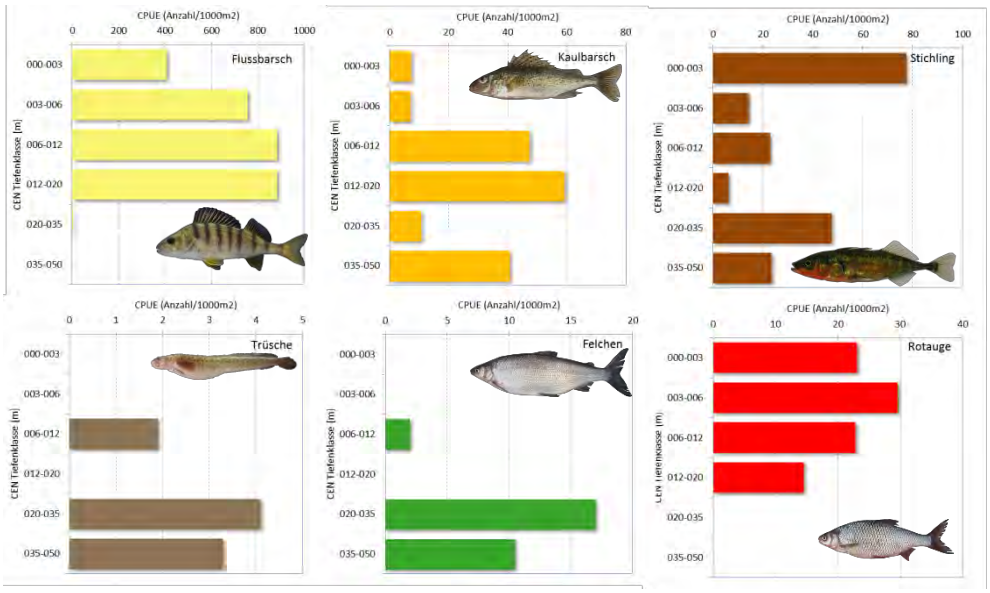

Abbildung 4-21. Tiefenverteilung im Untersee für sechs Arten oder Artengruppen. Gezeigt wird die Anzahl der im Untersee gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche (CPUE) für verschiedene Tiefengruppen der CEN-Norm für benthische CEN-Netze.

4.3.6.5 Uferhabitate

Die Netzbefischung der Uferhabitate zeigt, dass Fische und Fischarten weder im Obersee noch im Untersee zufällig in den Habitaten verteilt sind. Wie auch in anderen voralpinen Seen wurden insbesondere in strukturierten Habitaten wie Kiesel, Geröll und Totholz viele Fische gefangen (Abbildung 4-22). Im Vergleich mit anderen Seen eher unüblich ist, dass auch in hart verbauten Uferbereichen sowie auf Sand, wo es wenig Versteckmöglichkeiten gibt, relativ viele Fische gefangen wurden.

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 fliehen die im offenen Wasser stehenden Fische und somit werden insbesondere Arten gefangen, die in strukturierten Uferbereichen Schutz suchen. Ausserdem können einige dieser Arten mit Netzen nicht effizient gefangen werden (z.B. Groppe, Schmerle, Aal). Im Bodensee waren kleine Uferfischarten, die üblicherweise auch in Seen vorkommen, wie z.B. Groppe, Schmerle und Gründling, eher selten vertreten. Die Elritzen fehlten in unseren Fängen sogar gänzlich.

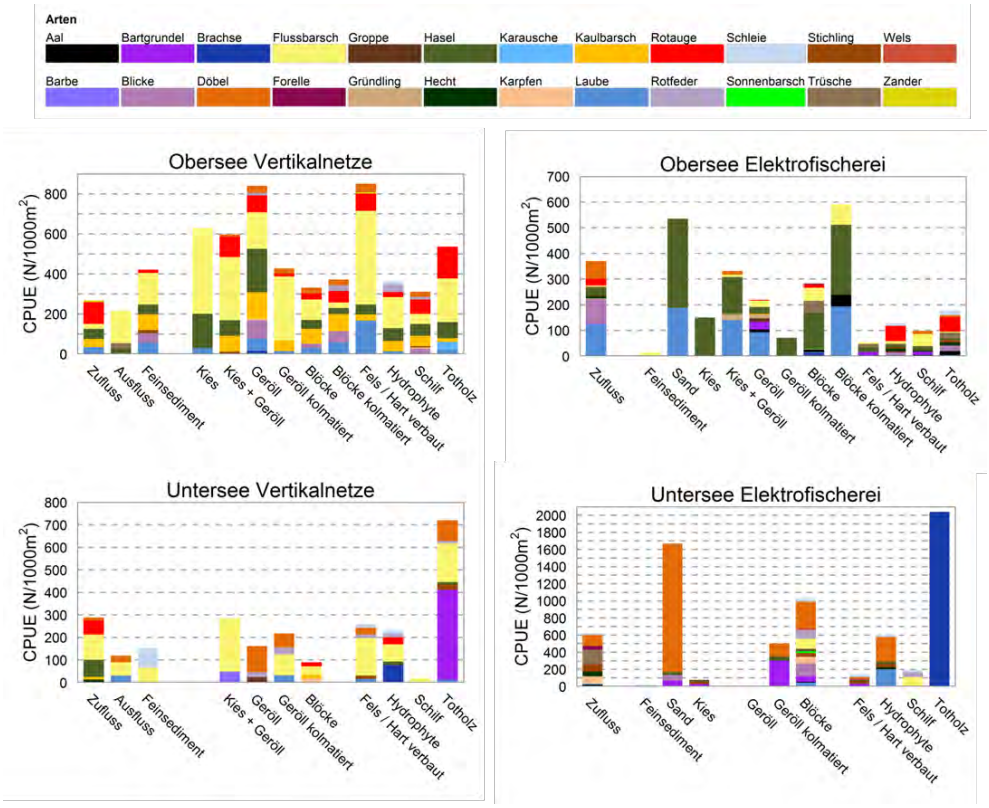

Abbildung 4-22. Anzahl Fische (für den Fangaufwand korrigiert), die in den verschiedenen litoralen Habitaten gefangen wurden.

4.3.7 Geografische Verteilung der Fänge

Eher homogene Verteilung

Bei der geografischen Verteilung konnte für die meisten Arten kein spezielles Muster festgestellt werden (Abbildung 4-23, Abbildung 4-24). Ausnahmen sind z.B. der Zander, der eher im südostlichen Bereich des Obersees gefangen wurde (Appendix: Abbildung 9-3, Abbildung 9-4, Abbildung 9-5). Auch Cypriniden wurden im Bereich der Alpenrheinmündung etwas häufiger gefangen. Auffallend ist die weiträumige Verbreitung der Stichlinge im Obersee und im Untersee sowie ihre Häufigkeit im Pelagial (Abbildung 4-23, Abbildung 4-24).

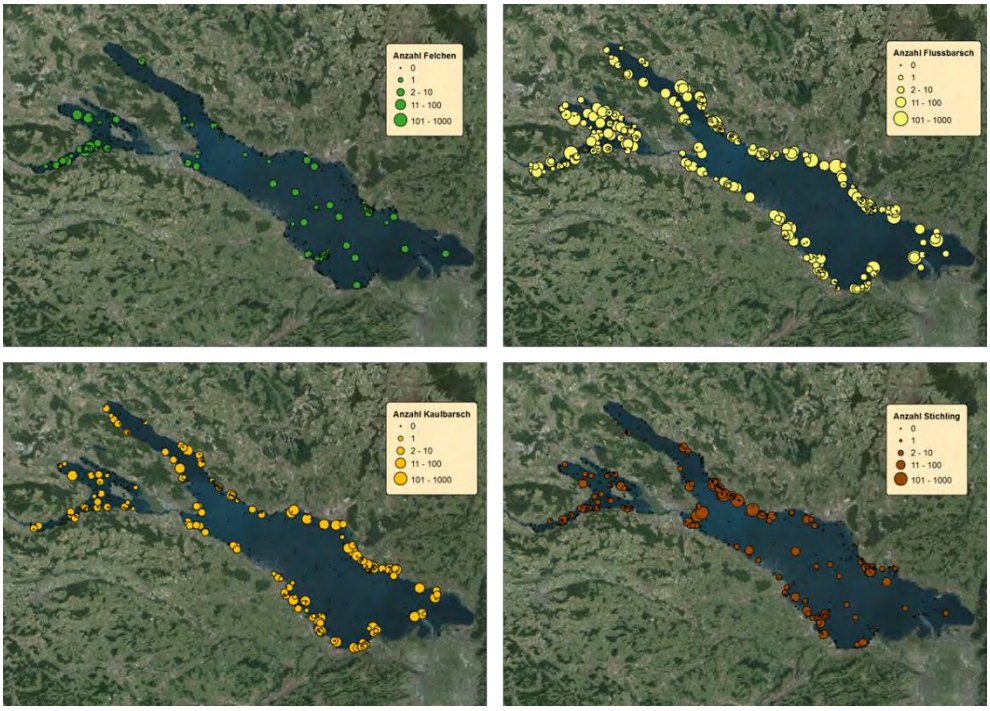

Abbildung 4-23. Geografische Verteilung der Felchen-, Flussbarsch-, Kaulbarsch- und Stichlingsfänge im Obersee (alle Protokolle).

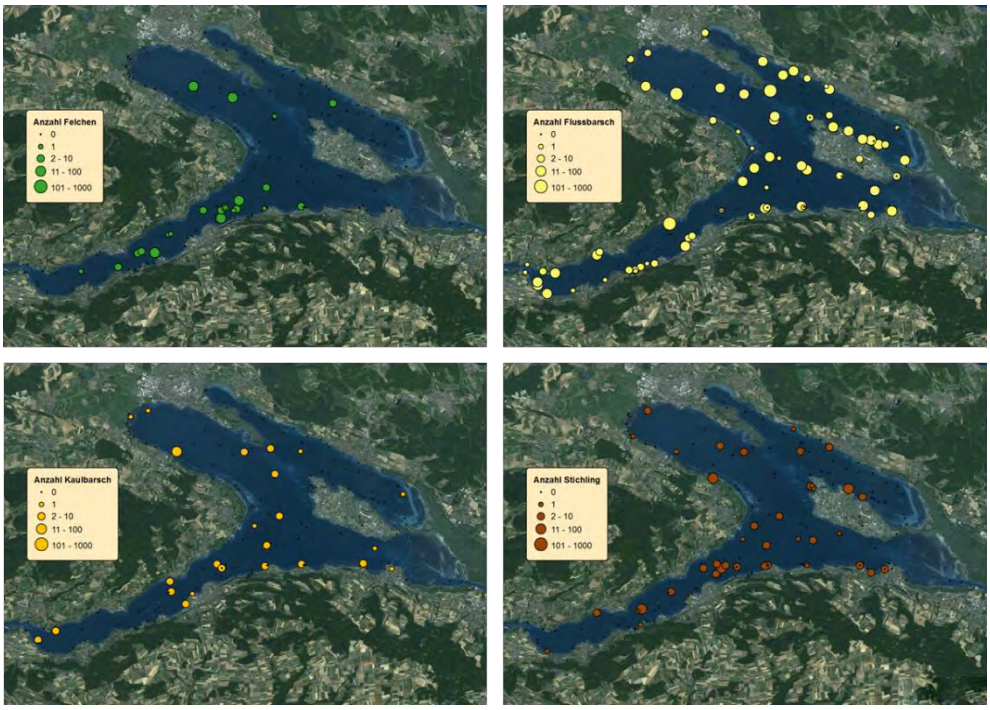

Abbildung 4-24. Geografische Verteilung der Felchen-, Flussbarsch-, Kaulbarsch- und Stichlingsfänge im Untersee (alle Protokolle).

4.3.8 Echolotaufnahmen

Die Echolotaufnahmen erfassen die Fischdichte im Pelagial des Sees bei Nacht. Die Echolotaufnahmen zeigen am nordöstlichen Ufer des Obersees eine erhöhte Fischdichte bis in eine Tiefe von 35 m (Abbildung 4-25). Interessanterweise konnte diese starke Akkumulation in den Netzfängen weder bei den Stichlingen noch bei den Felchen entsprechend bestätigt werden. Da Stichlinge in den Netzfängen des Obersees deutlich häufiger vertreten waren als Felchen, ist anzunehmen, dass die Signale der Echolotaufnahmen im Obersee hauptsächlich auf Stichlinge zurückzuführen sind.

Im Untersee stimmen die beobachten Dichten in einer Tiefe von 15-25 m relativ gut mit den Felchenfängen in den Vertikalnetzen überein (Abbildung 4-26). In der Tiefe wurde aber im Vergleich zu den Netzfängen weniger Fischsignale festgestellt.

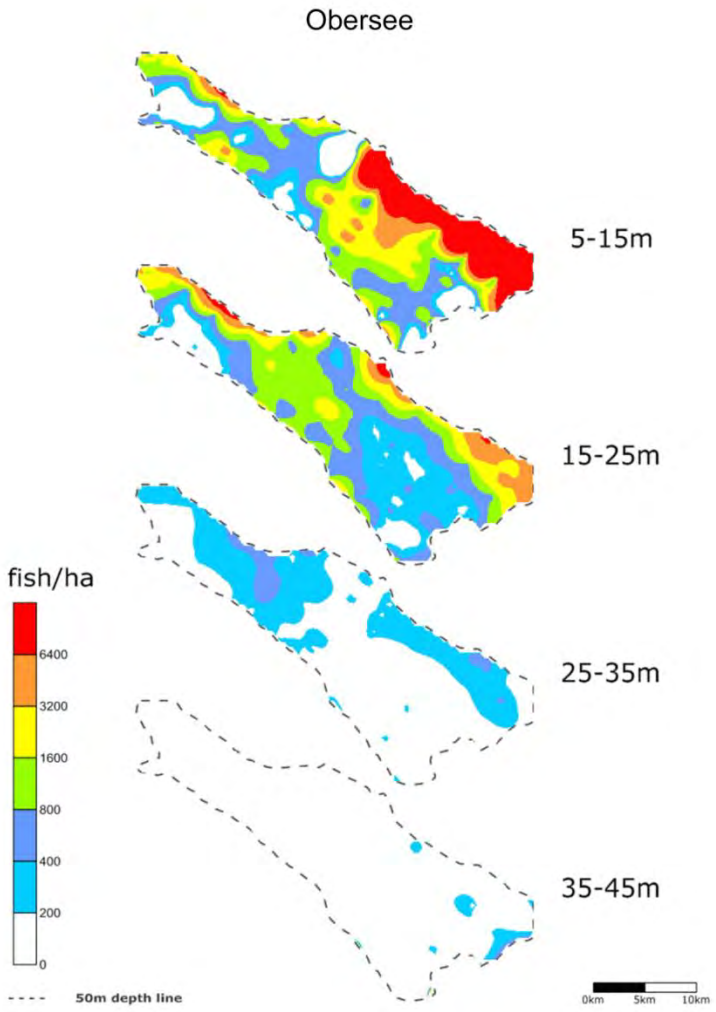

Abbildung 4-25. Echolotsequenzen in den verschiedenen Tiefenschichten des Obersees, durchgeführt bei Nacht.

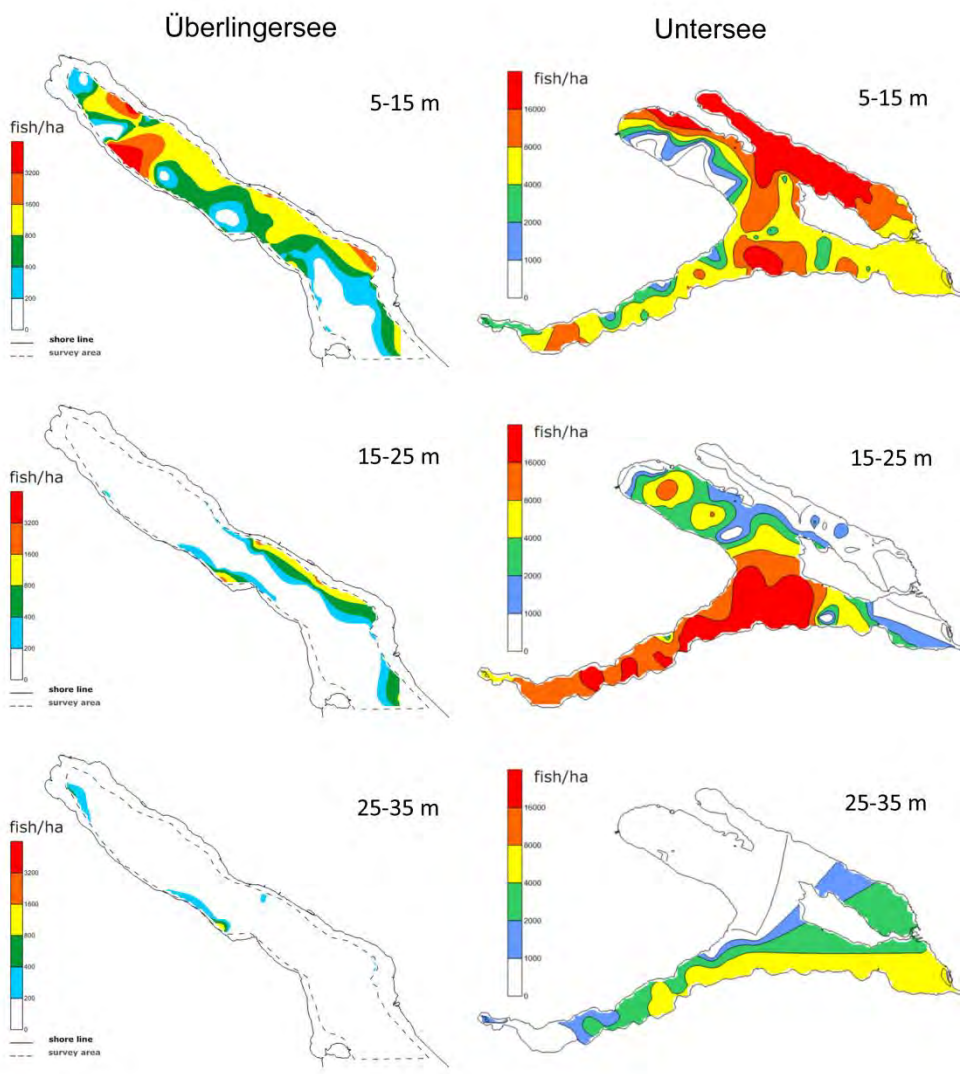

Abbildung 4-26. Echolotsequenzen in den verschiedenen Tiefenschichten des Überlinger Beckens und des Untersees, durchgeführt bei Nacht.

2014 wurde mittels Echolotaufnahmen im Obersee (ohne Überlingersee) eine Gesamtfischbiomasse von 54 kg/ha geschätzt. Im Überlingersee belief sich die Schätzung auf 22 kg/ha. Im Mittel für den gesamten Obersee betrug die geschätzte Biomasse 49 kg/ha. Für die österreichische Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie wurden die Echolotdaten von 2010 verwendet (Eckmann et al. 2010). Dies weil sie auf mehreren Aufnahmen beruhen, die zwischen März 2009 und März 2010 durchgeführt wurden. Dabei wurde eine mittlere Gesamtfischbiomasse von 33kg/ha ermittelt. Im Untersee konnte keine Fischbiomasse geschätzt werden, da die Echolotsignale durch das Vorhandensein von Larven der Büschelmücke gestört wurden.

4.4 Fischereiliche Aspekte

4.4.1 Fischereistatistik

4.4.1.1 Obersee

Rückläufige Berufsfischerfänge im Obersee

Die Entwicklung der Berufsfischerfänge im Obersee zeigt, dass sich die Häufigkeit der verschiedenen Fischarten im Fang mit der Zeit verändert hat (Abbildung 4-27). Drei Perioden können beobachtet werden. Von 1910 bis Mitte der fünfziger Jahre (1955) wurden hauptsächlich Felchen gefangen. Die Erträge waren dabei eher gering (durchschnittlicher Gesamtfang: 418 Tonnen pro Jahr). Von Mitte der fünfziger Jahre bis Anfang der neunziger Jahre waren die Fänge der Fischer deutlich höher (im Mittel 1172 Tonnen pro Jahr). Dabei wurden vermehrt auch grosse Mengen Flussbarsche und Cypriniden gefangen. Schliesslich dominieren seit den neunziger Jahren wieder die Felchen die Fänge der Berufsfischer. Die Menge gefangener Fische hat dabei im Vergleich zur mittleren Periode wieder deutlich abgenommen (im Mittel 827 Tonnen).

In den letzten 10-15 Jahren haben die Felchenfänge noch deutlicher abgenommen. Diese lagen 2012-2014 im Bereich von ca. 300 Tonnen pro Jahr und zeigen nach wie vor eine abnehmende Tendenz. 2015 konnte ein weiterer Rückgang von 40 % beobachtet werden.

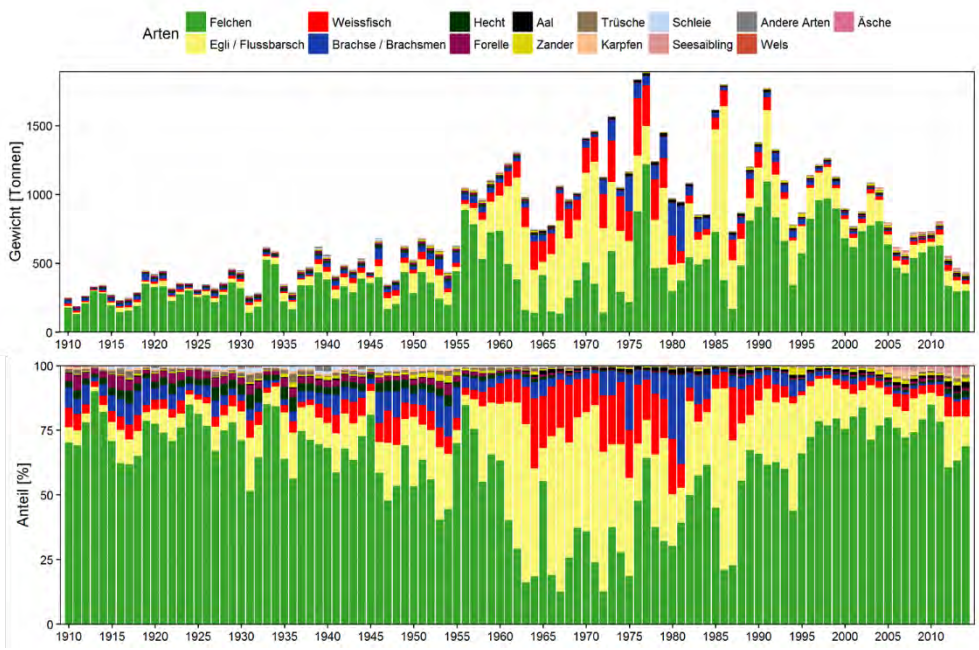

Abbildung 4-27. Entwicklung der Berufsfischerfänge im Bodensee-Obersee von 1910-2014 (Daten: FFS-BW). Die Gruppe „Weissfisch“ umfasst sonstige Cypriniden, unter anderem Rotauge, Hasel und Blicke (Langeland 1993).

Auch rückläufige Anglerfänge

Im Gegensatz zu anderen Schweizer Seen, in welchen die Anglerfänge stabil sind oder gar zunehmen, nahmen im Bodensee-Obersee in den letzten zwanzig Jahren auch die Anglerfänge ab (Abbildung 4-29). Dies ist insbesondere für Flussbarsche

zu beobachten. Die Felchenfänge scheinen zumindest bis 2011 weniger vom Rückgang betroffen zu sein. Der Anteil der Felchen in den Anglerfängen hat in den letzten Jahren zugenommen.

4.4.1.2 Untersee

Stabile Fänge im Untersee

Für den Untersee zeigt sich ein anderes Bild (Abbildung 4-28). Bis in die 1960er Jahre stand der fischereiliche Ertrag auf mehreren Standbeinen. So trugen sowohl die Felchen, als auch der Hecht, der Flussbarsch und verschiede Cypriniden massgeblich zum Fang bei. Dies änderte sich von 1960 bis 1980, der Anteil Cypriniden im Fang nahm deutlich zu. Um 1980 nahmen die Fänge von Cypriniden schlagartig ab. Felchen dominierten von nun an die Fänge der Berufsfischer. Diese schwanken seit den 80er Jahre, zeigen aber keine deutliche Tendenz.

Auch die Angelfischerfänge im Untersee haben über die letzten Jahre nicht abgenommen, schwanken aber je nach Fangjahr (Abbildung 4-30). Auch bei den Angelfischern dominieren die Felchen im Fang.

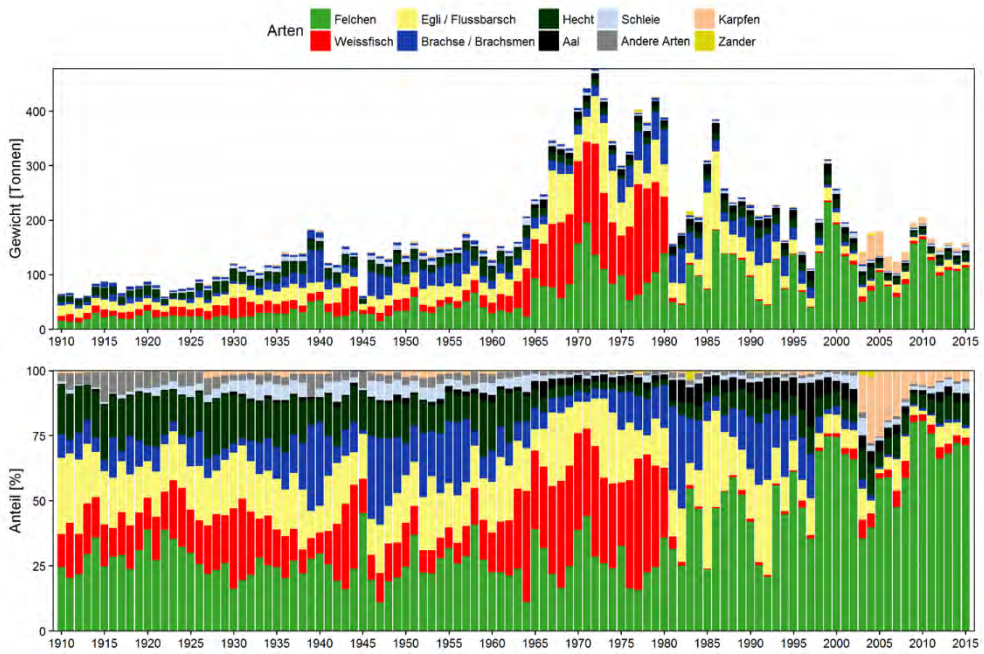

Abbildung 4-28. Entwicklung der Berufsfischerfänge im Bodensee-Untersee von 1910-2015 (Daten: FFS-BW). Die Gruppe „Weissfisch“ umfasst sonstige Cypriniden, unter anderem Rotauge, Hasel und Blicke (Langeland 1993).

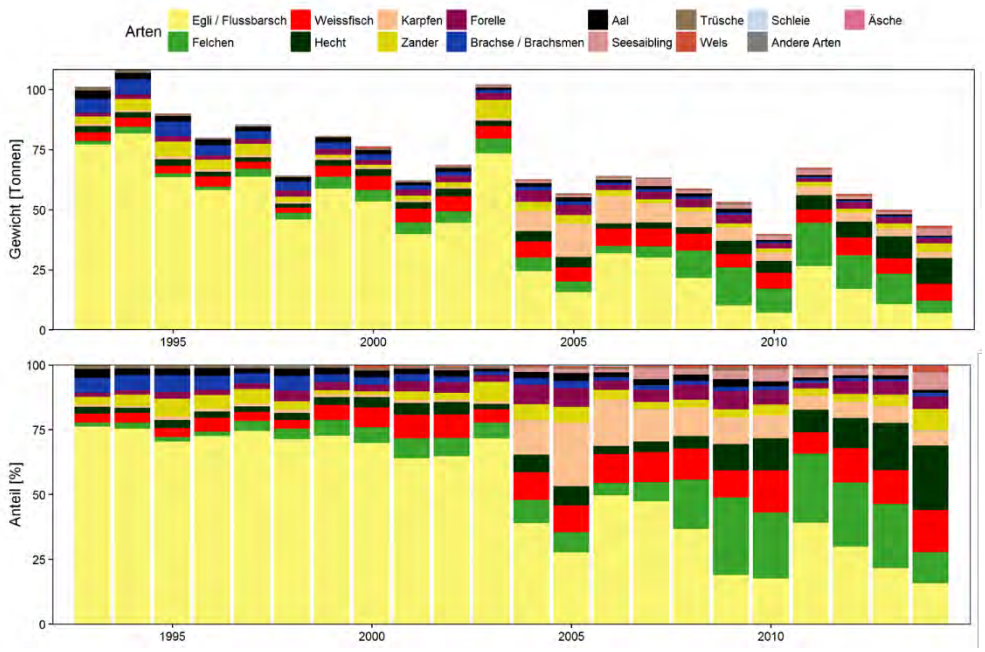

Abbildung 4-29. Entwicklung der Angelfischerfänge im Bodensee-Obersee von 1993-2014 (Daten: FFS-BW). Die Gruppe „Weissfisch“ umfasst sonstige Cypriniden, unter anderem Rotauge, Hasel und Blicke (Langeland 1993).

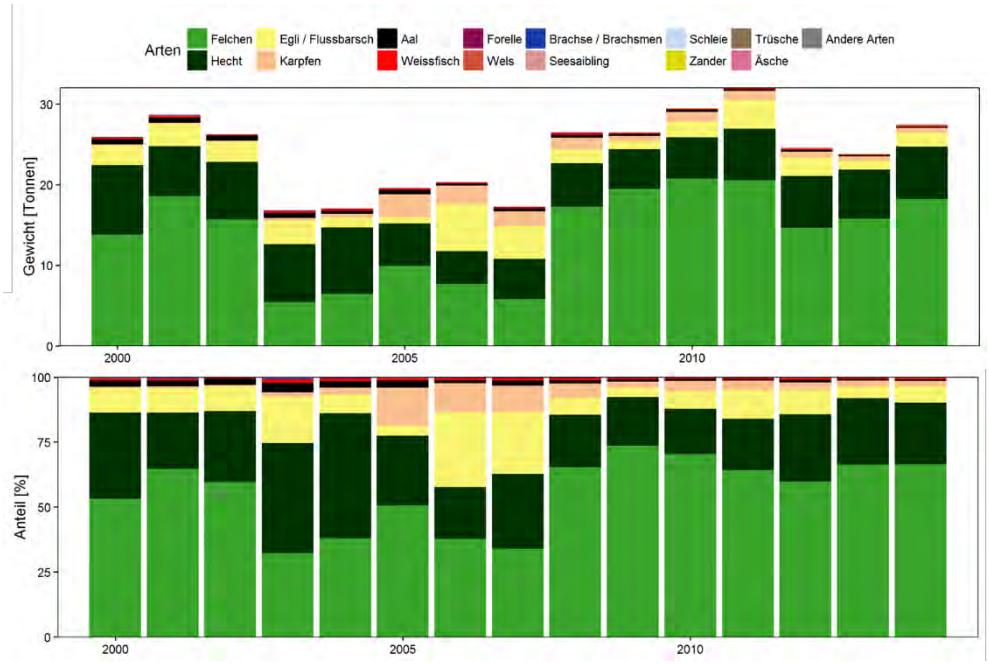

Abbildung 4-30. Entwicklung der Angelfischerfänge im Bodensee-Untersee von 2000-2014 (Daten: FFS-BW). Die Gruppe “Weissfisch“ umfasst sonstige Cypriniden, unter anderem Rotauge, Hasel und Blicke (Langeland 1993).

4.4.1.3 Vergleich Berufsfischerfänge mit „Projet Lac"-Daten

Ein Vergleich des Gewichts der Fischarten in den Fängen der Berufsfischer und des „Projet Lac" zeigt, dass die beiden Datensätze die Fischartengemeinschaft des Sees aus unterschiedlichen Perspektiven zeigen (Abbildung 4-31). Eine wichtige Ursache dafür ist die Tatsache, dass Berufsfischerfänge ein Abbild des „befischbaren Fischbestands liefert", also des aufgrund der Gesetzgebung befischbaren Bestands (z.B. Maschenweite, Schonzeiten, Nachfrage der Konsumenten, Aufwand, Befischbarkeit der Habitate). Demgegenüber werden beim „Projet Lac" sonst nicht befischte Fischarten und Fischgrössen ebenfalls erfasst. Wie in der Grafik ersichtlich, sind Fischgrösse und kommerzieller Wert wichtige Faktoren für die Artenzusammensetzung der Berufsfischereifänge.

Festzuhalten gilt es hier, dass die im „Projet Lac" beobachteten Bestände nicht mit dem fischereilichen Ertragspotential gleich zu setzen sind. Dies weil beispielsweise ein ungenutzter Bestand eine hohe stehende Biomasse zeigen kann.

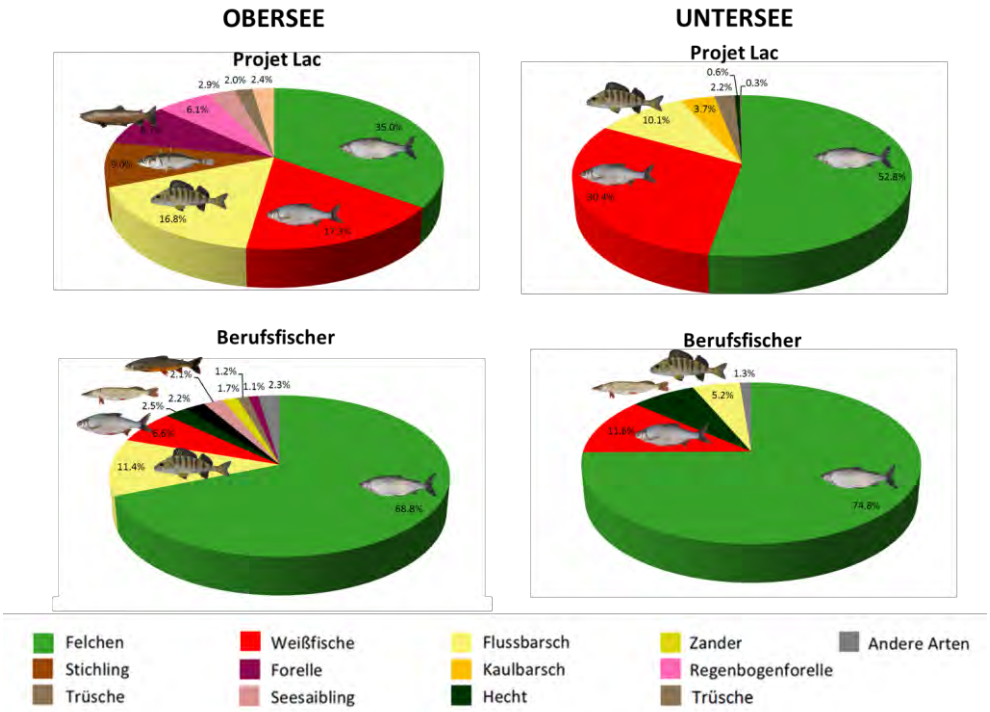

Abbildung 4-31. Artenverteilung der Berufsfischerfänge von 2014 im Obersee und Untersee, im Vergleich zu den standardisierten „Projet Lac"-Fängen nach Biomasse (Project Lac-Daten hochgerechnet nach Seevolumen (Alexander et al. 2015)). Ein 7,5 kg schwerer Zander, der im Freiwasser des Obersees gefangen wurde, wurde zur Reduktion des Stichprobenfehlers von den Daten ausgeschlossen.

4.4.2 Grössenselektivität der Maschenweiten

Die Grössenselektivität der Netze ist abhängig von der Fischart (Regier und Robson 1966; Fujimori und Tokai 2001). Anhand der standardisierten Fänge kann für jede Fischart und für jede Maschenweite die Verteilung und somit die

Selektivität bestimmt werden. Welche Fischlängen durch die benutzten Maschenweiten gefangen werden, ist in Abbildung 4-32 dargestellt.

4.4.3 Längenverteilung

4.4.3.1 Obersee

Wenig Jungfelchen im Obersee

Die Längenverteilungen (Abbildung 4-33) zeigten, dass bei den Felchen kleine Fische vergleichsweise selten in den Fängen vertreten sind. Dies ist etwas überraschend, da Felchen zwischen 100 und 200 mm normalerweise mit Kiemennetzen gut gefangen werden. Dieses Resultat suggeriert demzufolge, dass entweder der getätigte Aufwand nicht ausreichend war, um die Habitate der Jungfelchen abzudecken, oder dass der Jungfischbestand bei den Felchen im Bodensee 2014 niedrig war. Die Flussbarsche zeigen eine auch in anderen Seen übliche Struktur der Längenzusammensetzung. Die Anzahl kleiner Barsche (< 130 mm) ist jedoch sehr hoch im Vergleich zu den älteren Barschen. Die Rotaugen zeigen ein entsprechend der Maschenweite zu erwartendes Längen- und Abundanzspektrum.

4.4.3.2 Untersee

Jungfelchen im Untersee häufiger

Im Untersee sind kleinere Felchen (vermutlich 0+ oder 1+) deutlich häufiger in den Fängen vertreten als im Obersee (Abbildung 4-34). Dafür sind mittelgrosse Felchen in unseren Fängen wenig vertreten. Bei den Flussbarschen sind kleine Fische dominant. Grössere Barsche sind nur sehr wenige vorhanden. Auch bei den Rotaugen fehlen grössere Fische. Dabei stimmt die Fischgrösse der in stark reduzierter Anzahl vorhandener Fische interessanterweise mit der Fischgrösse, die durch die erlaubte Maschenweite (32-34mm) gefangen werden, gut überein.

4.4.3.3 Kleinere Stichlinge im Untersee

Die gefangenen Stichlinge waren im Untersee deutlich kleiner als im Obersee. Die mittlere Länge betrug im Untersee 48 mm und im Obersee 67 mm, bei einer Maximallänge im Untersee von 73 mm und im Obersee von 101 mm. Da gerade kleine Stichlinge in den Netzen allgemein und in den Vertikalnetzen insbesondere (kleinste Masche bei 10 mm) schlecht gefangen werden, kann dies ein Teil der geringeren Abundanz der Stichlinge in den Netzen des Untersees erklären. Im Untersee hat es sicherlich weniger Stichlinge als im Obersee, insbesondere im Pelagial, auch wenn vielleicht nicht so viel weniger als dies die Fangdaten vermuten lassen.

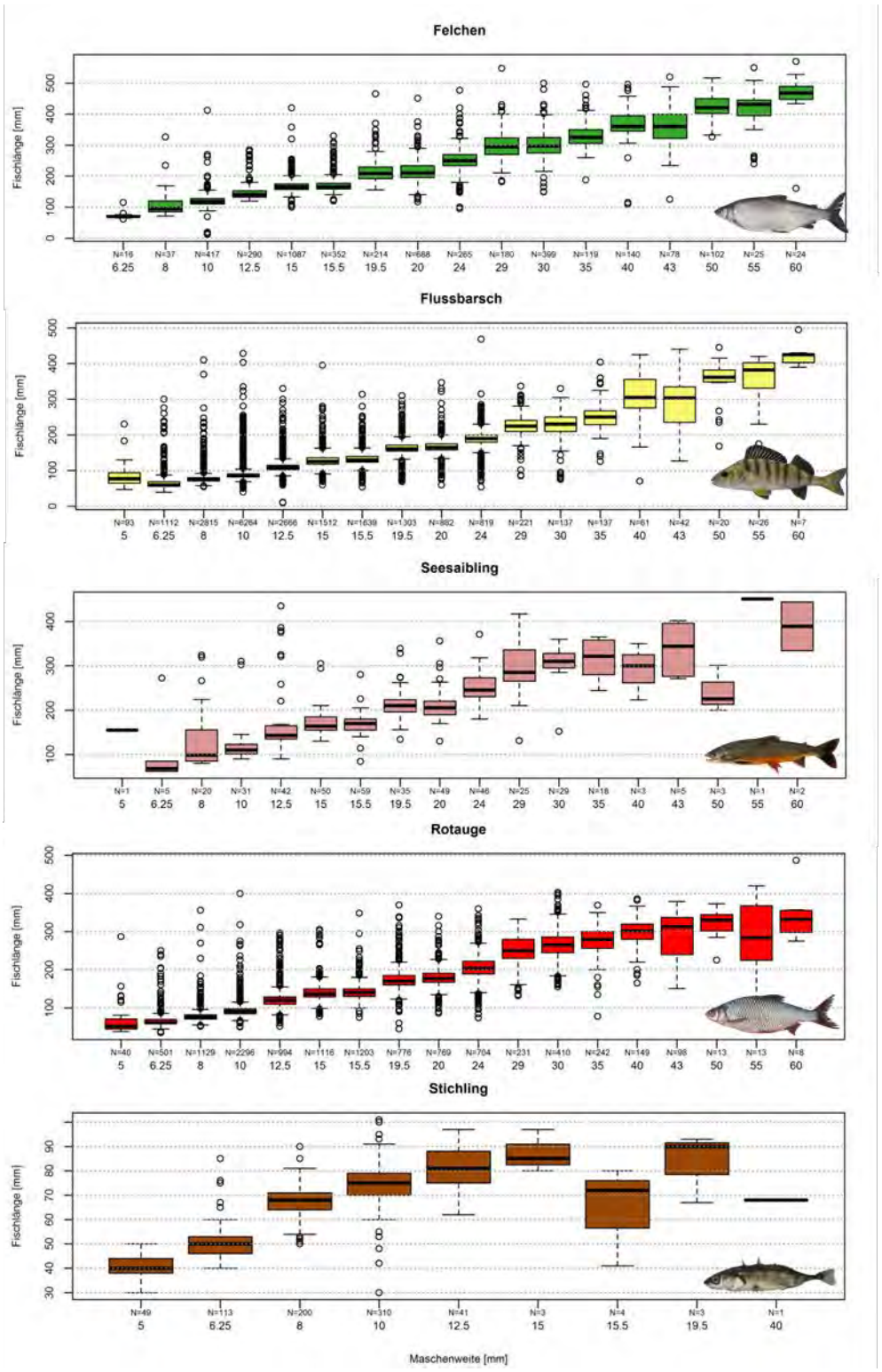

Abbildung 4-32. Grössenselektivität der Maschenweiten (alle Fänge „Projet Lac“ 2010-2014). Für diese Graphik wurden alle Felchenarten gemeinsam als „Felchen“ dargestellt, und alle Saiblingstypen gemeinsam als „Seesaibling“. Es ist aber wichtig, darauf hinzuweisen, dass Längenselektivität zwischen den Arten und Typen durchaus variieren kann, da sie sehr unterschiedliche relative Körperhöhen aufweisen.

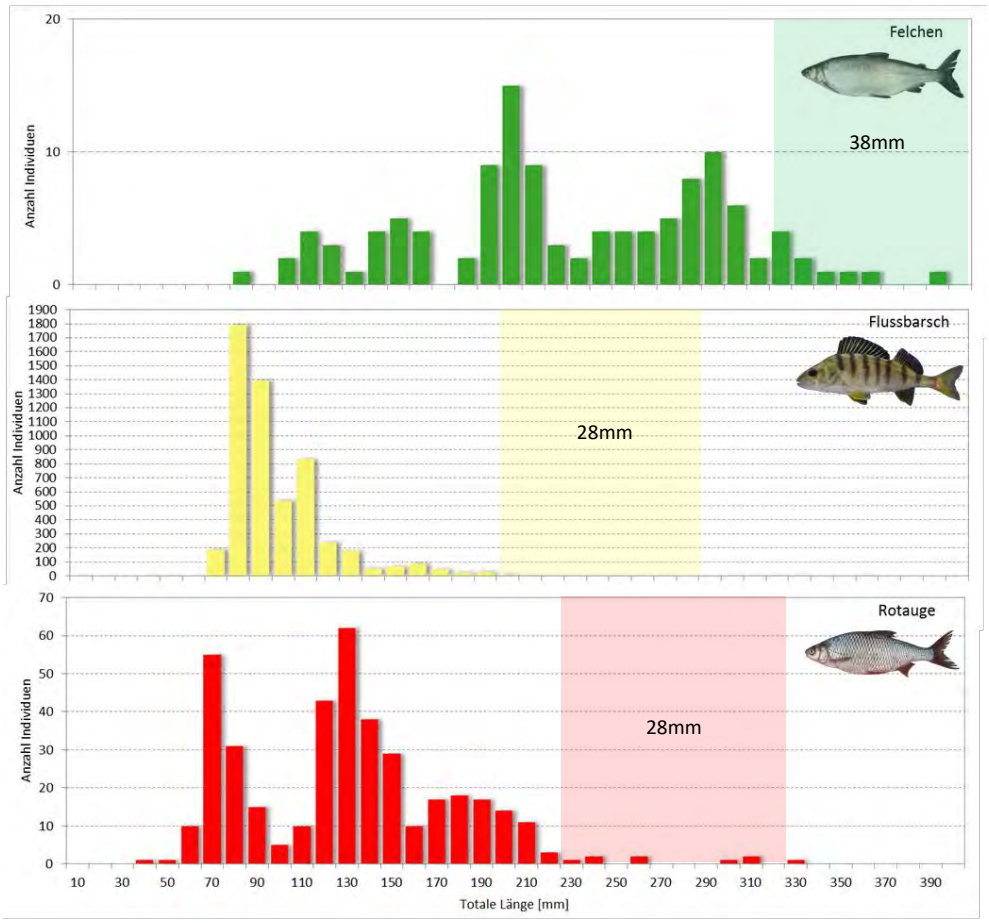

Abbildung 4-33. Längenverteilung der Felchen, Flussbarsche und der Rotaugen der „Projet Lac"-Fänge. Der farbige Hintergrund entspricht den Fischlängen, die mit den minimalen erlaubten Maschenweiten im Obersee gefangen werden.

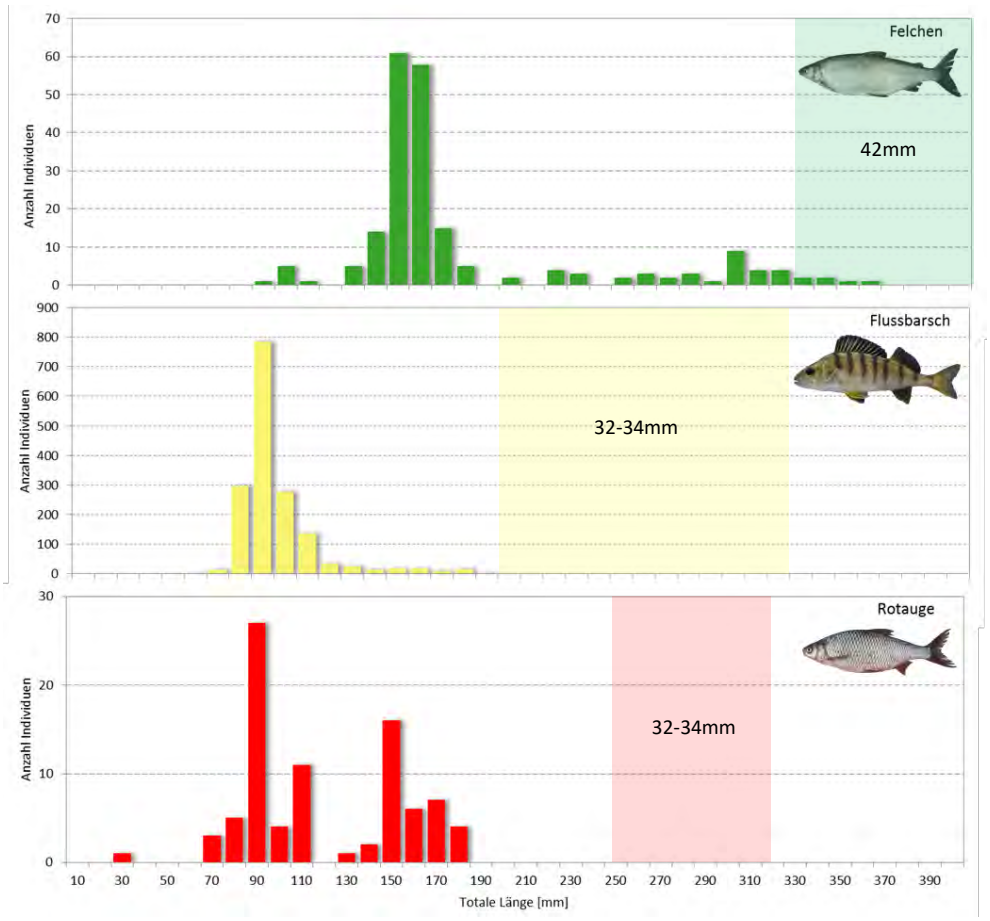

Abbildung 4-34. Längenverteilung der Felchen, Flussbarsche und der Rotauge der „Projet Lac"-Fänge. Der farbige Hintergrund entspricht den Fischlängen, die mit den minimalen erlaubten Maschenweiten im Untersee gefangen werden.

4.4.4 Vergleich der Projet Lac-Fänge mit anderen Seen

4.4.4.1 Obersee

Heute eine hohe Anzahl Stichlinge

Im Vergleich mit anderen Alpenrandseen und aufgrund der für die Netzfläche und die Verfügbarkeit der Habitate korrigierten Fänge, wird die Fischzusammensetzung des Obersees in Bezug auf die Anzahl Fische heute vom Dreistachligen Stichling dominiert (Abbildung 4-35). Dies ist äusserst unüblich und ähnelt in der Fischartenzusammensetzung nicht einem natürlichen Voralpensee. In den „Projet Lac"-Fängen dominieren im Pelagial der tiefen Voralpenseen die Felchen. Bei der Biomasse dominieren im Obersee wie erwartet die Felchen, doch auch bei der Biomasse sind Stichlinge stark vertreten (Abbildung 9-1). Das heute im Obersee beobachtete Verhältnis der Fischartenzusammensetzung weicht also insbesondere in der Abundanz von dem natürlicherweise im Obersee zu erwartenden Dominanzverhältnis ab.

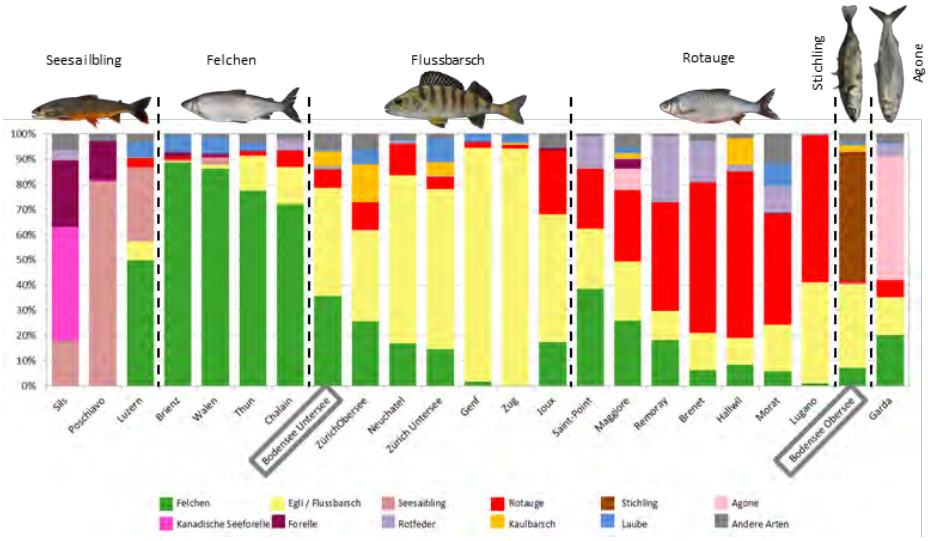

Abbildung 4-35. Vergleich der für den Aufwand und für die Seefläche korrigierten Fänge (Anzahl Fische) in den verschiedenen Seen. Dargestellt sind die Fänge der Vertikalnetze.

4.4.4.2 Untersee

Heute ein Felchen- / Flussbarschsee

Im Vergleich mit anderen Alpenrandseen wird der Untersee gemäss den für die Netzfläche und die Verfügbarkeit der Habitate korrigierten Fängen von Barschen und Felchen dominiert (Abbildung 4-35). Er reiht sich damit in der Artenzusammensetzung in die mesotrophen und weniger tiefen Voralpen- und Juraseen ein (Zürichsee Obersee, Lac de Joux, Lac Saint-Point).

4.4.4.3 Vergleich Berufsfischerfänge

Der mittlere von der Berufsfischerei erzielte spezifische Ertrag zwischen 2011 und 2014 im Bodensee-Obersee (korrigiert für die Seefläche) liegt im Vergleich zu anderen Voralpenseen im mittleren Bereich (Abbildung 4-36). Der Untersee liegt gar an der Spitze. Bei dieser Betrachtung wurde aber weder der Fischereiaufwand, noch spezielle Bewirtschaftungsformen (Neben- oder Haupterwerbsfischerei, Besatzmassnahmen etc.) berücksichtigt, die Darstellung wird dennoch der Vollständigkeit halber mitaufgeführt.

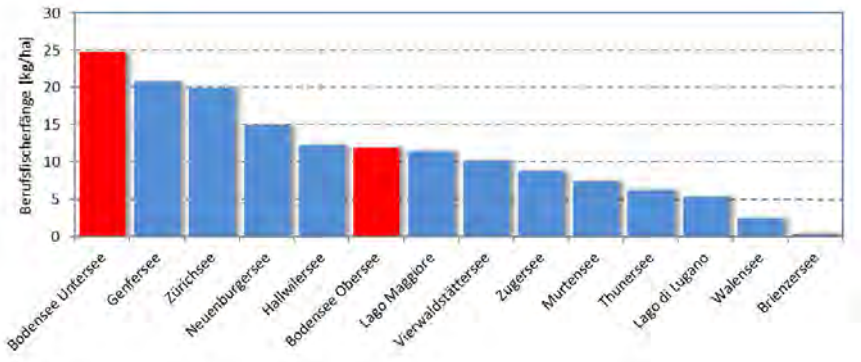

Abbildung 4-36. Mittelwert der Berufsfischerfänge von 2011-2014 in verschiedenen Schweizer Seen (Daten BAFU, IBKF) korrigiert für die Seefläche aber nicht für den Fischereiaufwand.

5 Bewertungen nach Wasserrahmenrichtlinie

Die Daten der Abfischungen nach der CEN-Norm (Comité Européen de Normalisation 2005) sollten nach den deutschen (DeLFi-Site, DeLFi-Type) und österreichischen Verfahren (Austrian Lake Fish Index, ALFI) ausgewertet werden und die Resultate miteinander verglichen werden. Die Auswertungen wurden jeweils durch die einzelnen Länder durchgeführt und werden hier zusammengefasst.

5.1 Austrian Lake Fish Index, ALFI

In der Einteilung nach fischökologischen Seentypen ist der Bodensee-Obersee ein Laubensee (Leitfischart Laube). Die unten stehenden Auswertungen wurden daher basierend auf diesen Annahmen durchgeführt.

Tabelle 5-1. Zusammenstellung der WRRL Auswertungen nach ALFI

Bodensee Obersee		
Anzahl Arten Überblick	Anzahl urspr. Arten	22
	Anzahl aktuelle Arten	30
	Artenfehlbetrag	0
	Anzahl Fremdfischarten	8
	Metric	**EQR**
Arteninventar	AI typspezifische Fischarten	0,86
	Anteil AI Fremdfischarten	0,72
	Abundanzindex Kleinfischarten	0,61
	Abundanzindex stenöke Arten	0,71
Gilden	Abundanzindex Laichwanderer	0,92
	Abundanzindex Laichgilden	0,75
LF	Längenfrequenz Leitfischart	1,00
BM	Fischbiomasse	0,40
	MEAN EQR	**0,75**

Ökologische Zustandsklasse	EQR
sehr gut	>0,8
gut	0,60-0,79
mäßig	0,40-0,59
unbefriedigend	0,20-0,39
schlecht	<0,20

Die Leitfischart (Laube) konnte im Rahmen der durchgeführten Befischung mit 276 Exemplaren (AI=4; „häufig“) belegt werden. Von den insgesamt 14 geforderten Längenklassen konnten alle gefangen werden und so wurde im Metric „Längenfrequenz Leitfischart“ (Wert=1,00) keine Abweichung vom Referenzzustand festgestellt. Von den typspezifischen Fischarten wurden nur der Wels „selten“ (AI=2), Brachse, Rotfeder und Schleie „verbreitet“ (AI=3) und alle anderen „häufig“ (AI=4) nachgewiesen. Als Folge ergibt sich ein guter EQR-Wert im Metric „AI typspezifische Fischarten“. Die Abweichung im Metric „Fremdfischarten“ fällt trotz der 8 neuen Arten moderat aus, weil etliche dieser neuen Arten nur mit geringem Abundanzindex auftreten. Die Divergenz vom Referenzzustand in den Bewertungsfaktoren „Kleinfischarten“ und „stenöke Arten“ geht auf Defizite bei Bitterling und Elritze bzw. hinsichtlich „AI Laichgilden“ und zusätzlich auf Defizite bei Moderlieschen und Wels zurück. Eine markante Abweichung vom Referenzzustand wurde bei der Biomasse festgestellt (EQR=0,4).

Diese lag mit rund 33 kg/ha (20 – 46 kg/ha; Aufnahmen 2009, Eckmann 2010) weit unter dem Referenzwert für Laubenseen (früher 65 kg/ha, aktualisiert 86 kg/ha). Der genaue Punkt, an dem der Metric Biomasse auf 0,8 gehen würde, liegt bei 52 kg/ha. Dann würde die Gesamtbewertung den EQR von 0,8 und damit den sehr guten Zustand (Klasse 1) erreichen.

Mit einem errechneten Gesamt-EQR von 0,75 wird der ökologische Zustand des Bodensees an Hand des biologischen Qualitätselementes „Fische“ im Sinne der EU-WRRL mit der aktuellen Version des interkalibrierten österreichischen Bewertungssystems mit „gut“ (Klasse 2) bewertet.

5.2 Deutscher “Lake Fish Index”: DeLFi-Site

Der deutsche “Lake Fish Index” (DeLFi) umfasst zwei Module, das DeLFi-Site und das DeLFi-Type Modul (Ritterbusch und Brämick 2015). Alle Auswertungen nach DeLFi in diesem Dokument, wurden durch die Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg in Langenargen durchgeführt. Das **Site-Modul** wurde an Seen ab 1 ha Grösse oder Maximaltiefen über 50 m oder hohem Volumen/Flächenquotient entwickelt und sollte in seiner Anwendung vor allem auf derartige Gewässer begrenzt bleiben. Seen aus der alpinen Region werden ebenfalls mit dem Site-Modul bewertet. Die Anwendung des Site-Moduls basiert auf Modellierungen von Arteninventaren und semiquantitativen Häufigkeiten für die Referenzfischgemeinschaft und für die aktuelle Fischgemeinschaft. Dazu werden Daten und Angaben der Fischerei, Fachliteratur, gezielte Befischungen (in diesem Fall die „Projet Lac“ CEN Daten und Expertisen genutzt.

5.2.1 DeLFi-Site Obersee

Die Bewertung nach DeLFI-Site für den Bodensee-Obersee (Seetyp LAWA 4) ergibt einen EQR von 0,78, was einem guten ökologischen Zustand entspricht.

Tabelle 5-2. Artenliste und Abundanzklassen der Rahmenreferenz für den Bodensee-Obersee

Arten der Rahmenreferenz				
Art	**Name DE**	**Rahmen?**	**Referenz**	**Aktuell**
Abramis brama	Blei		2	2
Alburnus alburnus	Ukelei	NO	3	2
Blicca bjoerkna	Güster		1	1
Cottus gobio	Westgroppe		2	1
Esox lucius	Hecht	NO	3	3
Leuciscus cephalus	Döbel	NO	2	2
Lota lota	Quappe	NO	3	3
Perca fluviatilis	Barsch	NO	3	3
Phoxinus phoxinus	Elritze		2	0
Rutilus rutilus	Plötze	NO	3	3
Salmo trutta lac.	Seeforelle		2	2
Salvelinus alpinus	Seesaibling	NO	2	2
Scardinius erythro.	Rotfeder		1	1
Silurus glanis	Wels		1	1
Tinca tinca	Schleie		1	1

Tabelle 5-3. Artenliste und Abundanzklassen der See-spezifischen Arten für den Bodensee-Obersee

See-spezifische Arten			
Weitere Arten	**Name DE**	**Referenz**	**Aktuell**
Coregonus 'Blaufelchen'	Blaufelchen	3	3
Coregonus 'Gangfisch'	Gangfisch	3	3
Coregonus 'Sandfelchen'	Sandfelchen	2	2
Carassius carassius	Karausche	1	1
Carassius gibelio	Giebel	1	1
Barbatula barbatula	Schmerle	2	2
Cyprinus carpio	Karpfen	2	2
Gasterosteus aculeatus	Dreist. Stichling	0	3
Gobio gobio	Gründling	1	1
Gymnocephalus cernua	Kaulbarsch	0	3
Leucaspius delineatus	Moderlieschen	0	1
Leuciscus leuciscus	Hasel	3	3
Oncorhynchus mykiss	Regenbogenforelle	0	1
Sander lucioperca	Zander	0	2
Rhodeus amarus	Bitterling	1	1
Coregonus 'Kilch'	Kilch	3	0

Tabelle 5-4. Zusammenstellung der Metrics und der Bewertung nach DeLFi-Site für den Obersee

Verbindliche Metrics				
Metric	**Referenz**		**Aktuell**	**Wert**
sensible Arten				
häufige Arten	9	davon heute	8	**1**
regelmäßige Arten	9	davon heute	8	**3**
seltene Arten	8	davon heute	8	**5**
Anzahl Habitatgilden	4	davon heute	4	**5**
Anzahl Reproduktionsgilden	4	davon heute	4	**5**
Abundanzen				
Abundanz häufige Arten	9	davon heute	7	**3**
Abundanz Habitatgilden				
littoral	profundal	epilimnisch	hypolimnisch	**kombiniert**
5.0	3.0	5.0	5.0	**5**
Abundanz Reproduktionsgilden				
lithophil	phyto-lithophil	phytophil	psammophil	**kombiniert**
5.0	4.3	5.0	5.0	**5**

Reproduktion potenziell besetzter Arten		Metric berücksichtigen?		Ja
Art	1 - Kontrolle	2 - Besetzt	3 - Reproduziert	Effekt
Coregonus albula	Nein	Nein	Ja	
Coregonus phen. "lavaretus"	Ja	Ja	Ja	
Esox lucius	Ja	Nein	Ja	
Sander lucioperca	Nein	Ja	Ja	
Tinca tinca	Ja	Nein	Ja	

Optionale Metrics	Metric nutzen?	Klasse wählen	**Wert**
Maximalgewicht Brachsen	Ja	> 2.0 kg	**5**
	Metric nutzen?		
Vernetzung	Nein	5	**na**
Ist der See im Referenzzustand vernetzt?	Ja		

Bewertung des ökologischen Zustandes des Sees	
Anzahl der Metrics:	**9**
Gesamtwert:	**37**
EQR:	**0.78**
Ökologische Statusklasse See:	**gut**

Berücksichtigung optionaler Metrics

Reproduktion:	berücksichtigt
Maximalgewicht Brassen:	berücksichtigt
Anzahl Gastarten/Gruppen:	ausgeschlossen

5.2.2 DeLFi-Site Untersee

Die Bewertung nach DeLFI-Site für den Bodensee-Untersee (Seetyp LAWA 2) ergibt einen EQR von 0,83, was einem guten ökologischen Zustand entspricht.

Tabelle 5-5. Artenliste und Abundanzklassen der Rahmenreferenz für den Bodensee-Untersee

Arten der Rahmenreferenz				
Art	**Name DE**	**Rahmen?**	**Referenz**	**Aktuell**
Abramis brama	Blei	NO	3	2
Alburnus alburnus	Ukelei		3	2
Blicca bjoerkna	Güster		1	1
Cottus gobio	Westgroppe	NO	2	0
Esox lucius	Hecht	NO	3	3
Leuciscus cephalus	Döbel	NO	2	2
Leuciscus leuciscus	Hasel	NO	2	1
Lota lota	Quappe		2	2
Perca fluviatilis	Barsch		3	3
Phoxinus phoxinus	Elritze	NO	2	0
Rutilus rutilus	Plötze	NO	3	2
Salmo trutta lac.	Seeforelle	NO	1	1
Salvelinus alpinus	Seesaibling	NO	1	1
Scardinius erythro.	Rotfeder	NO	2	1
Silurus glanis	Wels		1	1
Tinca tinca	Schleie	NO	3	3

Tabelle 5-6. Artenliste und Abundanzklassen der See-spezifischen Arten für den Bodensee-Untersee

See-spezifische Arten			
Weitere Arten	**Name DE**	**Referenz**	**Aktuell**
Coregonus 'Große Maräne'	Große Maräne allg.	3	3
Barbatula barbatula	Schmerle	2	2
Cyprinus carpio	Karpfen	3	3
Carassius carassius	Karausche	1	0
Carassius gibelio	Giebel	1	1
Oncorhynchus mykiss	Regenbogenforelle	0	1
Sander lucioperca	Zander	0	1
Gasterosteus aculeatus	Dreist. Stichling	0	3
Gobio gobio	Gründling	1	1
Gymnocephalus cernua	Kaulbarsch	0	2
Rhodeus amarus	Bitterling	1	0

Tabelle 5-7. Zusammenstellung der Metrics und der Bewertung nach DeLFi-Site für den Untersee

Verbindliche Metrics				
Metric	**Referenz**		**Aktuell**	**Wert**
sensible Arten				
häufige Arten	8	davon heute	8	**5**
regelmäßige Arten	7	davon heute	5	**1**
seltene Arten	8	davon heute	6	**5**
Anzahl Habitatgilden	4	davon heute	4	**5**
Anzahl Reproduktionsgilden	4	davon heute	4	**5**
Abundanzen				
Abundanz häufige Arten	8	davon heute	5	**3**
Abundanz Habitatgilden				
littoral	profundal	epilimnisch	hypolimnisch	**kombiniert**
5.0	5.0	5.0	na	**5**
Abundanz Reproduktionsgilden				
lithophil	phyto-lithophil	phytophil	psammophil	**kombiniert**
4.3	4.0	3.7	5.0	**5**

Reproduktion potenziell besetzter Arten		Metric berücksichtigen?		Ja
Art	1 - Kontrolle	2 - Besetzt	3 - Reproduziert	Effekt
Coregonus albula	Nein	Nein	Ja	
Coregonus phen. "lavaretus"	Ja	Ja	Ja	
Esox lucius	Ja	Ja	Ja	
Sander lucioperca	Nein	Nein	Ja	
Tinca tinca	Ja	Nein	Ja	

Optionale Metrics	Metric nutzen?	Klasse wählen	**Wert**
Maximalgewicht Brachsen	Ja	> 2.0 kg	**5**
	Metric nutzen?		
Vernetzung	Nein	4	**na**
Ist der See im Referenzzustand vernetzt?	Ja		

Bewertung des ökologischen Zustandes des Sees	
Anzahl der Metrics:	**9**
Gesamtwert:	**39**
EQR:	**0.83**
Ökologische Statusklasse See:	**gut**

Berücksichtigung optionaler Metrics

Reproduktion:	berücksichtigt
Maximalgewicht Brassen:	berücksichtigt
Anzahl Gastarten/Gruppen:	ausgeschlossen

5.3 Deutscher “Lake Fish Index”: DeLFi-Type

Das **Type-Modul** des DeLFi wurde für Seen im norddeutschen Flachland (Ökoregion 14: «Central Plains») entwickelt, die nicht die o.g. Eigenschaften aufweisen. Zur Bewertung mit dem Type-Modul ist eine Befischung mit benthischen Multimaschen-Stellnetzen nach europäischem Standard CEN 14757 (Comité Européen de Normalisation 2005) erforderlich. Für den in der Ökoregion 9 ("Central Highlands") gelegenen Bodensee wurde dieses Modul daher erstmals erprobt.

5.3.1 DeLFi-Type Obersee

Die Bewertung nach DeLFi-Type für den Bodensee-Obersee ergibt einen EQR von 0,82, was ebenfalls einem guten ökologischen Zustand entspricht.

Tabelle 5-8. Metrics zur Masse und Anzahl der einzelnen Arten nach DeLFi-Type für den Obersee

WPUE		0.024	**[kg/m²]**
Art	**vorhanden?**	**% Masse**	**% Anzahl**
Abramis ballerus	fehlt (natürlich)	0	
Abramis brama	ja	0.19	0.11
Blicca bjoerkna	ja	2.62	
Carassius carassius	ja	0	
Carassius gibelio	ja	0	
Coregonus 'Whitefish'	ja	0.94	
Cyprinus carpio	ja	2.29	
Esox lucius	ja	1.96	
Gymnocephalus cern.	ja	18.33	19.46
Perca fluviatilis	ja	47.95	
Rutilus rutilus	ja	7.79	
Sander lucioperca	ja	0.47	
Scardinius erythro.	ja	0.13	
Tinca tinca	ja	0.31	
Aspius aspius	fehlt (natürlich)	x	x
Gasterosteus aculeatus	ja	x	x
Gobio gobio	ja	x	x
Leuciscus cephalus	ja	x	x
Leuciscus idus	fehlt (natürlich)	x	x
Leuciscus leuciscus	ja	x	x
Lota lota	ja	x	x
Osmerus eperlanus	fehlt (natürlich)	x	x
Median der Masse [g]			
Barsch ≥ 06 g	8.63		
Blei ≥ 10 g			
Plötze ≥ 14 g	29.85		

Tabelle 5-9. Zusammenstellung der Metrics und der Bewertung nach DeLFi-Type für den Obersee

Ausgabe und Bewertung			
Metric	**Wert**	**Bewertung**	**Auswahl**
obligatorische Arten	0 Arten fehlen	5	Ja
WPUE [kg/m²]	0.024	4	Ja
Abr. brama [% Anzahl]	0.11	5	Ja
Gymn. cernua [% Anzahl]	19.46	4	Ja
benthisch [% Masse]	30.34	5	Ja
benthivor [% Masse]	22.39	4	Ja
Median der Masse [g]		**3**	Ja
Barsch ≥ 06 g	8.63	3	Ja
Blei ≥ 10 g	0	n.a.	Nein
Plötze ≥ 14 g	29.85	4	Ja

Modifikator Reproduktion besetzte Arten		Auswahl?	Ja
Art	**1 - Kontrolle**	**2 - Besetzt**	**3 - Reproduziert**
Coregonus phen. "lavaretus"	Ja	Ja	Ja
Esox lucius	Ja	Nein	Ja
Sander lucioperca	Ja	Ja	Ja
Tinca tinca	Ja	Nein	Ja

Gesamtbewertung	
Anzahl gewählter Metrics	7
Punktezahl für Auswahl:	30
EQR für ausgewählte Metrics	**0.82**
Ökologischer Zustand des Sees nach DeLFI-Type:	**gut**

Ausgeschlossene Standard-Metrics: 0
Modifikator Reproduktion ausgewählt: Ja

5.3.2 DeLFi-Type Untersee

Die Bewertung nach DeLFi-Type für den Bodensee-Untersee ergibt einen EQR von 0,88, was ebenfalls einem guten ökologischen Zustand entspricht.

Tabelle 5-10. Metrics zur Masse und Anzahl der einzelnen Arten nach DeLFi-Type für den Obersee

WPUE		0.01	**[kg/m²]**
Art	**vorhanden?**	**% Masse**	**% Anzahl**
Abramis ballerus	fehlt (natürlich)	0	
Abramis brama	ja	0.27	1.13
Blicca bjoerkna	ja	0.5	
Carassius carassius	ja	0	
Carassius gibelio	ja	0	
Coregonus 'Whitefish'	ja	5.95	
Cyprinus carpio	ja	3.85	
Esox lucius	ja		
Gymnocephalus cern.	ja	3.44	4.31
Perca fluviatilis	ja	65.14	
Rutilus rutilus	ja	3.61	
Sander lucioperca	ja	0.39	
Scardinius erythro.	ja		
Tinca tinca	ja	2.37	
Aspius aspius	fehlt (natürlich)	x	x
Gasterosteus aculeatus	ja	x	x
Gobio gobio	ja	x	x
Leuciscus cephalus	ja	x	x
Leuciscus idus	fehlt (natürlich)	x	x
Leuciscus leuciscus	ja	x	x
Lota lota	ja	x	x
Osmerus eperlanus	fehlt (natürlich)	x	x
Median der Masse [g]			
Barsch ≥ 06 g	8.19		
Blei ≥ 10 g			
Plötze ≥ 14 g	39.92		

Tabelle 5-11. Zusammenstellung der Metrics und der Bewertung nach DeLFi-Type für den Obersee

Ausgabe und Bewertung			
Metric	**Wert**	**Bewertung**	**Auswahl**
obligatorische Arten	0 Arten fehlen	*5*	Ja
WPUE [kg/m²]	0.01	*n.a.*	Ja
Abr. brama [% Anzahl]	1.13	*4*	Ja
Gymn. cernua [% Anzahl]	4.31	*5*	Ja
benthisch [% Masse]	14.16	*5*	Ja
benthivor [% Masse]	12.53	*5*	Ja
Median der Masse [g]		***3***	Ja
Barsch ≥ 06 g	8.19	*3*	Ja
Blei ≥ 10 g	0	*n.a.*	Nein
Plötze ≥ 14 g	39.92	*4*	Ja

Modifikator Reproduktion besetzte Arten		Auswahl?	Ja
Art	**1 - Kontrolle**	**2 - Besetzt**	**3 - Reproduziert**
Coregonus phen. "lavaretus	Ja	Ja	Ja
Esox lucius	Ja	Ja	Ja
Sander lucioperca	Ja	Nein	Ja
Tinca tinca	Ja	Nein	Ja

Gesamtbewertung	
Anzahl gewählter Metrics	6
Punktezahl für Auswahl:	27
EQR für ausgewählte Metrics	**0.88**
Ökologischer Zustand des Sees nach DeLFI-Type:	**gut**

Ausgeschlossene Standard-Metrics: 0
Modifikator Reproduktion ausgewählt: Ja

6 Synthese

6.1 Ökologische Beurteilung des Bodensees

6.1.1 Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers

Obersee ist oligotroph und sauerstoffreich

Der Obersee ist heute ein tiefer oligotropher und vergleichsweise oberflächenwarmer monomiktischer Voralpensee. Die gesamte Seetiefe wird ausreichend mit Sauerstoff versorgt und bietet somit auch in den grössten Tiefen des Sees eine gute Lebensgrundlage für Fische. So besiedeln heute verschiedene Fischarten die Tiefen des Sees (Seesaibling, Groppe, Trüsche). Die Fischdichte ist im Vergleich mit anderen oligotrophen Voralpenseen, wie dem Thunersee, Brienzersee oder Walensee, jedoch eher gering. Ebenfalls konnten in der Tiefe keine Felchen gefangen werden.

Untersee ist mesotroph mit Sauerstoffdefiziten

Im Gegensatz dazu ist der Untersee heute ein vergleichsweise flacher, mesotropher und oberflächenwarmer Voralpensee. Im Rheinsee wird die gesamte Seetiefe ausreichend mit Sauerstoff versorgt, im Zellersee und Gnadensee treten jedoch Phasen mit Sauerstoffmangel im Hypolimnion auf. Der Untersee weist daher in einzelnen Bereichen als Lebensraum für Fische Defizite auf. Dementsprechend sind die Fischdichten in der Tiefe im Vergleich mit oligotrophen Voralpenseen gering, dies mit Ausnahme des Rheinsees, in dem viele Felchen und Trüschen bis zur maximalen Tiefe gefangen wurden.

6.1.2 Uferhabitate

Attraktives und diverses Litoral

Insgesamt ist die litorale Habitatvielfalt im Bodensee im Vergleich mit anderen Voralpenseen hoch. Allerdings kann nur ca. 55% des Seeufers als natürlich oder naturnah eingestuft werden. 45% des Ufers ist durch Verbauungen wie Hafenanlagen, Stege für Boote, Blockwürfe oder hart verbaute Seeufer stark beeinflusst. Insgesamt ist somit ca. die Hälfte des Bodenseeufers stark verbaut und dem natürlichen Zustand fern. Andere Voralpenseen sind jedoch noch stärker verbaut. Positiv ist, dass der Bodenseepegel mehrheitlich natürlichen Schwankungen unterliegt.

6.1.3 Artenvielfalt

Mindestens 30 Fischarten wurden im Rahmen dieses Projekts im gesamten Bodensee gefangen. Davon gelten fünf Arten als gebietsfremd. Die meisten ursprünglich im Bodensee beschriebenen Arten sind auch heute noch vorhanden, eine endemische Art ist jedoch ausgestorben.

Im Obersee wurden die Fänge im Pelagial deutlich durch Stichlinge dominiert. Im Untersee sind die Stichlinge auch häufig, jedoch deutlich weniger als im Obersee.

Im Litoral wurden in beiden Seen insbesondere Flussbarsch, Felchen, Rotaugen, und Kaulbarsche gefangen. Die Fischartenzusammensetzung der „Projet Lac"-Fänge beschreibt den Bodensee Obersee 2014 basierend auf den Arthäufigkeiten als Stichlingsee, den Untersee als Felchen-/Flussbarschsee. Es wird vermutet, dass die Populationsgrösse des Stichlings starken jährlichen Schwankungen unterworfen ist. Der Befall durch den Bandwurm *Schistocephalus solidus* könnte evtl. zur Reduktion der Populationsdichte beitragen. Dies sollte im Rahmen eines Monitorings überprüft werden.

Obwohl die ursprünglichen Fischarten im Bodensee-Obersee zu einem grossen Teil noch vorhanden sind, weicht die Artenzusammensetzung vom ursprünglichen Zustand ab. Zum Beispiel durch das Fehlen vom Kilch im Tiefwasser oder durch die Dominanz von gebietsfremden Fischarten, hauptsächlich dem Stichling im Pelagial. Im Untersee sind die Abweichungen weniger markant.

Fang von ausgestorben geglaubten Tiefseesaiblingen

Erfreulich war der Fang von mehreren Individuen des als ausgestorben erachteten Tiefseesaiblings. Diese endemische und sehr spezielle Art wurde im Überlingerbecken in einer Tiefe von mehr als 90 m gefangen, genau an der Stelle, wo sie 1974 zuletzt nachgewiesen worden war. Wie häufig der Tiefseesaibling ist und wie weit er im Bodensee noch verbreitet ist, bzw. wo es noch geeignete Tiefwasserlebensräume gibt und inwiefern noch weitere Seesaiblingsarten im See leben, sollte in Zukunft abgeklärt werden.

Früher war die Artenvielfalt der Felchen im Bodensee-Obersee hoch. Vier Felchenarten sind taxonomisch beschrieben (Kilch, Gangfisch, Sandfelchen, Blaufelchen (Kottelat 1997)). Aufgrund der Eutrophierung ist der Kilch im Bodensee ausgestorben und die anderen Arten haben sich genetisch durch Hybridisierung angenähert (Vonlanthen et al. 2012; sehe auch Gum et al. 2014). Bei den Feldarbeiten hat sich gezeigt, dass es anhand der äusseren Merkmale nicht möglich war, alle der gefangenen Felchen den noch vorkommenden Arten zuzuweisen. Dazu müssten morphologische und genetische Untersuchungen durchgeführt werden.

6.2 Fischereiliche Nutzung

Fischerei beruht auf Felchen- und Flussbarschfang

Die Berufsfischerei im Bodensee (Obersee und Untersee) basiert heute hauptsächlich auf dem Fang von Felchen und Flussbarschen. Die Fischerei des Bodensees ist somit stark abhängig von der Entwicklung dieser beiden Fischarten. In den letzten Jahren sind die Fänge der Berufsfischer im Obersee stark eingebrochen. Auch die „Projet Lac"-Fänge zeigen, dass die Felchendichte im Obersee im Vergleich mit anderen Seen sehr gering ist. Stichlinge dominieren hier das Pelagial. Inwiefern schlechte Nahrungsbedingungen, eine zwischenartliche Konkurrenz mit den Stichlingen oder andere Umweltbedingungen als Ursache für die geringe Felchendichte in Frage kommen, muss abgeklärt werden.

Im Untersee zeigen die Felchenfänge in den letzten Jahren keinen Trend zur Abnahme. Gegenüber der Voreutrophierungszeit haben der Hecht, der Flussbarsch und die Cypriniden in den Fängen der Berufsfischer anteilsmässig deutlich abgenommen. Inwiefern dies auf Änderungen im Fischbestand oder der Befischungsintensität auf diese Arten zurückgeführt werden kann, ist unklar.

6.3 Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Guter ökologischer Zustand trotz Dominanz des Stichlings

Die Bewertung nach WRRL wurde anhand von drei unterschiedlichen Verfahren durchgeführt, die deutschen DeLFi-Site und DeLFi-Type Ansätze (Ritterbusch und Brämick 2015), und das österreichische ALFI (Gassner et al. 2005). Alle ergeben für den Bodensee-Obersee einen guten ökologischen Zustand.

Die Auswertungen der „Projet Lac“-Fänge zeigen demgegenüber, dass die Häufigkeiten der Fischarten im Bodensee heute von denen aus anderen natürlichen, oligotrophen Voralpensees abweichen. In anderen voralpinen Seen, die im Rahmen vom Projet Lac untersucht wurden, wird der Fischbestand klar von Felchen dominiert, während sich gebietsfremde Arten nicht (Thunersee, Brienzersee und Walensee) oder kaum (Vierwaldstättersee) durchsetzen konnten. Im Bodensee wird der gute ökologische Zustand trotz der Dominanz einer gebietsfremden Art (Stichling) auf Basis aller Bewertungsverfahren erreicht.

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Der Bodensee ist ein Beispiel für einen ursprünglich oligotrophen See, der im Verlauf des letzten Jahrhunderts stark durch die Eutrophierung beeinträchtigt wurde. Dabei hat sich die Fischartenvielfalt im See verändert. Mindestens eine endemische Felchenart ist ausgestorben, andere haben möglicherweise ihre Anpassungen an spezifische Nischen verloren. Eine endemische Saiblingsart galt als ausgestorben, konnte aber wieder nachgewiesen werden. Verschiedene gebietsfremde Arten haben den See besiedelt. Heute, nach der Re-oligotrophierung, wird die Fischfauna insbesondere des Obersees durch den Dreistachligen Stichling dominiert, während Felchen, die normalerweise in oligotrophen Voralpenseen dominant sind, nur in geringen Dichten vorkommen. Die Ursachen für die geringe Felchendichte können im Rahmen dieser Arbeit nicht abschliessend geklärt werden. Es wird daher empfohlen, diesen Abweichungen vertieft nachzugehen. Insbesondere die Dominanz der Stichlinge ist sehr aussergewöhnlich.

Schliesslich zeigen die Befischungen des „Projet Lac“ am Bodensee, wie wichtig standardisierte Erhebungen der Fischfauna sind. Sie haben auch zeigen können, dass Stichlinge im See äusserst dominant sind, was in diesem Ausmass nicht bekannt war. Schliesslich erlauben die Methoden, Seen anhand bestimmter Kriterien objektiv untereinander zu vergleichen. Schwierig ist der Einbezug der unterschiedlichen fischereilichen Nutzung der Seen in die Interpretation der Resultate, da die Berufsfischerei einen Einfluss auf die Abundanz, sowie der Grössen- und Alterszusammensetzung von kommerziell genutzten Arten hat.

Die nun zum ersten Mal erfolgte grossflächige und methodenübergreifende standardisierte Befischung kann als Vergleichsgrundlage für zukünftige Bestandsaufnahmen dienen und somit helfen, die Entwicklung der Fischfauna im Bodensee zu dokumentieren.

8 Literaturverzeichnis

Alexander TJ, Vonlanthen P, Periat G, Degiorgi F, Raymond J-C, Seehausen O (2015) Estimating whole-lake fish catch per unit effort. Fisheries Research 172: 287-302

Appelberg M (2000) Swedish standard methods for sampling freshwater fish with multi-mesh gillnets, 1402-8719

Baer J, Blank S, Chucholl C, Dußling U, Brinker A (2014) Die Rote Liste für Baden-Württembergs Fische, Neunaugen und Flusskrebse. Fischereiforschungsstelle, Baden-Württemberg

Balk H, Lindsem T (2014) Sonar4 and Sonar5-Pro. Post processing systems. Operator manual version 6.0.3, Norway

Comité Européen de Normalisation (2005) Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets (CEN 14757). European Committee for Standardization, Brussels

Degiorgi F (1994) Ètude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre-Prospection multisaisonnière de 6 plan d'eau de l'Est de la France à l'aide de filets verticaux, Besançon, France

Degiorgi F, Grandmottet J-P (1993) Relations entre la topographie aquatique et l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre, définitionde modalités spatiales d'une stratégie de prélèvement reproductible. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 329: 199-220

Degiorgi F, Raymond J-C (2000) Guide technique. Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante., Lyon

Dörfel H-J (1974) Untersuchungen zur Problematik der Saiblingspopulationen (*Salvelinus alpinus* L.) im Ueberlinger See (Bodensee) Archiv für Hydrobiologie, Supplement 41: 80-105

Eckmann R, Pehr M, Probst WN, Engesser B, Löffler H (2010) Hydroakustische Untersuchung der Horizontal- und Vertikalverteilung der pelagischen Felchen im Bodensee-Obersee. Universität Konstanz

Eckmann R, Rösch R (1998) Lake Constance fisheries and fish ecology. Advances in Limnology 53: 285-301

Fujimori Y, Tokai T (2001) Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. Fisheries Science 67: 644-654

Gassner H, Wanzenböck J, Zick D, Tischler G, Pamminger-Lahnsteiner B (2005) Development of a fish based lake typology for natural Austrian lakes> 50 ha based on the reconstructed historical fish communities. Int Rev Hydrobiol 90: 422-432

Gum B, Geist J, Eckenfels S, Brinker A (2014) Genetic diversity of upper Lake Constance whitefish Coregonus spp. under the influence of fisheries: a DNA study based on archived scale samples from 1932, 1975 and 2006. Journal of Fish Biology 84: 1721-1739

Hudson AG, Vonlanthen P, Bezault E, Seehausen O (2013) Genomic signatures of relaxed disruptive selection associated with speciation reversal in whitefish. BMC Evolutionary Biology 13: 1-18

Hunt M, Herron E, Green L (2012) Chlorides in fresh water, The University of Rhode Island, Rhode Island

IGKB (2009) Limnologische Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB), Langenargen, Deutschland

IGKB (2014) Limnologischer Zustand des Bodensees. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB). Institut für Seenforschung an der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Langenargen, Deutschland

Karr JR (1981) Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries 6: 21-27

Kottelat M (1997) European freshwater fishes: an heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. Biologia, Bratislava, Section Zoology 52: 1-271

Langeland A (1993) Entwicklung der Cypriniden-(Weißfisch-) Bestände im Bodensee. Österreichs Fischerei 46: 201-207

Meador MR, Carlisle DM (2007) Quantifying tolerance indicator values for common stream fish species of the United States. Ecological Indicators 7: 329-338

Mehner T (2006) Prediction of hydroacoustic target strength of vendace (*Coregonus albula*) from concurrent trawl catches. Fisheries Research 79: 162-169

Müller B, Bryant LD, Matzinger A, Wüest A (2012) Hypolimnetic oxygen depletion in eutrophic lakes. Environmental Science & Technology 46: 9964-9971

Müller B, Gächter R (2012) Increasing chloride concentrations in Lake Constance: characterization of sources and estimation of loads. Aquat Sci 74: 101-112

Regier HA, Robson DS (1966) Selectivity of gill nets especially to lake whitefish. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 23: 423-454

Ritterbusch D, Brämick U (2015) Verfahrensvorschlag zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Seen anhand der Fische

Simmonds J, Maclennan D (2008) Fisheries acoustics: theory and practice. Wiley-Blackwell

Steinmann P (1950) Monographie der schweizerischen Koregonen: Beitrag zum Problem der Entstehung neuer Arten. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 12: 109-112

Vonlanthen P, Bittner D, Hudson A, Young K, Müller R, Lundsgaard-Hansen B, Roy D, Di Piazza S, Largiader C, Seehausen O (2012) Eutrophication causes speciation reversal in whitefish adaptive radiations. Nature 482: 357-362

Vonlanthen P, Périat G, Alexander TJ, C. D, Reider J, Seehausen O (2014) Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Walensee. Eawag. Kastanienbaum

Vonlanthen P, Périat G, C. D, J. H, Alexander TJ, Seehausen O (2015) Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Thunersee. Eawag. Kastanienbaum

Vonlanthen P, Périat G, Raymond JC, Degiorgi F, Guillard J, Colon M, C. D, Reider J, Seehausen O (2013) Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Brienzersee. Eawag. Kastanienbaum

Zaugg B, Stucki P, Pedroli J-C, Kirchhofer A (2003) Fauna Helvetica 7 - Pisces Atlas. Centre Suisse de Cartographie de la Faune

9 Anhang

Tabelle 9-1. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der gefangenen Individuen für die verschiedenen Fangarten, korrigiert für den Fangaufwand (Anzahl Individuen oder Biomasse (g) pro 1000m² Netzfläche oder Elekrofischfangfläche).

CPUE (Anzahl Individuen / 1000 m²)		Obersee					Untersee				
Deutsch	Lateinisch	CEN benthisch	CEN pelagisch	Elektrisch	Vertikal benthisch	Vertikal pelagisch	CEN benthisch	CEN pelagisch	Elektrisch	Vertikal benthisch	Vertikal pelagisch
Egli / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	672.50	0.60	24.76	65.40	136.87	550.19	0.56	29.19	183.29	43.07
Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	140.97	198.81	1.25	66.17	1.86	36.02	74.44	27.65	-	2.19
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	213.75	-	0.63	9.39	40.04	29.12	1.11	-	16.24	1.46
Alet / Döbel	*Squalius cephalus*	2.64	-	11.60	0.92	12.570	0.38	-	195.08	-	13.87
Felchen	*Coregonus spp.*	2.08	7.74	-	9.70	-	4.60	36.11	-	153.13	-
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	13.61	-	84.61	2.77	47.02	2.68	-	10.75	-	7.30
Rotauge	*Rutilus rutilus*	34.31	-	15.36	1.54	40.50	17.24	2.22	-	31.32	8.03
Laube	*Alburnus alburnus*	18.06	-	48.57	1.69	28.86	3.83	1.67	19.97	2.32	2.92
Brachse	*Abramis brama*	1.11	-	3.45	0.31	0.93	5.75	-	81.41	-	3.65
Blicke	*Blicca bjoerkna*	9.44	-	15.36	0.15	13.04	8.81	-	21.51	-	-
Bartgrundel	*Barbatula barbatula*	4.17	-	5.95	-	-	2.30	-	26.11	-	25.55
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	0.97	-	-	-	3.72	4.60	-	46.08	2.32	3.65
Trüsche	*Lota lota*	5.28	-	16.61	0.77	1.86	1.53	-	26.11	5.80	-
Schleie	*Tinca tinca*	0.28	-	2.51	-	0.47	4.60	-	16.90	-	5.11
Karpfen	*Cyprinus carpio*	0.14	-	0.31	-	1.397	1.15	-	24.58	-	0.73
Hecht	*Esox lucius*	1.11	-	3.13	0.46	-	2.30	0.56	9.22	1.16	0.73
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	6.27	-	-	-	-	4.61	-	-
Forelle	*Salmo trutta*	-	-	0.94	0.46	-	-	-	6.14	-	-
Zander	*Sander lucioperca*	3.06	-	-	0.15	1.40	0.77	-	-	-	-
Wels	*Silurus glanis*	-	-	0.31	-	-	-	-	4.61	-	-
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	-	-	0.31	-	-	-	-	3.07	-	-
Gründling	*Gobio gobio*	0.14	-	2.82	-	-	-	-	-	-	-
Groppe	*Cottus gobio*	0.42	-	1.57	-	-	-	-	-	-	0.73
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	0.69	0.20	-	0.77	-	-	-	-	-	-
Giebel	*Carassius gibelio*	-	-	-	-	0.93	-	-	-	-	-
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.73
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Regenbogenforelle	*Oncorhynchus mykiss*	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-
Total		1125.00	207.34	246.32	160.82	331.47	675.86	116.67	553.00	395.59	119.71

BPUE (g / 1000 m²)		Obersee					Untersee				
Deutsch	Lateinisch	CEN benthisch	CEN pelagisch	Elektrisch	Vertikal benthisch	Vertikal pelagisch	CEN benthisch	CEN pelagisch	Elektrisch	Vertikal benthisch	Vertikal pelagisch
Egli / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	8544.5	4.8	455.1	747.4	2189.0	6481.9	12.8	517.6	2031.0	538.7
Alet / Döbel	*Squalius cephalus*	1093.9	-	1713.4	962.0	9488.4	172.0	-	1713.3	-	4596.4
Felchen	*Coregonus spp.*	166.9	1263.1	-	1058.4	-	592.0	2483.3	-	8980.6	-
Karpfen	*Cyprinus carpio*	408.6	-	979.3	-	2346.4	383.1	-	6173.6	-	2.9
Rotauge	*Rutilus rutilus*	1388.9	-	267.2	34.9	2011.6	359.0	56.7	-	708.0	378.8
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	3266.3	-	2.5	156.0	797.5	341.8	28.9	-	476.3	21.2
Schleie	*Tinca tinca*	55.1	-	21.3	-	137.3	235.6	-	397.8	-	3763.5
Trüsche	*Lota lota*	562.6	-	308.4	60.7	63.8	87.4	-	2628.9	372.4	-
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	677.5	-	278.1	166.8	1717.4	160.9	-	54.4	-	546.7
Hecht	*Esox lucius*	349.9	-	967.0	58.5	-	534.1	57.8	701.9	118.3	66.4
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	1598.5	-	-	-	-	979.0	-	-
Blicke	*Blicca bjoerkna*	466.8	-	53.6	6.2	1608.5	54.4	-	56.4	-	-
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2138.7
Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	668.3	499.2	2.4	297.4	6.5	47.3	65.0	29.9	-	4.4
Zander	*Sander lucioperca*	83.8	-	-	1154.2	77.7	39.1	-	-	-	-
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	22.5	-	-	-	71.7	417.2	-	445.5	116.0	217.5
Forelle	*Salmo trutta*	-	-	137.9	252.5	-	-	-	798.8	-	-
Giebel	*Carassius gibelio*	-	-	-	-	914.8	-	-	-	-	-
Laube	*Alburnus alburnus*	157.8	-	60.6	21.2	402.2	18.0	2.8	32.5	39.4	24.8
Brachse	*Abramis brama*	32.9	-	14.7	389.0	5.1	21.8	-	115.2	-	15.3
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	105.0	34.3	-	90.6	-	-	-	-	-	-
Regenbogenforelle	*Oncorhynchus mykiss*	-	-	-	197.3	-	-	-	-	-	-
Bartgrundel	*Barbatula barbatula*	17.6	-	26.8	-	-	5.0	-	66.0	-	10.9
Groppe	*Cottus gobio*	2.9	-	10.7	-	-	-	-	-	-	83.9
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	-	-	19.7	-	-	-	-	53.8	-	-
Wels	*Silurus glanis*	-	-	6.3	-	-	-	-	50.7	-	-
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	25.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gründling	*Gobio gobio*	1.39	-	15.36	-	-	-	-	-	-	-
Total		18098.52	1801.39	6938.85	5653.22	21837.99	9950.71	2707.22	14815.16	12841.99	12410.22

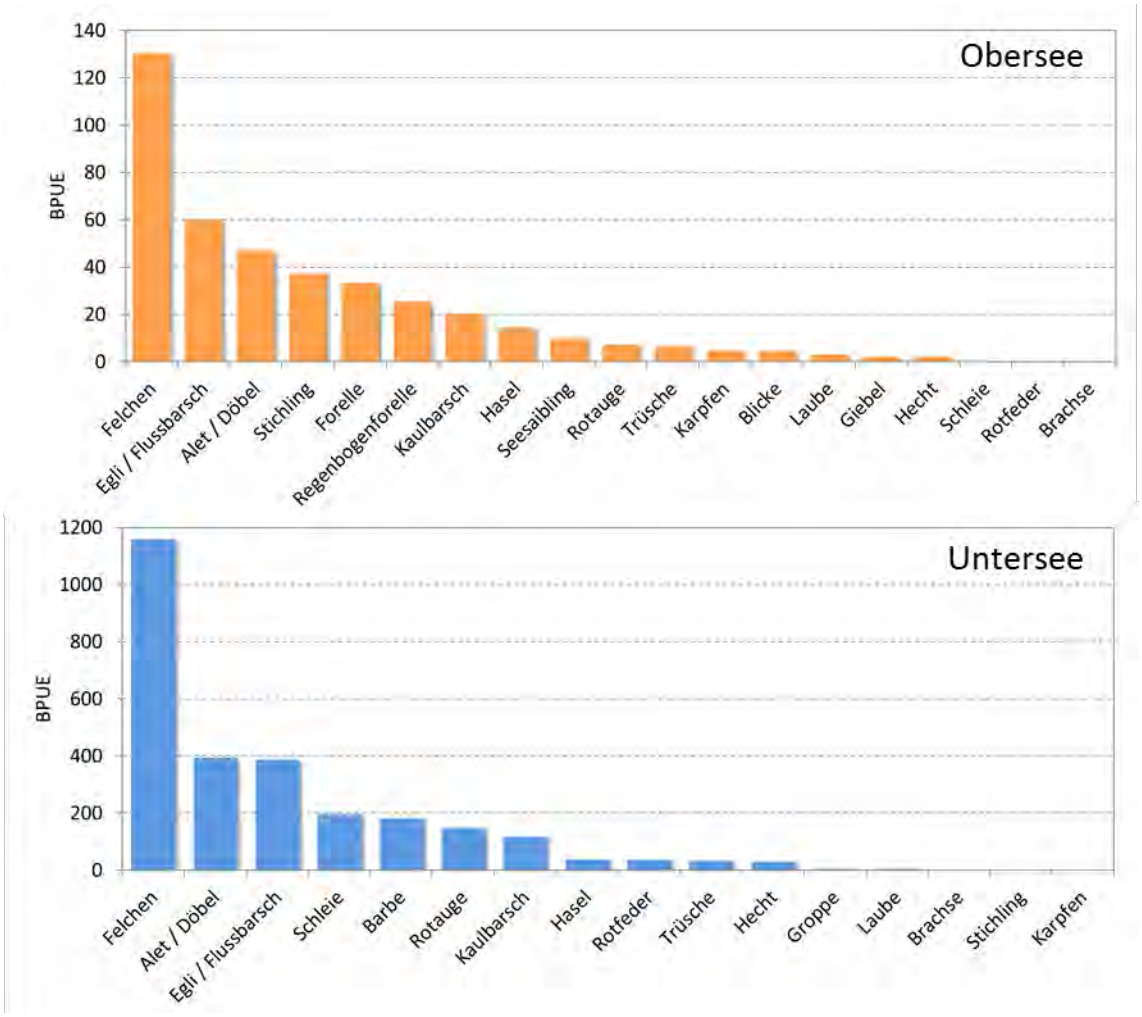

Abbildung 9-1. Die Biomasse der im Obersee (oben) und Untersee (unten) mit den Vertikalnetzen gefangenen Fische korrigiert für die Netzfläche und die Habitatverfügbarkeit. BPUE = Biomasse Fische pro Quadratmeter Netz pro 14 Stunden Einsatz (vgl. Methodenbeschrieb in Alexander et al. (2015)). Ein 7,5 kg schwerer Zander, welcher im Freiwasser des Obersees gefangen wurde, wurde zur Reduktion des Stichprobenfehlers von den Daten ausgeschlossen (Zander BPUE = 148.9 g / m^2 / 14 hr).

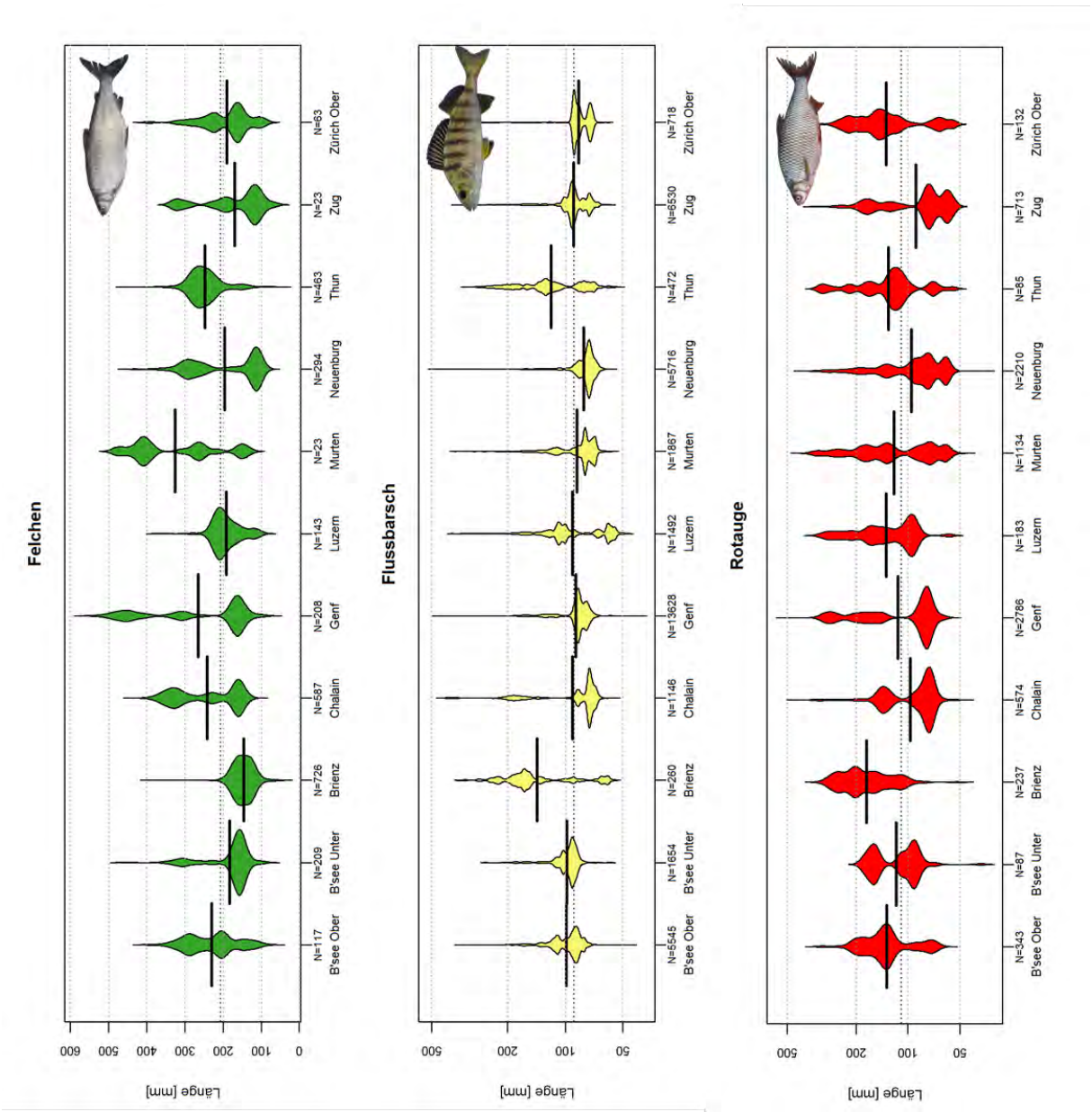

Abbildung 9-2. Längenverteilung der Felchen, Flussbarsche und Rotaugen in einigen der untersuchten Seen.

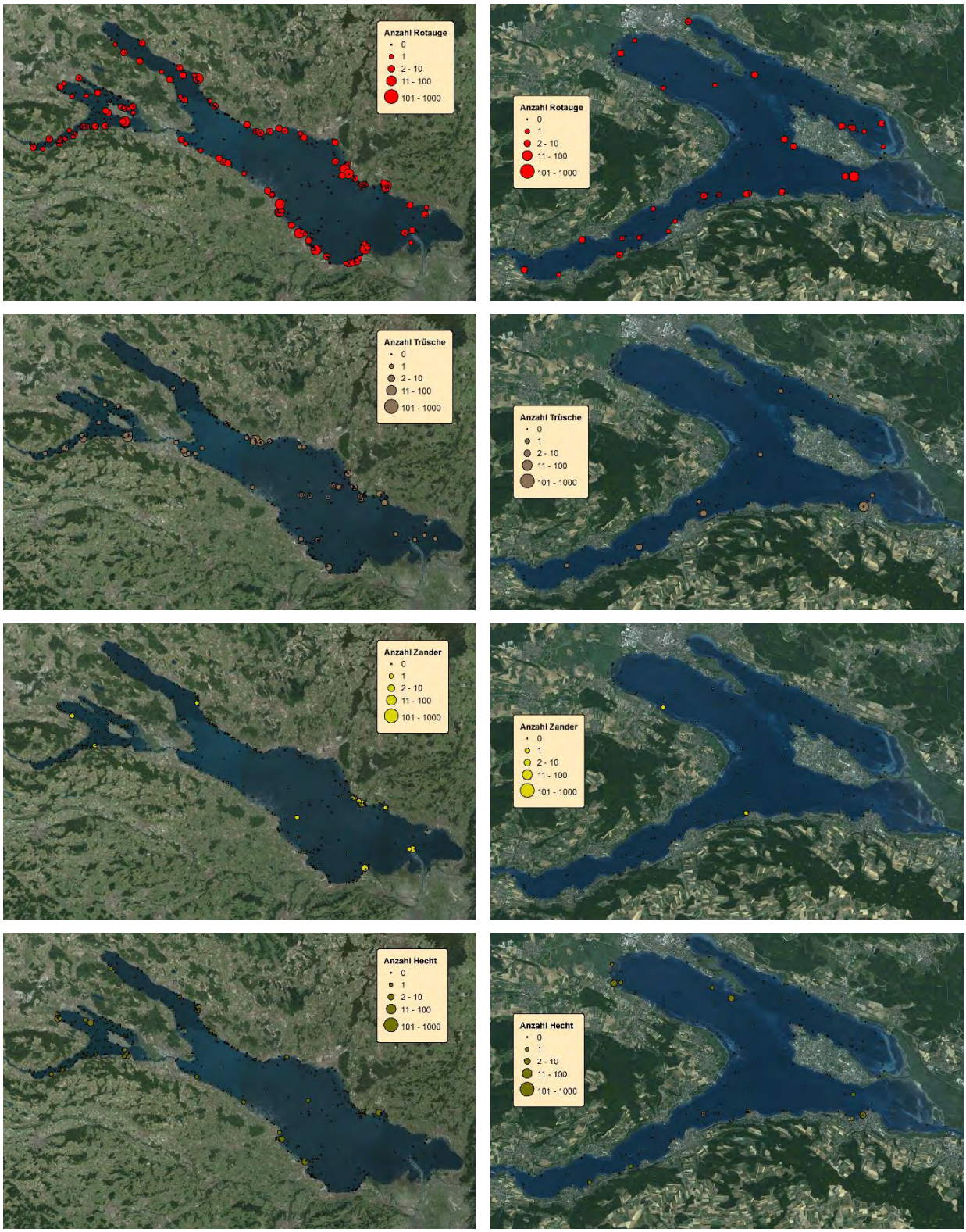

Abbildung 9-3. Geografische Verteilung der Rotaugen-, Trüschen-, Zander-, und Hechtfänge im Obersee und Untersee (alle Protokolle).

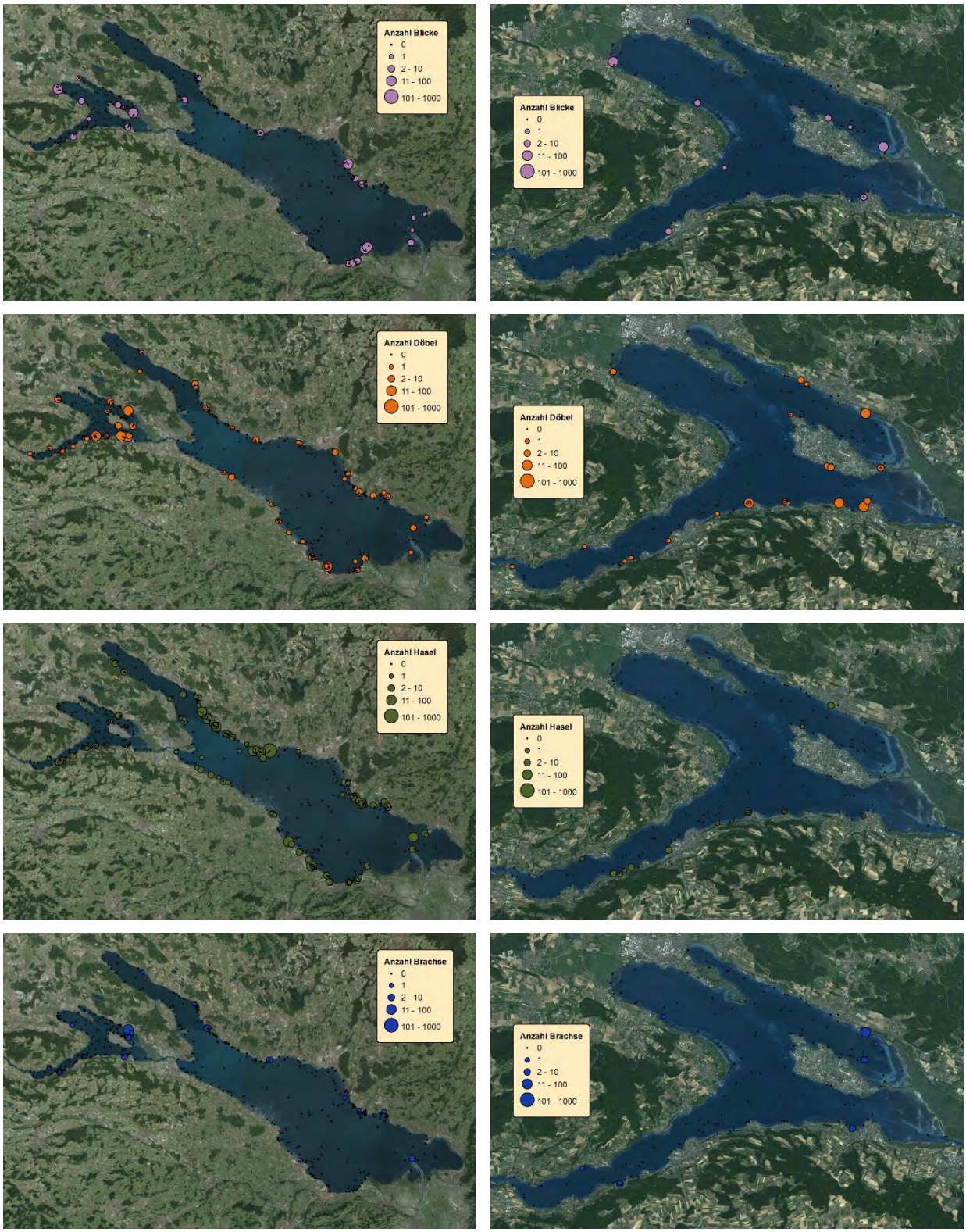

Abbildung 9-4. Geografische Verteilung der Blicken-, Döbel-, Hasel-, und Brachsenfänge im Obersee und Untersee (alle Protokolle).

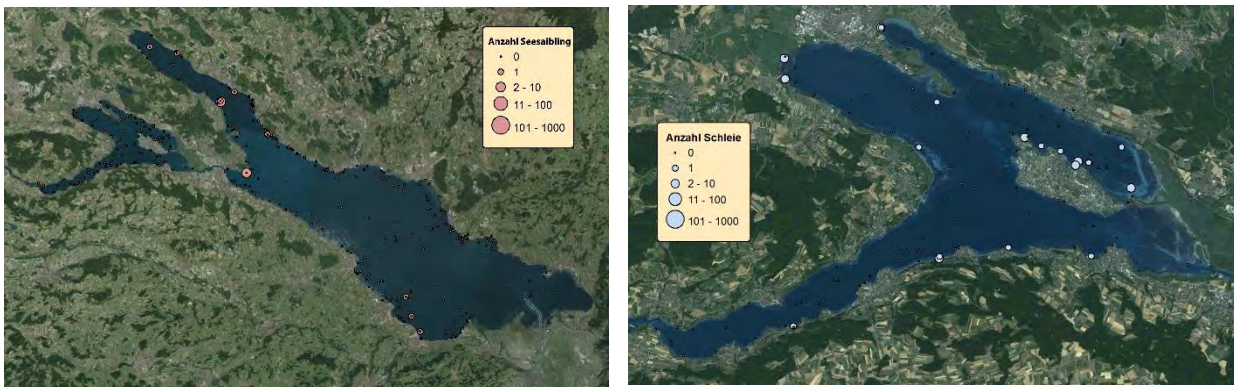

Abbildung 9-5. Geografische Verteilung der Seesaiblingfänge im Obersee und der Schleienfänge im Untersee (alle Protokolle). Im Untersee wurden keine Seesaibling gefangen.