SeeWandel

SEEWANDEL PROJEKT L12

Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erfassung der Fischbestände im Bodensee

Bericht für die IBKF

Darstellung der Befischungsergebnisse und Bewertung des ökologischen Zustands

FFS FISCHEREIFORSCHUNGSSTELLE BADEN-WÜRTTEMBERG

LAZBW LANDWIRTSCHAFTLICHES ZENTRUM BADEN-WÜRTTEMBERG RINDERHALTUNG · GRÜNLANDWIRTSCHAFT · MILCHWIRTSCHAFT · WILD · FISCHEREI

interreg Alpenrhein | Bodensee | Hochrhein

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

06.05.2021

Impressum

Autoren:

Steffen Bader
Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Fachbereich 4: Fischerei
Argenweg 50/1
88085 Langenargen
steffen.bader@lazbw.bwl.de

Barbara Scholz
Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Fachbereich 4: Fischerei
Argenweg 50/1
88085 Langenargen

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

Projektleiter:

Alexander Brinker
Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Fachbereich 4: Fischerei
Argenweg 50/1
88085 Langenargen

Zitiervorschlag:
Bader S., Vonlanthen P., Scholz, B., Brinker A. 2021: SeeWandel Projekt L12 - Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erfassung der Fischbestände im Bodensee – Bericht für die IBKF. SeeWandel, LAZBW. Langenargen.

Danksagung:
Diese Studie erhielt Unterstützung durch das Forschungsprojekt „SeeWandel: Leben im Bodensee - gestern, heute und morgen“ im Rahmen des Interreg V-Programms „Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein (Deutschland/Österreich/Schweiz/Liechtenstein)“ welches Mittel aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung erhält sowie Fördergelder vom Schweizer Bund und den Kantonen. Es bestand keine aktive Mitwirkung seitens der Geldgeber bei der Entwicklung des Studiendesigns, der Datenerfassung und -analyse, der Entscheidung zur Veröffentlichung oder bei der Erstellung des Manuskriptes.
Weiterhin wurde das Projekt durch Mittel der IBKF gefördert.
Ein besonderer Dank gilt den vielen Personen, die das Projekt auf verschiedenste Weise unterstützten und deren Einsatzbereitschaft maßgeblich zu dessen Gelingen beigetragen hat. Dazu gehören die staatlichen Fischereiaufseher an Ober- und Untersee, die Sachverständigen der IBKF, das Team von Aquabios, Robert Obad von der LUBW und die vielen Helfern der FFS.

Inhaltsverzeichnis

1 Hintergrund ... 5

2 Zielsetzung des Projekts ... 7

3 Befischungsmethoden 2019 ... 8

3.1 Elektrobefischungen ... 8

3.2 Netzbefischungen ... 9

3.2.1 Befischung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie ... 9

3.2.2 Vertikalnetz-Methode ... 13

4 Befischungsergebnisse 2019 ... 16

4.1 Obersee ... 16

4.1.1 Elektrobefischungen ... 16

4.1.1.1 Zusammensetzung des Fangs im Obersee ... 16

4.1.1.2 Unterschiede zwischen den Habitaten ... 17

4.1.2 Netzbefischungen ... 20

4.1.2.1 Befischung nach Wasserrahmenrichtlinie mittels der CEN und MOD-Netze ... 20

4.1.2.2 Vertikalnetzbefischung ... 27

4.1.3 Gegenüberstellung der Fangdaten aller Fanggeräte ... 33

4.2 Untersee ... 35

4.2.1 Elektrobefischungen ... 35

4.2.1.1 Zusammensetzung des Fangs ... 35

4.2.1.2 Unterschiede zwischen den Habitaten ... 35

4.2.2 Netzbefischungen ... 38

4.2.2.1 Befischung nach Wasserrahmenrichtlinie mittels der CEN und MOD-Netze ... 38

4.2.3 Gegenüberstellung der Fangdaten der Fanggeräte ... 44

4.3 Geografische Verteilung der Arten in Ober- und Untersee ... 45

4.4 Längenverteilung innerhalb der Maschenweiten ... 49

5 Gegenüberstellung der Netzbefischungen von 2014 und 2019 ... 53

5.1 Befischungsaufwand der CEN und MOD-Netze ... 53

5.2 Obersee ... 53

5.2.1 Befischung mittels CEN und MOD-Netzen ... 53

5.2.1.1 Effektive Fangzahlen in den Jahren 2014 und 2019 ... 53

5.2.1.2 Entwicklung der Fangzusammensetzung ... 54

5.2.1.3 Tiefenverteilung der Arten in den beiden Untersuchungsjahren 60
5.2.1.4 Längenhäufigkeitsverteilung der Arten in den Jahren 2014 und 2015 65
5.2.2 Vertikalnetzbefischung 70
5.2.2.1 Befischungsaufwand 70
5.2.2.2 Effektive Fangzahlen in den Jahren 2014 und 2015 70
5.2.2.3 Entwicklung der Fangzusammensetzung 71
5.2.2.4 Tiefenverteilung der Arten in den beiden Untersuchungsjahren 72
5.3 Untersee 75
5.3.1 Effektive Fangzahlen der Untersuchungen in den Jahren 2014 und 2019 75
5.3.2 Entwicklung der Fangzusammensetzung 75
5.3.3 Tiefenverteilung der Arten in den Jahren 2014 und 2019 81
5.3.4 Längenhäufigkeitsverteilung der Arten in den Jahren 2014 und 2015 86
5.4 Volumengewichtete Anteile der Fischarten 91
6 Ergebnisse der Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie 94
6.1.1 Bewertung des Obersees nach DeLFI-Site 94
6.1.2 Bewertung des Untersees nach DeLFI-Site 97
7 Zusammenfassung 100
7.1 Fischökologische Bewertung des Bodensees 100
7.1.1 Obersee 100
7.1.2 Untersee 101
7.2 Bewertung nach WRRL 101
7.3 Entwurf eines regelmäßigen Monitorings 101
7.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen aus den beiden Untersuchungsjahren 103
8 Literatur 105

1 Hintergrund

Süßwasserökosysteme gehören weltweit zu den artenreichsten Ökosystemen. Gleichzeitig ist ihre natürliche Biodiversität durch eine Vielzahl anthropogener Nutzungsformen stark gefährdet. Verschmutzung, strukturelle Degradation, Überfischung, Ausbreitung von Neozoen, Freizeitnutzung oder der Klimawandel sind nur einige Faktoren die eine Gefahr für aquatische Organismen darstellen können (Geist 2011). Das Ausmaß und die Auswirkungen dieser Faktoren sind für jedes Gewässer und die darin vorkommenden Lebensgemeinschaften spezifisch und müssen individuell bewertet werden. Die Grundlage für effiziente Schutz- und Managementmaßnahmen bildet daher ein standortangepasstes Monitoring, welches den aktuellen Zustand der im Gewässer beheimateten Artengemeinschaft präzise darstellt.

In der Europäischen Union ist der Schutz von Fließgewässern und Seen durch die Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG) für die Mitgliedsstaaten verbindlich geregelt. In Deutschland bedeutet dies, dass Bund und Länder ihr Handeln zum Erreichen der geforderten Ziele aufeinander abstimmen müssen. Dazu zählt auch die Entwicklung geeigneter Verfahren zur Erfassung des ökologischen Zustands. Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) gibt hierfür verschiedene biologische Qualitätskomponenten vor. Dazu zählen neben der Fischfauna das Makrozoobenthos, Makrophyten und Phytobenthos sowie das Phytoplankton. Zusätzlich zu den biologischen werden zur Bewertung eines Gewässers bzw. Wasserkörpers jedoch weitere Qualitätskomponenten unterstützend herangezogen. Dazu zählen hydromorphologische und physikalisch-chemische Qualitätskomponenten, aber auch flussgebietspezifische Schadstoffe und Prioritäre Stoffe sowie bestimmte andere Schadstoffe werden überwacht.

Bei der Bewertung von Seen spielt außerdem die Klassifizierung des Gewässers eine Rolle. Der Bodensee gehört zu den natürlichen Seen in Baden-Württemberg und ist in folgende Seewasserkörper untergliedert: „Obersee“, „Untersee“, sowie die „Flachwasserzone Baden-Württemberg“ des Obersees. Der Ober- und Untersee werden unterschieden, da sie durch den ca. drei Kilometer langen Seerhein verbunden sind. Dieser weist einen Flusscharakter auf, wodurch Ober- und Untersee als eigenständige Gewässerkompartimente einzustufen sind. Zwischen diesen besteht ein Niveau-Unterschied von etwa 20 Zentimetern. Die Flachwasserzone des Obersees ist als Bereich mit 550 m Abstand zur Uferlinie definiert (LUBW, 2015). Auch wenn in Baden-Württemberg die Flachwasserzone und das Freiwasser (Pelagial) des Obersees getrennt bewertet werden, erfolgt in dieser Studie eine Bewertung des gesamten Sees.

Die Untersuchung von Seen erfolgt in Baden-Württemberg grundsätzlich mindestens einmal pro Überwachungszeitraum. Lediglich die Seen der überblicksweisen Überwachung unterliegen einem fest vorgeschriebenen Messzyklus von sechs Jahren. Im Falle des Bodensees zählen hierzu das Freiwasser (international) des Obersees sowie der Untersee (LUBW, 2015). Die operative Überwachung wird an Gewässern, die aufgrund der Ergebnisse des 1. Bewirtschaftungsplans als gefährdet eingeschätzt wurden durgeführt. Die Überwachungsanforderungen werden dabei gezielt auf die vorhandenen Defizite abgestimmt. Im Bodensee wurde die Flachwasserzone des Obersees aufgrund von hydromorphologischen

Defiziten (IGKB, 2008) für die operative Überwachung ausgewählt, wobei diese nicht anhand der Qualitätskomponente Fisch erfolgt.

Fische als Bioindikator

Jedes Gewässer bzw. bei großen Fließgewässern jeder Gewässerabschnitt besitzt eine eigene, charakteristische Fischgemeinschaft. Durch anthropogene Eingriffe am Gewässer kann diese gestört werden und sich in ihrer Artzusammensetzung oder Individuendichte verändern. Durch eine exakte Ermittlung der Veränderung können Rückschlüsse auf die Art und Intensität der Beeinträchtigungen gezogen werden.

Im Vergleich zu den anderen drei Bioindikatoren unterscheiden sich Fische insbesondere hinsichtlich ihrer Langlebigkeit und Mobilität im Gewässer und stellen dadurch eine räumlich und zeitlich integrierende Bewertungskomponente dar. Dabei weisen nicht nur verschiedene Arten unterschiedliche Habitats- und Wasserqualitätsansprüche auf, auch durch die spezifischen Ansprüche ihrer verschiedenen Entwicklungsstadien können verschiedenste Eigenschaften eines Gewässers gezielt bewertet werden. Fische nutzen zudem ein weites trophisches Spektrum, welches sich unter anderem in Form von Nahrungsgilden abbildet. Diese haben unterschiedliche Ansprüche an ein Gewässer und ermöglichen bei etwaigen Populationsveränderungen einer Gilde Mängel am Gewässer effektiv wiederzugeben. Darüber hinaus besitzen verschiedene Arten unterschiedliche Funktionen im Nahrungsnetz eines Gewässers. Die Abweichung einer Art von ihrer natürlichen Abundanz kann somit auch Defizite im Nahrungsnetz anzeigen. Da viele Fischarten, aus unterschiedlichen Gründen (z.B. Fortpflanzung, Nahrungssuche, Winterquartier), auf Wanderungen angewiesen sind, können diese Arten auf Defizite in der natürlichen Vernetzung des Gewässers hinweisen, die durch standortgebundene Bioindikatoren nicht nachgewiesen werden können. Allgemein können Fischgemeinschaften somit als Indikator für strukturelle und hydrologische Veränderungen im Gewässer genutzt werden, die zusätzlich empfindlich auf Beeinträchtigungen der Wasserqualität und Veränderungen des Temperaturregimes reagieren.

2 Zielsetzung des Projekts

Die Zielsetzung der vorliegenden Untersuchungen lässt sich in zwei Themenkomplexe zusammenfassen. Die Erfassung und Bewertung des Fischbestandes im Jahr 2019 sowie die Entwicklung einer geeigneten Methode zur Erfassung des Fischbestandes im Bodensee.

Erfassung und Bewertung des Fischbestandes

Die Fischbestände des Ober- und Untersees wurden getrennt erfasst. Dabei kamen zwischen dem 04.09. und dem 06.10.2019 vier verschiedene Befischungsmethoden bzw. Fanggeräte zum Einsatz:

- Elektrobefischungen der flachen Uferbereiche des Litorals.
- Zwei Typen horizontal fischender Multimaschennetze. Dazu zählten die für die Wasserrahmenrichtlinie anerkannten Netze zur Befischung von Seen. Dieser Netztyp wird hier nachfolgend als CEN-Typ bezeichnet (CEN Norm, Comité Européen de Normalisation 2005). Zusätzlich wurde ein durch die Fischereiforschungsstelle (FFS) modifizierter Netztyp, nachfolgend als MOD-Netz benannt, eingesetzt.
- Vertikalnetze zur Erfassung der Fischbestände im Pelagial des Obersees.

Zur Bewertung der Fischbestände wurden die verschiedenen Fanggeräte zunächst einzeln ausgewertet und die Fänge mit der Befischung von 2014 verglichen. Außerdem wurden volumenabhängige Berechnungen durchgeführt, um die gesamte Fischgemeinschaft des Sees zwischen den beiden Untersuchungsjahren vergleichen zu können. Die Bewertung des Zustands der Fischgemeinschaften in Ober- und Untersee nach WRRL erfolgte anschließend mit dem für diesen Seetyp entwickelten DeLFI-Site Modul (Ritterbusch & Brämick 2015).

Entwicklung einer geeigneten Methode zur Erfassung des Fischbestandes im Bodensee

Die Ergebnisse hinsichtlich der Methodenentwicklung zur Erfassung des Fischbestandes im Bodensee werden im hier vorliegenden Bericht nicht beschrieben, da einzelne Teilauswertungen noch nicht vollständig abgeschlossen oder validiert sind. Die Auswertungen und Ergebnisse werden im abschließenden Projektbericht detailliert dargestellt. In Kapitel 7.3 sind die bereits vorliegenden Ergebnisse zur Erarbeitung eines zukünftigen Monitorings am Bodensee zusammenfassend dargestellt.

3 Befischungsmethoden 2019

Grundsätzlich wird bei Befischungsmethoden zwischen aktiven und passiven Methoden unterschieden. Bei aktiven Methoden wird das Befischungsgerät zum Fang der Fische bewegt, bei passiven Methoden werden die Fische durch ihre eigene Aktivität im Gewässer gefangen. 2019 wurden im Zuge der Bodenseebefischungen eine aktive Befischungsmethode, die Elektrofischerei und drei passive Methoden, CEN, MOD und Vertikalnetze, miteinander kombiniert. Eine quantitative Erfassung der Fischbestände ist in Seen nicht möglich, weshalb hierfür standardisierte Verfahren zur Ermittlung der proportionalen Artanteile verwendet werden (Bonar & Hubert 2002). Grundsätzlich wurden mit Ausnahme der MOD-Netze dieselben Verfahren der einzelnen Befischungstechniken wie bereits 2014 verwendet, wodurch in weiten Teilen eine Vergleichbarkeit der Befischungsergebnisse gegeben ist.

- Da mit Netzbefischungen flache und ufernahe oder strukturreiche Bereiche nur schlecht befischt werden können und zudem bestimmte Arten mit Netzen nicht oder nur selten gefangen werden, wurden Elektrobefischungen im Litoral entlang der Uferlinie durchgeführt. Simultan zur Befischungsstrecke wurden die befischten Habitate aufgenommen.
- Die Methodik beim Einsatz der CEN und MOD-Netze orientierte sich an der WRRL und der entsprechenden DIN 14757 zur Probenahme von Fischen mittels Multi-Maschen-Kiemennetzen (**C**omité **E**uropéen de **N**ormalistation 2005).
- Die zweite Netzmethode wird hier nachfolgend als Vertikal-Methode bezeichnet. Sie wurde an der Universität Besançon entwickelt und durch die Eawag, das BAFU, sowie die Büros Aquabios GmbH und Teleos sàrl weiterentwickelt und angepasst.

3.1 Elektrobefischungen

Die Befischungen wurden vom Boot aus durch ein dreiköpfiges Befischungsteam durchgeführt. Dafür wurde ein stationäres Elektrofischfanggerät verwendet (FEG 8000, 8 kW; 150 - 300V / 300 - 600V; EFKO Fischfanggeräte GmbH; www.efko-gmbh.de). Die gefangenen Fische wurden noch vor Ort bestimmt, vermessen und wieder in das Gewässer zurückgesetzt. Die Befischungen erfolgten habitatspezifisch und wurden an ausgewählten Befischungsstrecken zusätzlich nach Sonnenuntergang durchgeführt. Am Obersee wurden 62 und am Untersee 21 Strecken befischt. Zu den befischten Habitaten zählten: „Auslauf“, „Block“, „Hafen“, „Kies“, „Mauer“, „Mix“, „Schilf“ und „Zulauf“. Befischungsstrecken die dem Habitat „Mix“ zugeordnet wurden setzten sich zu etwa gleich großen Anteilen aus den Habitaten Schilf und Kies zusammen. Im Untersee wurde zusätzlich das Habitat „Feinsediment“ befischt. Im Obersee wurde das Habitat „Feinsediment“ als eigenständiges Habitat nicht vorgefunden. Sämtliche Feinsedimentbereiche wurden durch Schilfzonen, die sich bis ins Wasser erstreckten überprägt und somit dem Habitat „Schilf“ zugeordnet. Eine Aufteilung der Befischungsstrecken auf die Habitattypen ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1 Anzahl der pro Habitat befischten Strecken im Ober- und Untersee

Habitat	Obersee	Untersee
Auslauf	1	1
Block	5	3
Feinsediment	0	2
Hafen	8	3
Kies	16	3
Mauer	7	3
Mix	3	1
Schilf	10	3
Zulauf	12	2
Gesamt	**62**	**21**

Im Zuge der Tag-Nacht-Befischung wurden im Obersee neun der befischten Strecken zusätzlich bei Nacht befischt. Dazu zählten eine „Mix“- Strecke, drei „Schilf“-Strecken, eine „Zu“- und eine „Auslauf“-Strecke sowie zwei „Kies“-Strecken.

Tabelle 2 Liste der für die Tag-Nacht-Befischungen verwendeten Stecken (AR = Arbon, LA = Schilf, ME = Meersburg)

Strecken ID
AR_Mix_19
AR_Schilf_15
LA_Block_02
LA_Schilf_13
LA_Schilf_15
LA_Zulauf_16
ME_Auslauf_18
ME_Kies_03
ME_Kies_08

3.2 Netzbefischungen

3.2.1 Befischung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie

Die Befischung erfolgte durch die zusätzliche Verwendung der MOD-Netze und die reduzierte Gesamtzahl der eingesetzten Netze nicht exakt nach CEN-Standard (EN 14757; Comité Européen de Normalistation 2005). Die beiden Gewässerzonen (Benthal und Pelagial) sowie die einzelnen Tiefenstrata wurden jedoch nach CEN-Norm getrennt erfasst. Dabei wurden die Netzstandorte randomisiert innerhalb der Tiefenzonen platziert. Für die Untersuchung der beiden Gewässerzonen wurden, wie im CEN-Protokoll vorgesehen, zwei unterschiedliche CEN-Netztypen verwendet (Tabelle 4 und Tabelle 5). Bei den zusätzlich verwendeten MOD-Netzen wurde ebenfalls ein für jede Gewässerzone spezifisches Netz verwendet.

Aufbau der Netze

Die Netze bestehen aus homogener, ungefärbter Polyamidfaser. Jedes benthische CEN-Netz besteht aus zwölf verschiedenen Maschenweiten von 5 mm bis 55 mm Knotenabstand. In den pelagischen CEN-Netzen ist die 5 mm Maschenweite nicht vertreten, wodurch hier insgesamt nur elf Netzabschnitte vorhanden

sind. Die Abfolge der einzelnen Maschenweiten ist dabei fest vorgegeben. Die Fadenstärke variiert zwischen 0,1 bei der 5 mm Maschenweite und 0,25 mm bei der 55 mm Maschenweite (Tabelle 3). Die Öffnungsweite der Maschen ist mit einem Einstellungsfaktor von 0,5 festgelegt.

Tabelle 3 Verteilung der Maschenweiten und der entsprechende Fadenstärke in den benthischen CEN-Netzen

Maschen-Nr.	Maschenweite [mm]	Fadenstärke [Ø mm]
1	43	0.2
2	19.5	0.15
3	6.25	0.1
4	10	0.12
5	55	0.25
6	8	0.1
7	12.5	0.12
8	24	0.17
9	15.5	0.15
10	5	0.1
11	35	0.2
12	29	0.17

Die Flächen der verschiedenen Maschenweiten sind innerhalb der benthischen und pelagischen CEN-Netze identisch (Tabelle 4). Da große Fische jedoch mit zunehmender Größe exponentiell seltener werden sinkt die Chance zum Fang großer Individuen bei gleichbleibender Netzfläche. Dieses Ungleichgewicht wird durch den Einsatz der neu entwickelten MOD-Netze behoben. Dazu wurden die Flächenverhältnisse der Maschenweiten dahin gehend verändert, dass der Flächenanteil kleiner Maschen reduziert und der Anteil großer Maschen erhöht wurde (Tabelle 5). Hier gibt es zudem einen wichtigen synergistischen Begleiteffekt: durch die geringere Fläche der kleinen Maschenweiten wird automatisch die Chance für unnötige Massenfänge kleiner Fische verringert und somit eine unnötige Sterblichkeit bei Bestandserfassungen reduziert. Zusätzlich wurden die kleinsten (5 mm) und größten (55 mm) Maschenweiten in den MOD-Netzen entfernt. Diese beiden Maschenweiten fangen im Bodensee erfahrungsgemäß nur sehr selten Fische und liefern daher in der Regel keinen Informationsmehrgewinn.

Tabelle 4 Gegenüberstellung der benthischen CEN und MOD-Netze nach Maschenweite (MW), sowie die Längen und Flächeneigenschaften der einzelnen Netzabschnitte. Fünf und 55 mm MW sind nur in CEN-Netzen vorhanden.

	CEN			MOD		
MW	**Länge [m]**	**Höhe [m]**	**Fläche [m]**	**Länge [m]**	**Höhe [m]**	**Fläche [m]**
5	2,5	1,5	3,75	-	-	-
6,25	2,5	1,5	3,75	1,25	1,5	1,875
8	2,5	1,5	3,75	1,25	1,5	1,875
10	2,5	1,5	3,75	1,25	1,5	1,875
12,5	2,5	1,5	3,75	1,25	1,5	1,875
15,5	2,5	1,5	3,75	2,5	1,5	3,75
19,5	2,5	1,5	3,75	2,5	1,5	3,75
24	2,5	1,5	3,75	2,5	1,5	3,75
29	2,5	1,5	3,75	5	1,5	7,5
35	2,5	1,5	3,75	10	1,5	15
43	2,5	1,5	3,75	20	1,5	30
55	2,5	1,5	3,75	-	-	-
Gesamt	**30**		**45**	**47,5**		**71,25**

Tabelle 5 Gegenüberstellung der pelagischen CEN und MOD-Netze nach Maschenweite (MW), sowie die Längen und Flächeneigenschaften der einzelnen Netzabschnitte. 55 mm MW sind nur in CEN Netzen vorhanden und 5 mm MW entfallen in pelagischen Netzen generell.

	CEN			MOD		
MW	**Länge [m]**	**Höhe [m]**	**Fläche [m]**	**Länge [m]**	**Höhe [m]**	**Fläche [m]**
6,25	2,5	6	15	1,25	6	7,5
8	2,5	6	15	1,25	6	7,5
10	2,5	6	15	1,25	6	7,5
12,5	2,5	6	15	1,25	6	7,5
15,5	2,5	6	15	2,5	6	15
19,5	2,5	6	15	2,5	6	15
25	2,5	6	15	2,5	6	15
29	2,5	6	15	5	6	30
35	2,5	6	15	10	6	60
43	2,5	6	15	20	6	120
55	2,5	6	15	-	-	-
Gesamt	**27,5**		**165**	**47,5**		**285**

Befischungsaufwand und räumliche Verteilung

Da die Verteilung der Fische in einem Gewässer von vielen Faktoren abhängt und eine möglichst repräsentative Stichprobe durch die Befischung angestrebt wird, werden die einzelnen Netze innerhalb ihrer Tiefenbereiche randomisiert verteilt. So kann eine unabhängige Probenahme der einzelnen Tiefenbereiche gewährleistet werden. Jedes Netz muss sich dabei über die komplette Länge in der vorgeschriebenen Tiefenstufe befinden. Hierfür wird die Tiefe der Anfangs- und Endposition und zusätzlich die flachste und die tiefste Stelle des Netzes aufgenommen und protokolliert. Die exakte, geografische Position des Netzes wurde zuvor mit Hilfe von Tiefenkarten und einem Koordinatennetz zufällig ermittelt.

Der notwendige Aufwand zur Befischung eines Sees wird durch drei Faktoren beeinflusst:

- die Oberfläche des Sees,
- die maximale Tiefe des Sees und
- die für die Fragestellung notwendige Genauigkeit (Präzision).

Dabei bewirkt jede Erhöhung eines der drei Faktoren eine Zunahme der notwendigen Netzzahlen. Die Mindestanforderung für die Genauigkeit der Netzbefischung nach CEN-Norm ist, dass ein 50 % Unterschied zwischen zwei Probenahmen bezüglich der Abundanz der häufigsten Fischarten statistisch mit einem Signifikanzniveau von 95 % festgestellt werden kann. Die in der CEN-Norm angegebenen Netzzahlen für benthische Netze berücksichtigen diese Vorgabe. Im Falle des Bodensee Obersees würde dies jedoch, anhand einer flächenbezogenen Hochrechnung einer Netzzahl von 606 benthischen Netzen entsprechen. Im Untersee würden immerhin 79 benthische Netze benötigt. Diese Zahlen sind jedoch, insbesondere für den Obersee, im Zuge einer regelmäßigen Bestandserfassung, vom vertretbaren Aufwand und der verursachten fischereilichen Sterblichkeit aus gesehen, nicht umsetzbar. Für pelagische Netze werden in der CEN-Norm, wie bereits beschrieben, keine exakten Angaben zur Anzahl der einzusetzenden Netze gemacht. Auch für Bereiche die tiefer als 75 m sind werden in der CEN-Norm keine Vorgaben hinsichtlich Tiefenzonen oder Anzahl benthischer Netze gemacht. Mit einer Maximaltiefe von 254 m ist der Obersee jedoch deutlich tiefer und eine möglichst gute Erfassung der Fischbestände wird auch hier angestrebt.

Bei der Befischung 2019 wurden im Obersee insgesamt 408 Netze gestellt. Davon entfielen 310 Netze auf das Benthal und 98 auf das Pelagial. Im Untersee wurden aufgrund der geringeren Fläche und Tiefe insgesamt 99 Netze gestellt. Diese unterteilten sich in 76 benthische und 23 pelagische Netze. Die Aufteilung der Netze in CEN und MOD-Netze sowie ihre Anzahl innerhalb der einzelnen Tiefenschichten, auch größer 75 m, ist in Tabelle 6 dargestellt. Die geografischen Netzpositionen im Ober- und Untersee sind in Abbildung 1 dargestellt.

Für die habitatspezifische Auswertung der Netzfänge wurden bei 109 benthischen Netzen im Obersee und bei 35 Netzen im Untersee die kleinräumigen Habitate, in welchen sich das Netz befand, dokumentiert. Dabei wurde zwischen den folgenden Habitaten unterschieden: „Abbruch“, „Feinsediment“, „Kies“, „Makrophyten“, „Mauer“ und „Zulauf“. Der Tiefenbereich über welchen sich diese Netze erstreckten reichte von 0 – 35 m.

Tabelle 6 Netzzahlen für den Ober- und Untersee. Die Netze sind getrennt nach Tiefenstrata, Gewässerzone (Benthal oder Pelagial) und Netztyp (CEN oder MOD) dargestellt.

	Obersee				Untersee			
	Benthal		Pelagial		Benthal		Pelagial	
Tiefe [m]	**CEN**	**MOD**	**CEN**	**MOD**	**CEN**	**MOD**	**CEN**	**MOD**
0-3	9	30	-	-	3	10	-	-
3-6	11	30	-	-	4	10	-	-
0-6	-	-	-	12	-	-	-	4
6-12	12	30	2	12	4	10	3	4
12-20	11	30	12	12	3	10	4	4
20-35	10	30	12	12	3	10	2	2
35-50	8	30	-	12	3	6	-	-
50-75	9	12	-	12	-	-	-	-
75-100	11	13	-	-	-	-	-	-
100-150	-	9	-	-	-	-	-	-
150-200	1	8	-	-	-	-	-	-
200-250	1	5	-	-	-	-	-	-
Summe	83	227	26	72	20	56	9	14
Gesamt	**408**				**99**			

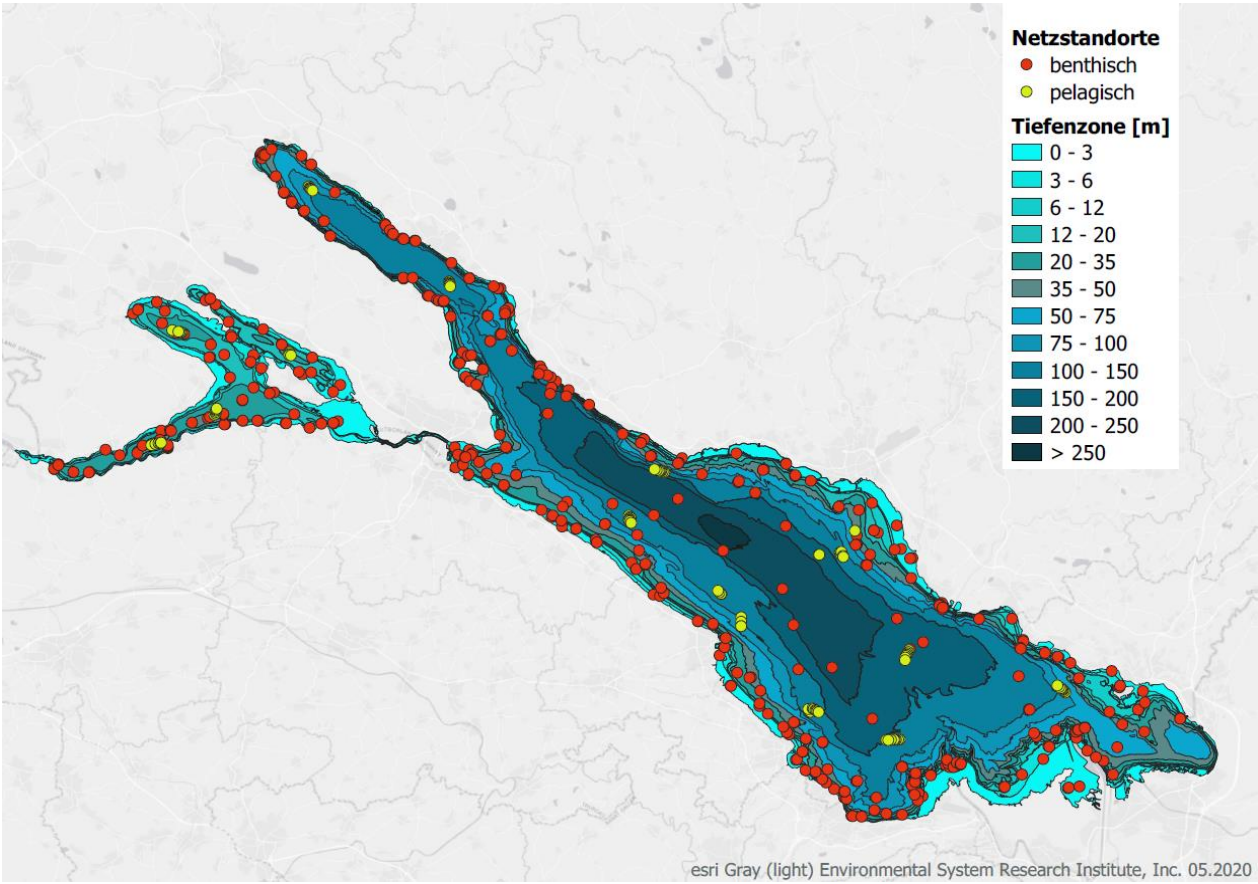


Abbildung 1 Standorte der CEN und MOD-Multimaschennetze in Ober- und Untersee 2019

3.2.2 Vertikalnetz-Methode

Auch bei den Vertikalnetzen handelt es sich um einen Multi-Maschen-Netztyp zur Erfassung von Fischbeständen in Seen. Im Gegensatz zur CEN-Methode werden bei der Vertikal-Methode die Netze nicht zufällig im See verteilt, sondern die im Gewässer vorkommende Habitate gezielt befischt (Degiorgi 1994). Die Grundlage hierfür bildet die Tatsache, dass sich Fische sich nicht zufällig im Gewässer verteilen. Sie halten sich in gewissen Habitaten oder Tiefen häufiger auf. Je nach Fischart unterscheiden sich diese bevorzugten Habitate (Kottelat & Freyhof 2007). Bei der Vertikalnetz-Methode wird dies Verhalten genutzt und zuvor identifizierte Habitate gezielt befischt. Deshalb werden die Habitate vor der Befischung zunächst kartiert. Für die pelagialen Habitate wird der See in einem ersten Schritt in Tiefenkompartimente eingeteilt (Tabelle 7). Da 2019 bereits eine große Anzahl benthischer CEN und MOD-Netze gestellt wurde, wurde hier auf zusätzliche benthische Netze der Vertikal-Methode (Wassertiefe <5 m) verzichtet und der Fokus auf die Eignung der Vertikalnetze zur Erfassung der Fischbestände im Pelagial gerichtet. In den nachfolgenden Auswertungen werden Vertikalnetze dennoch in einen benthischen und einen pelagischen Bereich (1,5 m Netzhöhe vom Gewässergrund) aufgeteilt und der benthische Abschnitt zur Bewertung des Pelagials herausgerechnet. Es wurden ausschließlich im Obersee Vertikalnetze gestellt.

Tabelle 7 Tiefenbereiche, die bei der Planung des Befischungsaufwands unterschieden werden. Mit Ausnahme des Litorals wird jeder Tiefenbereich mindestens drei Mal mit einem Vertikalnetzsatz befischt. Cmax entspricht der maximalen Tiefe.

Habitat	Habitat Abkürzung	Tiefe	Tiefe im Obersee [m]	Anzahl der Netze
Litoral	Lit	<5 m	<5	6
Sublitoral flach	Tinf	5-10 m	5-10	1
Sublitoral tief	Tsup	10-20 m	10-20	2
Pelagial flach	Cmin	20 m-60 % Cmax	20-152	16
Pelagial mittel	Cmed	60 % Cmax-80 % Cmax	152-202	2
Pelagial tief	Cmax	80 % Cmax-Cmax	202-253	3

Aufbau der Netze

2019 kamen zwei unterschiedliche Netzvarianten zum Einsatz. Im flachen Litoral, in Bereichen mit einer Wassertiefe von weniger als 5 m, wurden die gleichen Netze wie schon 2014 eingesetzt. Diese unterschieden sich von den neuen, 2019 verwendeten Netzen hinsichtlich der Maschenweiten sowie deren Flächenanteilen (Tabelle 8). Allgemein setzen sich die Netze eines Standortes aus sechs (Benthal und Pelagial >5m Tiefe) bzw. sieben (Litoral <5 m Tiefe) einzelnen Netzrollen, die als Netzgruppe gestellt wurden, zusammen. Jede dieser Netzrollen besitzt eine oder mehrere spezifische Maschenweiten und deckt die gesamten Wassertiefen ab. Dadurch können an jedem Standort Fische aller Größenklassen und in jeder Tiefenstufe gefangen werden. Bezüglich des Netzfadens wurden dieselben Vorgaben wie für die CEN-Netze angewandt.

Tabelle 8 Maschenweiten und Netzbreite der Vertikalnetze

	Litoral (<5m)		Benthal und Pelagial (>5m)	
Netz	Maschenweite [mm]	Breite [m]	Maschenweite [mm]	Breite [m]
1	10	2	2,25; 10; 8	0,5; 1; 0,5
2	15	2	12,5; 15,5	1; 1
3	20	2	19,5; 24	1; 1
4	30	2	29; 35	1; 1
5	40	2	43	2
6	50	2	55	2
7	60	2	-	-

Befischungsaufwand und geografische Verteilung

Die Vertikalnetze wurden an 30 Standorten im Obersee gestellt (Abbildung 2). Die befischten Stellen verteilten sich über die gesamte Seefläche. Nur am Ostufer des Überlinger Beckens konnten 2019 wegen Windes keine Netze gestellt werden. Die Stelltiefen der Vertikalnetze wurden in sechs Tiefenbereiche unterteilt (Tabelle 7). Im Gegensatz zu den CEN-Netzen, die nur für eine Nacht im See verblieben, wurden die Vertikalnetze für 20 bis 24 Stunden ausgelegt. Neben den Stellzeiten wurde beim Heben der Netze die exakte Fangtiefe eines jeden Individuums auf einen Meter genau angegeben.

Durch eine Einteilung der Vertikalnetze in einzelne Tiefenzonen lässt sich mit einer vergleichsweise geringen Netzzahl eine große Probenmenge generieren. Dabei wird aufgrund der geringen Netzbreite jedoch nur eine kleine Fläche in den jeweiligen Tiefenzonen befischt. Aus der Einteilung der Netze in die bisher verwendeten Tiefenzonen ergeben sich für anschließende Vergleiche mit CEN und MOD-Netzen folgende Proben- bzw. Netzzahlen für die einzelnen Tiefenschichten.

Tabelle 9 Probenzahl der Vertikalnetze in den einzelnen Tiefenstufen der benthischen und pelagischen Abschnitte

Tiefe [m]	Anzahl der benthischen Netze	Anzahl der pelagischen Netze
0-3	-	-
0-6	-	24
3-6	6	-
6-12	2	24
12-20	1	22
20-35	2	21
35-50	4	19
50-75	2	15
75-100	4	13
100-150	4	9
150-200	2	5
200-250	3	3
Gesamt	**30**	**155**

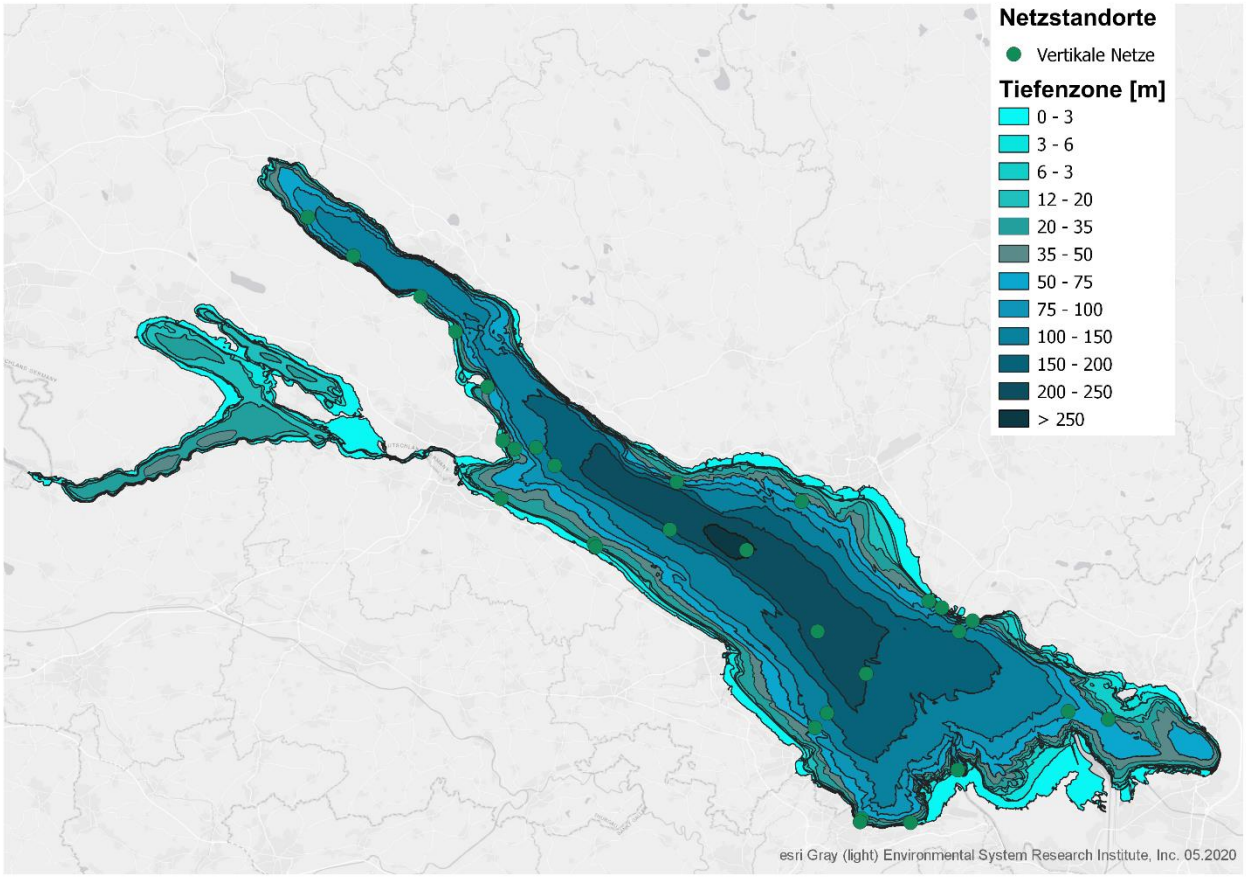


Abbildung 2 Standorte der Vertikalnetze im Obersee 2019

4 Befischungsergebnisse 2019

4.1 Obersee

4.1.1 Elektrobefischungen

4.1.1.1 Zusammensetzung des Fangs im Obersee

Insgesamt wurden bei den Elektrobefischungen im Obersee tagsüber 5.182 Individuen aus 23 Fischarten nachgewiesen (Tabelle 10). Neben den Fischen wurden fünf Kamberkrebse gefangen. Die Ukelei dominierte die Artgemeinschaft mit 2.507 Individuen. Hasel (702 Individuen), Döbel (647 Individuen), Barsch (365 Individuen), Rotauge (281 Individuen) und Schmerle (223 Individuen) waren als typische Fischarten des Litorals ebenfalls häufig anzutreffen. Vom Wels wurde mit 51 Exemplaren eine vergleichsweise hohe Anzahl nachgewiesen.

Tabelle 10 Anzahl der Befischungsstrecken und Abundanz der effektiv gefangenen Individuen

Art	Auslauf N=1	Block N=5	Hafen N=8	Kies N=16	Mauer N=7	Mix N=3	Schilf N=10	Zulauf N=12	Gesamt
Aal	0	3	4	9	4	0	0	5	25
Barbe	0	0	0	3	4	0	0	6	13
Barsch	33	23	27	49	15	37	86	95	365
Bitterling	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Brachse	0	106	19	40	0	0	1	0	166
Döbel	0	3	1	15	0	0	154	474	647
Giebel	0	0	0	0	0	0	1	9	10
Groppe	0	1	0	2	2	0	0	0	5
Gründling	0	0	0	1	0	0	0	6	7
Hasel	0	44	9	261	33	12	8	335	702
Hecht	0	0	2	0	0	0	5	4	11
Karausche	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Karpfen	1	0	0	0	0	0	5	3	9
Kaulbarsch	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Rotauge	0	0	69	57	1	0	151	3	281
Rotfeder	0	0	2	35	2	0	0	18	57
Schleie	3	1	3	2	0	1	2	74	86
Schmerle	0	12	2	148	14	4	2	41	223
Sonnenbarsch	0	3	0	0	0	0	0	2	5
Dreist. Stichling	0	0	0	0	0	0	0	4	4
Quappe	0	0	2	1	0	0	0	1	4
Ukelei	1	229	1035	594	291	0	10	347	2.507
Wels	0	6	1	11	3	0	2	28	51
Gesamt	**38**	**431**	**1.177**	**1.228**	**369**	**54**	**427**	**1.458**	**5.182**

Der Vergleich der Tag-Nacht-Befischungen zeigte, dass tagsüber bei gleichem Aufwand knapp 40 % mehr Individuen nachgewiesen wurden. Die Abundanz belief sich bei Tag auf insgesamt 755 Individuen und bei Nacht auf 474 Individuen (Tabelle 11). Die Anzahl der nachgewiesenen Arten war 12 bei Tag und 15 bei Nacht. Insgesamt wurden 17 Arten dokumentiert. Barbe, Brachse, Giebel, Groppe und Rotfeder wurden an diesen Befischungspunkten ausschließlich nachts gefangen, während Aal und Sonnenbarsch nur tagsüber gefangen wurden. Von den ausschließlich nachts gefangenen Arten konnten jedoch alle Arten im Zuge der gesamten Elektrobefischungen auch tagsüber nachgewiesen werden. Im Zusammenspiel mit den

generell niedrigeren Fängen in der Nacht ergibt sich somit kein für die Bewertung der Fischzönose relevanter Informationszugewinn durch die Nachtbefischungen am Bodensee.

Tabelle 11 Gegenüberstellung der gefangenen Individuen bei der Tag- und Nachtbefischung

Art	Nacht	Tag	Gesamt
Aal	0	2	2
Barbe	2	0	2
Barsch	171	130	301
Brachse	1	0	1
Döbel	7	12	19
Giebel	20	0	2
Groppe	1	0	1
Hasel	89	75	164
Hecht	7	3	10
Karpfen	11	5	16
Rotauge	12	141	153
Rotfeder	20	0	20
Schleie	1	4	5
Schmerle	13	17	30
Sonnenbarsch	0	1	1
Ukelei	116	360	476
Wels	3	5	8
Gesamt	**474**	**755**	**1.229**

4.1.1.2 Unterschiede zwischen den Habitaten

Für den Vergleich der Fischgemeinschaften der verschiedenen Habitate wurden ausschließlich Tagbefischungen herangezogen. Von den acht untersuchten Habitaten wurde im Habitat „Zulauf“ nicht nur die höchste absolute Artenzahl (20 Arten), sondern auch der höchste Median (6,5 Arten) der Artenzahl festgestellt. Der Median der anderen Habitate reichte von mindestens zwei Arten bis zu maximal 4 Arten (Tabelle 12). Erstaunlicherweise zählten die eher strukturarmen Habitate „Kies“ (15 Arten) und „Hafen“ (14 Arten) zu den Standorten mit der zweithöchsten Artenzahl. Die strukturreichen Habitate „Schilf“ (12 Arten) und „Block“ (11 Arten) wiesen dennoch eine vergleichsweise hohe Artenvielfalt auf. Am Habitat „Mauer“ wurden immerhin 10 Arten dokumentiert. Die geringste Artenvielfalt wurde an der „Mix“-Strecke und dem Auslauf mit jeweils vier Arten nachgewiesen (Tabelle 12). Der Nachweis der gefangenen Arten in den einzelnen Habitaten ist in Tabelle 10 dargestellt. Zu den Arten, die in nur einem der Seehabitate (Block, Hafen, Kies, Mauer, Mix und Schilf) nachgewiesen wurden, zählen Kaulbarsch, Karpfen und Groppe. Bitterling, Stichling und Karausche wurden einzig im Habitat „Zulauf“ gefangen.

Tabelle 12 Probenanzahl, absoluter Artnachweise sowie Median und Durchschnitt der Artnachweise in den jeweiligen Habitaten des Obersees

	Auslauf	Block	Hafen	Kies	Mauer	Mix	Schilf	Zulauf
Probenzahl	1	5	8	16	7	3	10	12
Artanzahl total	4	11	14	15	10	4	12	20
Artanzahl Median	4,0	3,0	3,0	4,0	4,0	2,0	3,0	6,5
Artanzahl Mittelwert	4,0	4,2	3,4	4,5	3,7	2,3	3,3	6,3
Artanzahl max.	4	1	2	1	2	2	1	1
Artanzahl min.	4	8	6	8	5	3	6	10

Beim Vergleich der Fischdichte anhand des CPUE (Individuen/100 m Befischungsstrecke) wurde im Habitat „Hafen“ die höchste Fischdichte (N = 380) nachgewiesen. Der Ukelei prägte den Fang hier mit 95 %. Nach dem Habitat „Hafen“ besaßen die Habitate „Zulauf“ und „Block“ die zweit- und dritthöchste Individuendichte. Danach folgten in absteigender Reihenfolge „Kies“, „Mauer“, „Schilf“, „Auslauf“ und „Mix“ (Tabelle 13). Unter Berücksichtigung der Befischungsstrecken war der Ukelei die häufigste Fischart (491 Individuen/100 m) bei den Elektrobefischungen. Erst danach folgten Barsch (64 Individuen/100 m), Döbel (56 Individuen/100 m), Hasel (52 Individuen/100 m) und Brachse (23 Individuen/100 m). Die Fischdichte der Arten in den einzelnen Habitattypen ist in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13 Durchschnittlich in den Habitaten nachgewiesene Individuen (CPUE) nach Arten gelistet

Art	Auslauf	Block	Hafen	Kies	Mauer	Mix	Schilf	Zulauf
Aal	0,00	0,47	0,74	0,42	0,92	0,00	0,00	0,38
Barbe	0,00	0,00	0,00	0,14	0,55	0,00	0,00	0,43
Barsch	19,30	3,80	4,22	2,52	2,63	12,32	7,77	7,04
Bitterling	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
Brachse	0,00	19,27	1,41	2,16	0,00	0,00	0,14	0,00
Döbel	0,00	0,44	0,20	0,52	0,00	0,00	11,94	39,42
Giebel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,71
Groppe	0,00	0,27	0,00	0,11	0,40	0,00	0,00	0,00
Gründling	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,50
Hasel	0,00	7,10	0,93	11,91	4,59	3,33	0,71	21,20
Hecht	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,51	0,26
Karausche	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
Karpfen	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,25
Kaulbarsch	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rotauge	0,00	0,00	5,10	2,67	0,11	0,00	11,95	0,21
Rotfeder	0,00	0,00	0,15	1,94	0,26	0,00	0,00	1,00
Schleie	1,75	0,16	0,40	0,10	0,00	0,21	0,21	5,04
Schmerle	0,00	2,88	0,19	7,84	1,65	1,89	0,15	2,75
Sonnenbarsch	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Stichling	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
Trüsche	0,00	0,00	0,30	0,05	0,00	0,00	0,00	0,08
Ukelei	0,58	36,17	315,09	33,57	32,09	0,00	0,75	25,70
Wels	0,00	0,91	0,27	0,56	0,56	0,00	0,16	1,97
Gesamt	**22,22**	**71,92**	**329,56**	**64,54**	**43,77**	**17,75**	**34,90**	**107,54**

Für einen Vergleich der Artzusammensetzung der Habitattypen wurde zunächst der CPUE (Individuen/100 m²) berechnet und mit der Quadratwurzel transformiert. Anschließend wurde eine Bray-Curtis Ähnlichkeitsmatrix erstellt und ein Dummy (Wert = 1) hinzugefügt. Auf dieser Grundlage wurde zur Visualisierung der Ähnlichkeiten der Proben aus den verschiedenen Habitattypen eine nMDS-Grafik (nonmetric multidimensional scaling) erstellt (PRIMER® 7, PRIMER-E Ltd, Ivybridge). Die räumliche Distanz der einzelnen Proben zueinander entspricht dabei der Ähnlichkeit der Proben (Clarke & Warwick 2001). Die Überprüfung der Fischartenzusammensetzung der Habitate auf signifikante Unterschiede erfolgte mittels einer ANOSIM Analyse unter Verwendung von 999 Permutationen (PRIMER® 7, PRIMER-E Ltd, Ivybridge). ANOSIM vergleicht die mittleren Rangähnlichkeiten innerhalb der Habitate mit denen zwischen den Habitaten. Dabei wird zunächst eine Teststatistik ermittelt (Sample statistik (R)), die grundsätzlich auf Unterschiede zwischen den Habitaten hinweist. Sie kann zwischen null und eins liegen und muss immer im Zusammenhang mit den zugehörigen p-Werten der Irrtumswahrscheinlichkeit betrachtet werden. Ein R-Wert der Teststatistik von eins bedeutet, dass sich die Artgemeinschaften der Habitate deutlich unterscheiden, während bei einem Wert von 0 keine Unterschiede zwischen den Habitaten vorliegen. Anschließend erfolgt ein paarweiser Vergleich der Habitate. Dabei sind die einzelnen Habitate bei R-Werten größer 0,75 klar zu unterscheiden. R-Werte um 0,5 deuten auf eine gute Unterscheidbarkeit hin und R-Werte kleiner 0,25 zeigen, dass sich die unterschiedlichen Habitate kaum noch aufgrund ihrer Artzusammensetzung unterscheiden lassen (Clarke & Warwick 2001).

Aufgrund des vergleichsweise hohen 2D Stress-Wertes (Stress-Werte ab 0,25 bewirken eine unzureichend genaue Darstellung der Ergebnisse) der nMDS-Analyse sollten die Ergebnisse mit Vorsicht und nur in Verbindung mit den Ergebnissen der ANOSIM-Analyse betrachtet werden. Im Allgemeinen sind in der nMDS-Grafik kaum eindeutige Abgrenzungen zwischen Fischgemeinschaften der Habitattypen erkennbar (Abbildung 3). Dies deckt sich mit den Ergebnissen der ANOSIM-Analyse, welche auf eine sehr geringe Unterscheidbarkeit der Habitattypen anhand der Fischgemeinschaft hinweist (Sample statistic (R): 0,123, p = 0,011; R-Werte > 0,25 bedeuten eine gute Unterscheidbarkeit der Proben). Eine deutliche Abgrenzung ist in der nMDS Analyse zwischen den Schilf- und Kiesproben zu erkennen. Die ANOSIM Analyse bestätigt dies mit einem R-Wert von 0,382 (Tabelle 14). Weitere Habitate, die sich gut unterscheiden lassen, sind „Schilf“ und „Zulauf“ sowie „Kies“ und „Zulauf“. Alle übrigen direkten Vergleiche der Habitattypen zeigen sehr geringe bis keine Unterschiede zwischen den Fischgemeinschaften.

Tabelle 14 R Statistik der ANOSIM-Analyse der bei der Elektrobefischung untersuchten Habitate des Obersees, wobei die Werte > 0,75 klare Unterschiede, ≈ 0,5 gute Unterschiede und < 0,25 geringe Unterschiede beschreiben. Gut zu unterscheidende Habitate sind grün hinterlegt. Signifikante Unterschiede sind mit einem * gekennzeichnet.

	Block	Hafen	Kies	Mauer	Mix	Schilf	Zulauf
Hafen	0,02	-	-	-	-	-	-
Kies	0,01	0,279*	-	-	-	-	-
Mauer	-0,134	-0,064	0,094	-	-	-	-
Mix	0,077	-0,309	-0,001	-0,222	-	-	-
Schilf	0,28*	0,02	0,382*	0,123	-0,14	-	-
Zulauf	0,076	0,138	0,157*	0,07	-0,1	0,273*	-
Auslauf	-0,24	-0,348	0,352	-0,102	-0,333	-0,138	-0,255

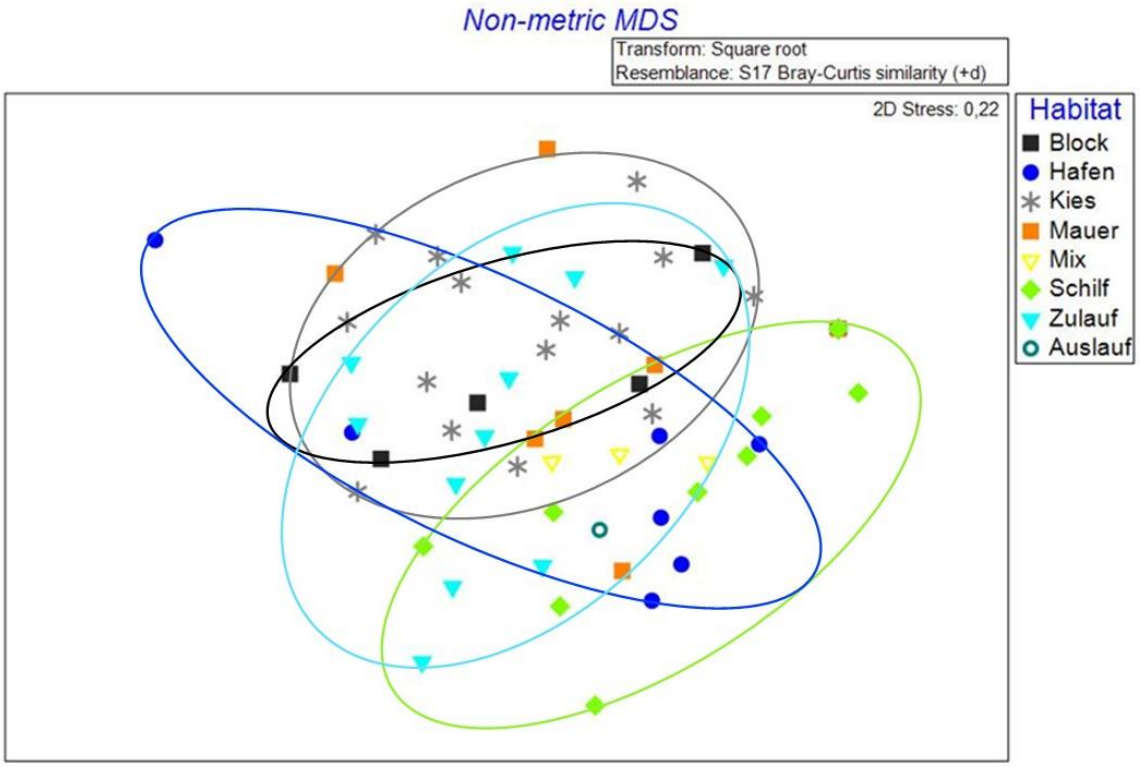


Abbildung 3 Grafik der nMDS Analyse der Habitattypen im Obersee. Ellipsen verdeutlichen die Streuungsbereiche von Habitaten, welche eine Unterscheidbarkeit in den paarweisen Vergleichen der ANOSIM aufweisen.

4.1.2 Netzbefischungen

4.1.2.1 Befischung nach Wasserrahmenrichtlinie mittels der CEN und MOD-Netze

4.1.2.1.1 Zusammensetzung des Fangs

Nachfolgend sind CEN und MOD-Netze kombiniert dargestellt. Eine Gegenüberstellung der verschiedenen Netztypen ist Kapitel 4.1.3 zu entnehmen. Insgesamt wurden im Obersee 408 im Netze gestellt. Mit diesen gelang der Nachweis von 9.212 Individuen aus mindestens 25 Arten (Tabelle 15). Davon zählten fünf zu den gebietsfremden Arten (Dreistachliger Stichling, Kaulbarsch, Zander, Sonnenbarsch und Blaubandbärbling). Aufgrund von morphologischen Merkmalen einzelner Individuen konnten die drei im Bodensee beheimateten Felchenarten Blaufelchen, Sandfelchen und Gangfisch vermutlich nachgewiesen werden. Da eine zweifelsfreie Bestimmung dieser Arten im Feld jedoch nicht bei jedem Individuum möglich ist, werden alle Individuen der Gattung *Coregonus* hier unter dem Begriff „Felchen“ zusammengefasst. Wie bereits bei der Projet Lac Befischung im Jahr 2014 konnten erfreulicherweise erneut Tiefseesaiblinge im Obersee nachgewiesen werden. Diese Tiere sind anhand äußerer Merkmale klar von der Normalform des Seesaiblings zu unterscheiden. Eine derzeit laufende Arbeit der FFS untersucht die Biologie und den Art-Status dieser beiden Formen und evaluiert, inwieweit die bisher gebräuchlichen lateinischen Bezeichnungen (Tiefseesaibling *Salvelinus profundus*, Normalsaibling *Salvelinus umbla*) heute noch Bestand haben. Neben Fischen wurden in den Netzen zudem acht invasive Kamberkrebse dokumentiert.

Tabelle 15 Artenliste und Abundanz in absoluten Zahlen der in den CEN und MOD-Netzen nachgewiesenen Fischarten.

Art	Wissenschaftl. Name	Abundanz	Status
Barsch	*Perca fluviatilis*	6.272	einheimisch
Dreist. Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	846	invasiv
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernuus*	573	gebietsfremd
Rotauge	*Rutilus rutilus*	520	einheimisch
Ukelei	*Alburnus alburnus*	223	einheimisch
Felchen unbestimmt	*Coregonus spp.*	164	einheimisch
Güster	*Blicca bjoerkna*	134	einheimisch
Brachse	*Abramis brama*	94	einheimisch
Döbel	*Leuciscus cephalus*	68	einheimisch
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	61	einheimisch
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	61	einheimisch
Zander	*Sander lucioperca*	43	eingebürgert
Schmerle	*Barbatula barbatula*	40	einheimisch
Hecht	*Esox lucius*	21	einheimisch
Quappe	*Lota lota*	20	einheimisch
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	18	einheimisch
Schleie	*Tinca tinca*	12	einheimisch
Wels	*Silurus glanis*	11	einheimisch
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	9	einheimisch
Giebel	*Carassius gibelio*	7	einheimisch
Karpfen	*Cyprinus carpio*	6	einheimisch
Groppe	*Cottus gobio*	4	einheimisch
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	3	gebietsfremd
Blaubandbärbling	*Pseudorasbora parva*	1	gebietsfremd
Seeforelle	*Salmo trutta (Seeform)*	1	einheimisch

Mit 6.272 Individuen waren die Flussbarsche mit Abstand die häufigste Fischart in den CEN und MOD-Netzen (Abbildung 4). Die zweit- und dritthäufigsten Arten waren mit 846 und 573 Individuen die gebietsfremden Stichlinge und Kaulbarsche. Danach folgten Rotauge (N = 520) und Ukelei (N = 223). Die für große Voralpenseen typischen Felchen lagen mit 164 Individuen nur auf dem sechsten Rang der Fangzahlen. Weitere für den Bodensee typische Salmonidenarten wurden ebenfalls eher vereinzelt nachgewiesen. Dazu zählten neben der Seeforelle (N = 1) die beiden im Bodensee beheimateten Saiblinge (*Salvelinus umbla* (N = 18) und *Salvelinus profundus* (N = 9)).

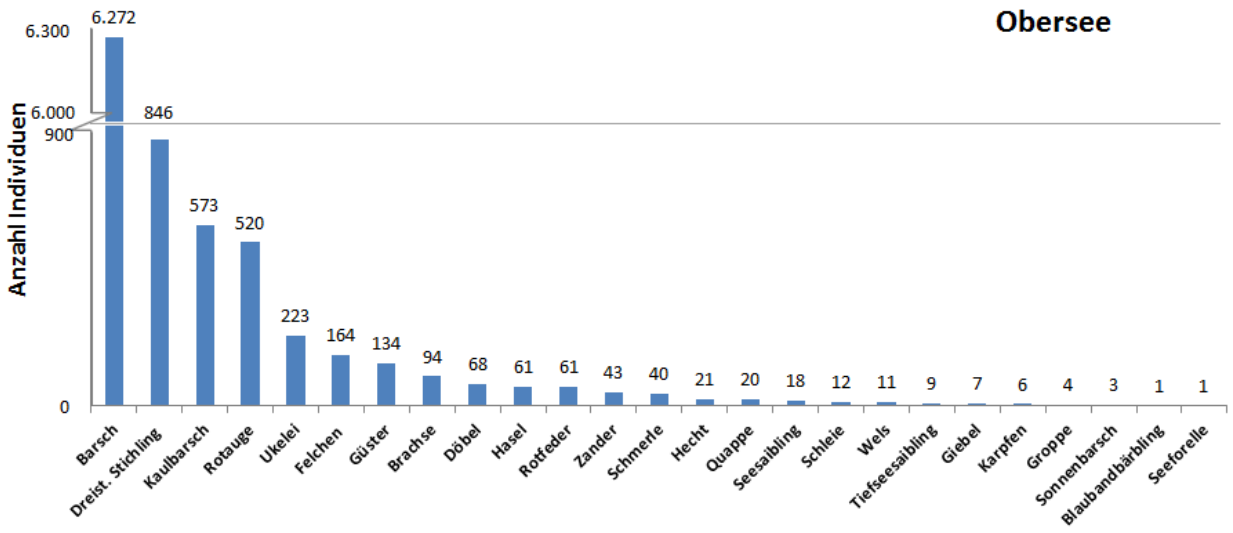


Abbildung 4 Anzahl der im Obersee gefangenen Individuen nach Arten (Netzzahl: CEN N = 109 und MOD N = 399); beachte Y-Achsenunterbrechnung

4.1.2.1.2 Gefangene Biomasse

Insgesamt wurden während der Befischung im Obersee 305,5 kg Fisch gefangen. Mit etwa einem Drittel der gesamten gefangenen Biomasse (108 kg) stellten die Flussbarsche, wie schon bei der Individuenzahl den Hauptanteil des Fangs dar. Der zweitgrößte Masseanteil fiel auf das Rotauge (36,8 kg). Trotz der vergleichsweise niedrigen Individuenanzahl der Felchen, war ihre Masse mit 32,6 kg immerhin noch den drittgrößte Anteil. Weitere Arten, die einen vergleichsweise großen Teil zur Gesamtbiomasse beitrugen, waren Döbel (26,6 kg), Zander (18,8 kg), Güster (17,1 kg), Hecht (16,3 kg) und Kaulbarsch (13,7 kg). Die Biomasse der verbleibenden 18 Arten belief sich auf insgesamt 35,9 kg, wobei die Gesamtmasse einer einzelnen Arten lediglich bei der Brachse bei über 5 kg lag (Abbildung 5).

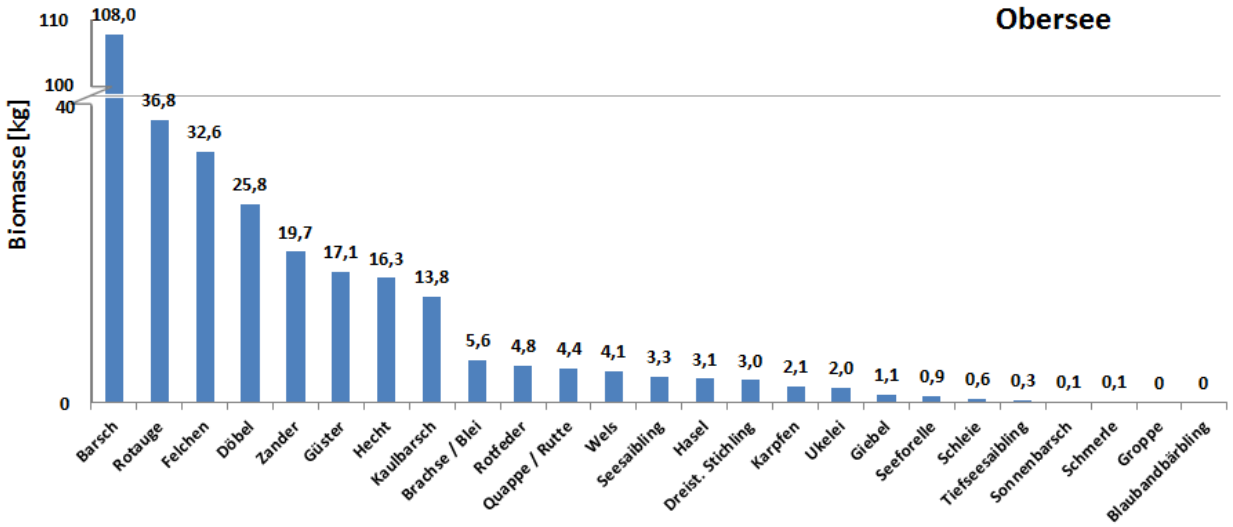


Abbildung 5 Biomasse der gefangenen Fische im Obersee nach Arten (Netzzahl: CEN N = 109 und MOD N = 399); beachte Y-Achsenunterbrechnung

4.1.2.1.3 Fangzusammensetzung in Benthal und Pelagial

Von den 9.212 im Obersee nachgewiesenen Fischen wurde mit 8.628 Individuen der Hauptanteil (94 %) im Benthal gefangen. Im Pelagial wurden 584 Individuen gefangen. Die benthischen Netze fingen mit 24 Arten auch eine deutlich größere Artenzahl, im Vergleich zu acht Arten im Pelagial. Da das Benthal schon allein aufgrund der strukturellen Diversität eine höhere Habitatvielfalt bietet und damit auch die Grundlage für eine höhere Biodiversität und Produktivität schafft, ist diese Artverteilung nicht ungewöhnlich. Ein direkter Vergleich der absoluten Individuen- und Artenzahl ist an dieser Stelle aufgrund des unterschiedlichen Probenumfangs (benthische Netze N = 310 und pelagische Netze N = 98) jedoch nur eingeschränkt möglich. Mit einer Zunahme des Probenumfangs steigt nicht nur die Anzahl gefangener Individuen, sondern gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit für den Nachweis zusätzlicher Arten. Dennoch lassen die Fangzahlen Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Fischgemeinschaften in den beiden Gewässerzonen zu.

In den benthischen Netzen waren die Flussbarsche mit 72,6 % der gefangenen Individuen die deutlich dominierende Fischart (Abbildung 6). Selbst die zweit- und dritthäufigsten Arten Kaulbarsch und Rotauge wiesen im Obersee nur einen Anteil von 6,6 und 6,0 % auf. Der Anteil des invasiven Dreistachligen Stichlings betrug im Benthal immerhin 4,3 % des Gesamtfangs. Weitere Arten mit einem Anteil von mehr als einem Prozent des Gesamtfangs waren Ukelei (2,4 %) und Güster (1,6 %). Die weiteren, 19 Arten die im Benthal nachgewiesen wurden, waren mit unter einem Prozent im Fang der benthischen Netze vertreten und ihr kumulativer Anteil betrug lediglich 5,3 % des Gesamtfangs.

Die Fänge des Pelagials wurden mit 80,6 % eindeutig durch den dreistachligen Stichling dominiert. Auch wenn die Felchen mit nur 14,7 % zum Gesamtfang des Pelagials beitrugen, waren sie hier dennoch die zweithäufigste Art. Der Ukelei war die einzige weitere Art, die mit mehr als einem Prozent zum Gesamtfang beitrug (3.1 %). Der Anteil der verbleibenden fünf Arten des Pelagials betrug insgesamt nur 1,5 % des Gesamtfangs (Abbildung 6). Zu diesen Arten zählten Barsch, Seesaibling, Rotauge, Seeforelle und Tiefseesaibling, wobei die letzten drei Arten mit nur jeweils einem Individuum im Pelagial nachgewiesen wurden.

Auch die Betrachtung der Biomasse verdeutlicht, dass in der benthischen Gewässerzone deutlich mehr gefangen wurde. Der Anteil der benthischen Fischbiomasse betrug 284,1 kg Fisch wohingegen im Pelagial nur 21,6 kg gefangen wurde. Diese Werte stellen allerdings die reinen Fangzahlen dar und können, wie bereits bei der Abundanz, aufgrund des unterschiedlichen Befischungsaufwands nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden. Im Gegensatz zur deutlichen Dominanz der Individuenzahlen einzelner Arten in den Netzfängen wies die Verteilung der Biomasse in den benthischen Netzen ein homogeneres Bild auf. Hier lag der relative Anteil der Flussbarschbiomasse bei nur 38 %. Der Kaulbarsch als zweithäufigste Art besaß nur einen Biomasseanteil von 4,8 % und wurde somit durch Rotauge (12,9 %), Döbel (9,1 %), Zander (6,9 %), Güster (6,0 %) und Hecht (5,7 %) abgelöst. Die Felchen, deren Individuenanteil im Benthal bei 0,9 % lag, trugen mit 5,0 % zur gesamten Biomasse bei. Der Masseanteil aller weiteren im Benthal nachgewiesenen Arten lag jeweils bei unter zwei Prozent. Kumulativ trug ihr Anteil mit 11,6 % zum benthischen Gesamtfang bei.

Im Pelagial hingegen zeigten, wie schon bei der Abundanz, auch die artspezifischen Anteile der Biomasse eine deutliche Dominanz einzelner Arten auf. Allerdings wurde hier der invasive Stichling als dominierende

Art durch Felchen ersetzt. Der relative Anteil dieser beiden Arten betrug 84,9 % für die Felchen, beziehungsweise 7,2 % für die Stichlinge. Damit machten die Stichlinge immerhin den zweitgrößten Biomasseanteil des Pelagials aus. Weitere Arten, die einen Anteil von über einem Prozent der pelagischen Fangmasse darstellten, waren Seeforelle (4,3 %), Seesaibling (1,7 %) und Ukelei (1,4 %). Der Anteil der verbleibenden Arten Flussbarsch, Rotauge und Tiefseesaibling war selbst kumulativ mit 0,5 % sehr gering.

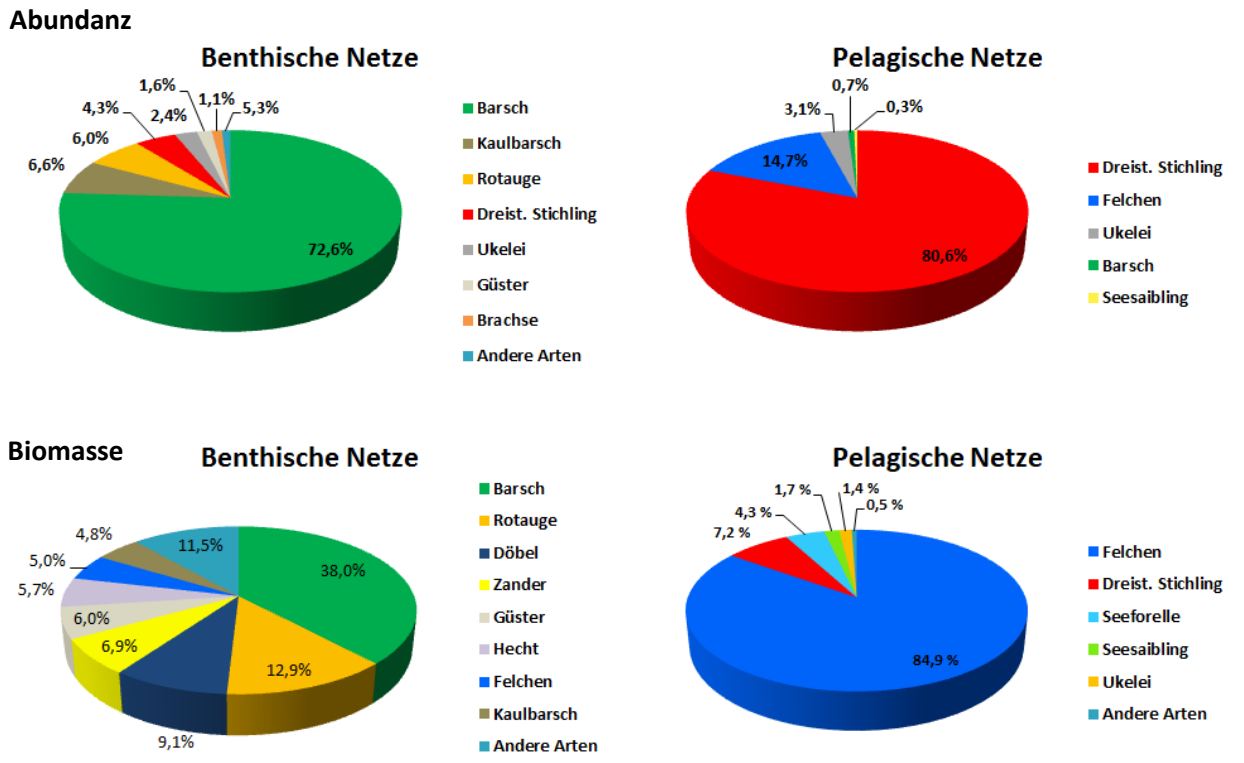


Abbildung 6 Relative Anteile der in den Netzfängen vertreten Arten des Obersees. Die Gewässerzonen sind getrennt dargestellt.

4.1.2.1.4 Variabilität der Netzfänge innerhalb der Tiefenstrata

Um alle Daten der beiden Netztypen für die Auswertung heranziehen zu können, wurden die Fangdaten standardisiert. Dafür wurde der Fang auf 100 m² Netzfläche (CPUE) umgerechnet. Die höchste Artenzahl innerhalb eines Netzes lag im Benthal bei neun und im Pelagial bei drei Arten. Die maximale Anzahl von in einem Netz gefangenen Individuen (CPUE) lag im Benthal bei 491 Fische/100 m^2 Netzfläche und im Pelagial bei 47 Fische/100 m^2 Netzfläche.

Die Netze innerhalb der einzelnen Tiefenschichten lieferten teilweise sehr unterschiedliche Fangzusammensetzungen. Dieses zeigte sich bereits bei der Betrachtung der Anzahl nachgewiesener Arten und der Anzahl gefangener Individuen (Abbildung 7 und Abbildung 8). Die Netze aus einer Tiefenschicht konnten sowohl komplett leer sein oder Massenfänge von Fischen enthalten. Eine getrennte Betrachtung der Fischgemeinschaften der einzelnen Tiefenschichten ist dennoch sinnvoll. Trotz der unterschiedlichen Fangzusammensetzung der Netze innerhalb eines Tiefenbereichs traten signifikante Unterschiede zwischen den Proben der einzelnen Tiefenstufen, sowohl hinsichtlich der Artenzahl (Kruskal-Wallis Test Benthal: $H = 159{,}4$, $p < 0{,}001$; Pelagial $H = 14{,}2$, $p = 0{,}006$), wie auch hinsichtlich der Individuendichte

(Kruskal-Wallis Test Benthal: H = 182, p < 0,001; Pelagial: H = 26,04) auf. Auch wenn nicht zwischen allen Tiefenschichten signifikante Unterschiede festgestellt wurden, weisen die Ergebnisse auf tiefenabhängige Unterschiede in den Fischgemeinschaften hin und unterstreichen die Notwendigkeit diese auch getrennt zu betrachten.

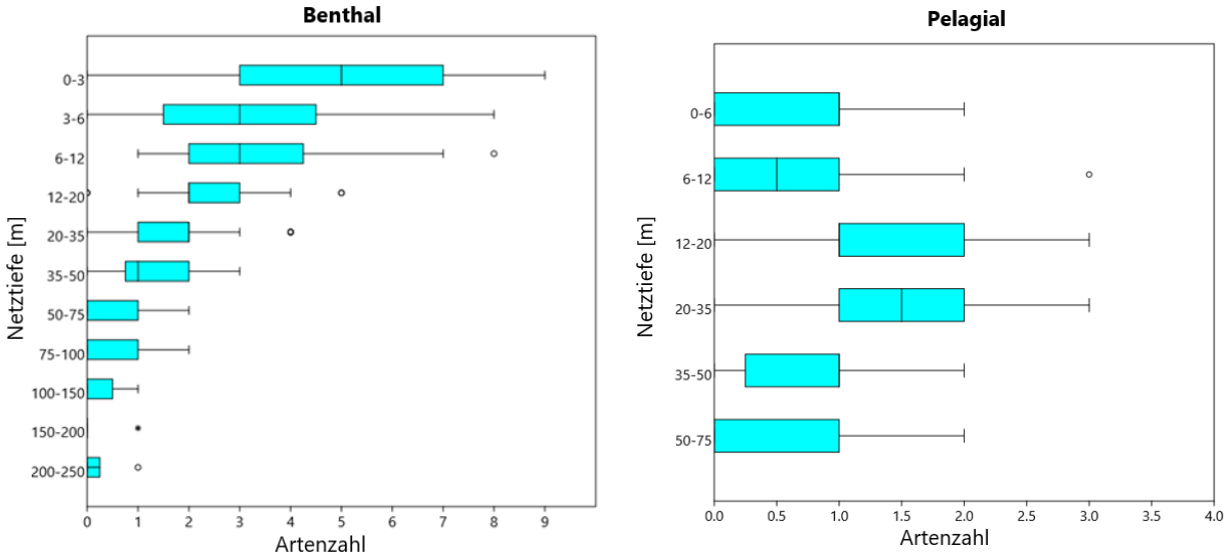


Abbildung 7 Boxplots der Artenzahlen der einzelnen Tiefenstrata im Benthal (links) und Pelagial (rechts) des Obersees. Extremwerte sind durch Kreise und Ausreißer durch Sternchen gekennzeichnet.

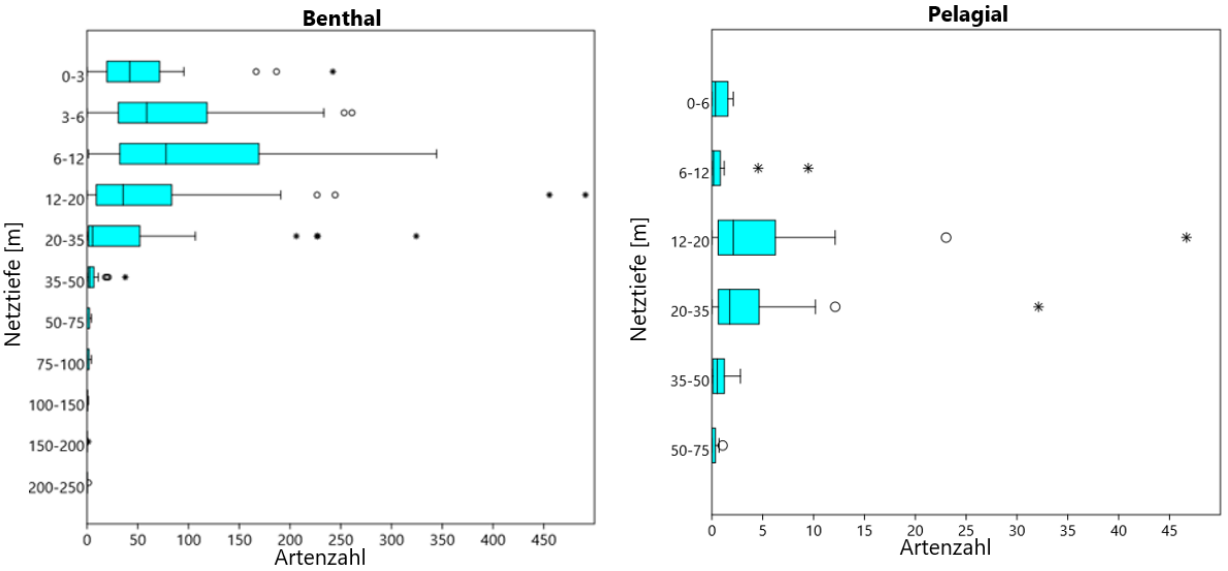


Abbildung 8 Boxplots der Individuendichte (CPUE) der einzelnen Tiefenstrata im Benthal und Pelagial des Obersees. Extremwerte sind durch Kreise und Ausreißer durch Sternchen gekennzeichnet.

4.1.2.1.5 Tiefenverteilung der Arten und ihrer Häufigkeiten im Obersee

Um eine Vergleichbarkeit der Netze zu erreichen, wurden die Fangdaten für folgende Auswertungen standardisiert. Hierfür wurde der Gesamtfang eines jeden Netzes nach Arten auf Individuen pro 100 m^2 umgerechnet (CPUE). Da innerhalb der einzelnen Tiefenschichten unterschiedlich viele Netze gestellt wurden, wurde für den Vergleich der Individuendichte zudem die durchschnittliche Fischmenge pro Netz und Tiefenschicht berechnet (Quotient aus der Gesamtzahl innerhalb einer Tiefenschicht gefangenen

Fischmenge (CPUE) und der Netzanzahl der Tiefenstufe). Generell wurden in den benthischen Netzen deutlich höhere Fischdichten nachgewiesen. Die höchste Fischdichte des Obersees wurde in den Netzen der Tiefenstufe 6-12 m mit durchschnittlich 106 Individuen/100 m^2 Netzfläche festgestellt. Vergleichsweise hohe Individuendichten mit mehr als 40 Individuen traten in Tiefenbereichen von 0-35 m auf. Dies ist vorwiegend auf die Verteilung der häufigsten Fischart, dem Flussbarsch, zurückzuführen. Jedoch auch weitere relativ häufige Arten wie Kaulbarsch, Stichling und Rotauge bevorzugten dieselben Tiefenbereiche. Felchen und Quappen wurden vorwiegend in etwas tieferen Schichten zwischen 12 und 50 m gefangen. Einzelnachweise von Quappen wurden sogar noch in Tiefen von bis zu 250 m Tiefe dokumentiert. Neben Quappen und Felchen (Felchen bis zu 75 m) konnten in Tiefen >50 m Stichlinge und Kaulbarsche bis 75 m gefangen werden. Groppen kamen in bis zu 100 m Tiefe vor und See- und Tiefseesaiblinge in bis zu 150 m. Generell handelte es sich bei Nachweisen in diesen Tiefen jedoch um wenige Individuen oder Einzelnachweise.

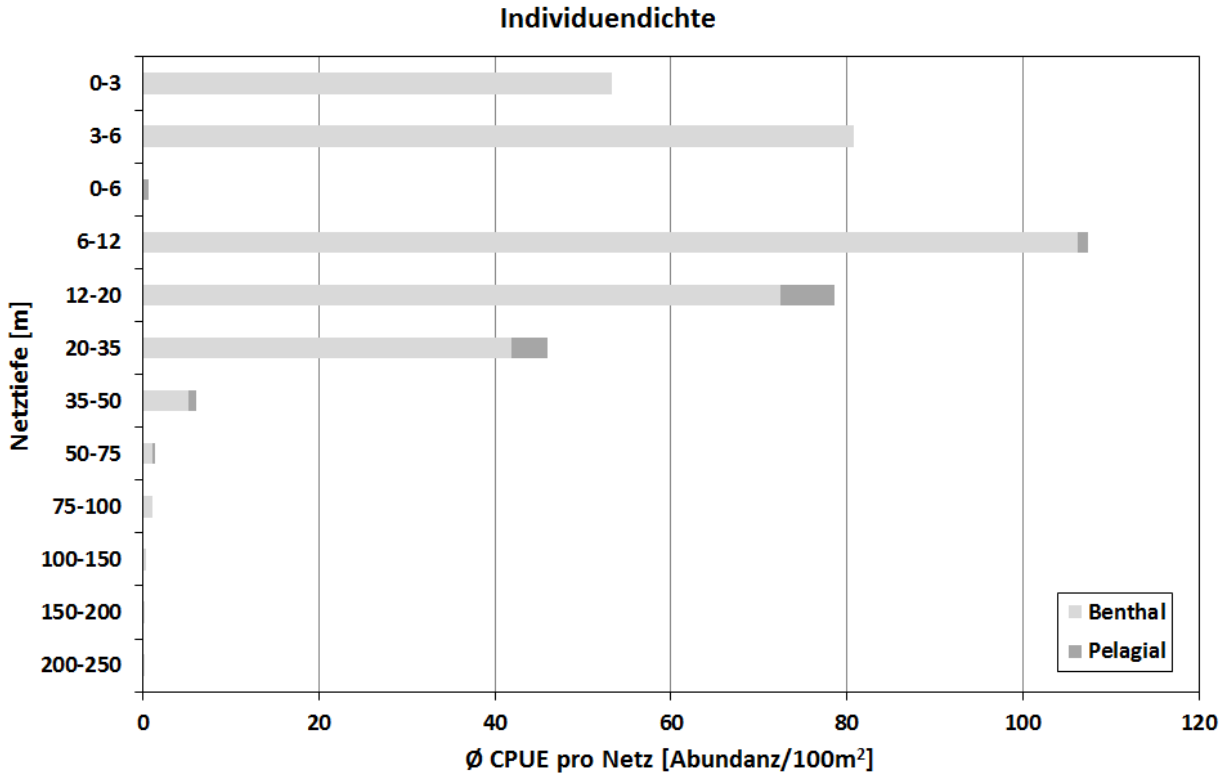


Abbildung 9 Tiefenverteilung der gefangenen Individuen im Obersee

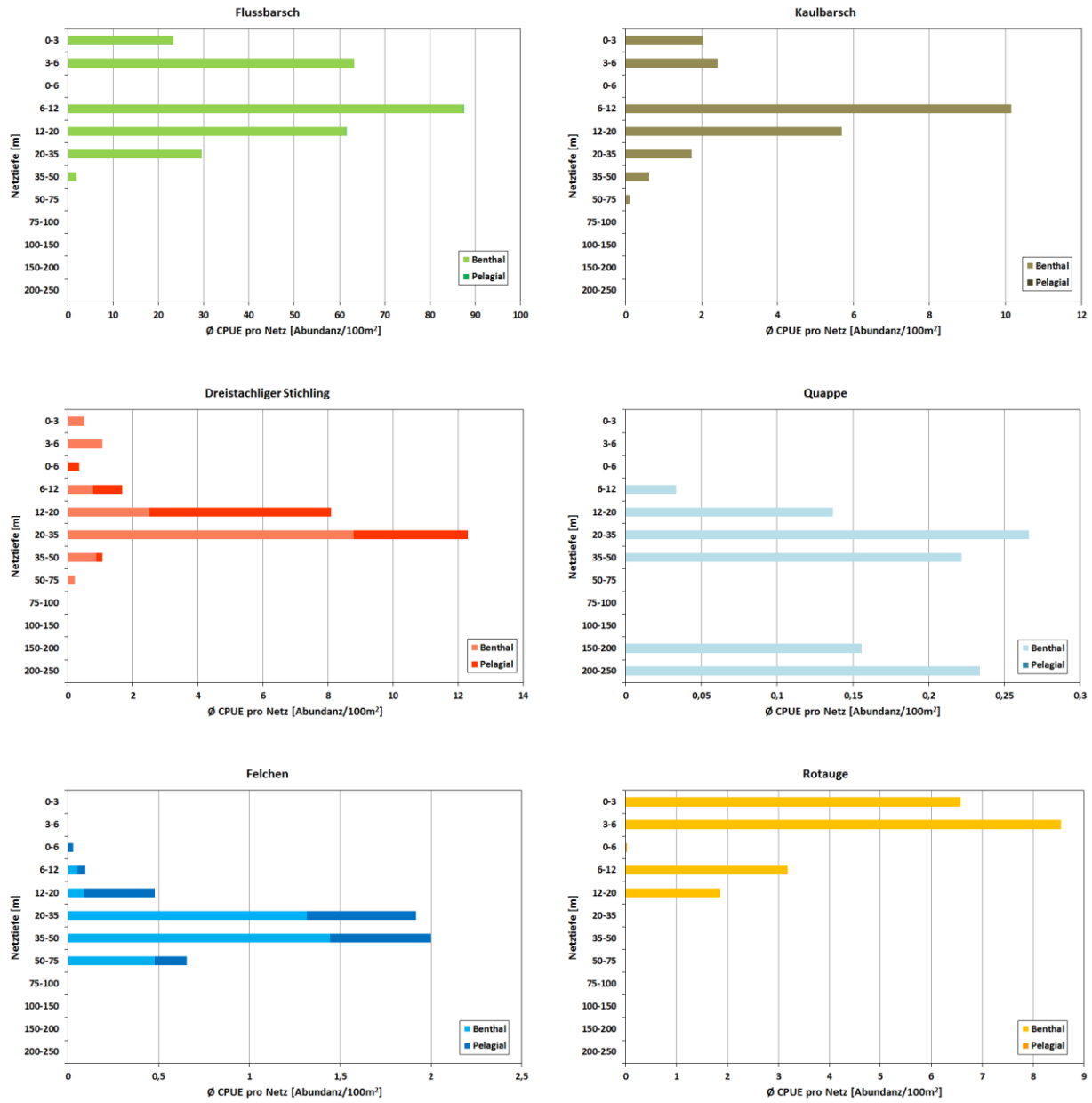


Abbildung 10 Durchschnittliche Fangzahlen pro Netz in CPUE (Abundanz/100m²) von Flussbarsch, Kaulbarsch, Stichling, Quappe, Felchen und Rotauge innerhalb der Tiefenstrata und Gewässerzonen.

4.1.2.2 Vertikalnetzbefischung

4.1.2.2.1 Zusammensetzung des Fangs

Im Zuge der Vertikalnetzbefischungen wurden 2019 insgesamt 563 Fische und 10 Arten in den 30 Netzen nachgewiesen (Tabelle 16). Von den Stichlingen wurde mit 256 Individuen die höchste Anzahl gefangen. Die zweithäufigste Art war mit 121 Individuen der Barsch. Danach folgte mit 86 Individuen der Ukelei, mit 39 Individuen das Felchen und mit 36 Individuen der Kaulbarsch. Vom Rotauge wurden 15 Individuen gefangen, während Seesaibling, Groppe, Hasel und Schleie nur sehr vereinzelt dokumentiert wurden (Abbildung 11). Eine exakte Bestimmung der Saiblinge nach See- oder Tiefseesaibling erfolgte im Zuge der

Vertikalnetzbefischungen nicht. Neben den Fischen wurde außerdem ein Kamberkrebs in den Netzen nachgewiesen.

Tabelle 16 Artenliste und Abundanz der effektiv in den Vertikalnetzen nachgewiesenen Fischarten

Art	Wissenschaftl. Name	Abundanz	Status
Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	256	invasiv
Barsch	*Perca fluviatilis*	121	einheimisch
Ukelei	*Alburnus alburnus*	86	einheimisch
Felchen	*Coregonus sp.*	39	einheimisch
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	36	gebietsfremd
Rotauge	*Rutilus rutilus*	15	einheimisch
Seesaibling, Art unbest.	*Salvelinus sp.*	3	einheimisch
Groppe	*Cottus gobio*	3	einheimisch
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	2	einheimisch
Schleie	*Tinca tinca*	1	einheimisch

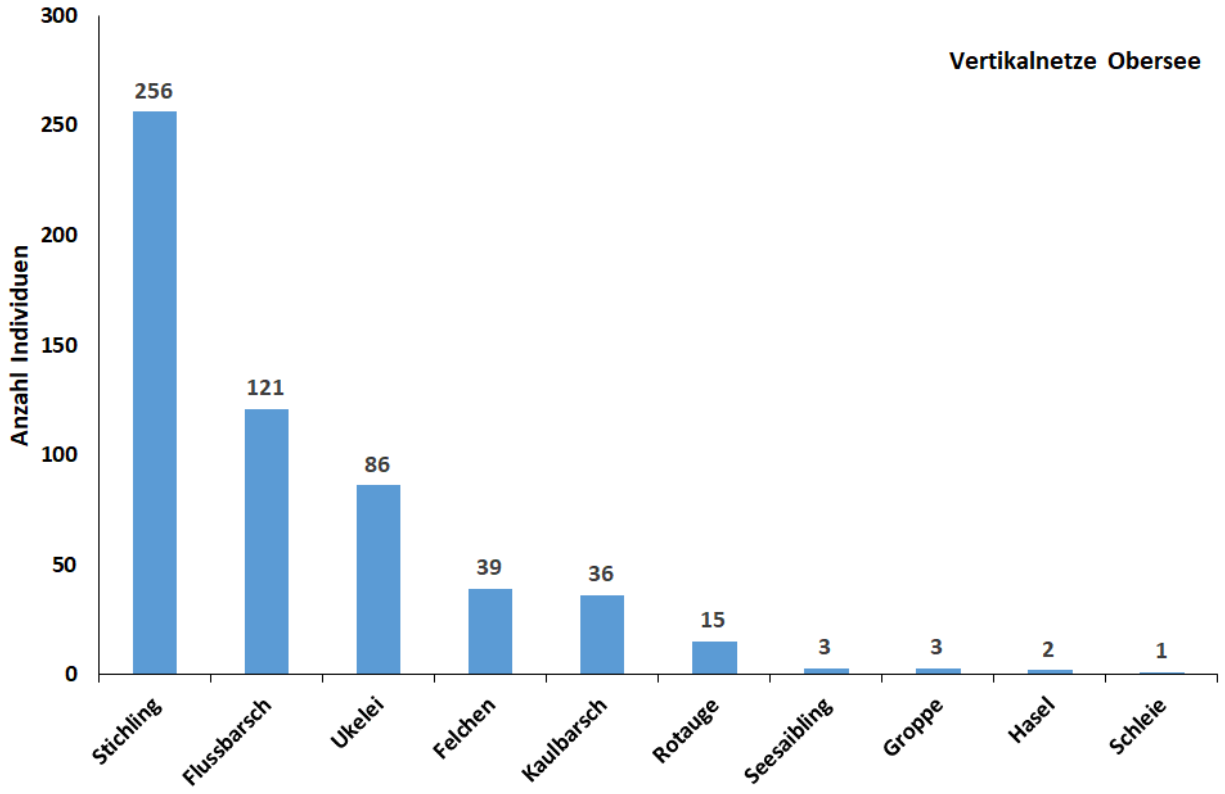


Abbildung 11 Abundanz der in den Vertikalnetzen gefangenen Arten (Netzzahl: N=30)

Die zuvor genannten Fangzahlen stellen die insgesamt in den Vertikalnetzen gefangenen Individuen dar. Die Netze besitzen jedoch einen zusätzlichen Netzabschnitt von ca. 2 m Länge der flach auf dem Gewässergrund aufliegt. Neben dem Fang von benthischen Fischen dient dieser Netzabschnitt der zusätzlichen Fixierung des Netzes am Standort (nachfolgend als „Ankernetz“ bezeichnet). Insgesamt wurden in diesem Netzbereich 93 Individuen gefangen. Darunter befanden sich Barsch, Kaulbarsch und Dreistachliger Stichling (Tabelle 17).

Tabelle 17 Anzahl der im Ankernetz der Vertikalnetze gefangenen Individuen nach Arten

Art	Abundanz
Dreist. Stichling	21
Kaulbarsch	35
Barsch	37

4.1.2.2.2 Gefangene Biomasse

2019 wurden 18,97 kg Fisch mit Hilfe der Vertikalnetze gefangen. Der Hauptteil entfiel dabei auf die Felchen mit 8,61 kg. Barsch (3,45 kg) und Rotauge (2,54 kg) trugen ebenfalls wesentlich zur gesamten Biomasse bei. Der Anteil aller weiteren Arten lag jeweils unter einem Kilogramm.

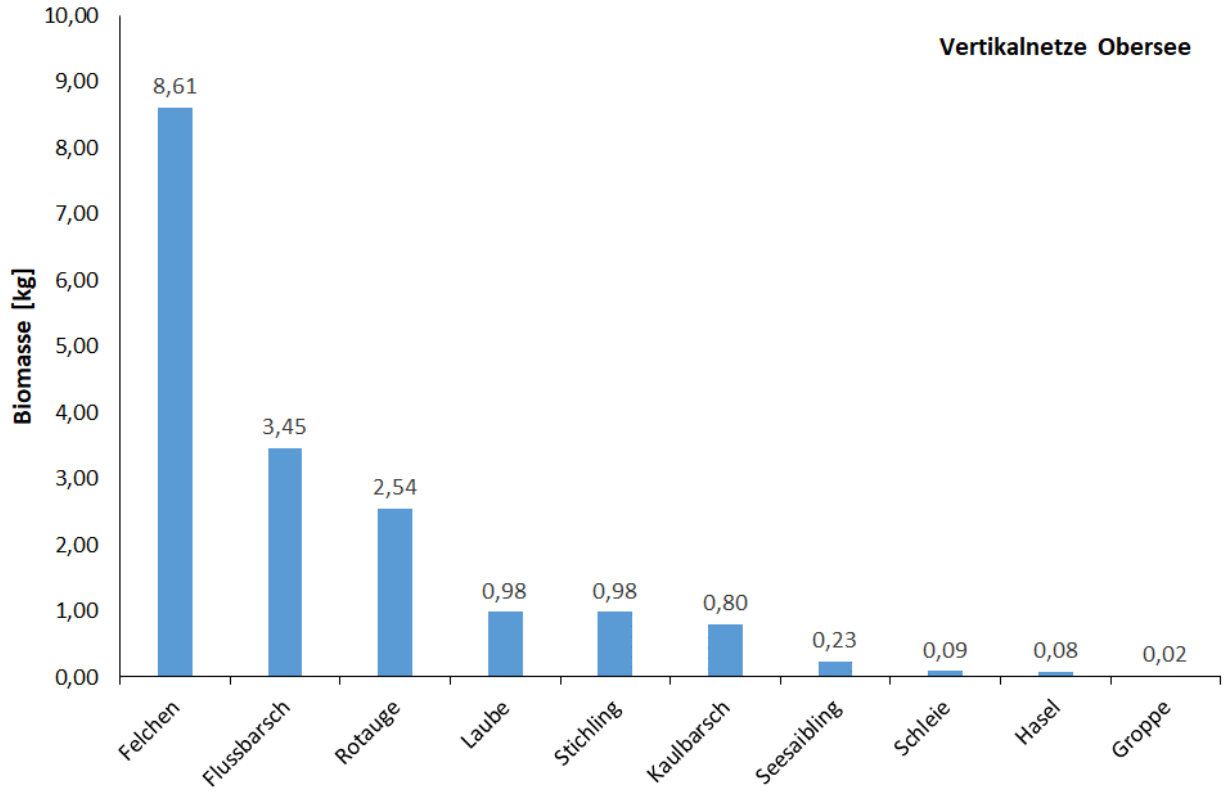


Abbildung 12 Biomasse der in den Vertikalnetzen gefangenen Fische nach Arten (Netzzahl: N=30)

4.1.2.2.3 Fangzusammensetzung in Benthal und Pelagial

Durch den vergleichsweise geringen Kontaktbereich der Vertikalnetze mit dem Gewässergrund sind diese nicht für die Bewertung der benthischen Fischfauna vorgesehen. Als benthischer Bereich wird in dieser Studie der Netzabschnitt von 1,5 m Höhe über dem Gewässergrund festgelegt. Die in diesem Bereich gefangenen Individuen wurden dem Benthal die übrigen dem Pelagial zugerechnet. Fische die in den auf dem Gewässergrund aufliegenden Ackernetzabschnitten gefangen wurden, wurden hier nicht miteinbezogen.

Etwa 80 % der in den Vertikalnetzen gefangenen Individuen können dem Pelagial zugerechnet werden (Tabelle 18). Zu den im Pelagial dominierenden Arten zählen Dreist. Stichling, Ukelei, Barsch und Felchen. Alle weiteren Arten wurden mit weniger als 10 Individuen nachgewiesen. Im Benthal dominierte hingegen

der Barsch mit beinahe 80 %. Selbst das Rotauge war als zweithäufigste Art mit lediglich 7 Individuen in den Fängen vertreten.

Tabelle 18 Verteilung der in den Vertikalnetzen gefangenen Arten auf die Gewässerzonen

Art	Benthal	Pelagial	Gesamt
Dreist. Stichling	5	230	235
Ukelei	0	86	86
Barsch	71	13	84
Felchen	1	38	39
Rotauge	7	8	15
Groppe	3	0	3
Seesaibling	1	2	3
Hasel	0	2	2
Kaulbarsch	1	0	1
Schleie	0	1	1
Individuen gesamt	**90**	**380**	**470**
Arten gesamt	**7**	**8**	**10**

4.1.2.2.4 Tiefenverteilung der Arten und ihrer Häufigkeiten

Für eine bessere Vergleichbarkeit mit den CEN und MOD-Netzen wurden die standardisierten Fangdaten (NPUE Individuen/100 m² und Ø pro Tiefenstufe) in dieselben Tiefenstufen eingruppiert. Außerdem erfolgte, wie bei den CEN und MOD Netzen, eine Unterteilung der Daten nach Gewässerzonen (Benthal und Pelagial). Als benthischer Bereich wurde hierbei der Bereich von 1,5 m Höhe über dem Gewässergrund festgelegt. Dies entspricht der Höhe benthischer CEN und MOD-Netze. Da der „Freiwasserbereich“ der im Litoral gestellten Vertikalnetze (Stelltiefe <5 m Tiefe) nicht dem eigentlichen Pelagial zugeordnet werden kann, wurden die in diesem Bereich gefangenen Fische nicht zu den pelagischen Fangdaten gerechnet. Somit wurden nur Netze die in einer Tiefe >10 m gesetzt wurden berücksichtigt. Die hier nachfolgenden Gegenüberstellungen von CEN und MOD-Netzen mit Vertikalnetzen, dienen nicht zur Bewertung der beiden Befischungsmethoden. Zur Berechnung des durchschnittlichen CPUE der Abundanz wurden alle Netze aus den jeweiligen Tiefenzonen verwendet. Dadurch entstehen standortbedingte Unterschiede (z.B. aufgrund der Gewässertiefe über welcher ein pelagisches Netz gestellt ist), wodurch die Fangdaten nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Es werden somit lediglich die Fangzusammensetzung der beiden Methoden und die daraus resultierenden Gesamtbilder zur Zusammensetzung der Fischgemeinschaft gegenübergestellt. Eine direkte Gegenüberstellung von pelagischen CEN, MOD und Vertikalnetzen an vergleichbaren Standorten folgt im Projektbericht.

Der durchschnittliche NPUE war in den Vertikalnetzen etwa doppelt so hoch wie in den CEN oder MOD-Netzen (Abbildung 13; Vergleiche mit Kapitel 4.1.2.1.5). Grundsätzlich war in den Vertikalnetzen die Individuendichte, wie bereits bei den CEN und MOD-Netzen, im Benthal höher. Die Unterschiede stellten sich hier jedoch weniger deutlich wie in den CEN und MOD-Netzen dar. Die benthischen Fänge in 0-3 m Tiefe (wobei hier nur der 1,5 m hohe benthische Netzabschnitt dargestellt ist) müssen gesondert betrachtet werden, da der hier verwendete Vertikalnetztyp von den anderen, in tieferen Bereichen gesetzten Netzen abweicht (siehe Kapitel 3.2.2). Die vertikale Verteilung der pelagischen Netze in den Tiefenzonen ab 0-6 m zeigt eine große Ähnlichkeit mit den CEN und MOD-Netzen. Bei beiden Befischungsvarianten lag die größte benthische Individuendichte in 6-12 m Tiefe. Auch in 20-35 m Tiefe

war in beiden Fällen eine hohe Individuendichte vorzufinden. Die größte pelagische Individuendichte zeigte sich sowohl bei den CEN und MOD-Netzen wie auch bei den Vertikalnetzen in 12-20 m Tiefe. Der deutliche Einbruch der Fangzahlen bei den Vertikalnetzen in dieser Tiefe resultiert ausschließlich aus den fehlenden Fangzahlen im Benthal. In dieser Tiefe wurde nur ein Vertikalnetz gestellt, welches leer gehoben wurde.

Die Betrachtung der Tiefenschichten größer 50 m zeigt auch hier ähnliche Ergebnisse beider Befischungsmethoden. Allgemein ist im Pelagial die Fischdichte in so großen Tiefen sehr gering. Dies bewirkte, dass in den Vertikalnetzen ab 50 m Tiefe keine Nachweise mehr gelangen. Trotz der etwas höheren Netzzahl der Vertikalnetze (N=15) wurden lediglich mit Hilfe der in der Tiefenstufe von 50-75 m gestellten pelagischen MOD-Netze (N=12) Fische gefangen. In tieferen Bereichen wurden keine pelagischen CEN oder MOD-Netze gestellt. Im Benthal konnten die Vertikalnetze nur in der Tiefenstufe 100-150 m einen Nachweis (ein Saibling – *Salvelinus* spec.) erbringen während CEN und MOD Netze bis in 250 m Tiefe vereinzelt Fische fingen (Abbildung 9).

Eine Tiefenverteilung der Fänge, welche die Stelltiefe der Vertikalnetze berücksichtigt ist in Kaptel 5.2.2.4 dargestellt.

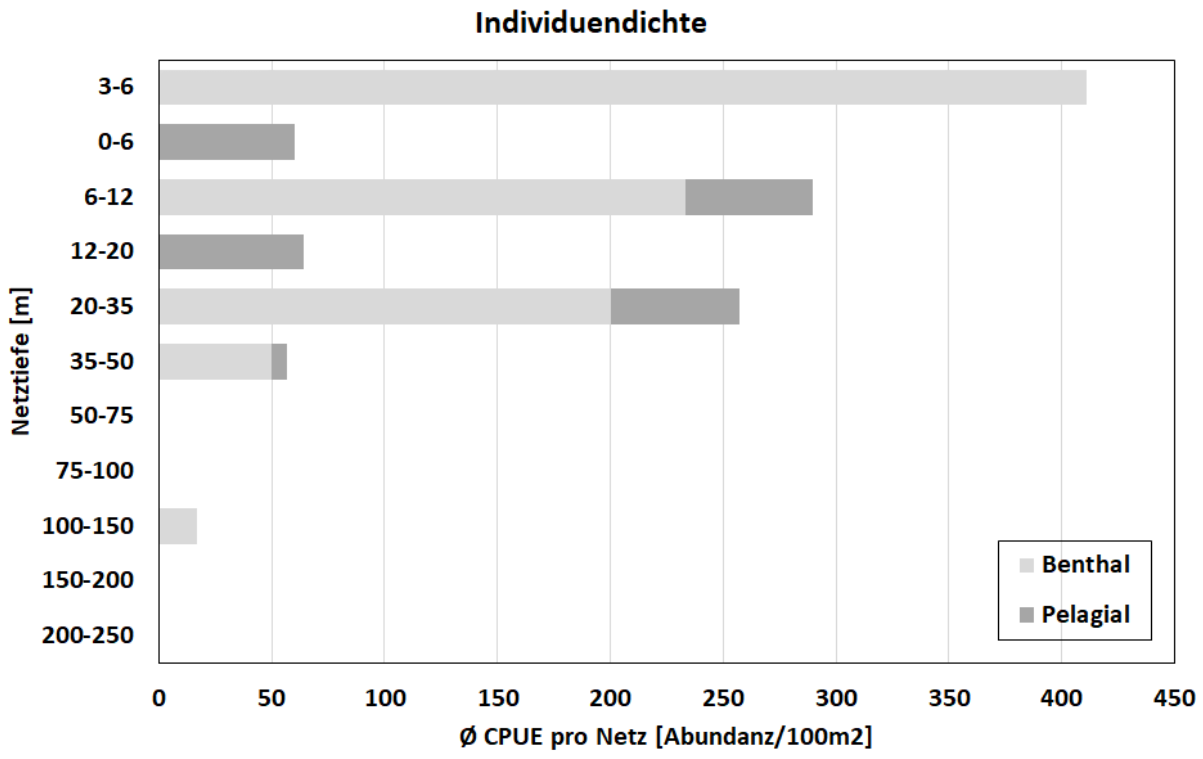


Abbildung 13 Tiefenverteilung der in den Vertikalnetzen gefangenen Individuen im Obersee

Trotz der großen Ähnlichkeit in der vertikalen Verteilung der gesamten Individuendichte zwischen CEN/MOD-Netzen und Vertikalnetzen sind im direkten Vergleich einzelner Arten teilweise deutliche Unterschiede erkennbar. Beim Flussbarsch ist nicht nur der Anteil benthischer Fänge in den Vertikalnetzen

weniger stark ausgeprägt, auch die vertikale Verteilung unterschied sich hier deutlich. Während in den benthischen CEN und MOD-Netzen Barsche bis in 35 m Tiefe mit sehr großen Stückzahlen nachgewiesen wurden, fehlen benthische Nachweise in den Vertikalnetzen bereits ab 12 m Tiefe (Abbildung 14; Vergleiche mit Abbildung 10). Als benthische Art wurden Kaulbarsche, wie bereits in den CEN und MOD-Netzen, auch in den Vertikalnetzen ausschließlich in benthischen Netzen nachgewiesen. Allerdings wurden sie nur an zwei Standorten und in einer Tiefenschicht dokumentiert. Stichlinge wurden in den pelagischen Vertikalnetzen von 0-35 m Tiefe mit einer relativ hohen Abundanz gefangen. Dies entspricht in etwa den Ergebnissen der CEN und MOD-Netze, auch wenn hier das Verhältnis der Bestandsdichten von oberflächennahen (0-12 m Tiefe) und tieferen Bereichen (12-35 m Tiefe) stärker zugunsten der tiefen Bereiche ausfiel. Diese Unterschiede liegen jedoch durchaus im Bereich von standortbedingten Bestandsschwankungen.

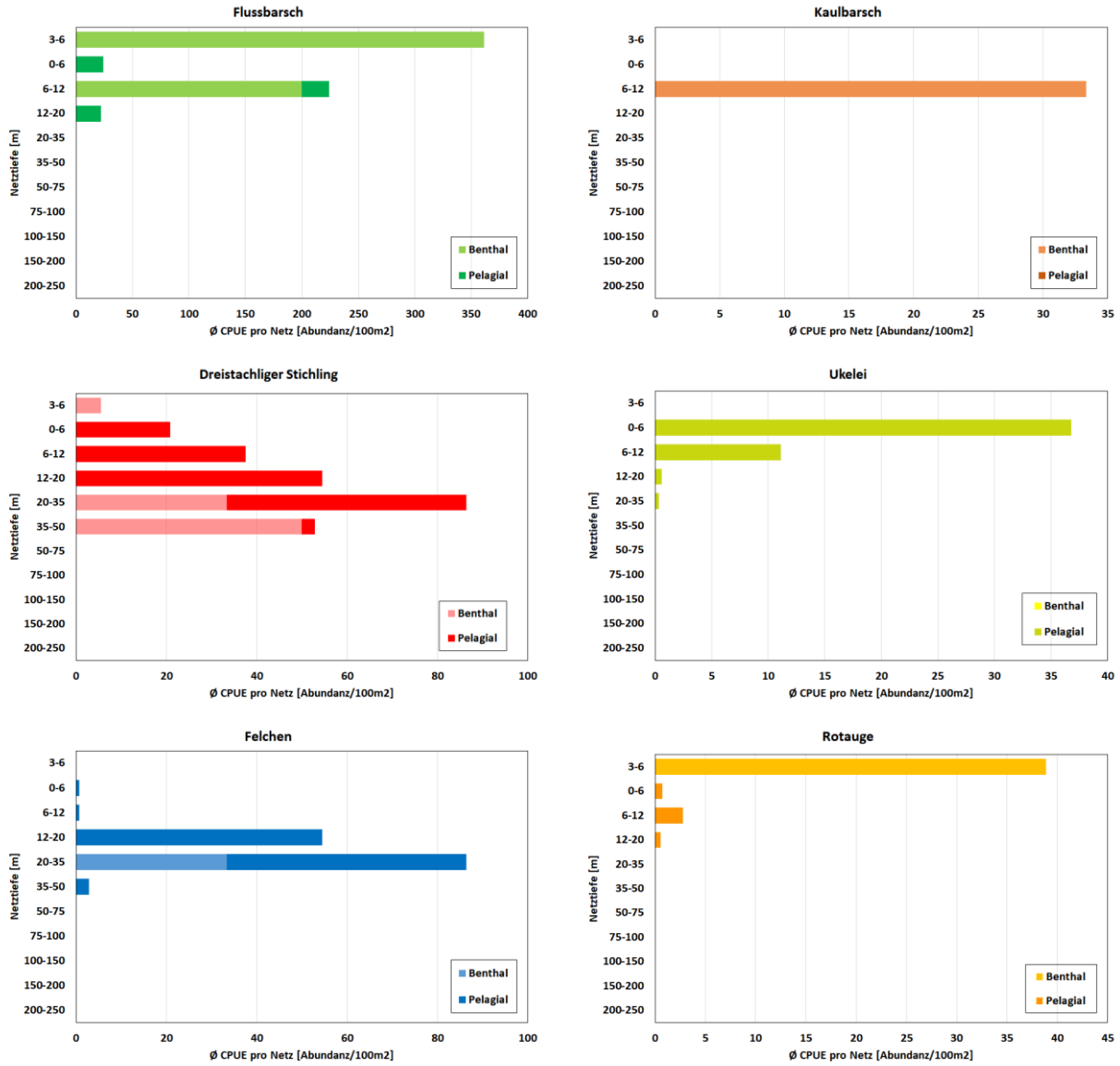


Abbildung 14 Durchschnittliche Fangzahlen pro Netz in CPUE (Abundanz/100m²) von Flussbarsch, Kaulbarsch, Stichling, Ukelei, Felchen und Rotauge innerhalb der Tiefenstrata und Gewässerzonen

Als dritthäufigste Art in den Vertikalnetzen ist die vertikale Verteilung des Ukelei dargestellt (Abbildung 14). Als oberflächenorientierte Art wurde er erwartungsgemäß vorrangig in pelagischen Bereichen in 0-6 m Tiefe nachgewiesen. Die Verteilung der Felchen in der Wassersäule war mit beiden Befischungstechniken sehr ähnlich. Im Pelagial wurde der Hauptanteil in 20-50 m Tiefe gefangen. In den CEN und MOD-Netzen konnte zusätzlich ein großer Anteil in den benthischen Netzen derselben Tiefenstufe gefangen werden. Beim Rotauge wurden mittels der Vertikalnetze im Benthal ausschließlich Individuen in 3-6 m Tiefe gefangen. Auch bei den CEN und MOD-Netzen, wurde der Hauptanteil der gefangenen Individuen in dieser Tiefe nachgewiesen. In den Vertikalnetzen wurden zudem Rotaugen im Pelagial in 0-20 m gefangen. Pelagische Nachweise gelangen in den CEN und MOD-Netzen nur an der Oberfläche in 0-6 m Tiefe.

4.1.3 Gegenüberstellung der Fangdaten aller Fanggeräte

Mit Hilfe der Elektrobefischungen im Obersee gelang der Nachweis von 23 Arten. Die Netzbefischungen erfassten 25 Arten (Tabelle 19). Zusätzlich zu den Fischen umfassten die Fänge beider Befischungsmethoden Kamberkrebse. Zu den Arten die ausschließlich mittels der Elektrobefischung erfasst wurden zählen Aal, Barbe, Bitterling, Karausche und Gründling. Aale lassen sich erfahrungsgemäß nur sehr schlecht mit Netzen nachweisen, da sie sich aufgrund ihrer Körperform selten in den Netzen verfangen. Auch der fehlende Nachweis von Gründling und Barbe in den Netzen ist keineswegs ungewöhnlich, da beide Arten im Bodensee vergleichsweise selten vorkommen und sie zudem als rheophile Arten eher die Bereiche der Zuflüsse bevorzugen. Arten die bei den Elektrobefischungen fehlen sind Blaubandbärbling, Felchen, Güster, Seeforelle, Seesaibling, Tiefseesaibling und Zander. Da Felchen, Seeforelle, Seesaibling und Tiefseesaibling vorrangig Arten des Pelagials sind, sind die fehlenden Nachweise in den Elektrobefischungen charakteristisch für das Litoral. Auch der Zander wird bei Elektrobefischungen selten nachgewiesen, da er bevorzugt in tieferen Gewässerbereichen lebt. Vom Blaubandbärbling wurden als seltener Neozoon nur wenige Individuen gefangen, wodurch das Fehlen in den Elektrobefischungen erklärbar ist. Die Güster zählt zu den häufigeren Fischarten am See, dennoch wurde sie nicht in den Elektrobefischungen erfasst.

Besonders interessant ist die hohe Anzahl des Ukelei in den Elektrobefischungen. In den Netzbefischungen wurden Ukeleien mit einer weitaus geringeren Dichte nachgewiesen. Dies unterstreicht, neben dem Nachweis zusätzlicher Arten, die Notwendigkeit von Elektrobefischungen für die Darstellung eines umfassenden Bildes der Fischgemeinschaften. Sie helfen die Artzusammensetzung von Habitaten, die durch Netzbefischungen nur schlecht dargestellt werden können, besser zu erfassen und eine repräsentativere Abschätzung der tatsächlichen Dominanzverhältnisse im Gewässer darzustellen.

Tabelle 19 Abundanz der durch die Elektrofischerei und die verschiedenen Netztypen nachgewiesenen Arten

Art	CEN	MOD	Vertikal	Elektrisch	Gesamt
Barsch	2.626	3.646	121	365	6.758
Ukelei	67	156	86	2.507	2.816
Dreist. Stichling	358	488	256	4	1.106
Rotauge	108	412	15	281	816
Hasel	12	49	2	702	765
Döbel	5	63	-	647	715
Kaulbarsch	157	416	36	1	610
Schmerle	22	18	-	223	263
Brachse	23	71	-	166	260
Felchen	30	134	39	-	203
Güster	30	104	-	-	134
Rotfeder	28	33	-	57	118
Schleie	5	7	1	86	99
Wels	2	9	-	51	62
Zander	5	38	-	-	43
Hecht	2	19	-	11	32
Aal	-	-	-	25	25
Quappe	1	19	-	4	24
Seesaibling	7	11	3	-	21
Giebel	-	7	-	10	17
Karpfen	1	5	-	9	15
Barbe	-	-	-	13	13
Groppe	1	3	3	5	12
Tiefseesaibling	4	5	-	-	9
Sonnenbarsch	1	2	-	5	8
Gründling	-	-	-	7	7
Karausche	-	-	-	2	2
Blaubandbärbling	-	1	-	-	1
Seeforelle	-	1	-	-	1
Bitterling	-	-	-	1	1
Gesamt	**3.495**	**5.717**	**562**	**5.182**	**14.956**

4.2 Untersee

4.2.1 Elektrobefischungen

4.2.1.1 Zusammensetzung des Fangs

Am Untersee wurden insgesamt 21 Strecken und neun verschiedene Habitate elektrisch befischt (Abbildung 9). Hierbei wurden 15 Fischarten nachgewiesen und 107 Individuen gefangen (Tabelle 20). Die häufigste Art war die Schleie mit 22 Individuen. Danach folgte die Schmerle mit 13 Individuen. Mit 11 Individuen war der Wels die dritthäufigste Art und machte damit einen erstaunlich großen Anteil von über 10 % des Gesamtfangs aus. An vierter Stelle lag der Aal mit 8 Individuen. Der Barsch war mit 7 Individuen hier lediglich die fünfthäufigste Art. Neben den Fischen wurden außerdem drei Kamberkrebse gefangen.

Tabelle 20 Anzahl der Befischungsstrecken im Untersee und effektive Fangzahlen

	Auslauf	**Block**	**Fein-sediment**	**Hafen**	**Kies**	**Mauer**	**Mix**	**Schilf**	**Zulauf**	**Gesamt**
Replikate	N=1	N=3	N=2	N=3	N=3	N=3	N=1	N=3	N=2	N=21
Aal	0	0	0	5	0	2	0	1	0	8
Barbe	0	0	0	1	1	1	0	0	1	4
Barsch	0	2	0	3	2	0	0	0	0	7
Brachse	0	1	0	0	0	0	0	2	0	3
Döbel	1	0	0	2	1	0	0	0	3	7
Giebel	0	0	0	1	1	0	0	2	0	4
Hasel	0	0	2	0	1	2	0	0	0	5
Hecht	0	0	2	0	0	0	0	2	0	4
Karpfen	0	0	0	2	0	0	0	1	2	5
Quappe	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Rotauge	0	2	1	0	0	0	0	2	0	5
Schleie	0	3	2	5	3	0	0	5	4	22
Schmerle	0	3	1	0	3	2	0	1	3	13
Ukelei	0	2	1	0	2	0	0	0	0	5
Wels	0	1	1	6	1	0	0	1	1	11
Gesamt	**1**	**14**	**10**	**27**	**16**	**7**	**1**	**17**	**14**	**107**

4.2.1.2 Unterschiede zwischen den Habitaten

Im Untersee wurde mit neun Arten die höchste Artenvielfalt in den Habitaten „Hafen“, „Kies“ und „Schilf“ festgestellt. Danach folgten die Habitate „Feinsediment“ und „Block“ mit jeweils sieben Arten. In den Habitaten „Mauer“ und „Mix“ wurden jeweils vier Arten dokumentiert. Die angebundenen Habitate „Zulauf“ und „Auslauf“ enthielten sechs beziehungsweise nur eine Art (Tabelle 21).

Tabelle 21 Probenanzahl, Absolute Artnachweise sowie Median und Durchschnitt der Artnachweise in den jeweiligen Habitaten des Untersees

	Block	Feinsediment	Hafen	Kies	Mauer	Mix	Schilf	Zulauf	Auslauf
Probenzahl	3	2	3	3	3	1	3	2	1
Artanzahl	7	7	9	9	4	0	9	6	1
Artanzahl Median	4	4	4	4	2,5	0	2	3,5	4
Artanzahl Mittelwert	4,0	4,0	5,0	3,7	2,5	0,0	3,7	3,5	1,0
Artanzahl max.	5	7	7	5	4	0	8	4	1
Artanzahl min.	3	1	4	2	1	0	1	3	1

Beim Vergleich der standardisierten Fangdaten (CPUE Individuen/100 m Befischungsstrecke) der Habitattypen wiesen die Habitate „Feinsediment“ mit 129 Individuen/100 m und „Schilf“ mit 127 Individuen/100 m eine deutlich höhere Fischdichte als andere im Untersee untersuchten Habitate auf (Tabelle 22). Die dritthöchste Individuendichte wurde mit nur etwa halb so vielen Individuen, wie in den vorangegangenen Habitaten, im Habitat „Block“ festgestellt. In absteigender Reihenfolge folgten die Habitate „Zulauf“ (42 Individuen/100m), „Kies“ (39 Individuen/100 m), „Hafen“ (20 Individuen/100 m), „Mauer“ (5 Individuen/100 m) und „Mix“ (0 Individuen/100 m). Über alle Habitattypen hinweg war das Rotauge (N = 183) die häufigste Fischart im Litoral des Untersees (Tabelle 22). Danach folgten Brachse (N = 103), Ukelei (N = 33), Schleie (N = 30) und Schmerle (N = 23).

Tabelle 22 Durchschnittlich in den Habitaten des Untersees nachgewiesene Individuen (CPUE) nach Arten gelistet

Art	Auslauf	Block	Feinsediment	Hafen	Kies	Mauer	Mix	Schilf	Zulauf	Gesamt
Aal	0,00	0,00	0,00	1,04	0,00	0,84	0,00	0,37	0,00	2,25
Barbe	0,00	0,00	0,00	0,42	0,66	0,54	0,00	0,00	4,55	6,17
Barsch	0,00	3,06	0,00	4,79	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	8,4
Brachse	0,00	36,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,93	0,00	102,69
Döbel	0,52	0,00	0,00	1,67	0,22	0,00	0,00	0,00	6,36	8,77
Giebel	0,00	0,00	0,00	0,21	0,67	0,00	0,00	0,74	0,00	1,62
Hasel	0,00	0,00	6,9	0,00	0,22	2,71	0,00	0,00	0,00	9,83
Hecht	0,00	0,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	1,75
Karpfen	0,00	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00	1,11	4,55	8,32
Quappe	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
Rotauge	0,00	12,9	117,82	0,00	0,00	0,00	0,00	52,22	0,00	182,93
Schleie	0,00	2,26	1,15	7,75	3,33	0,00	0,00	5,24	10,51	30,25
Schmerle	0,00	3,44	0,57	0,00	1,72	0,81	0,00	0,78	15,22	22,54
Ukelei	0,00	1,72	0,57	0,00	30,98	0,00	0,00	0,00	0,00	33,27
Wels	0,00	0,25	0,57	1,5	0,33	0,00	0,00	0,37	1,09	4,11
Gesamt	**0,52**	**60,38**	**128,64**	**20,25**	**38,69**	**4,90**	**0,00**	**127,45**	**42,27**	**423,11**

Für den Vergleich der Fischgemeinschaften wurde der CPUE (Individuen/100 m²) verwendet und im ersten Schritt quadratwurzeltransformiert. Zur Ermittlung der Ähnlichkeit der Fischgemeinschaften wurde erneut eine nMDS Analyse sowie eine ANOSIM Analyse verwendet (PRIMER® 7, PRIMER-E Ltd, Ivybridge). Auf die Verwendung eines Dummy Wertes bei der Erstellung der Bray Curtis-Ähnlichkeitsmatrix konnte hier verzichtet werden. Eine eindeutige Gruppierung der Fischgemeinschaften in Habitattypen ist in der nMDS

Analyse nicht erkennbar (Abbildung 15). Auch die paarweisen Vergleiche der Habitattypen der ANOSIM Analyse lassen in den meisten Fällen keine eindeutige Unterscheidung zu. Eine gute Unterscheidbarkeit ist lediglich bei den Vergleichen der Habitate „Block“ und „Mauer“, „Feinsediment“ und „Hafen“ sowie „Hafen“ und „Mauer“ gegeben. Aufgrund der geringen Replikatanzahl der einzelnen Habitate ist die Aussagekraft der Vergleiche jedoch eingeschränkt. Insbesondere die Vergleiche mit dem Habitattyp „Auslauf“ können hier nicht gewertet werden. Hier erfolgte lediglich eine Befischung, wobei nur ein Döbel gefangen wurde. Dies erklärt auch den deutlichen Unterschied zu den anderen Befischungsstrecken (Tabelle 23).

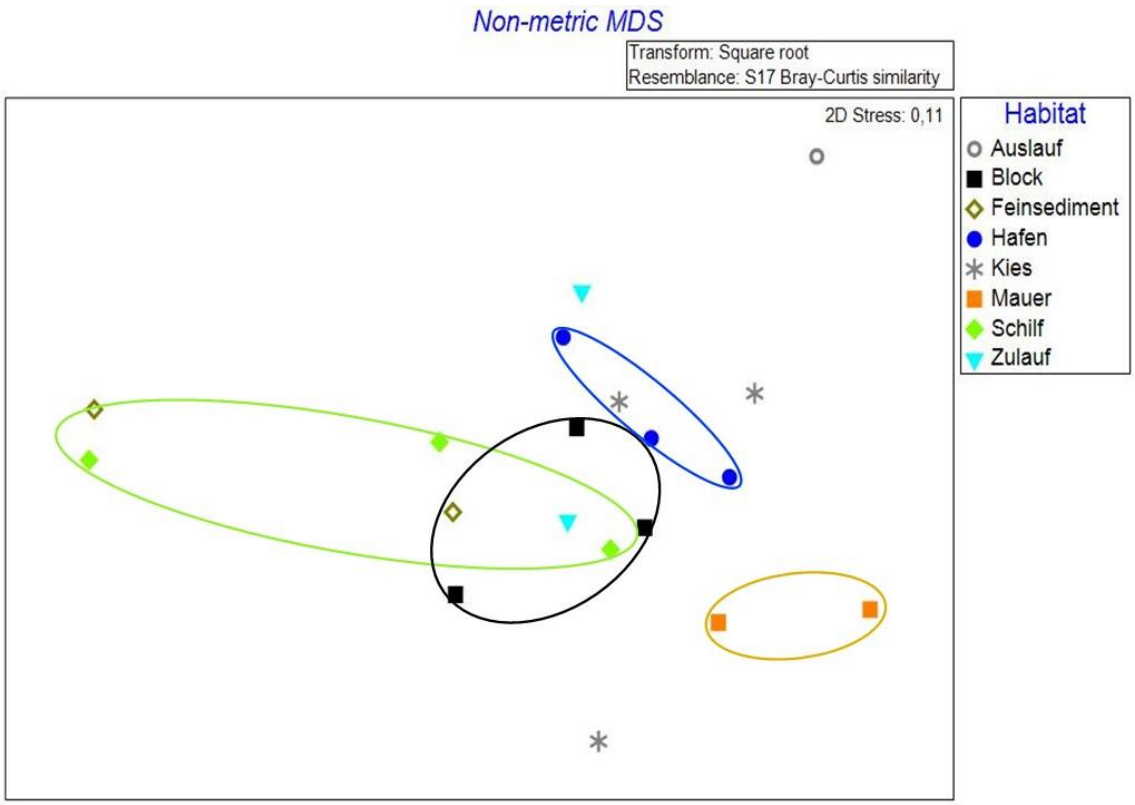


Abbildung 15 Grafik der nMDS Analyse der Habitattypen im Untersee. Ellipsen verdeutlichen die Streuungsbereiche von Habitaten, welche eine Unterscheidbarkeit in den paarweisen Vergleichen der ANOSIM aufweisen.

Tabelle 23 R Statistik der ANOSIM-Analyse der bei der Elektrobefischung untersuchten Habitate des Untersees, wobei die Werte > 0,75 klare Unterschiede, ≈ 0,5 gute Unterschiede und < 0,25 geringe Unterschiede beschreiben. Gut zu unterscheidende Habitate sind grün hinterlegt. Signifikante Unterschiede sind mit einem * gekennzeichnet.

	Auslauf	Block	Feinsediment	Hafen	Kies	Mauer	Schilf
Block	1	-	-	-	-	-	-
Feinsediment	1	0,333	-	-	-	-	-
Hafen	1	0,037	0,75	-	-	-	-
Kies	0,111	-0,241	0,042	0,019	-	-	-
Mauer	1	0,75	0,5	0,667	0,25	-	-
Schilf	0,667	-0,093	-0,375	0,13	-0,074	0,375	-
Zulauf	1	-0,083	0,25	0,083	-0,542	0,75	-0,333

4.2.2 Netzbefischungen

4.2.2.1 Befischung nach Wasserrahmenrichtlinie mittels der CEN und MOD-Netze

4.2.2.1.1 Zusammensetzung des Fangs

Im Zuge der Befischungen im Untersee wurden insgesamt 99 CEN und MOD-Netze gestellt. Nachfolgend sind die absoluten Fangzahlen der beiden Netztypen zusammengefasst dargestellt. Eine Gegenüberstellung der Fanggeräte und Netztypen kann dem Kapitel 4.2.3 entnommen werden. Insgesamt wurden 20 Arten und 1.984 Individuen nachgewiesen (Tabelle 24). Sechs der im Obersee nachgewiesenen Arten wurden um Untersee nicht dokumentiert. Zu den heimischen Arten zählten dabei Seesaibling, Tiefseesaibling, Groppe und Seeforelle. Nicht heimische Arten die im Untersee fehlten waren Sonnenbarsch und Blaubandbärbling.

Tabelle 24 Artenliste und Abundanz in absoluten Zahlen der in den CEN und MOD-Netzen nachgewiesenen Fischarten.

Art	Wissenschaftl. Name	Abundanz	Status
Barsch	*Perca fluviatilis*	1.636	einheimisch
Dreist. Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	97	invasiv
Rotauge	*Rutilus rutilus*	55	einheimisch
Brachse	*Abramis brama*	31	einheimisch
Schleie	*Tinca tinca*	31	einheimisch
Hecht	*Esox lucius*	29	einheimisch
Felchen	*Coregonus spp.*	21	einheimisch
Ukelei	*Alburnus alburnus*	16	einheimisch
Zander	*Sander lucioperca*	16	eingebürgert
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	10	einheimisch
Wels	*Silurus glanis*	8	einheimisch
Karpfen	*Cyprinus carpio*	8	einheimisch
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernuus*	7	gebietsfremd
Döbel	*Leuciscus cephalus*	6	einheimisch
Schmerle	*Barbatula barbatula*	4	einheimisch
Güster	*Blicca bjoerkna*	3	einheimisch
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	3	einheimisch
Giebel	*Carassius gibelio*	1	einheimisch
Quappe	*Lota lota*	1	einheimisch

Wie schon im Obersee war auch Im Untersee der Flussbarsch mit 1.636 Individuen die dominierende Fischart. Die Anzahl der Stichlinge war im Untersee deutlich geringer als im Obersee. Dennoch war er mit 99 Individuen die zweithäufigste Art in den Netzfängen. Historisch lagen die Cyprinidenerträge des Untersees, aufgrund des höheren Nährstoffangebots, häufig über denen des Obersees (Löffler 1983). In der hier vorliegenden Untersuchung war deren Anteil am Gesamtfang im Untersee ebenfalls größer als im Obersee. Rotauge (N = 55), Brachse (N = 31) und Schleie (N = 31) zählten zu den häufigen Arten. Eine ähnlich hohe Abundanz besaß der Hecht (N = 29). Mit lediglich 23 Individuen waren die Felchen nur die siebthäufigste Art. Vom Zander wurden 16 Individuen gefangen. Die restlichen 13 Arten wurden mit

insgesamt 52 Individuen dokumentiert. Dabei stellte der Ukelei mit 16 Nachweisen die häufigste dieser Arten dar (Abbildung 16).

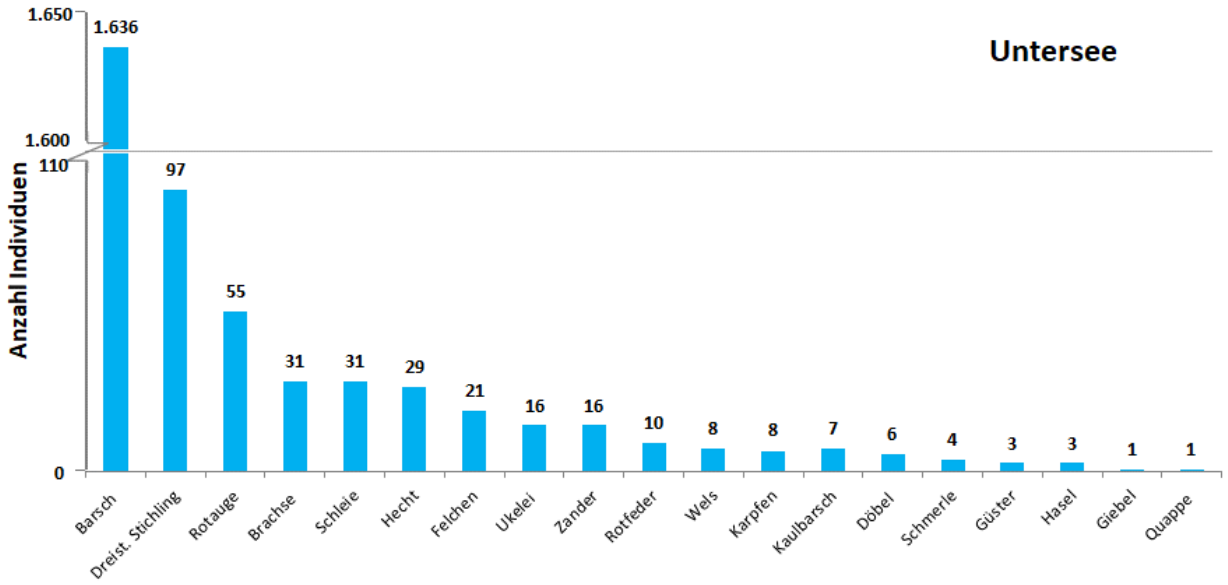


Abbildung 16 Gesamtfang nach Arten Untersee (CEN-Netze N = 30 und MOD-Netze N = 70); beachte Y-Achsenunterbrechnung

4.2.2.1.2 Gefangene Biomasse

Insgesamt wurden im Untersee 521,9 kg Fisch gefangen. Beinahe die Hälfte davon resultierte aus Flussbarschfängen (22,1 kg). Der zweit- und drittgrößten Biomasseanteile resultierten aus den Raubfischarten Hecht (5,6 kg) und Zander (5,5 kg). Die Felchen lagen mit 4,2 kg immerhin auf dem vierten Rang. Weitere Arten, die mit mehr als einem Kilo zum Gesamtfang beitrugen waren Wels (3,6 kg), Döbel (2,9 kg), Rotfeder (2,4 kg), Rotauge (2,4 kg) und Schleie (1,6 kg). Die kumulative Biomasse der verbleibenden 12 Arten betrug 1.7 kg (Abbildung 17).

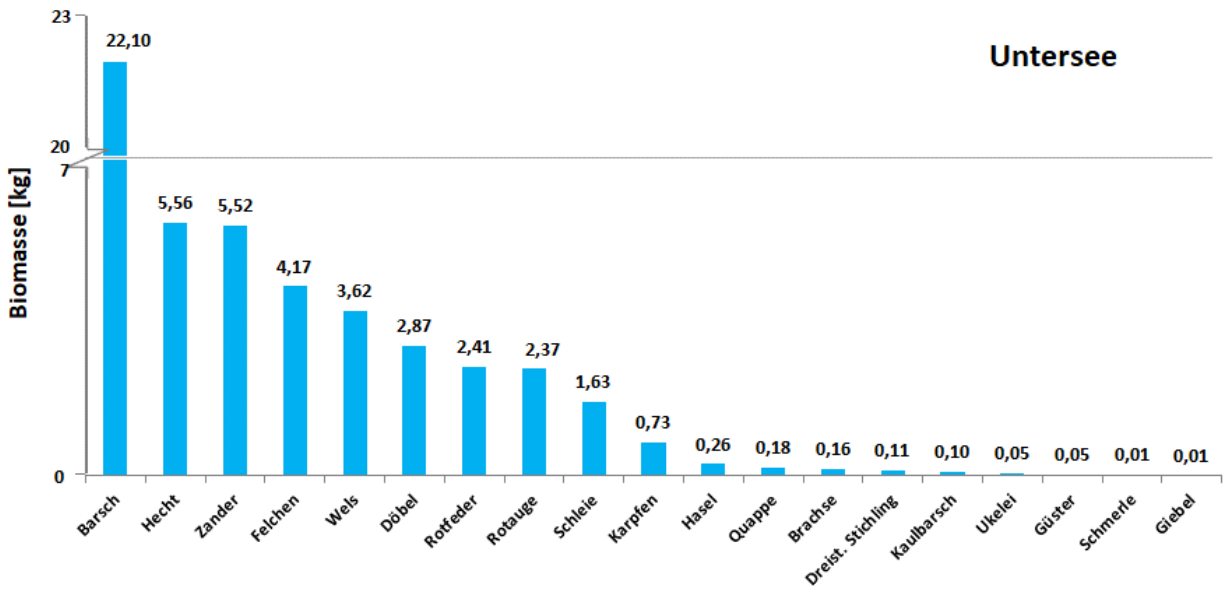


Abbildung 17 Biomasse der gefangenen Arten im Untersee nach Arten (CEN-Netze N = 30 und MOD-Netze N = 70); beachte Y-Achsenunterbrechnung

4.2.2.1.3 Fangzusammensetzung in Benthal und Pelagial

Wie schon im Obersee wurden auch im Untersee deutlich mehr Arten in benthischen (Artenzahl N = 21) als in pelagischen Netzen (Artenzahl N = 6) nachgewiesen. Auch die deutliche Dominanz der Flussbarsche in den benthischen Netzen (85,9 %) und der Stichlinge in den pelagischen Netzen (67,7 %) ähnelte stark der Fischgemeinschaft im Obersee. Der Anteil des Kaulbarsches in den benthischen Netzen war im Untersee jedoch deutlich geringer als im Obersee. Zu den Arten mit einem vergleichsweise hohen Anteil im Benthal zählten hier Rotauge (2,7 %), Brachse (1,7 %), Stichling (1,7 %), Hecht (1,6 %) und Schleie (1,5 %). Die verbleibenden 18 Arten des Benthals trugen hier mit 3,2 % zum benthischen Gesamtfang bei. Im Gegensatz zum Obersee wurden im Untersee keine Felchen in den benthischen Netzen gefangen. Im Pelagial war das Felchen, nach dem Stichling, die zweithäufigste Art. Sein relativer Anteil betrug 13,5 % und war somit ähnlich groß wie im Pelagial des Obersees. Mit 9,4 % war der Anteil der Flussbarsche im Pelagial des Untersees im Vergleich zum Obersee groß. Danach folgten Rotauge (5,2 %) sowie Schleie und Ukelei mit jeweils (2,1 %) (Abbildung 18).

Trotz der deutlichen Dominanz weniger Arten war die Verteilung der Biomasse zumindest im Benthal ausgeglichener und ähnelte ebenfalls der des Obersees. Mit 44,1 % war beinahe die Hälfte der gefangenen Biomasse im Benthal den Barschen zuzuschreiben. Hecht und Zander trugen mit 11,9 % beziehungsweise 11,2 % zur Biomasse bei. Weitere Arten, die einen größeren Anteil als 5 % der Biomasse ausmachten, waren Wels (7,3 %) und Döbel (5,8 %). Der Hauptanteil der pelagischen Biomasse wurde mit 90,3 % durch Felchen bestimmt. Den zweitgrößten Anteil stellte das Rotauge dar (4,8 %). Danach folgten Dreistachliger Stichling (2,5 %) und Barsch (2,2 %). Die beiden weiteren im Pelagial gefangenen Arten, Schleie und Ukelei, trugen mit unter einem Prozent zur Biomasse bei (Abbildung 18).

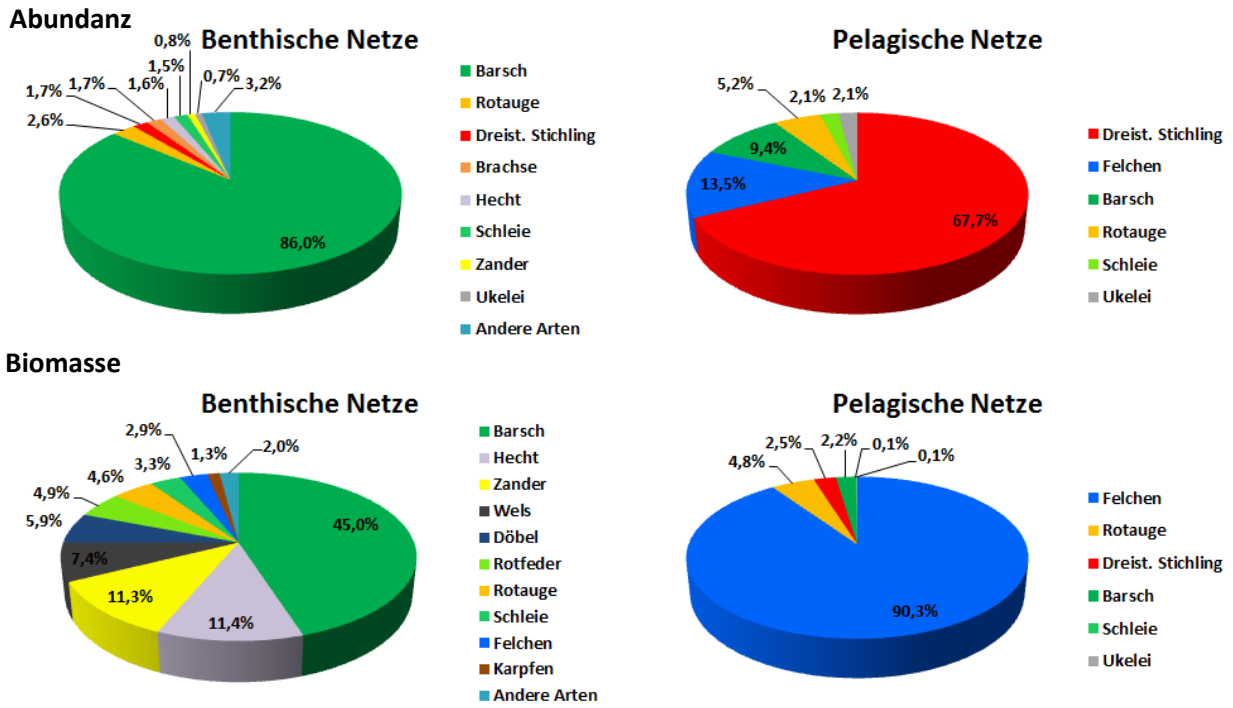


Abbildung 18 Relative Anteile der in den Netzfängen vertreten Arten des Obersees. Die Gewässerzonen sind getrennt dargestellt.

4.2.2.1.4 Variabilität der Netzfänge innerhalb der Tiefenstrata

Wie im Obersee variierten auch im Untersee die Artenzahl und Individuendichte der Netze innerhalb der Tiefenschichten teilweise deutlich (Abbildung 19 und Abbildung 20). Dies reichte erneut von leeren Netzen bis zu Massenfängen einzelner Arten. Die innerhalb eines Netzes nachgewiesene Artenzahl umfasste im Benthal 0-8 und im Pelagial 0-4 Arten. Die Maximale Individuenzahl (CPUE) eines Netzes lag im Benthal bei 713 und im Pelagial bei 33. Im Allgemeinen sanken die Mediane von Art- und Individuenzahl der Tiefenschichten mit zunehmender Tiefe. Lediglich im Benthal des Untersees lag der Median der Individuenzahl der Netze aus der Tiefe von 6-12 m höher als in den vorangegangenen Tiefenschichten. Trotz der relativ heterogenen Fänge innerhalb der Tiefenschichten waren dennoch signifikante Unterschiede in der Artenzahl des Benthals (Kruskal-Wallis Test Benthal: $H = 49{,}55$, $p < 0.001$) vorhanden. Im Pelagial hingegen waren die Unterschiede in der Artenzahl zwischen den Tiefenschichten geringer und führten zu keinen signifikanten Unterschieden (Kruskal-Wallis Test Pelagial: $H = 2{,}09$, $p = 0{,}5$). Bei der Betrachtung der Individuenzahl verhielt es sich ähnlich. Auch hier konnten lediglich im Benthal signifikante Unterschiede festgestellt werden (Kruskal-Wallis-Test Benthal: $H = 42{,}61$, $p < 0{:}001$; Pelagial: $H = 0{,}38$, $p = 0{,}94$).

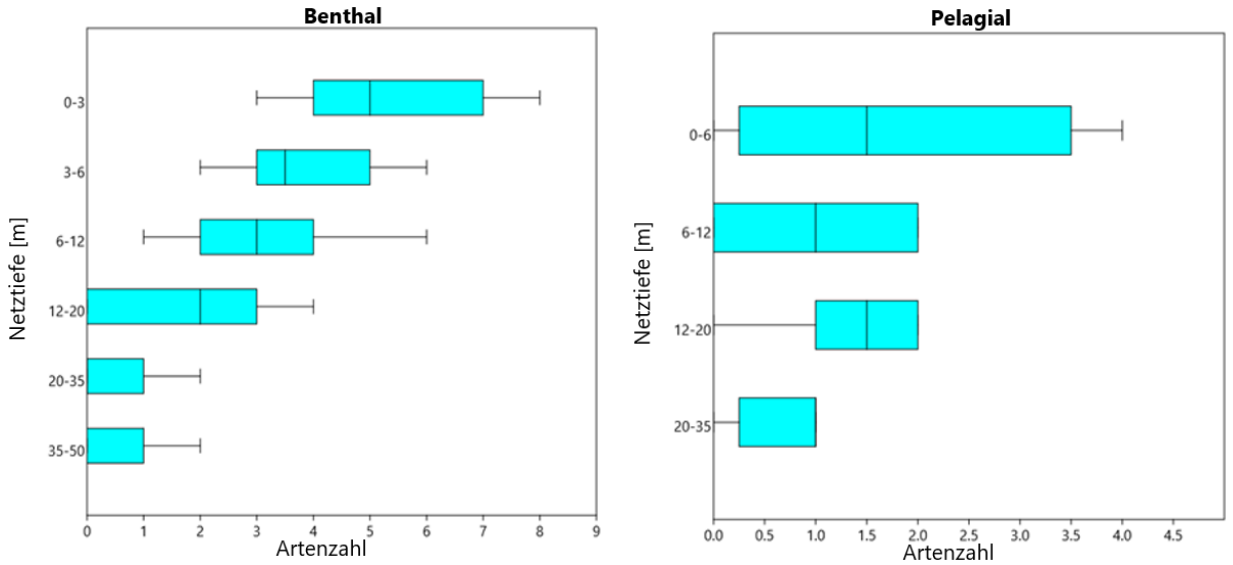


Abbildung 19 Boxplots der Artenzahlen der einzelnen Tiefenstrata im Benthal (links) und Pelagial (rechts) des Untersees.

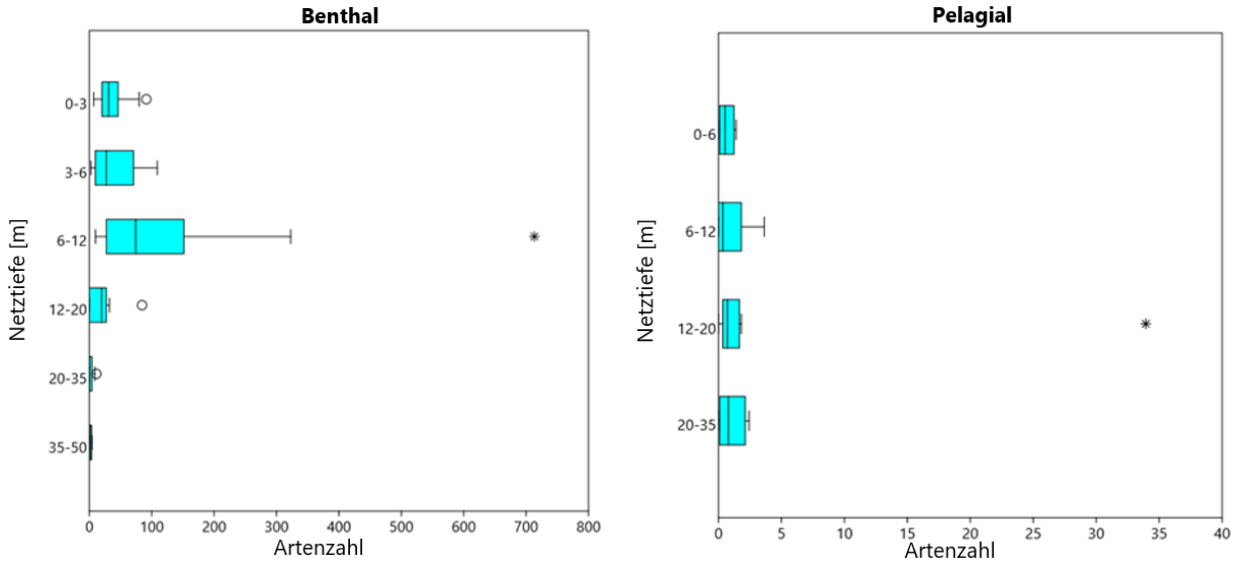


Abbildung 20 Boxplots der Artenzahlen der einzelnen Tiefenstrata im Benthal und Pelagial des Untersees. Extremwerte sind durch Kreise und Ausreißer durch Sternchen gekennzeichnet.

4.2.2.1.5 Tiefenverteilung der Arten und Individuen im Untersee

Die folgenden Darstellungen beruhen auf durchschnittlichen standardisierten Fangzahlen (CPUE) pro Netz innerhalb einer Tiefenschicht. Die meisten Fische wurden im Untersee in den benthischen Netzen in einer Tiefe von 0-12 m gefangen. Die höchste Individuendichte mit durchschnittlich N = 135 Fischen wurde dabei in einer Tiefe von 6-12 m festgestellt, wobei der Großteil den Flussbarschen zuzuschreiben ist (Abbildung 21). Im Pelagial lag das das Maximum der durchschnittlichen Individuendichte pro Netz bei 4,8 Individuen und in einer Tiefe von 12-20 m etwas tiefer und resultierte vorwiegend aus den gefangenen Stichlingen. Damit steht der Großteil der Fischgemeinschaft im Untersee etwas flacher als im Obersee. Im Obersee erfolgte der Großteil der Fänge in 0-35 m Tiefe. Dies ist vermutlich ein Resultat aus dem Sauerstoffdefizit in den tieferen Wasserschichten des Untersees, welches als limitierender Faktor für die Verteilung der

Fische in der Wassersäule wirkt. Dennoch wurden auch hier Individuen in Tiefen von bis zu 50 m gefangen. Dazu zählten: Flussbarsch, Stichling, Felchen, und Quappe. Von Felchen und Quappe wurden die höchsten Individuenzahlen sogar im Tiefenbereich von 35-50 m gefangen (Abbildung 22).

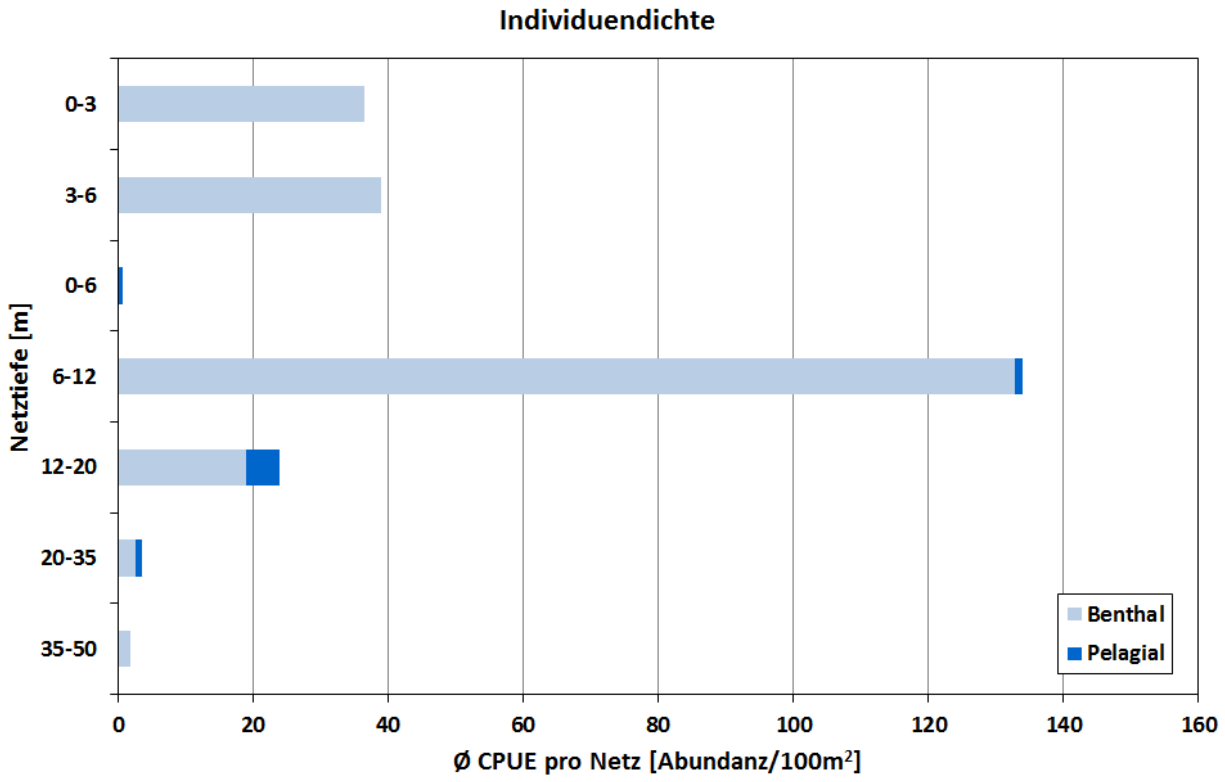


Abbildung 21 Tiefenverteilung der gefangenen Individuen (CPUE) im Untersee.

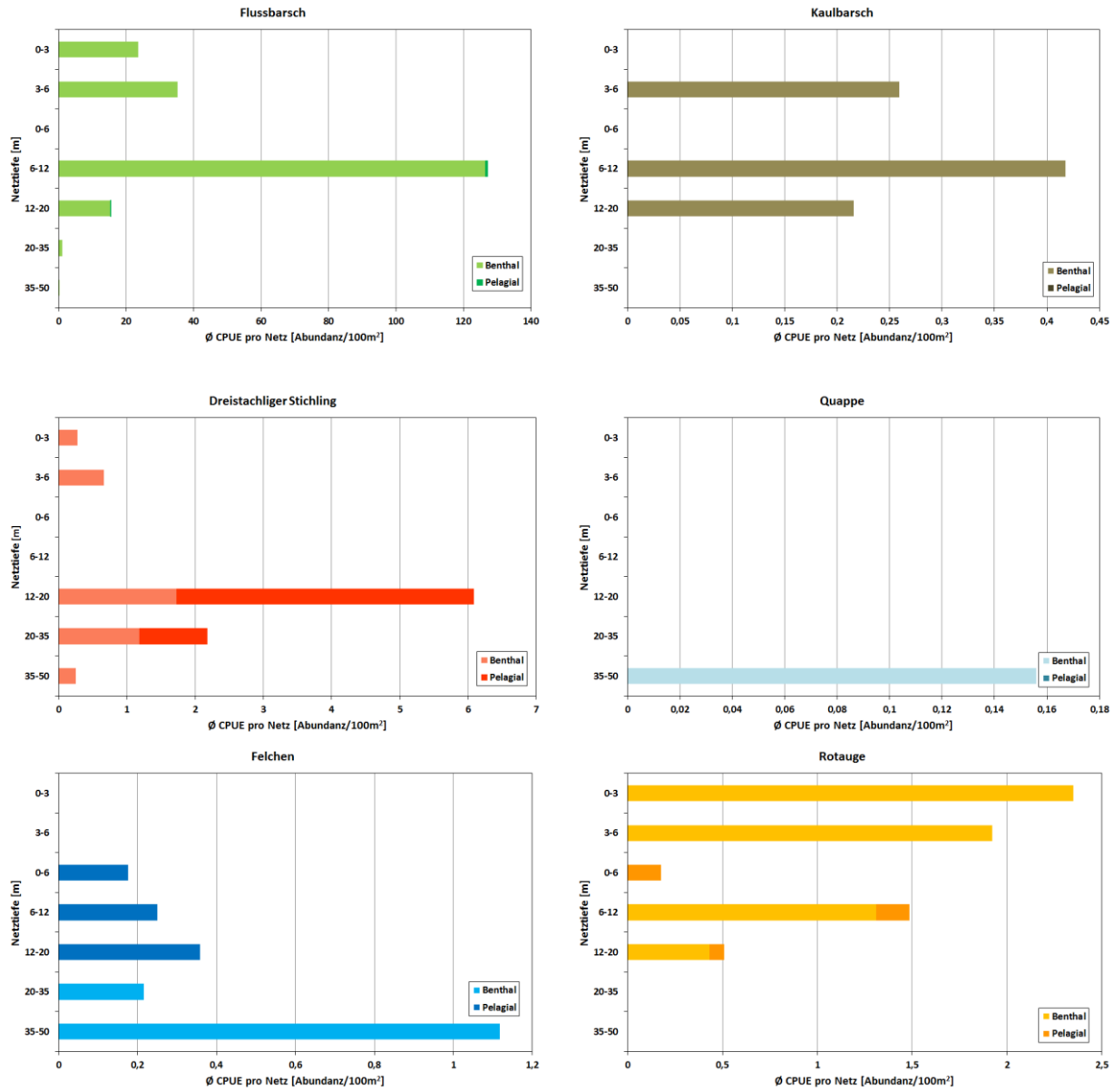


Abbildung 22 Durchschnittliche Fangzahlen pro Netz in CPUE (Abundanz/100m²) von Flussbarsch, Kaulbarsch, Stichling, Quappe, Felchen und Rotauge innerhalb der Tiefenstrata und Gewässerzonen.

4.2.3 Gegenüberstellung der Fangdaten der Fanggeräte

Von den insgesamt 22 im Untersee nachgewiesenen Arten wurden zwei Arten ausschließlich durch Elektrobefischungen nachgewiesen (Tabelle 25). Zu diesen zählten Aal und Barbe, beides Arten die auch im Obersee nur in den Elektrobefischungen nachgewiesen wurden. Insgesamt wurden bei Elektrobefischungen 15 Arten festgestellt. In den MOD-Netzen wurden 19 Arten dokumentiert und in den CEN-Netzen 15. Ein direkter Vergleich ist aufgrund des größeren Probenumfangs der MOD-Netze an dieser Stelle nur eingeschränkt möglich. Kamberkrebse konnten in allen Fanggeräten dokumentiert werden. Eine deutliche Dominanz der Ukelei oder außergewöhnlich hohe Fangzahlen einer anderen Art traten in den Fängen der Elektrobefischungen im Untersee nicht auf.

Tabelle 25 Abundanz der durch die Elektrofischerei und die verschiedenen Netztypen nachgewiesenen Arten im Untersee

Art	CEN	MOD	Elektrisch	Gesamt
Barsch	619	1.017	7	1.643
Ukelei	5	11	5	21
Dreist. Stichling	75	22	-	97
Rotauge	19	36	5	60
Hasel	2	1	5	8
Döbel	-	6	7	13
Kaulbarsch	3	4	-	7
Schmerle	1	3	13	17
Brachse	18	13	3	34
Felchen	5	16	-	21
Güster	1	2	-	3
Rotfeder	3	7	-	10
Schleie	14	17	22	53
Wels	-	8	11	19
Zander	7	9	-	16
Hecht	7	22	4	33
Aal	-	-	8	8
Quappe	-	1	1	2
Giebel	-	1	4	5
Karpfen	-	8	5	13
Barbe	-	-	4	4
Gesamt	**779**	**1.204**	**104**	**2.087**

4.3 Geografische Verteilung der Arten in Ober- und Untersee

Für die Darstellung der geografischen Verteilung wurden ausschließlich standardisierte Daten (NPUE) der CEN und MOD-Netze aus dem Jahr 2019 herangezogen. Durch die Darstellung konnten für einzelne Arten charakteristische Muster erkannt werden. Barsche wurden im gesamten Ober- und Untersee zahlreich nachgewiesen. Der Großteil der Individuen wurde dabei jedoch in ufernahen oder flachen Bereichen gefangen (Abbildung 23). Orte mit einem besonders hohen Barschaufkommen waren im Obersee vor Wasserburg, im Bereich des Konstanzer Trichters oder entlang der Ufer der Rorschacher Bucht. Im Untersee wiesen besonders der Zeller und der Gnadensee hohe Barschdichten auf. Im Rheinsee war die Anzahl der Nachweise hingegen etwas geringer.

Felchen wurden erwartungsgemäß nicht in unmittelbarer Ufernähe gefangen. Im Obersee wurden sie verstärkt im Bereich zwischen Romanshorn und Arbon, in den tiefen Bereichen vor dem Konstanzer Trichter oder vor Friedrichshafen nachgewiesen. Im Untersee verhielt sich der Nachweis der Felchen komplementär zum Nachweis der Barsche: Während im Gnaden- und Zellersee nur wenige Individuen gefangen wurden, wurde der Großteil im tieferen Rheinsee gefangen (Abbildung 24).

Die Verteilung der Stichlinge erstreckte sich im Obersee über das gesamte Benthal und Pelagial. Die meisten Individuen wurden jedoch im Bereich der Rorschacher Bucht und vor Arbon in den Netzen gefangen. Im Untersee wurden ausschließlich im Rheinsee Stichlinge gefangen (Abbildung 25).

Rotaugen gingen im Obersee verstärkt im südöstlichen Bereich des Sees ins Netz. Im Überlinger See erfolgten die Nachweise nur sehr vereinzelt. Im Untersee konzentrierte sich ihre Verbreitung vorwiegen auf flache oder ufernahe Bereiche. Ein Hauptverbreitungsgebiet war dabei jedoch nicht erkennbar, da die Nachweise gleichmäßig in allen drei Seeteilen erfolgten (Abbildung 26).

Hecht und Zander wurden im Obersee nur gelegentlich nachgewiesen. Ein spezielles Verbreitungsmuster war beim Hecht nicht erkennbar (Abbildung 27). Das Verbreitungsgebiet der Zander konzentrierte sich hingegen vorwiegend auf die Bregenzer und die Fussacher Bucht (Abbildung 28). Im Untersee wurden Hechte in allen drei Seeteilen in vergleichsweise hoher Anzahl gefangen (Abbildung 27). Auch Zander wurden im Untersee häufiger nachgewiesen. Die Nachweise verteilten sich hier gleichmäßig über alle drei Seeteile. Eine Lokalisierung eines Hauptverbreitungsgebietes war dadurch nicht möglich (Abbildung 28).

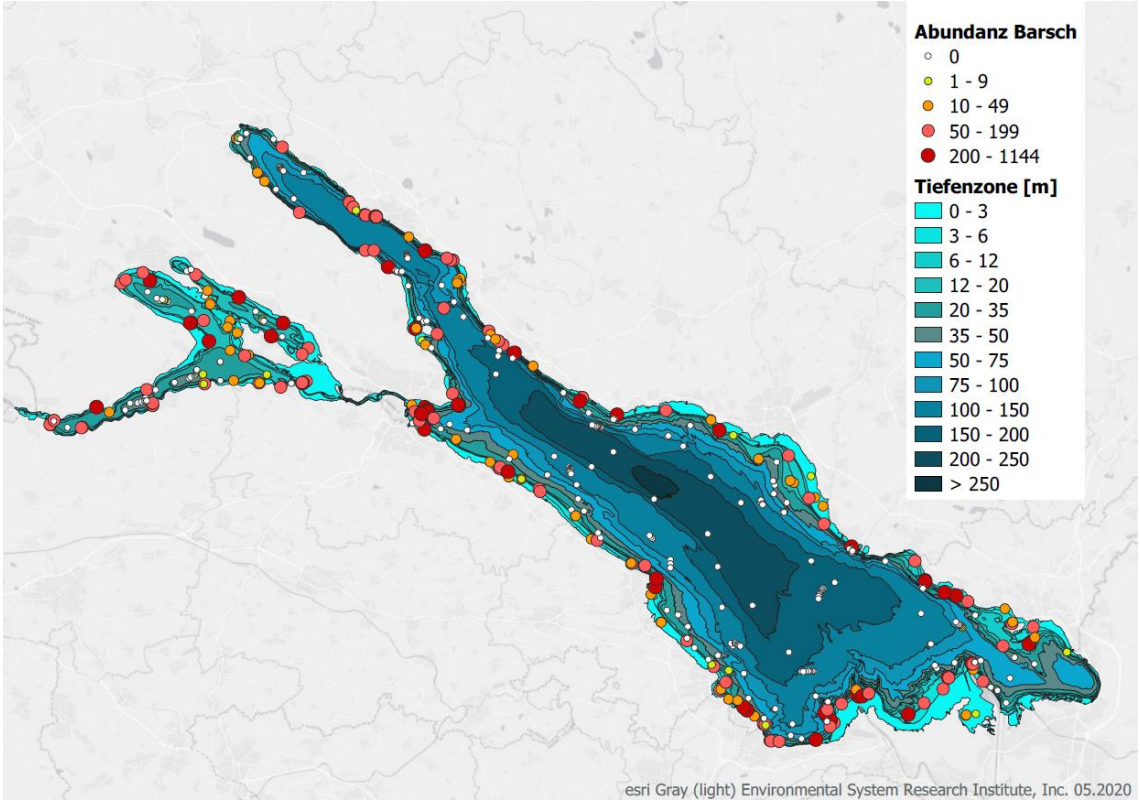


Abbildung 23 Geografische Verteilung der Barsche im Bodensee (NPUE)

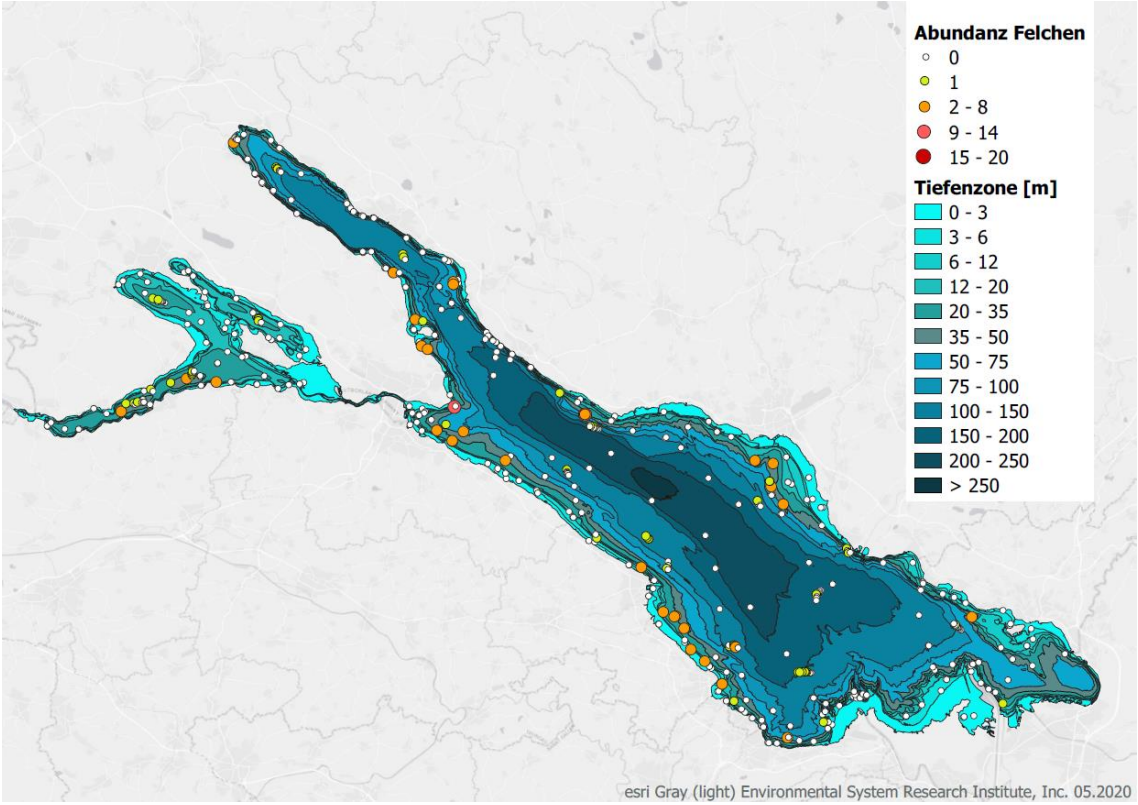


Abbildung 24 Geografische Verteilung der Felchen (alle Felchenarten zusammengefasst) im Bodensee (NPUE)

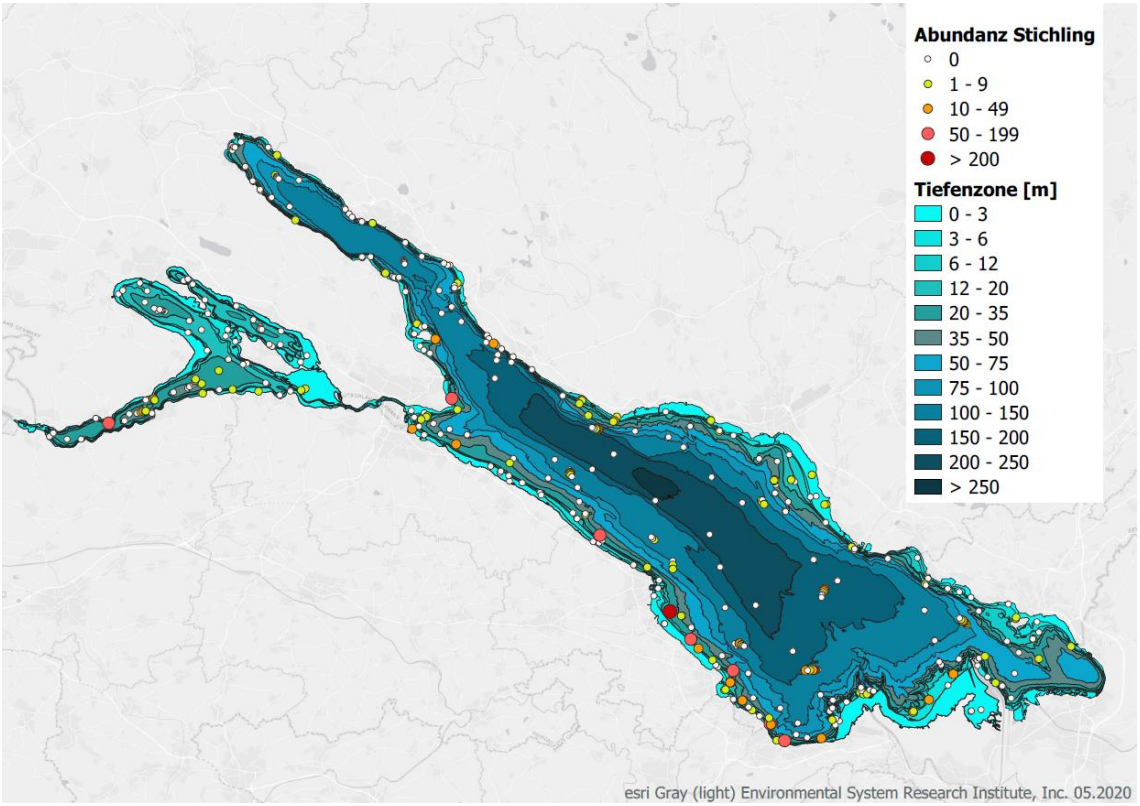


Abbildung 25 Geografische Verteilung der Stichlinge im Bodensee (NPUE)

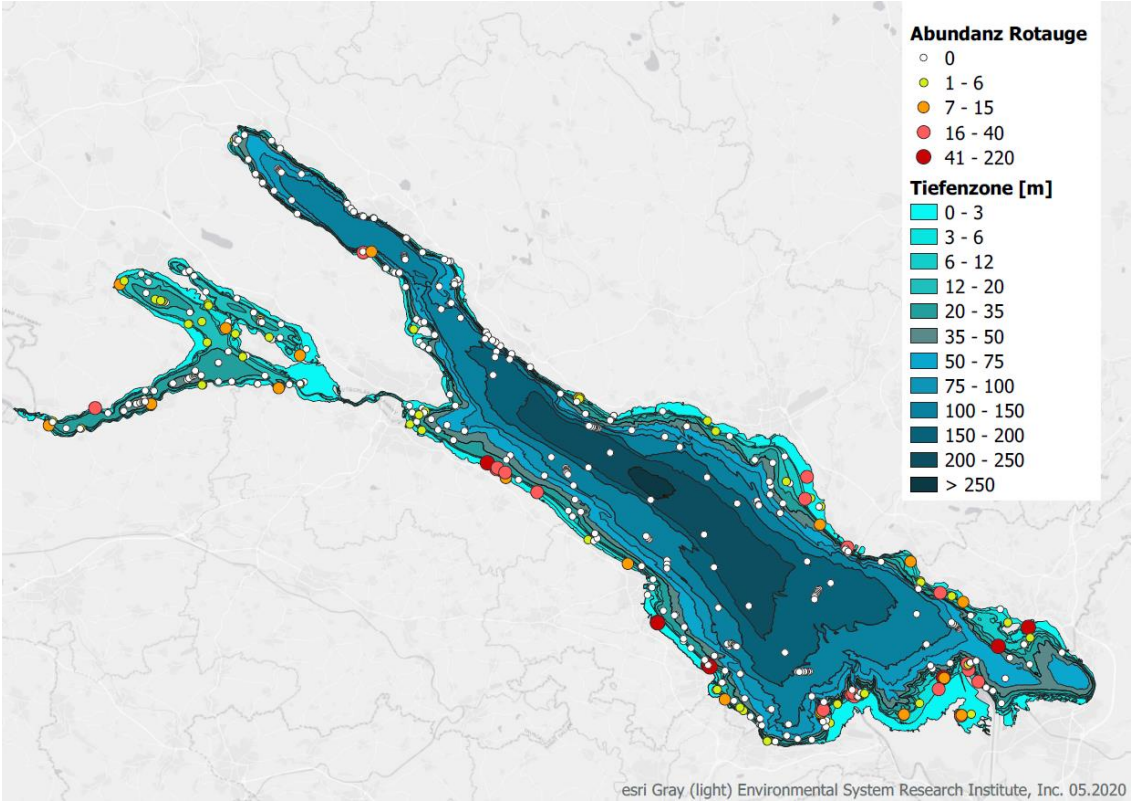


Abbildung 26 Geografische Verteilung der Rotaugen im Bodensee (NPUE)

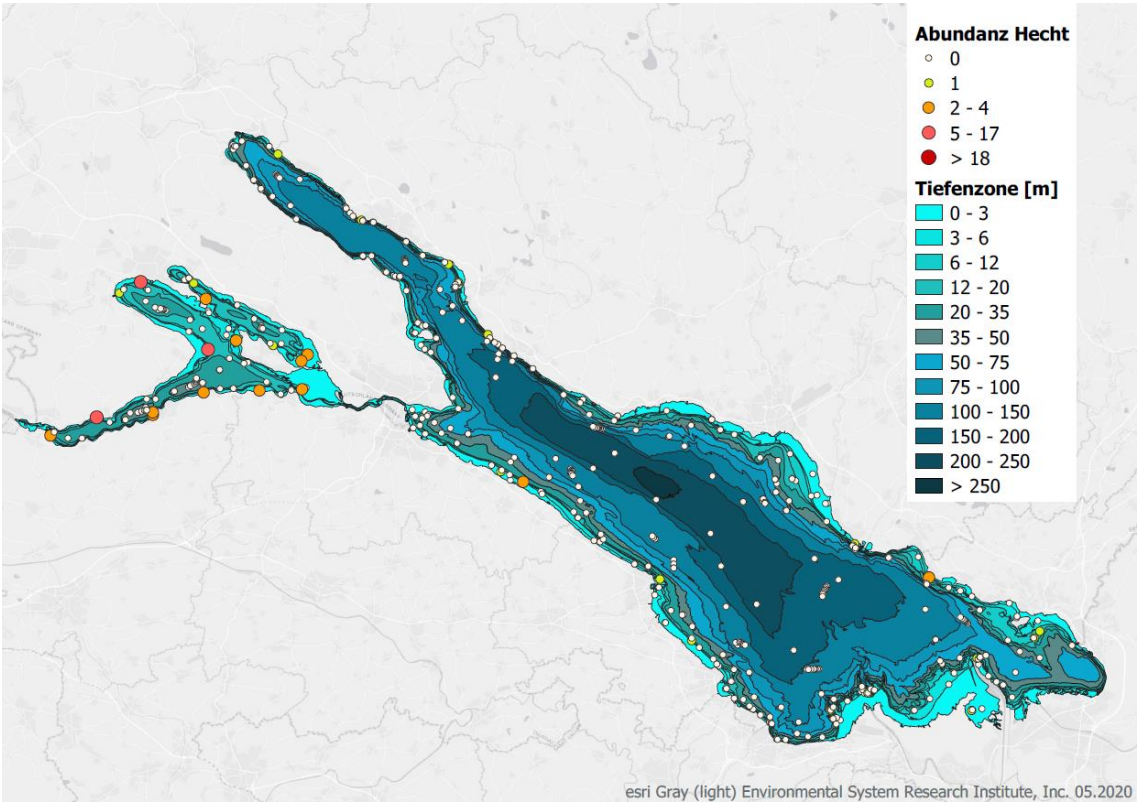


Abbildung 27 Geografische Verteilung der Hechte im Bodensee (NPUE)

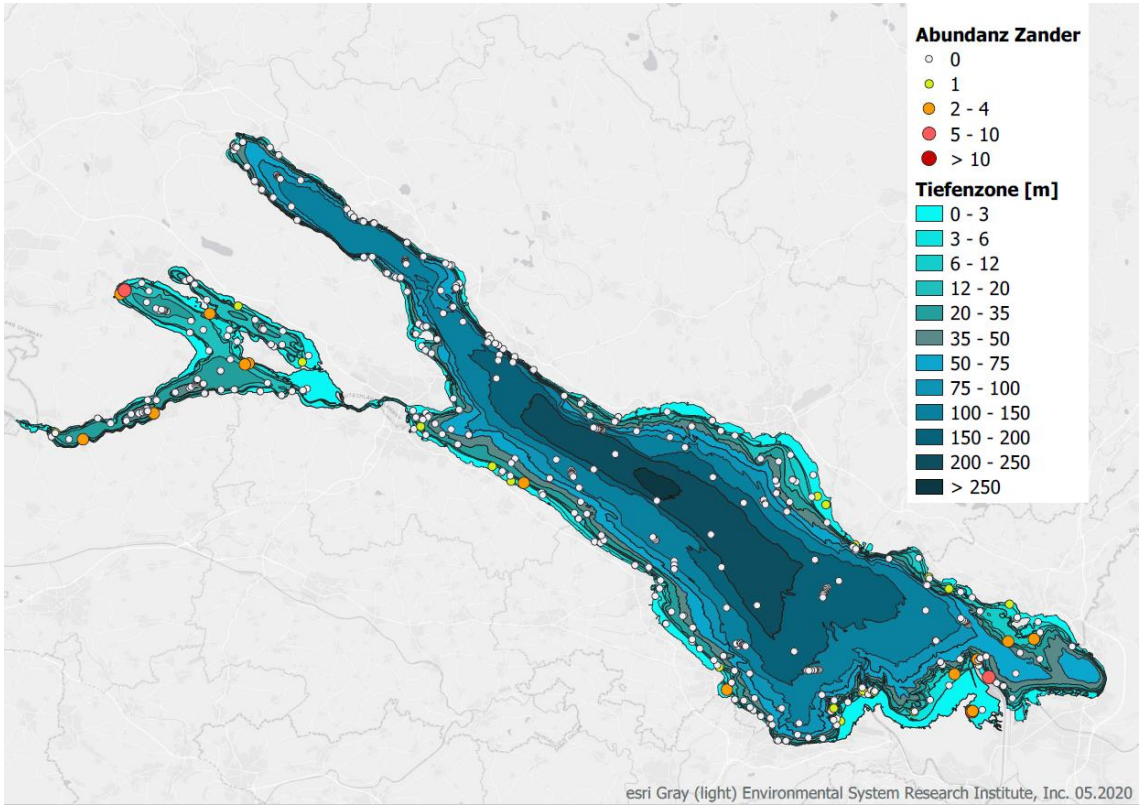
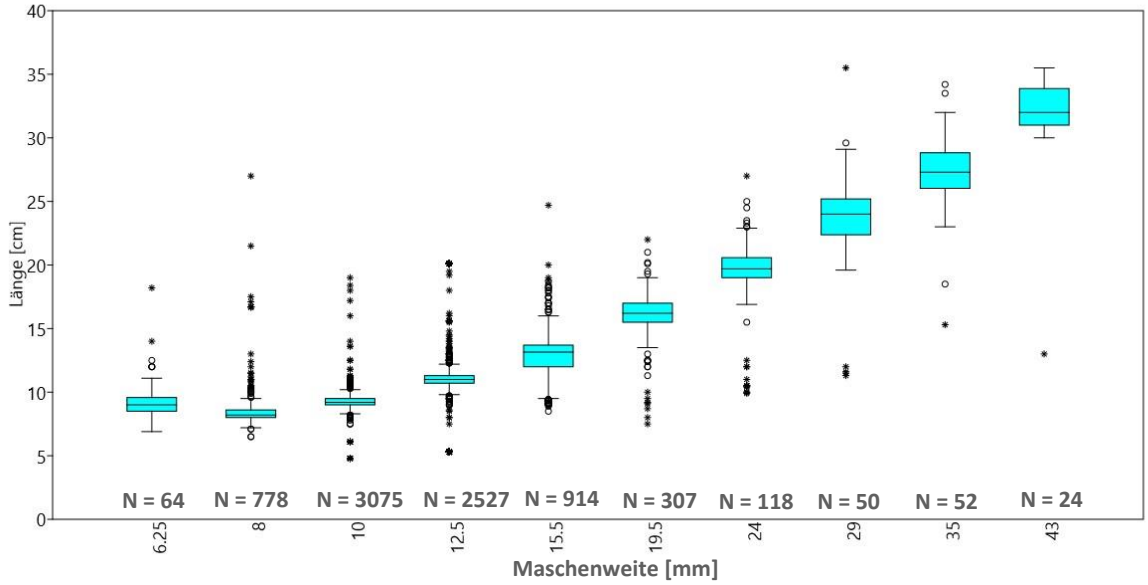


Abbildung 28 Geografische Verteilung der Zander im Bodensee (NPUE)

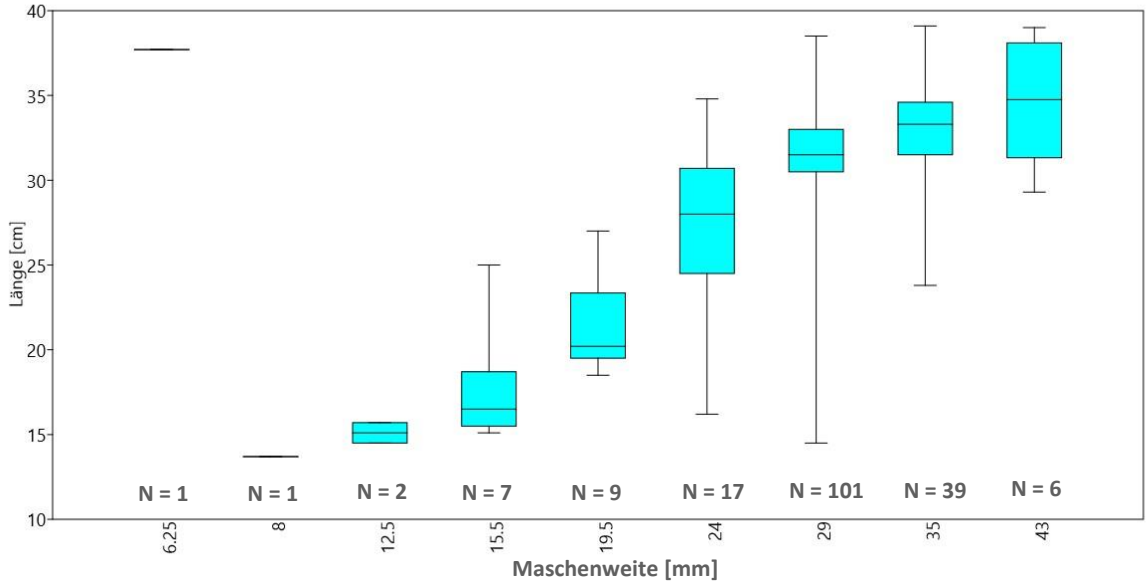
4.4 Längenverteilung innerhalb der Maschenweiten

Für die Darstellung der Längenverteilung wurden aufgrund der oft geringen Anzahl der Individuen einer Art in den Vertikalnetzen ausschließlich Daten der CEN und MOD-Netze verwendet. Unter der Voraussetzung, dass genügend Individuen einer Art vorhanden waren, war es somit möglich durch die verwendeten Maschenweiten alle Größenklassen der einzelnen Arten abzubilden. Insbesondere die Längenstruktur von Arten mit einer hohen Stückzahl konnte gut dargestellt werden. Die Barschpopulation wies eine typische Zusammensetzung mit allen Längenklassen auf. Der Hauptanteil der gefangenen Individuen konzentrierte sich dabei auf die Längenklassen im Bereich von 8 und 13 cm (Abbildung 29). Diese Ergebnisse deckten sich mit den Ergebnissen aus der Untersuchung im Jahr 2014 (Alexander 2016). Von den Felchen wurden hauptsächlich Individuen zwischen 30 und 35 cm Länge gefangen. Obwohl einzelne Nachweise kleinerer Individuen erfolgten, sind die Größenklassen unter 30 cm stark unterrepräsentiert (Abbildung 29). Inwieweit dies auf einen geringen Jungfischbestand oder auf einen zu geringen Befischungsaufwand, welcher die Habitate der Jungfelchen nicht ausreichend erfasste, zurückzuführen ist, lässt sich nicht feststellen. Der Seesaibling ist heute kein Massenfisch im Bodensee und es wurden auch hier nur vereinzelt Individuen gefangen. Dennoch konnten trotz der geringen Stückzahl Individuen aus allen Größenklassen dokumentiert werden. Auch bei Rotauge und Stichling konnten alle Größenklassen lückenlos mit den verwendeten Maschenweiten nachgewiesen werden.

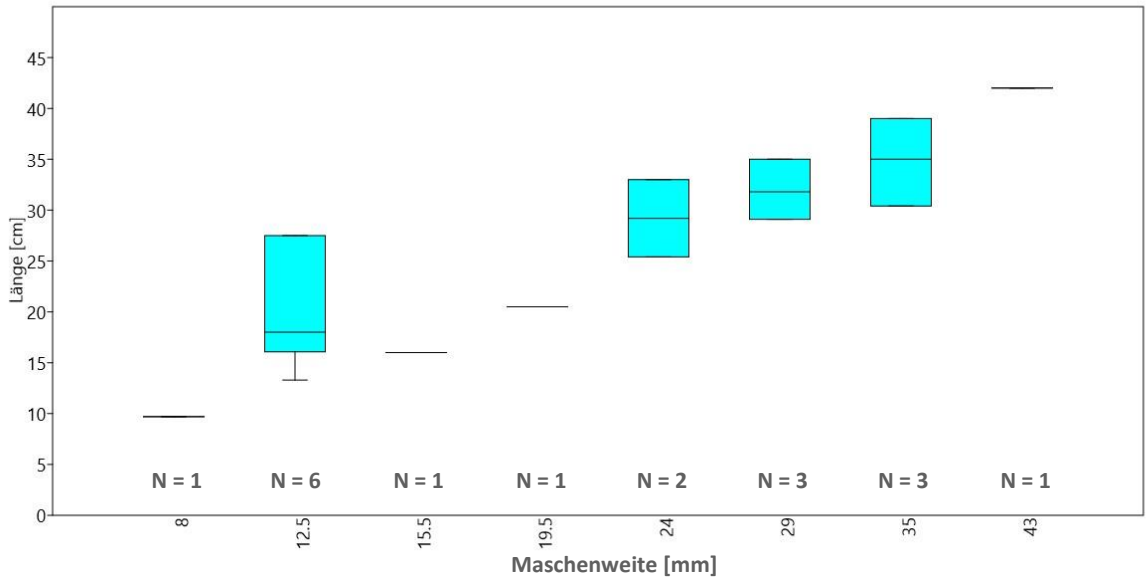
Barsch



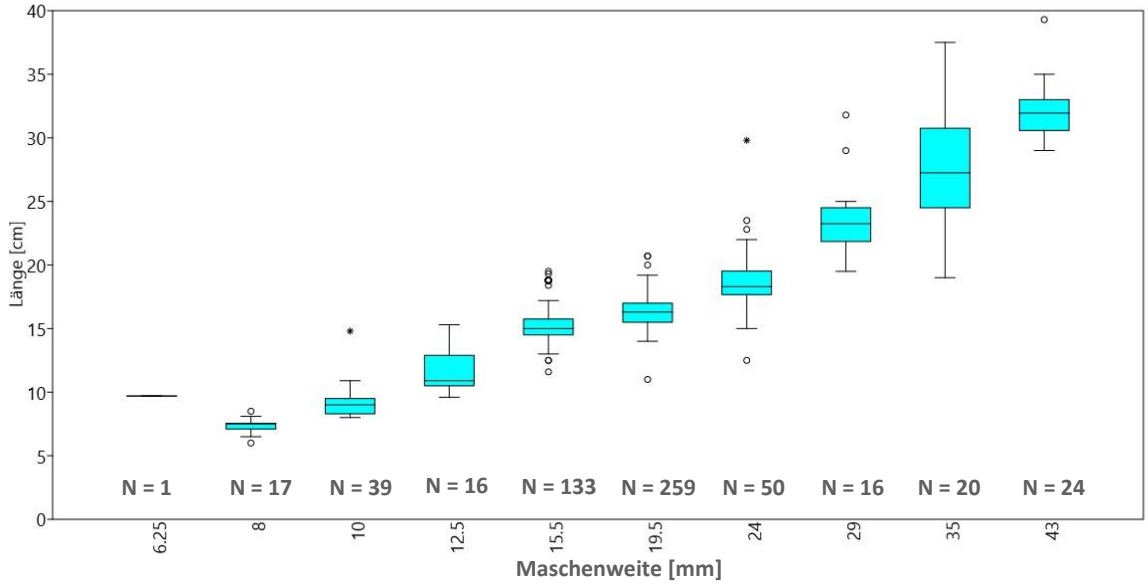
Felchen



Seesaibling



Rotauge



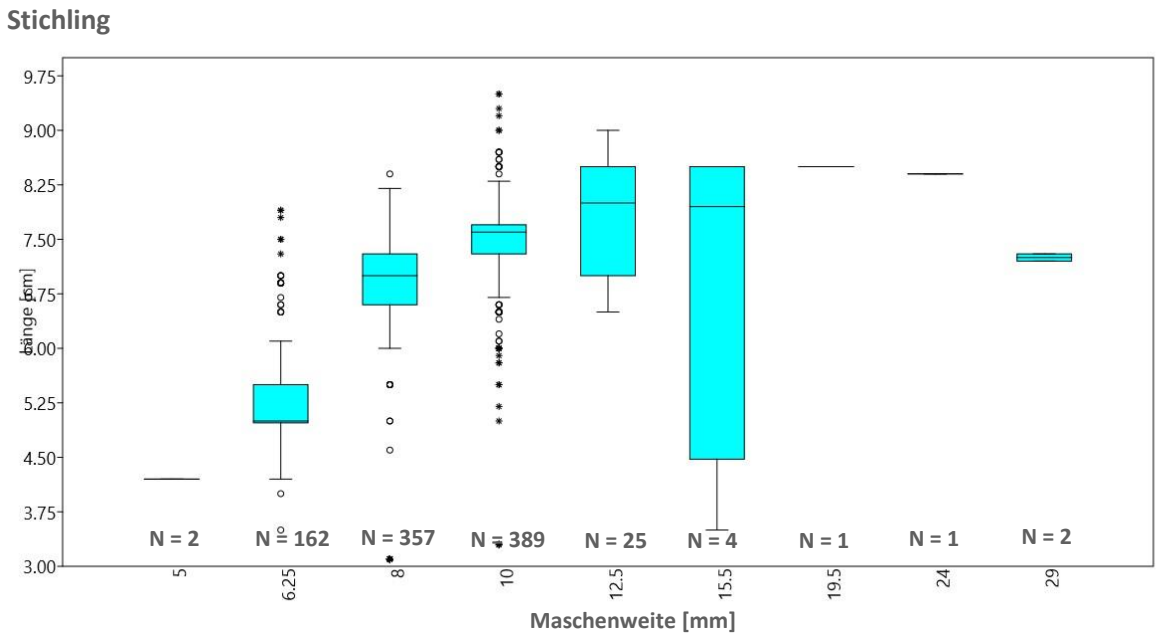


Abbildung 29 Größenselektivität der Maschenweiten für ausgewählte Fischarten (alle Fänge aus Ober- und Untersee 2019). Es werden alle Felchenarten gemeinsam als Felchen dargestellt.

5 Gegenüberstellung der Netzbefischungen von 2014 und 2019

5.1 Befischungsaufwand der CEN und MOD-Netze

Gegenüber 2014 wurde der Befischungsaufwand der CEN beziehungsweise MOD-Netze im Jahr 2019 erhöht. 2014 betrug die Anzahl der im Obersee gestellten benthischen Netze 164 und die Anzahl der pelagischen 34 (Tabelle 26). Dies wurde im Jahr 2019 mit 310 Netzen im Benthal und 98 im Pelagial deutlich übertroffen. Im Untersee stieg die Netzzahl von 58 benthischen und 10 pelagischen Netzen im Jahr 2014 auf 76 Netze im Benthal und 23 Netze im Pelagial.

Der Anteil leerer Netze blieb im Obersee in den beiden Untersuchungsjahren beinahe unverändert. Im Benthal waren im Jahr 2014 22,6 % der Netze leer, 2019 lag der Wert bei 21,3 %. Im Pelagial enthielten 2014 29,4 % der Netze keine Fische (Tabelle 26). 2019 war der Wert mit 29,6 % nahezu identisch. Im Untersee hingegen waren größere Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsjahren zu verzeichnen. Während der Anteil der leeren Netze im Benthal noch sehr ähnlich war (2014: 15,5 % und 2019: 19,7 %), lagen die Anteile im Pelagial weiter auseinander (2014: 0 % und 2019: 21,7 %).

Tabelle 26 Anzahl der gestellten Netze im Ober und Untersee in den Jahren 2014 und 2019 sowie der Anteil leerer Netze absolut und prozentual

		Obersee		Untersee	
	Jahr	Benthal	Pelagial	Benthal	Pelagial
Gestellte Netze	2014	164	34	58	10
	2019	310	98	76	23
Leere Netze	2014	37	10	9	0
	2019	66	29	15	5
Anteil leere Netze [%]	2014	22,6 %	29,4 %	15,5 %	0 %
	2019	21,3 %	29,6 %	19;7 %	21,7 %

5.2 Obersee

5.2.1 Befischung mittels CEN und MOD-Netzen

5.2.1.1 Effektive Fangzahlen in den Jahren 2014 und 2019

Im Obersee wurden 2014 21 Fischarten sowie der Kamberkrebs nachgewiesen. 2019 konnte die Artenliste um fünf weitere Fischarten ergänzt werden (Tabelle 27). Dazu zählten neben den nicht heimischen Arten Blaubandbärbling und Sonnenbarsch drei heimische Arten (Giebel, Seeforelle und Wels). Der Gründling wurde 2019 nicht erneut in den Netzen dokumentiert, wodurch sich die Artenzahl 2019 auf insgesamt 25 belief. Da im Jahr 2014 keine MOD-Netze, sondern ausschließlich CEN-Netze und zudem unterschiedliche Netzzahlen verwendet wurden, müssen die Befischungsergebnisse für einen direkten Vergleich zunächst standardisiert werden. Trotz der größeren Netzzahl wurden 2019 nur 297 Fische mehr gefangen. Dies ist sicherlich auch ein Ergebnis der durch die MOD-Netze reduzierten Mortalität.

Tabelle 27 Anzahl der in den Netzen des Obersees gefangenen Individuen in den Jahren 2014 und 2019

Art	2014	2019
Barsch	4.660	6.272
Blaubandbärbling	0	1
Brachse	11	94
Döbel	21	68
Dreistachliger Stichling	1.983	846
Felchen	53	164
Giebel	0	7
Groppe	3	4
Gründling	1	0
Güster	70	134
Hasel	98	61
Hecht	8	21
Kamberkrebs	14	8
Karpfen	1	6
Kaulbarsch	1.543	573
Quappe	38	20
Rotauge	254	520
Rotfeder	7	61
Schleie	1	12
Schmerle	31	40
Seeforelle	0	1
Seesaibling	6	18
Sonnenbarsch	0	3
Tiefseesaibling	8	9
Ukelei	97	223
Wels	0	11
Zander	22	43
Gesamt	**8.924**	**9.221**

5.2.1.2 Entwicklung der Fangzusammensetzung

Zur Abschätzung der Entwicklung der Fischbestände wurden alle CEN-Netze aus dem Jahr 2014 herangezogen. Aufgrund der geringen Netzzahl der 2019 verwendeten CEN-Netze wurden, für die Gegenüberstellung auch die MOD-Netze aus dem Jahr 2019 verwendet. Da keine signifikanten Unterschiede in der Fängigkeit (CPUE) von CEN und MOD Netzen auftrat und auch durch multivariate Analysemethoden eine identische Darstellung der Fischbestände durch beide Netztypen bestätigt wurde ist eine Kombination von CEN und MOD-Netzen für den Vergleich, unter Beachtung der unterschiedlichen Flächenverhältnisse, zulässig (Ergebnisse der CEN-MOD-Vergleiche folgen im Projektbericht). Folglich wurde zunächst der CPUE der identischen Maschenweitenabschnitte der beiden Netztypen für jedes Netz einzeln berechnet. Anschließend wurden die CPUE-Werte der Maschenweitenabschnitte für jedes Netz addiert und durch die Anzahl der Maschenweiten dividiert. Der so berechnete $CPUE^{MW}$ ermöglicht einen Vergleich zwischen den Jahren trotz unterschiedlicher Netztypen. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl

gestellter Netze in den beiden Jahren wurde für den Vergleich der Fischbestände der durchschnittliche $CPUE^{MW}$ pro Netz verwendet.

Abundanz

Hinsichtlich der Dominanzverteilung der Arten waren nur geringfügige Veränderungen zwischen den beiden Untersuchungsjahren festzustellen (Abbildung 30). Die prägende Art des Benthals war in beiden Untersuchungsjahren der Barsch. Dessen proportionaler Anteil am Gesamtfang stieg im Jahr 2019 um 18 %. Dieser Anstieg resultiert nicht ausschließlich aus den guten Barschfängen im Jahr 2019. Der Rückgang von Arten wie Kaulbarsch (-13,6 %) oder Dreistachliger Stichling (-7,2 %) bewirkt ebenfalls einen prozentualen Anstieg zugunsten des Barsches. Obwohl der proportionale Anteil des Stichlings im Pelagial etwas sank (-8,2 %) war er dennoch die eindeutig dominierende Art. Der Anteil der zweithäufigsten Art in den pelagischen Fängen, das Felchen, erhöhte sich im Jahr 2019 (+3,1 %).

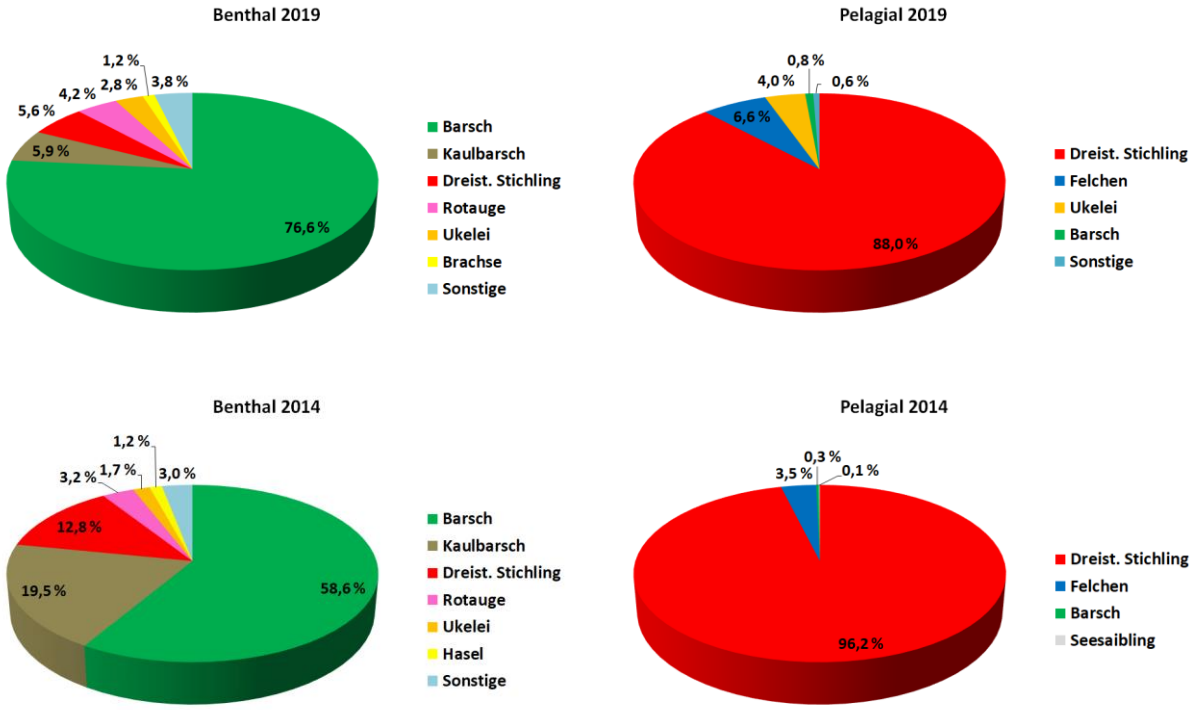


Abbildung 30 Individuenanteile (NPUE) der im Obersee gefangenen Arten in den Jahren 2014 und 2019

Biomasse

Bei Betrachtung der Biomasseanteile der Arten waren ähnliche Trends wie bereits bei der proportionalen Abundanz erkennbar. Im Benthal war in beiden Jahren der Barsch die dominierende Art, wobei im Jahr 2019 ein Zuwachs (+9,4 %) des Barschanteils zu verzeichnen war. Der Rückgang des Kaulbarschanteils ist hier ebenfalls sehr deutlich. Der Anteil der Stichlinge sank auf 1,2 % und ist damit in der Kategorie „Sonstige“ aufgeführt. Demgegenüber stiegen die Anteile von Zander und Felchen im Jahr 2019. Auch im Pelagial stieg der Biomasseanteil der Felchen leicht (+6,9 %). Der Anteil der Seesaiblinge blieb unverändert. Dafür stieg 2019 der Anteil des Ukelei im Pelagial.

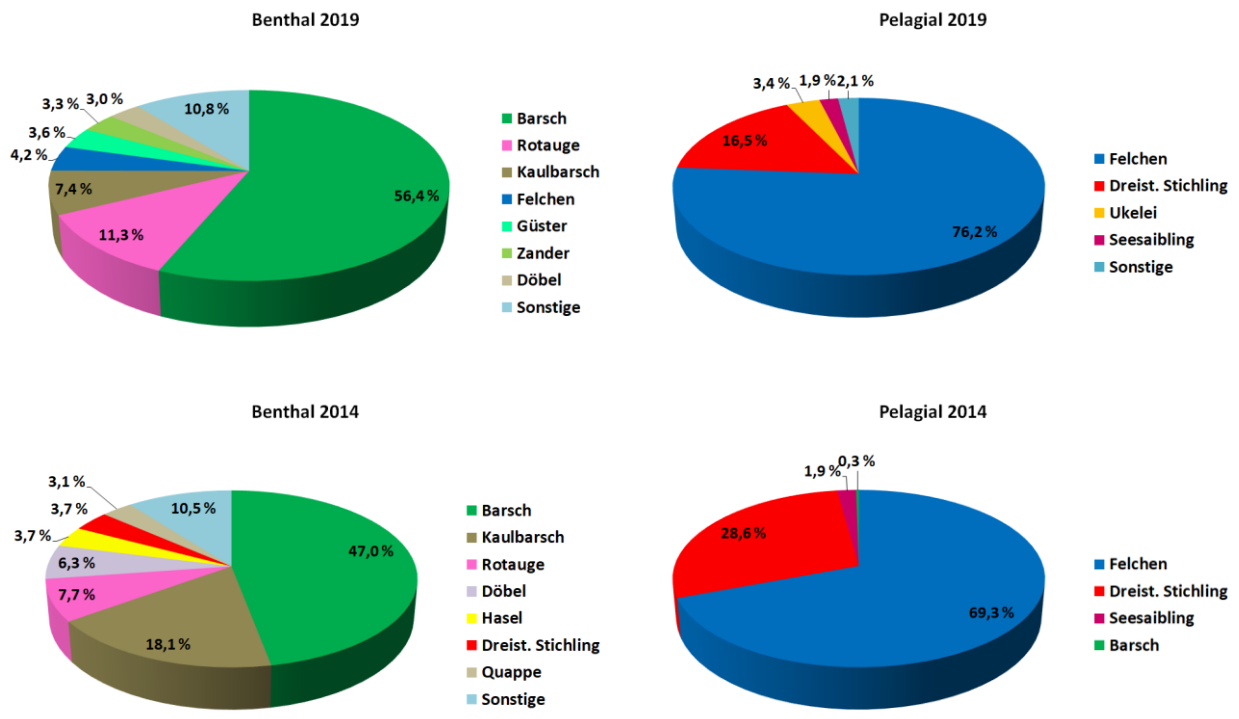


Abbildung 31 Biomasseanteile (WPUE) der im Obersee gefangenen Arten in den Jahren 2014 und 2019

Trotz der weitestgehend unveränderten Dominanzstruktur zeigten sich im Obersee deutliche Veränderungen in den durchschnittlichen Fangzahlen (Tabelle 28, Tabelle 29). Im Benthal des Obersees waren sowohl die durchschnittlich in den Netzen nachgewiesene Individuenzahl (-21 %) wie auch die Biomasse (-15 %) im Jahr 2019 rückläufig (Abbildung 32). Die deutlichsten Veränderungen einzelner Arten traten in der Abundanz des Kaulbarsches (-76 %) und beim Dreistachligen Stichling (-65 %) auf. Die durchschnittliche Anzahl der gefangenen Barsche (+4 %) und Rotaugen (+3%) war in etwa auf demselben Niveau wie im Jahr 2014. Die Anzahl der gefangenen Brachsen (+583 %) nahm deutlich zu. Auch der Nachweis des Ukelei (+33 %) erhöhte sich um ein Drittel. Bei Güster (-36 %) und Hasel (-64 %) gingen die Fangzahlen hingegen zurück (Tabelle 28). Von den Felchen konnten 2019 im Benthal mehr (+86 %) Individuen als 2014 gefangen werden. Allerdings können aufgrund der niedrigen Fangzahlen der Felchen Unterschiede von nur wenigen Individuen eine deutliche Veränderung der proportionalen Verhältnisse bewirken.

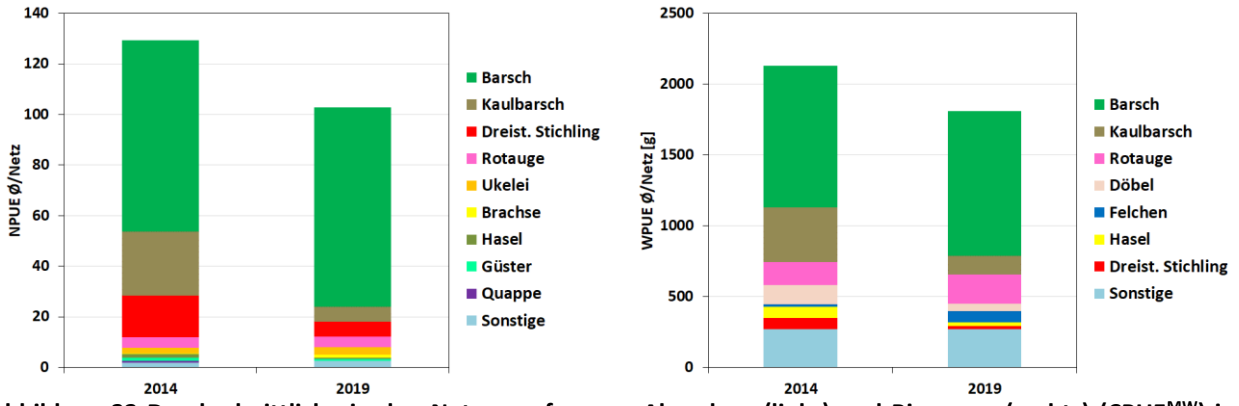


Abbildung 32 Durchschnittliche in den Netzen gefangene Abundanz (links) und Biomasse (rechts) (CPUE^{MW}) im Benthal des Obersees nach Fischarten in den Jahren 2014 und 2019

Die Anzahl der durchschnittlich in den pelagischen Netzen gefangenen Individuen reduzierte sich im Obersee im Jahr 2019 (-77 %) deutlich gegenüber 2014 (Abbildung 33). Gleichzeitig sank auch die Biomasse um 52 % (Abbildung 33, Tabelle 29). Bei der häufigsten Art, dem Stichling, ist der Rückgang besonders deutlich (-79 %). Aber auch bei den Felchen reduzierten sich die Nachweise um mehr als die Hälfte 2019 (-57 %).

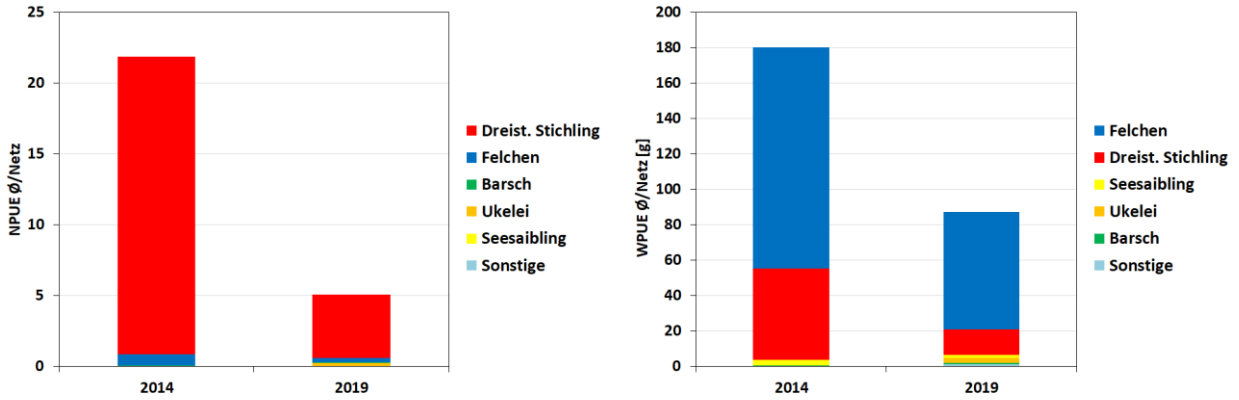


Abbildung 33 Durchschnittliche in den Netzen gefangene Abundanz (links) und Biomasse (rechts) (CPUE^{MW}) im Pelagial des Obersees nach Fischarten in den Jahren 2014 und 2019

Tabelle 28 Abundanz und Biomasse (CPUE^{MW}) der im Benthal des Obersees durchschnittlich in den Netzen nachgewiesenen Individuen in den Jahren 2014 und 2019. Arten die eine Zunahme erfuhren sind grün hinterlegt und Arten die Abnahme erfuhren sind rot hinterlegt.

	CPUE [N]				CPUE [W]			
Art	**2014**	**2019**	**Δ CPUE**	**Δ %**	**2014**	**2019**	**Δ CPUE**	**Δ %**
Barsch	75,89	78,80	2,92	3,85	1000,97	1019,98	19,01	1,90
Blaubandbärbling	0,00	0,02	0,02	100*	0,00	0,04	0,04	100*
Brachse	0,18	1,22	1,04	582,93	4,10	12,94	8,84	215,75
Döbel	0,37	0,31	-0,06	-16,33	133,12	54,77	-78,35	-58,86
Dreistachliger Stichling	16,52	5,78	-10,74	-64,98	78,28	21,90	-56,39	-72,03
Felchen	0,24	0,45	0,21	86,48	19,54	76,70	57,15	292,42
Giebel	0,00	0,02	0,02	100*	0,00	1,34	1,34	100*
Groppe	0,05	0,06	0,01	23,44	0,34	0,25	-0,09	-25,43
Gründling	0,02	0,00	-0,02	-100,00	0,16	0,00	-0,16	-100,00
Güster	1,14	0,73	-0,41	-36,14	55,13	64,39	9,26	16,80
Hasel	1,59	0,57	-1,02	-64,24	79,31	25,55	-53,76	-67,78
Hecht	0,13	0,04	-0,09	-66,11	40,96	34,95	-6,01	-14,68
Karpfen	0,02	0,02	0,01	38,87	47,84	3,60	-44,24	-92,47
Kaulbarsch	25,24	6,02	-19,22	-76,14	384,41	133,56	-250,86	-65,26
Quappe	0,63	0,13	-0,51	-79,99	66,23	17,55	-48,68	-73,50
Rotauge	4,13	4,27	0,14	3,39	162,96	203,79	40,83	25,06
Rotfeder	0,11	0,48	0,37	321,34	2,63	18,73	16,10	611,21
Schleie	0,03	0,12	0,08	260,40	6,46	1,65	-4,80	-74,38
Schmerle	0,52	0,48	-0,04	-7,42	2,24	1,42	-0,82	-36,59
Seesaibling	0,08	0,14	0,06	70,61	12,29	15,17	2,88	23,43
Sonnenbarsch	0,00	0,02	0,02	100*	0,00	0,63	0,63	100*
Tiefseesaibling	0,03	0,09	0,05	164,52	2,96	2,42	-0,54	-18,17
Ukelei	2,18	2,89	0,71	32,65	19,20	23,08	3,88	20,18
Wels	0,00	0,07	0,07	100*	0,00	14,84	14,84	100*
Zander	0,36	0,16	-0,20	-56,11	9,80	58,79	48,98	499,58
Gesamt	**129,46**	**102,88**	**-26,58**	**-20,53**	**2128,96**	**1808,05**	**-320,91**	**-15,07**

Tabelle 29 Abundanz und Biomasse (CPUE^{MW}) der im Pelagial des Obersees durchschnittlich in den Netzen nachgewiesenen Individuen in den Jahren 2014 und 2019. Arten die eine Zunahme erfuhren sind grün hinterlegt und Arten die Abnahme erfuhren sind rot hinterlegt.

	CPUE [N]				CPUE [W]			
	2014	**2019**	**Δ CPUE**	**Δ %**	**2014**	**2019**	**Δ CPUE**	**Δ %**
Barsch	0,06	0,04	-0,02	-30,61	0,47	0,49	0,02	4,08
Dreistachliger Stichling	21,04	4,47	-16,57	-78,77	51,52	14,41	-37,11	-72,03
Felchen	0,76	0,33	-0,43	-56,52	124,82	66,43	-58,39	-46,78
Rotauge	0,00	0,01	0,01	100*	0,00	0,31	0,31	100*
Seeforelle	0,00	0,00	0,00	100*	0,00	0,79	0,79	100*
Seesaibling	0,02	0,01	-0,01	100*	3,39	1,62	-1,77	100*
Tiefseesaibling	0,00	0,01	0,01	100*	0,00	0,20	0,20	100*
Ukelei	0,00	0,20	0,20	100*	0,00	2,93	2,93	100*
Gesamt	**21,88**	**5,07**	**-16,81**	**-76,81**	**180,21**	**87,18**	**-93,02**	**-51,62**

5.2.1.3 Tiefenverteilung der Arten in den beiden Untersuchungsjahren

Im Allgemeinen zeigte die vertikale Verteilung der Arten keine deutlichen Unterschiede in den beiden Jahren. Die größten Veränderungen traten bei Stichling (Abbildung 36) und Kaulbarsch auf. Allerdings waren diese Veränderungen vielmehr durch den generellen Rückgang der Individuen begründet, als durch eine Veränderung in der vertikalen Verteilung. Die Felchen schienen zumindest im Benthal des Obersees 2019 etwas tiefer zu stehen, da hier der Hauptteil in 20-50 m Tiefe und nicht wie in 2014 in 12-35 m gefangen wurde (Abbildung 37). Aber auch bei Barsch und Rotauge war im Benthal 2019 eine gewisse Verlagerung der Individuendichten in tiefere Gewässerbereiche erkennbar (Abbildung 35 und Abbildung 38).

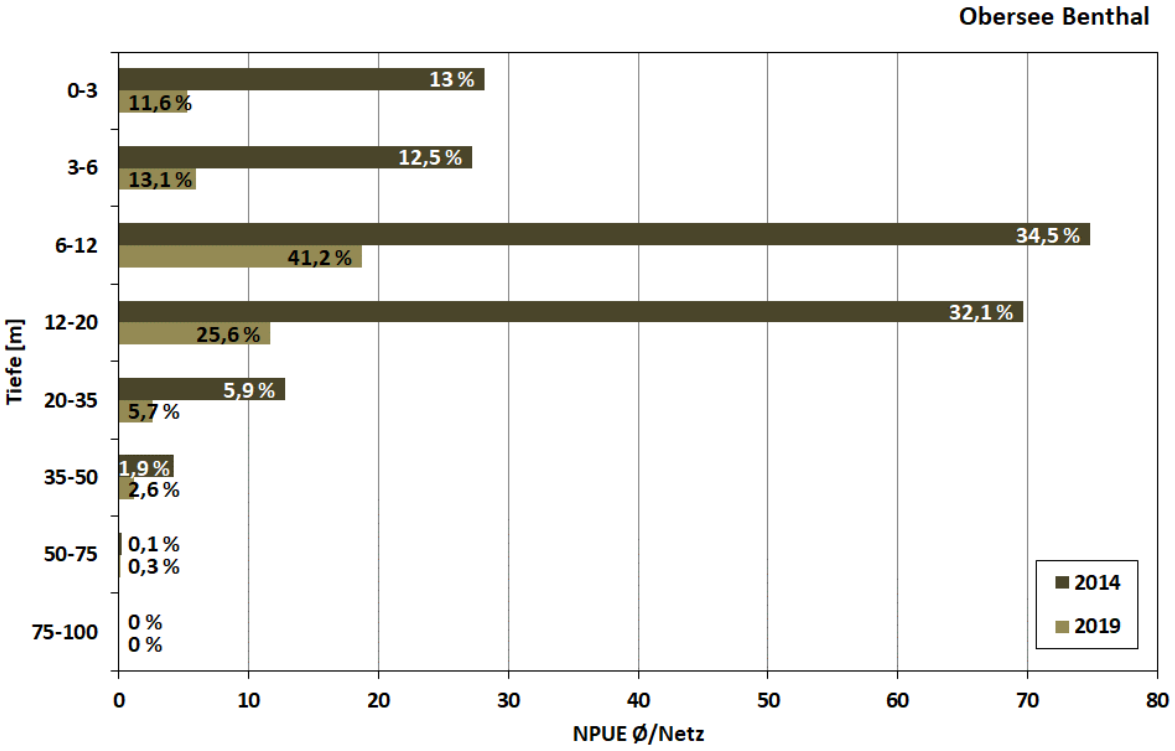
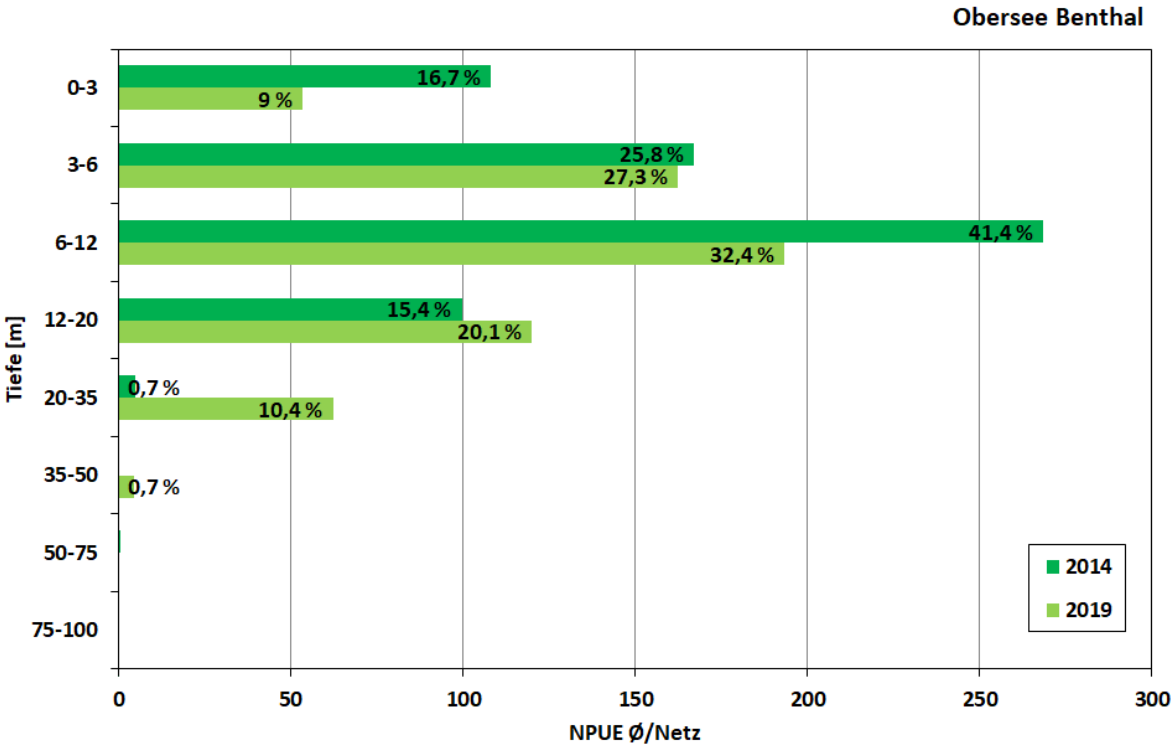


Abbildung 34 Vertikale Verteilung der gefangenen Kaulbarsche in den Jahren 2014 und 2019. Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.



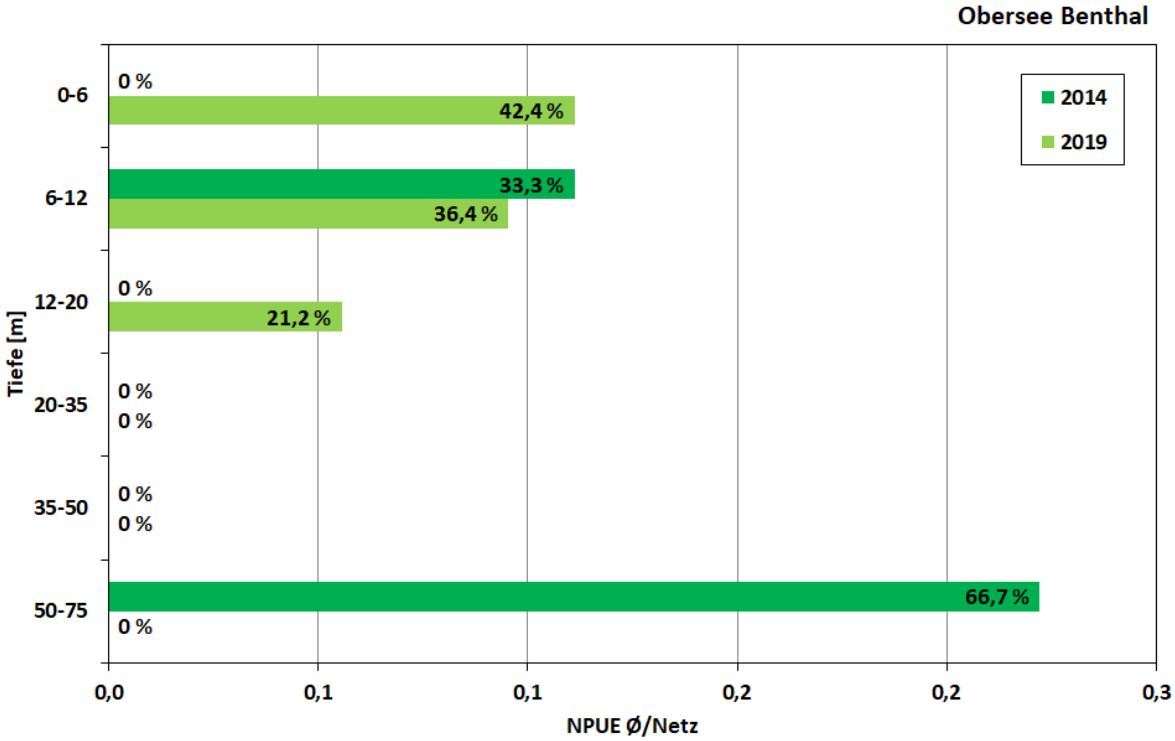
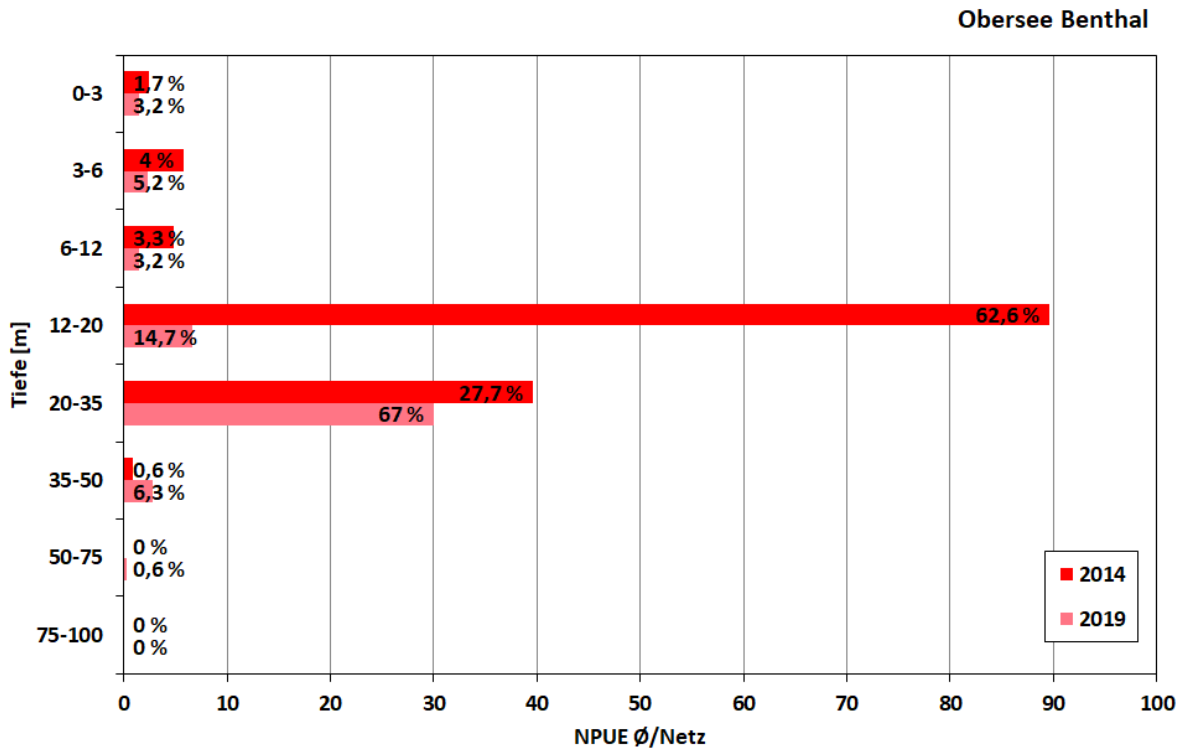


Abbildung 35 Vertikale Verteilung der gefangenen Barsche in den Jahren 2014 und 2019. Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.



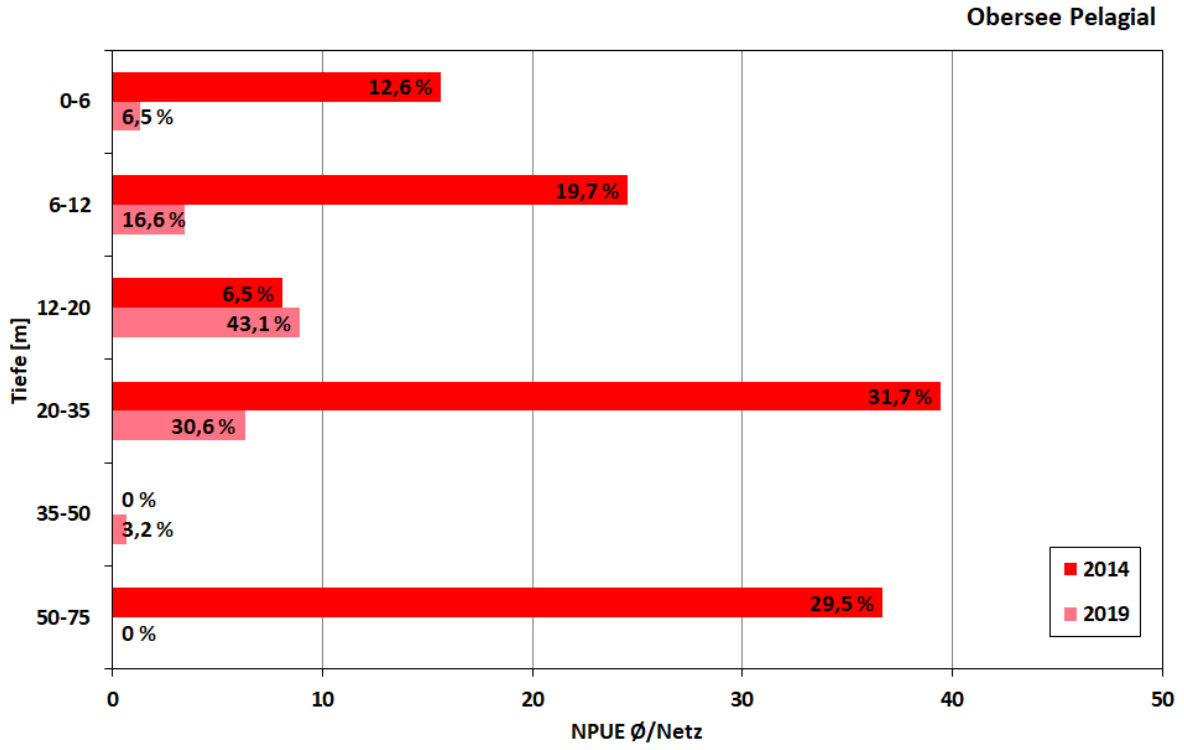
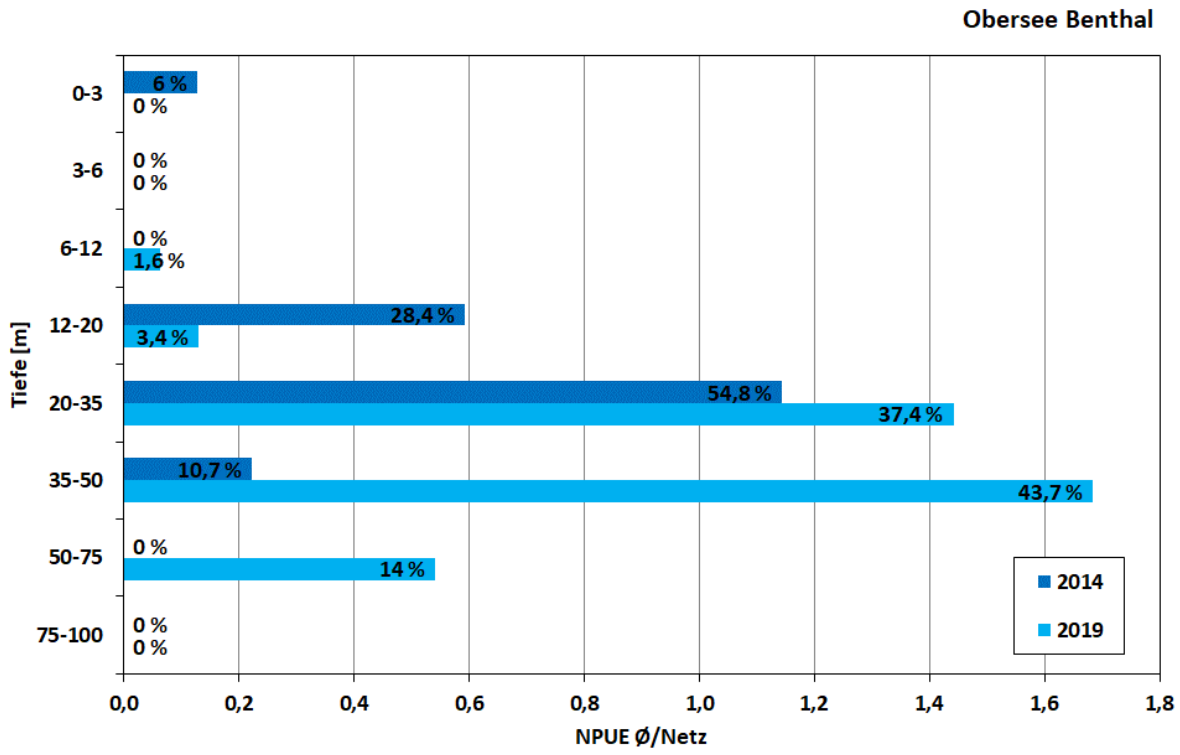


Abbildung 36 Vertikale Verteilung der gefangenen Stichlinge in den Jahren 2014 und 2019. Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.



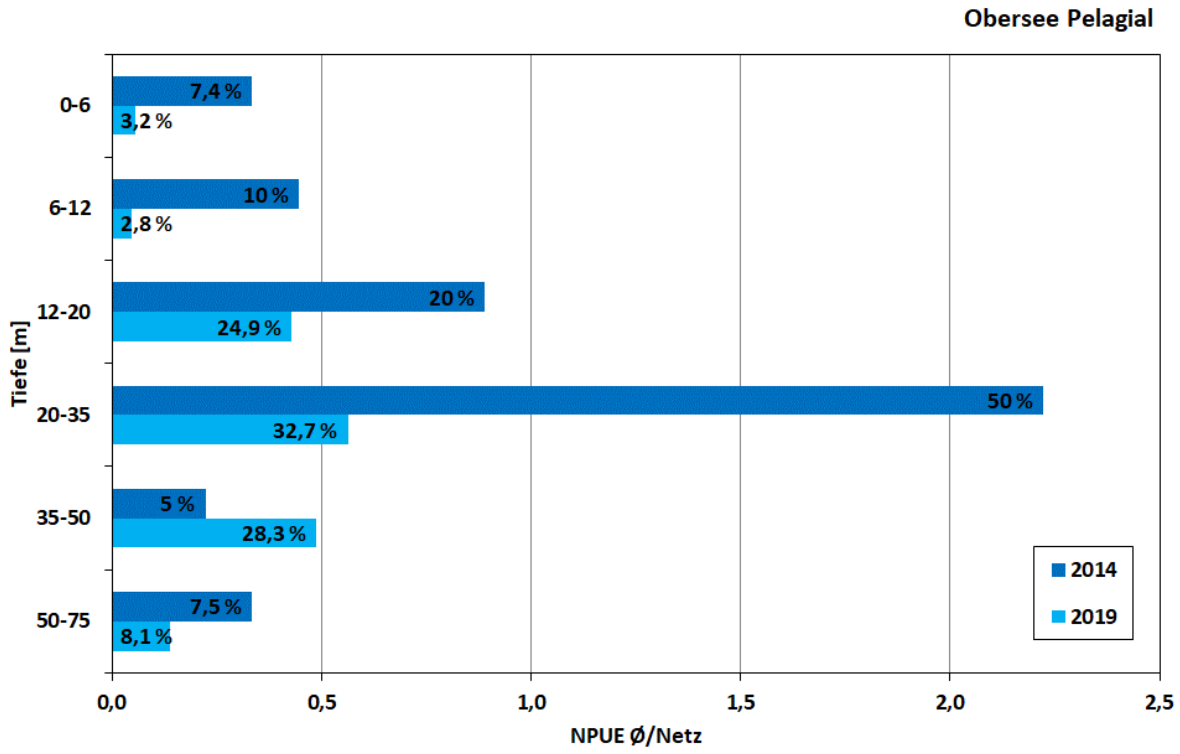
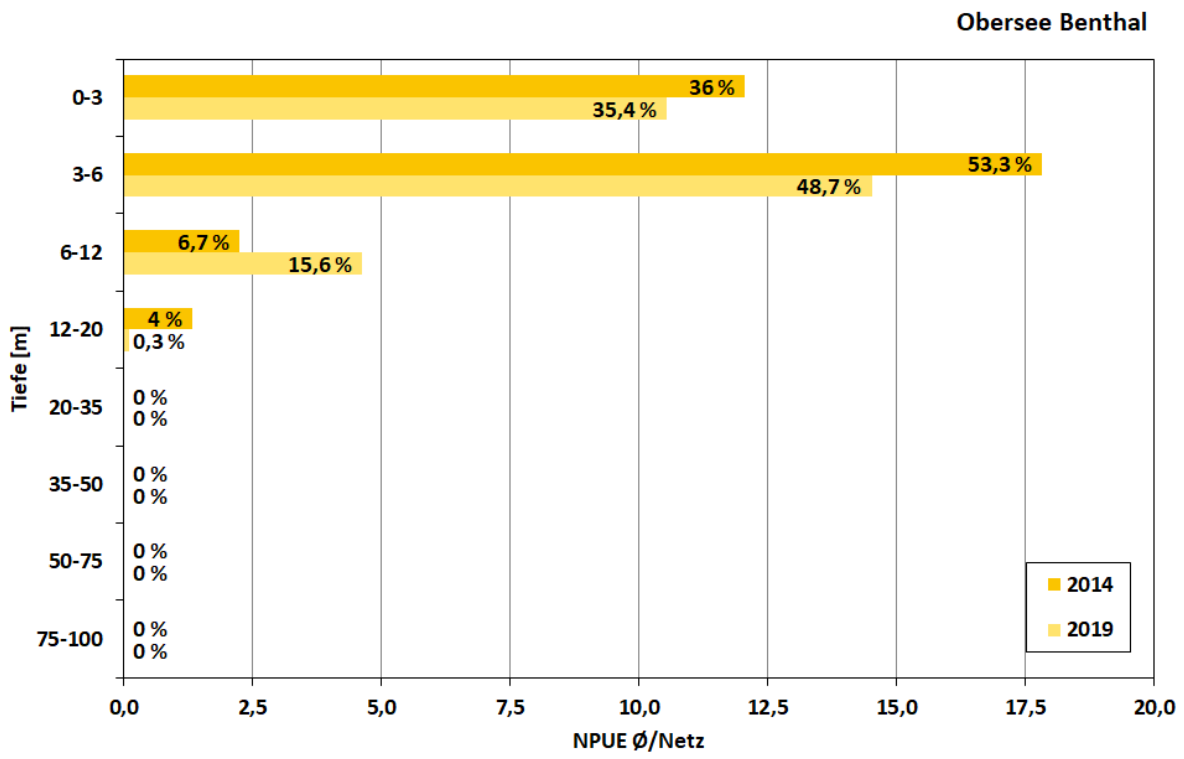


Abbildung 37 Vertikale Verteilung der gefangenen Felchen in den Jahren 2014 und 2019 Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.



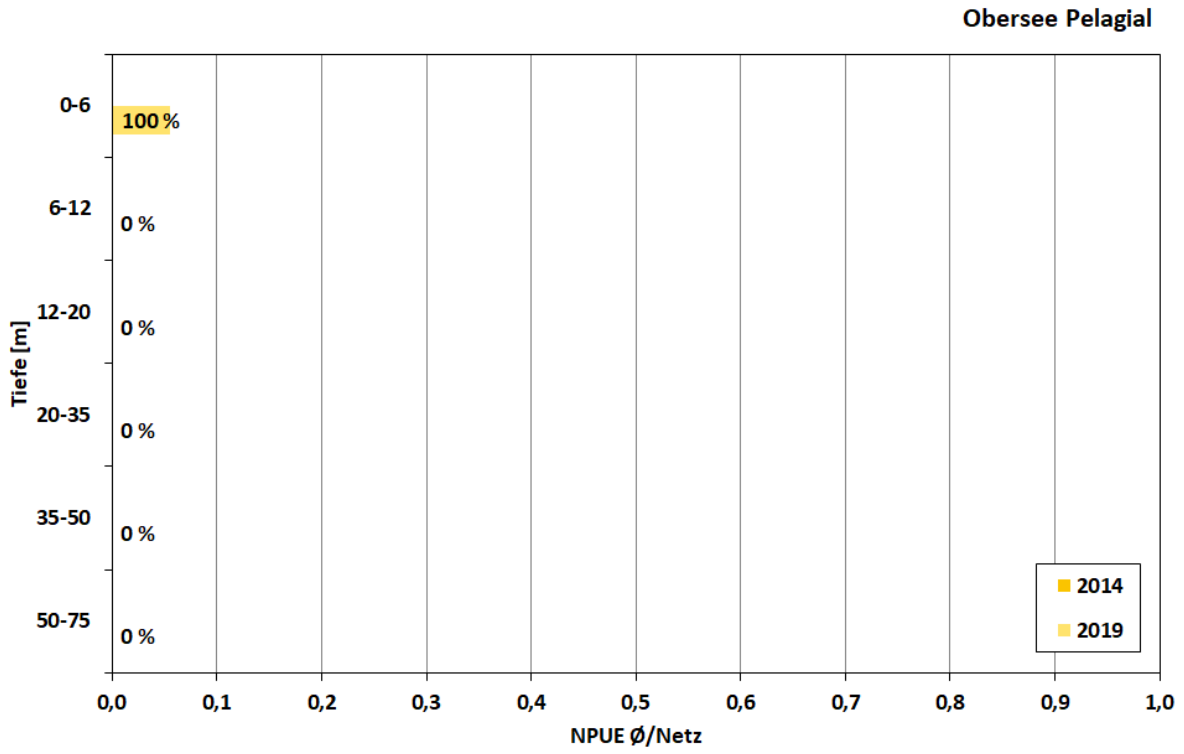


Abbildung 38 Vertikale Verteilung der gefangenen Rotaugen in den Jahren 2014 und 2019. Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.

5.2.1.4 Längenhäufigkeitsverteilung der Arten in den Jahren 2014 und 2015

Für die Gegenüberstellung der Verteilung der Längenklassen zwischen den beiden Untersuchungsjahren wurden, um einen möglichst umfangreichen Datensatz zu erhalten, sowohl CEN wie auch MOD-Netze verwendet. Aus diesem Grund basieren die Vergleiche auf standardisierten Fängen ($CPUE^{MW}$). Die teilweise sehr hohen Abundanzen der Gesamtzahl der verwendeten Individuen ergeben sich aus der Standardisierung auf jeweils 100 m² Netzfläche. Die Anteile der Längenklassen an der Gesamtpopulation wurden für den Vergleich zwischen den beiden Jahren als proportionale Anteile dargestellt.

Im Benthal des Obersee war der Anteil der 8 und 9 cm langen Barsche im Jahr 2019 deutlich größer als in der vorangegangenen Untersuchung im Jahr 2014. Allerdings war der Anteil der vermessenen Fische im Jahr 2019 allgemein größer als 2014. Da sich Massenfänge von Barschen in der Regel auf Größenklassen von unter 10 cm beschränken, könnte dies den erhöhten Anteil der Fische um die 8 und 9 cm teilweise erklären. Im Pelagial wurden allgemein nur einzelne Barsche gefangen, so dass ein Vergleich der Längenklassen nur sehr eingeschränkt möglich ist. Die Daten weisen jedoch keine deutlichen Abweichungen der Längenverteilung auf (Abbildung 39).

Bei den Stichlingen waren weder im Benthal noch im Pelagial Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsjahren zu erkennen. Der Großteil der gefangenen Stichlinge war zwischen 7 und 8 cm lang (Abbildung 40).

Die gefangenen Felchen waren im Jahr 2019 allgemein etwas größer als im Jahr 2014. Dies zeigte sich sowohl im Benthal wie auch im Pelagial (Abbildung 41).

Bei der Längenverteilung der Rotaugen konzentrierte sich der Hauptteil im Jahr 2019 auf Längenklassen von 15 – 19 cm. In der vorangegangenen Untersuchung streuten die gefangenen Tiere über einen deutlich weiteren Bereich ohne dabei eine eindeutige Häufung in einer bestimmten Längenklasse aufzuweisen. Lediglich der Anteil der 2 – 4 cm großen Individuen war im Jahr 2019 nicht vorhanden (Abbildung 42).

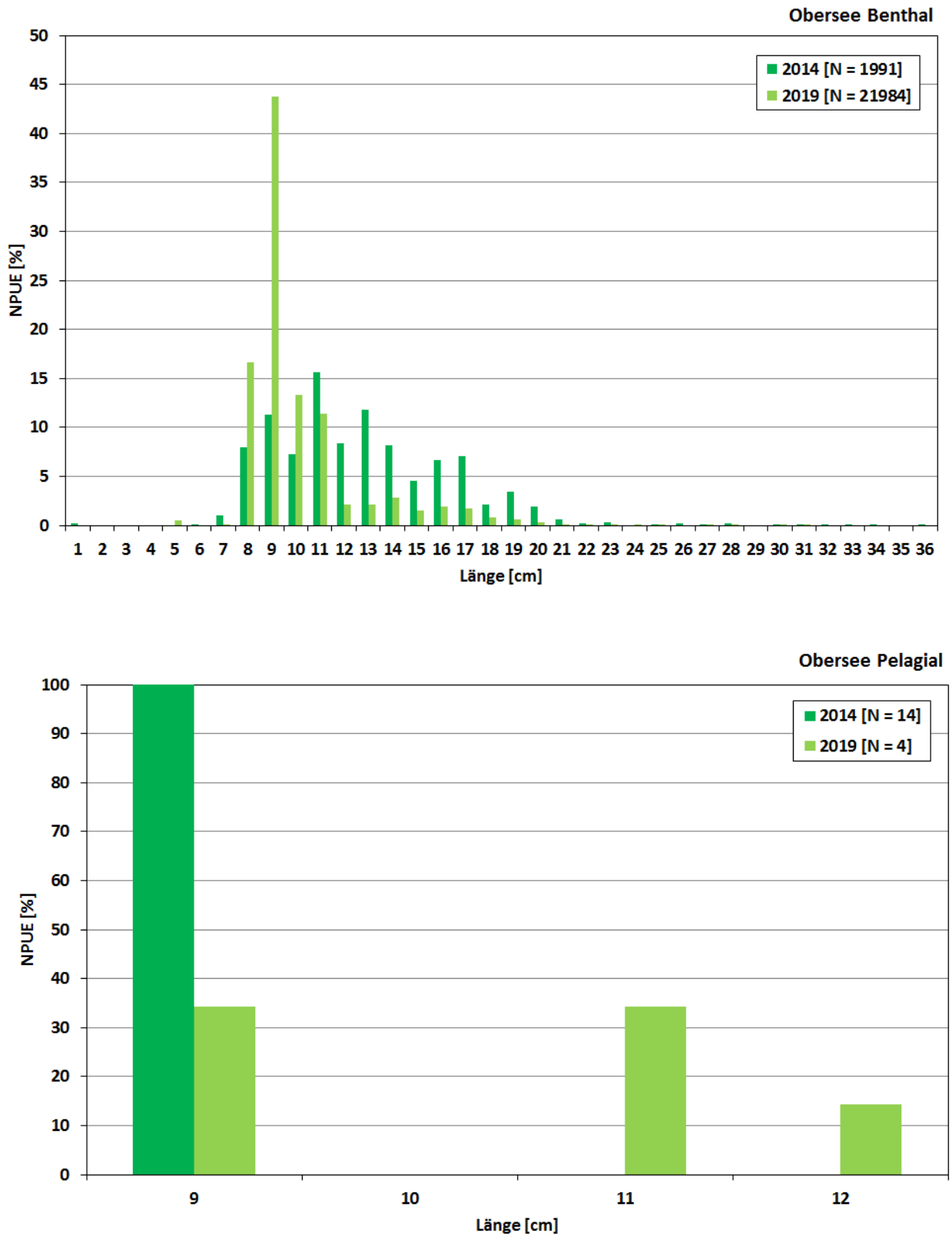
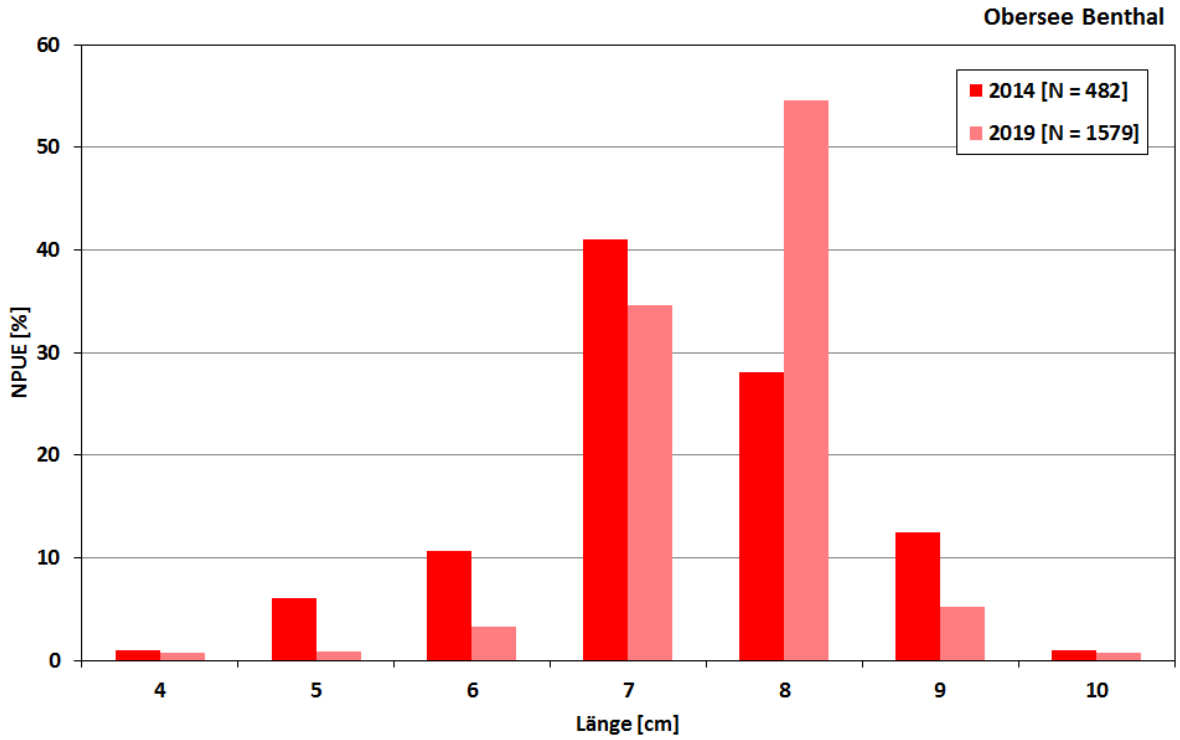


Abbildung 39 Längenhäufigkeitsverteilung der Barsche im Benthal und Pelagial des Obersees



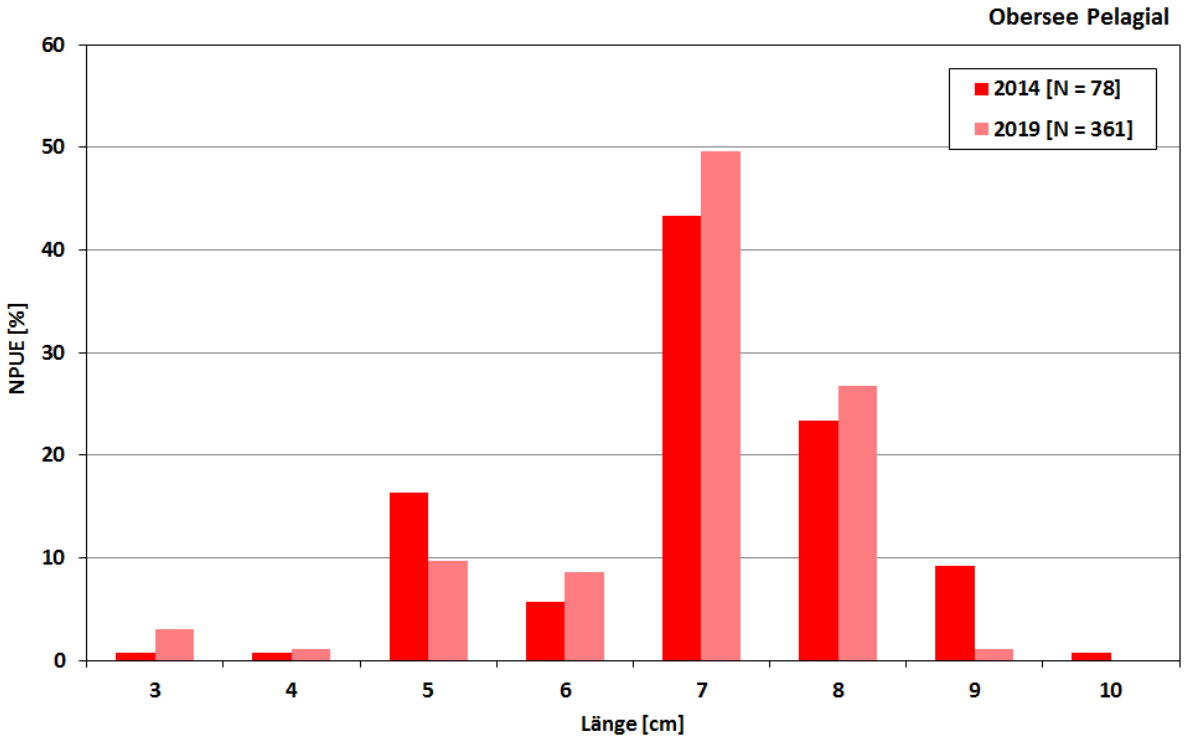


Abbildung 40 Längenhäufigkeitsverteilung der Stichlinge im Benthal und Pelagial des Obersees

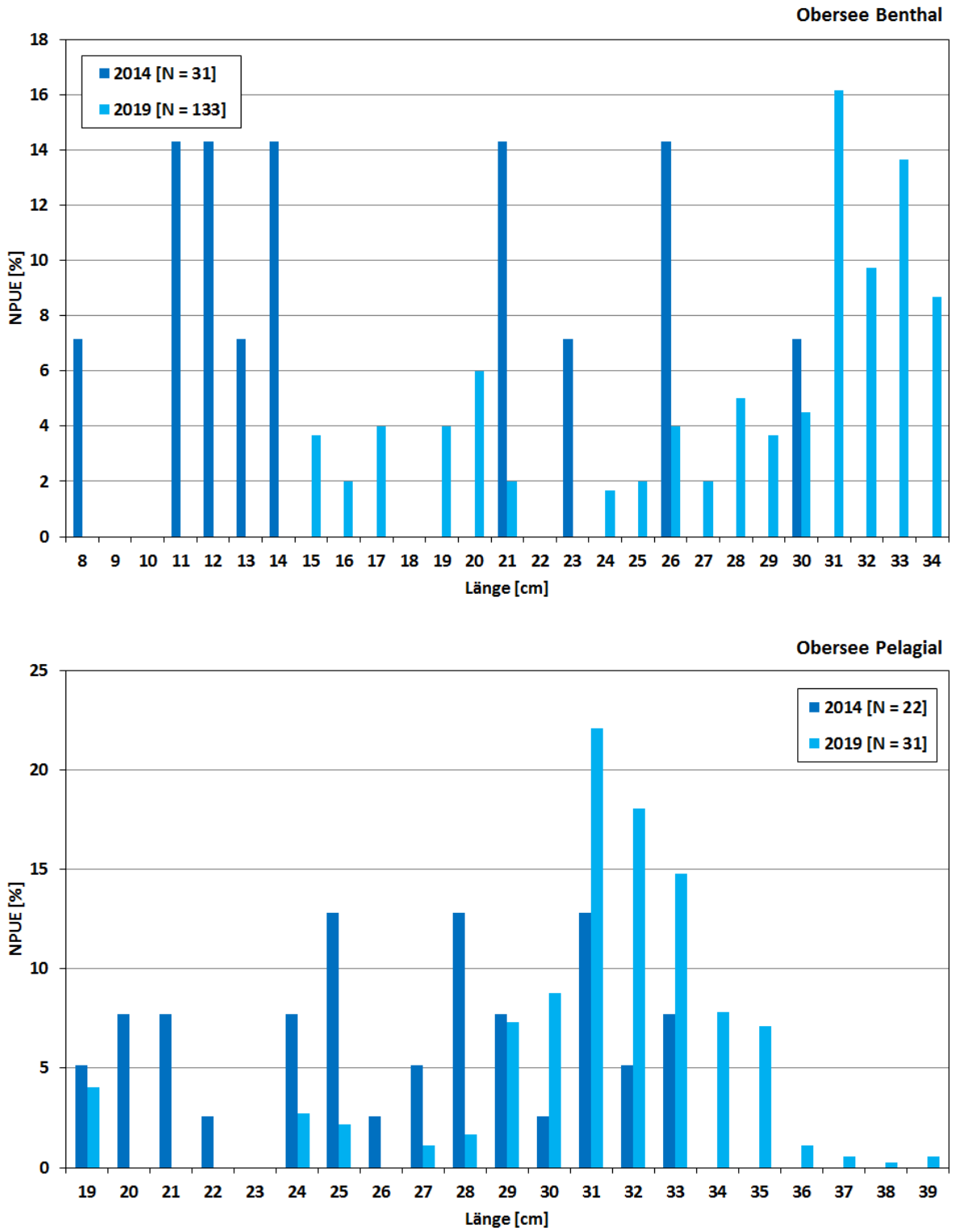
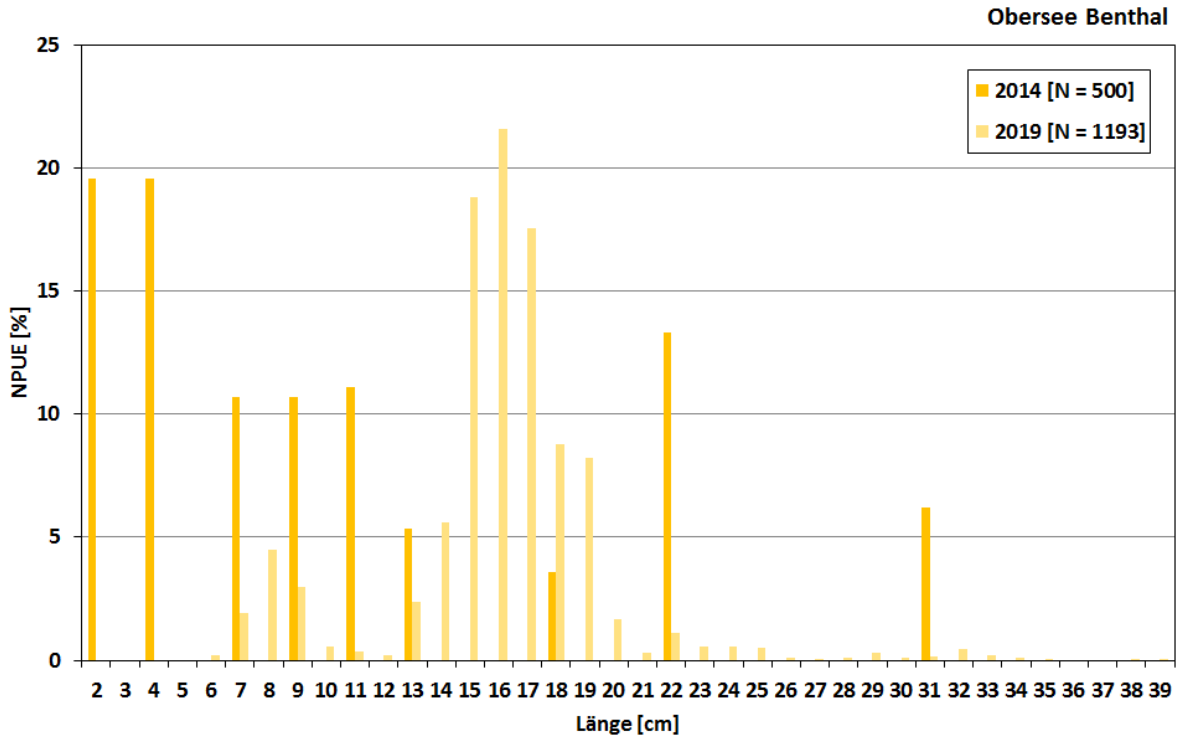


Abbildung 41 Längenhäufigkeitsverteilung der Felchen im Benthal und Pelagial des Obersees



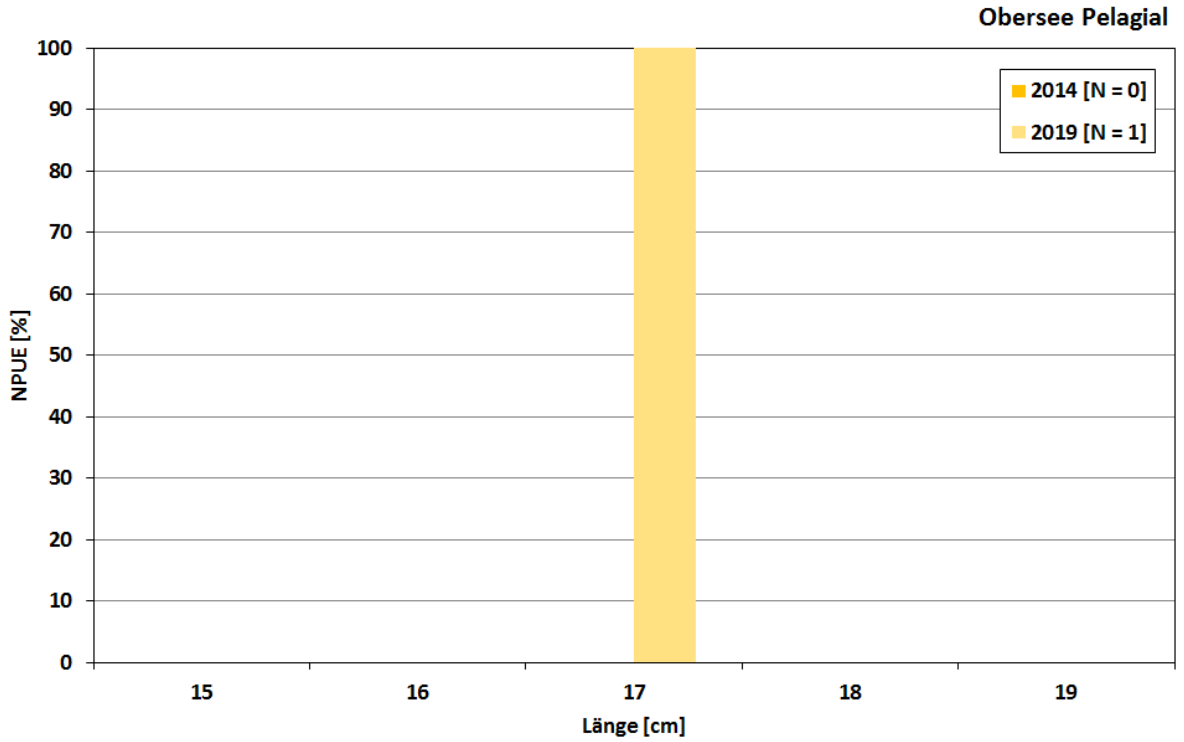


Abbildung 42 Längenhäufigkeitsverteilung der Rotaugen im Benthal und Pelagial des Obersees

5.2.2 Vertikalnetzbefischung

5.2.2.1 Befischungsaufwand

2014 wurden 36 und 2019 30 Vertikalnetzsätze eingesetzt. Der Befischungsaufwand war 2014 demnach leicht größer (Tabelle 30). Beide Befischungsdesigns erfüllten jedoch die Vorgaben des Vertikalnetzprotokolls.

Tabelle 30 Befischungsaufwand mit Vertikalnetzen in den verschiedenen Habitaten der beiden Untersuchungsjahre. Jede Einheit entspricht einem Vertikalnetzsatz, der wiederum aus 7 (2014) bzw. 6 Netzen (2019) besteht

Habitat	Habitat Abkürzung	Tiefe	2014	2019
Sublitoral flach	Tinf	0-5m	8	6
Sublitoral tief	Tsup	5-20m	4	3
Pelagial flach	Cmin	20-150m	17	15
Pelagial mittel	Cmed	150-200m	3	3
Pelagial tief	Cmax	200-251m	4	3
Total			**36**	**30**

5.2.2.2 Effektive Fangzahlen in den Jahren 2014 und 2015

Insgesamt wurden 2014 mit den pelagischen Vertikalnetzen 1.043 Fische gefangen. 2019 waren es mit den neuen Netzen nur 563 Fische. Da sich die Netzfläche zwischen den beiden Kampagnen geändert hat sind diese Zahlen nicht direkt miteinander vergleichbar. Die Ergebnisse werden daher für vergleichbare Maschenweiten und flächenkorrigiert dargestellt (Tabelle 31).

Tabelle 31 Flächenkorrigierte Gegenüberstellung der Anzahl der gefangenen Individuen und Biomasse für die pelagischen Vertikalnetze in den beiden Untersuchungsjahren

Fischart	Abundanz			Biomasse [kg]		
Deutsch	**2014**	**2019**	**Total**	**2014**	**2019**	**Total**
Dreist. Stichling	430	256	686	1,93	0,98	2,92
Flussbarsch	425	121	546	4,86	3,45	8,31
Felchen	63	39	102	6,88	8,61	15,48
Kaulbarsch	61	36	97	1,01	0,80	1,82
Ukelei	11	86	97	0,14	0,98	1,12
Rotauge	10	15	25	0,23	2,54	2,77
Hasel	18	2	20	1,08	0,08	1,17
Seesaibling, Art unbest.	5	3	8	0,59	0,23	0,82
Döbel	6	-	6	6,25	-	6,25
Quappe	5	-	5	0,39		0,39
Hecht	3	-	3	0,38	-	0,38
Groppe	-	3	3	-	0,02	0,02
Forelle	3	-	3	1,64	-	1,64
Güster	1	-	1	0,04	-	0,04
Zander	1	-	1	7,50	-	7,50
Kamberkrebs	-	1	1	-	0,03	0,03
Schleie	-	1	1	-	0,09	0,09
Regenbogenforelle	1	-	1	1,28	-	1,28
Total	**1.043**	**563**	**1.606**	**34,21**	**17,82**	**52,02**
Anzahl Arten	**15**	**11**	**18**	**15**	**11**	**18**

5.2.2.3 Entwicklung der Fangzusammensetzung

Insgesamt wurden 2019 27 % weniger Fische gefangen (Tabelle 32). Für den Vergleich wurden flächen- und netzzahlkorrigierte Fangzahlen verwendet. Die deutlichsten Rückgänge der Fangzahlen waren bei Barsch (-67 %), Stichling (-52%), Hasel (-73%) zu verzeichnen. Zudem wurden acht Arten 2019 nicht mehr nachgewiesen (Döbel, Quappe, Hecht, Zander, Brachse, Güster, Bachforelle und Regenbogenforelle). Dafür nahm die Anzahl des gefangenen Ukelei 2019 zu (+925 %). Auch die Anzahl der Rotaugen (+160 %) erfuhr 2019 eine Zunahme. Außerdem wurden Groppe und Kamberkrebs erstmalig in den Vertikalnetzen nachgewiesen.

Tabelle 32 Für den Aufwand (Anzahl der Netze und Breite der Netzblätter pro Maschenweite) korrigierte Anzahl gefangener Fische der Befischungen von 2014 und 2019. Cmax = Pelagial tief, Cmed = Pelagial mittel, Cmin = Pelagial flach, Tsup = Sublitoral tief und Tinf = Sublitoral flach. Arten die eine Zunahme erfuhren sind grün hinterlegt und Arten die Abnahme erfuhren sind rot hinterlegt.

Art	CPUE in Relation zur Netzzahl										Summe		Differenz [%]
	2014					2019							
	Cmax	Cmed	Cmin	Tinf	Tsup	Cmax	Cmed	Cmin	Tinf	Tsup	2014	2019	
Stichling	27	8	370	-	25	21,3	18	165,5	2,7	-	430	207,47	-52
Barsch	-	1	116	70	238	-	-	13,6	93,3	34,7	425	141,6	-67
Felchen	20	7	35	-	1	-	2	65,73	-	-	63	67,73	8
Laube	-	-	6	1	4	-	-	40,8	29,3	42,7	11	112,8	925
Kaulbarsch	-	-	5	3	53	-	-	2,27	-	85,3	61	87,6	-
Rotauge	-	-	-	2	8	-	-	11,3	12	2,7	10	26	160
Hasel	-	1	3	14	-	-	-	2,27	-	2,7	18	4,93	-73
Seesaibling	-	-	5	-	-	-	-	6,8	-	-	5	6,8	36
Döbel	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	6	0	-100
Quappe	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	5	0	-100
Hecht	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	0	-100
Bachforelle	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0	-100
Groppe	-	-	-	-	-	-	-	2,27	-	-	0	2,27	-
Brachse	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0	-100
Güster	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0	-100
Regenbogenforelle	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0	-100
Kamberkrebs	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-	0	1,3	-
Zander	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0	-100
Summe	**21**	**11**	**177**	**100**	**305**	**0**	**2**	**145,1**	**136**	**168**	**614**	**451,07**	**-27**
Anzahl Netze	**4**	**3**	**17**	**8**	**4**	**4**	**3**	**17**	**8**	**4**	**-**	**-**	**-**

Die insgesamt gefangene Biomasse reduzierte sich 2019 um 45 % (Tabelle 33). Deutliche Abnahmen in der Biomasse traten bei Hasel (83 %) und Stichling (53 %) auf. Die Biomasse der gefangenen Rotaugen (+2287 %) und Felchen (+129 %) nahm demgegenüber zu.

Tabelle 33 Für den Aufwand (Anzahl der Netze und Breite der Netzblätter pro Maschenweite) korrigierte Biomasse gefangener Fische der Befischungen von 2014 und 2019. Cmax = Pelagial tief, Cmed = Pelagial mittel, Cmin = Pelagial flach, Tsup = Sublitoral tief und Tinf = Sublitoral flach. Arten die eine Zunahme erfuhren sind grün hinterlegt und Arten die Abnahme erfuhren sind rot hinterlegt.

Art	CPUE mit Netzzahl										Summe		Differenz [%]
	2014					2019							
	Cmax	Cmed	Cmin	Tinf	Tsup	Cmax	Cmed	Cmin	Tinf	Tsup	**2014**	**2019**	
Felchen	2.505	1.182	3.166	-	25	-	127,8	15.589	-	-	6.877	15.716	129
Barsch	-	6,0	1.129	913	2.809	-	-	101	3.833	361	4.857	4.295	-12
Zander	-	-	7.500	-	-	-	-	-	-	-	7.500	0,0	-100
Döbel	-	-	-	6.251	-	-	-	-	-	-	6251	0,0	-100
Rotauge	-	-	-	75	152	-	-	4.916	484	19	227,1	5.419	2287
Stichling	103	36	1.689	-	105	91,2	78,4	738	11	-	1.933	918	-53
Bachforelle	306	1.335	-	-	-	-	-	-	-	-	1.641	0,0	-100
Kaulbarsch	-	-	87	37	890	-	-	53	-	1.898	1.013	1.951	-
Seesaibling	-	-	589	-	-	-	-	947	-	-	589	947	61
Regenbogen-forelle	-	-	1.282	-	-	-	-	-	-	-	1.282	0,0	-100
Hasel	-	9	154	921	-	-	-	158	-	32	1.084	189,7	-83
Laube	-	-	79	12	46	-	-	465	324	522	138	1.311	852
Quappe	-	-	394	-	-	-	-	-	-	-	394	0,0	-100
Hecht	-	-	-	380	-	-	-	-	-	-	380	0,0	-100
Güster	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	40	0,0	-100
Kamberkrebs	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	0,0	40	-
Groppe	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	0,0	7	-
Brachse	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	0,0	-100
Summe	**409**	**1.386**	**12.904**	**8.629**	**4.006**	**91,2**	**78,4**	**7.385**	**4.692**	**2.832**	**27.333**	**15.078**	**-45**
Anzahl Netze	**4**	**3**	**17**	**8**	**4**	**4**	**3**	**17**	**8**	**4**	**-**	**-**	**-**

5.2.2.4 Tiefenverteilung der Arten in den beiden Untersuchungsjahren

Der Vergleich der Tiefenverteilung der Fischarten weist keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsjahren auf. Der Großteil der Fische wurde in beiden Jahren bis in etwa 40 m Tiefe gefangen (Abbildung 43 und Abbildung 44). Dabei überlappte der Fangbereich der Stichlinge in beiden Jahren eindeutig. Zu den wenigen Unterschieden zwischen den beiden Untersuchungsjahren zählte, dass 2014 mehr Felchen im offenen Wasser gefangen wurden, während sich ein Großteil der Fänge 2019 auf ufernahe Bereiche konzentrierte.

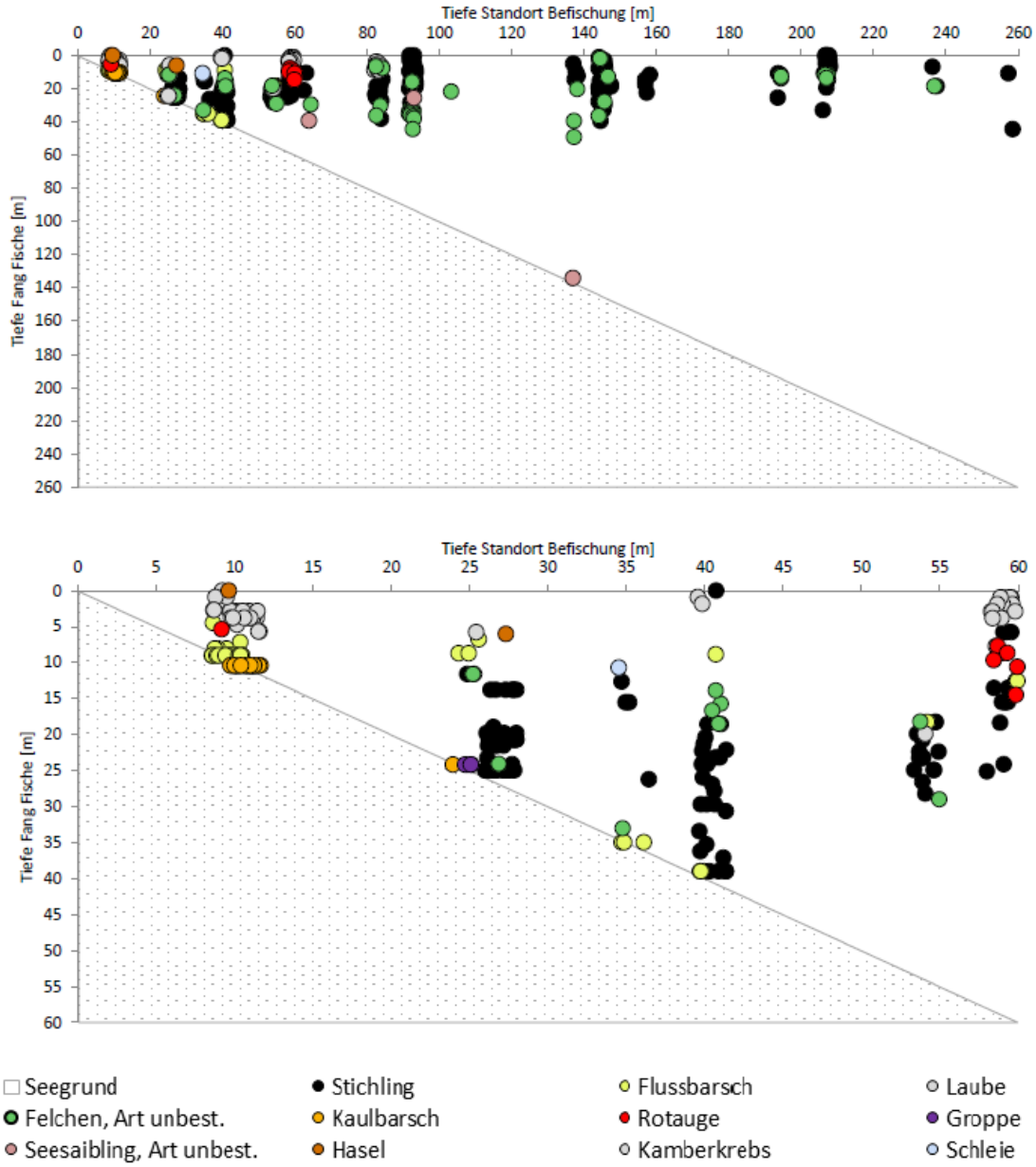


Abbildung 43 Tiefenverteilung der in den Vertikalnetzen gefangenen Individuen im Bodensee im Jahr 2019. Die Fangtiefe der Arten ist in den jeweiligen Stelltiefen der Netze dargestellt. Darstellung aller Netze (oben) und detaillierte Darstellung der Netze bis 60 m Stelltiefe (unten).

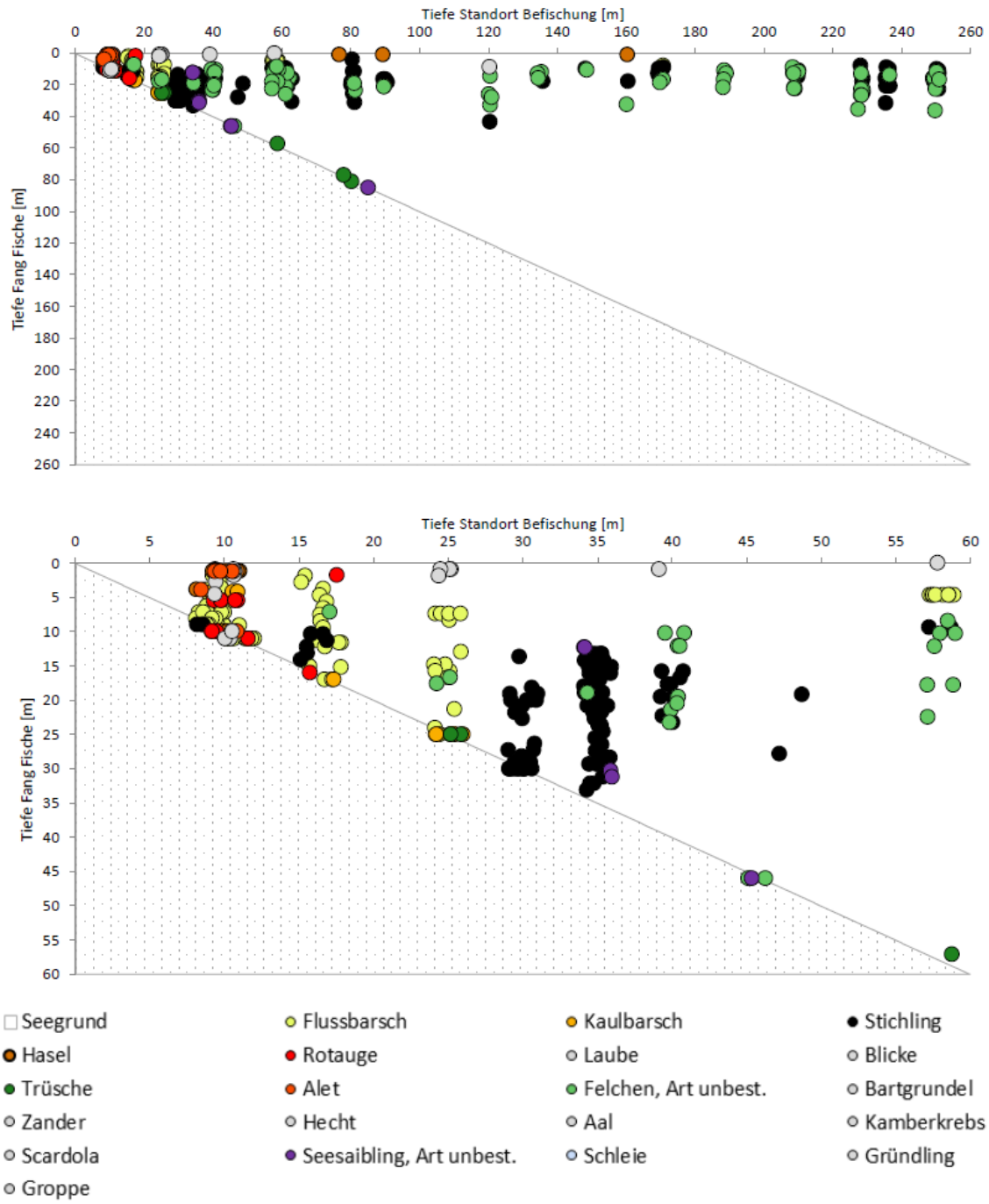


Abbildung 44 Tiefenverteilung der in den Vertikalnetzen gefangenen Individuen im Bodensee im Jahr 2014. Die Fangtiefe der Arten ist in den jeweiligen Stelltiefen der Netze dargestellt. Darstellung aller Netze (oben) und detaillierte Darstellung der Netze bis 60 m Stelltiefe (unten).

5.3 Untersee

5.3.1 Effektive Fangzahlen der Untersuchungen in den Jahren 2014 und 2019

Im Untersee wurden bei den Befischungen im Jahr 2014 17 Fischarten sowie der Kamberkrebs mit den Netzen gefangen. Durch den Nachweis von Giebel und Wels konnte die Artenliste 2019 um zwei zusätzliche Fischarten gegenüber 2014 erweitert werden. Alle Arten die bereits im Jahr 2014 dokumentierten wurden, konnten auch im Jahr 2019 wieder nachgewiesen werden.

Tabelle 34 Anzahl der in den Netzen des Untersees gefangenen Individuen in den Jahren 2014 und 2019

Art	2014	2019
Barsch	1.436	1.636
Brachse	19	31
Döbel	1	6
Dreistachliger Stichling	183	97
Felchen	77	21
Giebel	0	1
Güster	18	3
Hasel	7	3
Hecht	7	29
Kamberkrebs	5	7
Karpfen	3	8
Kaulbarsch	76	7
Quappe	4	1
Rotauge	48	55
Rotfeder	12	10
Schleie	7	31
Schmerle	3	4
Ukelei	12	16
Wels	0	8
Zander	2	16
Gesamt	**1.920**	**1.990**

5.3.2 Entwicklung der Fangzusammensetzung

Abundanz

Im Benthal unterschieden sich die durchschnittlich pro Netz nachgewiesenen proportionalen Anteile der der Fischarten in den beiden Untersuchungsjahren nur geringfügig. Der Anteil des im Jahr 2014 bereits dominierenden Barsches erhöhte sich weiter (+7,3 %). Demgegenüber sank der Anteil des Stichlings in der Untersuchung 2019 (-3,7 %) im Vergleich zum Jahr 2014 (Abbildung 45). Der offensichtlichste Rückgang war jedoch beim Kaulbarsch zu verzeichnen. Als dritthäufigste Art des Benthals im Jahr 2014 war sein Rückgang um beinahe vier Prozent des Gesamtanteils besonders deutlich wodurch er im Jahr 2019 nur noch auf Platz zwölf der Häufigkeitsrangfolge der Arten rangierte. Im Pelagial war der Stichling in 2019 erneut die dominierende Art und sein proportionaler Anteil am Gesamtfang blieb unverändert (+0,2 %). Der Anteil der Felchen hingegen sank um fast zwei Drittel (-19,9 %). Dafür konnte ein Anstieg des Barsch- (+19 %) und Rotaugenanteils (+4,8 %) beobachtet werden.

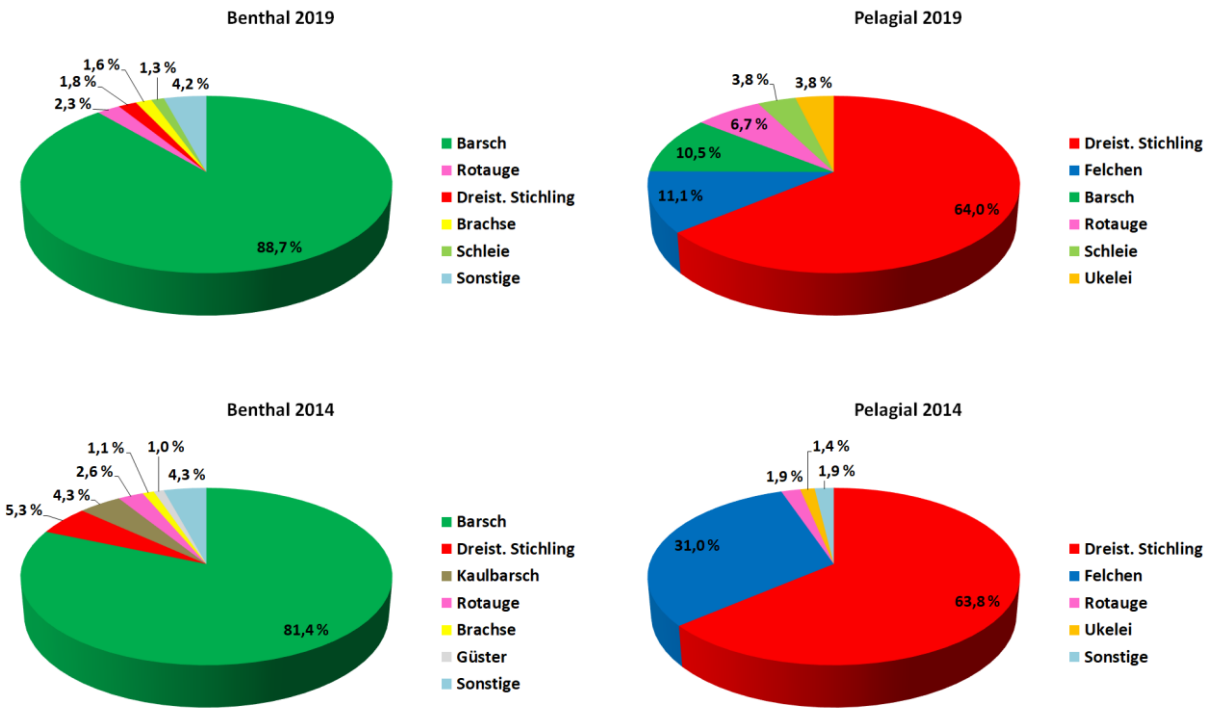


Abbildung 45 Individuenanteile (NPUE) der im Untersee gefangenen Arten in den Jahren 2014 und 2019

Biomasse

In beiden Untersuchungsjahren fällt im Benthal des Untersees der Biomasseanteil der Barsche nicht so sehr ins Gewicht wie bei den Abundanzanteilen (Abbildung 46). Während 2014 das Felchen noch den zweitgrößten Biomasseanteil ausmachte rutschte es im Jahr 2019 auf Platz sieben. In 2014 lag der Hecht noch auf Rang 3 mit 5,4 % des Gesamtfangs, in 2019 verdoppelte sich sein Anteil (10,4 %) und besaß damit den zweitgrößten Biomasseanteil. Auch weitere Raubfischarten wie Zander (7,3 % = Rang 3) und Wels (3,5 % = Rang 6) trugen 2019 mit relativ großen Anteilen zur gesamten Biomasse bei. Die Entwicklung dieser beiden Arten ist besonders vor dem Hintergrund interessant, als dass der Zander im Jahr 2014 lediglich 0,4 % des Gesamtfangs ausmachte und der Wels gar nicht in den Netzen im Untersee vertreten war. Im Pelagial des Untersees dominierte das Felchen in beiden Jahren. Dennoch war 2019 ein geringer Rückgang der Biomasseanteile (-7,6 %) zu verzeichnen. Der Stichling machte 2014 noch den zweitgrößten Biomasseanteil aus. Im Jahr 2019 stieg sein relativer Anteil zwar von 2,4 % auf 3,7 %, dennoch lag er damit nur noch auf Rang 4, da Rotauge (7,6 %) und Barsch (4,0 %) einen größeren Anteil betrugen.

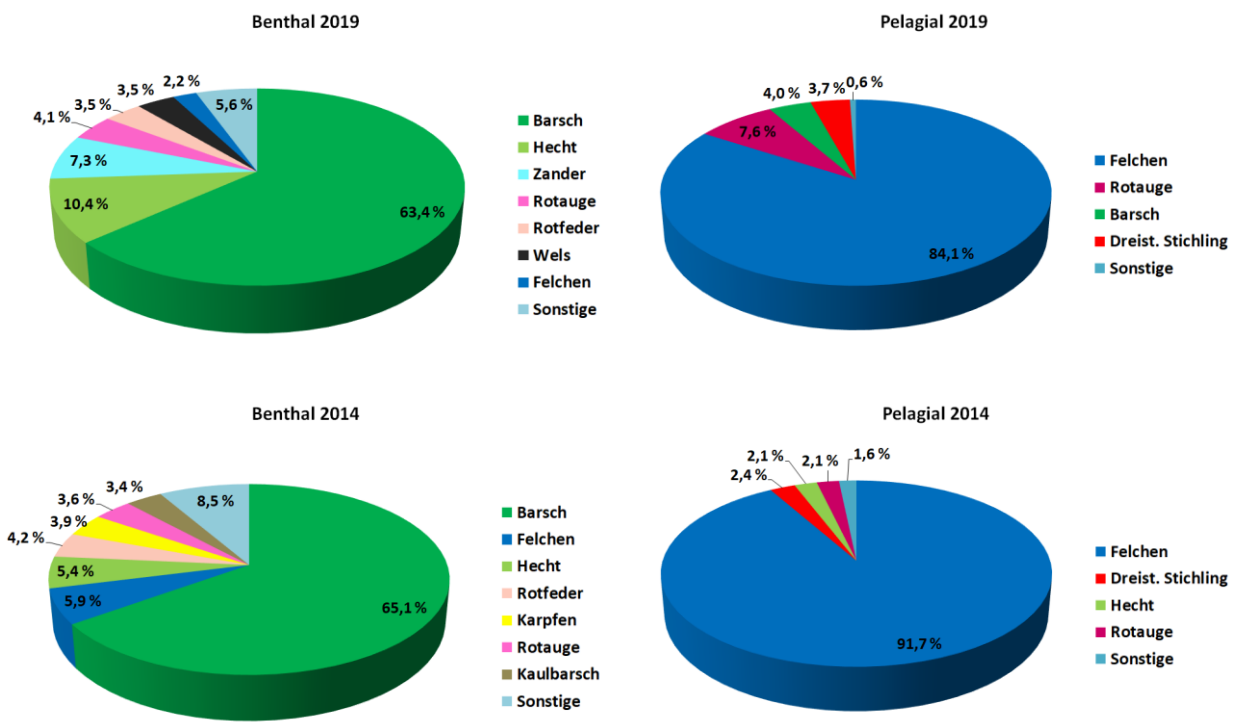


Abbildung 46 Biomasseanteile (WPUE) der im Untersee gefangenen Arten in den Jahren 2014 und 2019

Der Vergleich des durchschnittlichen CPUE pro Netz in den beiden Untersuchungsjahren macht die Entwicklung der Fischbestände besonders deutlich. Insgesamt nahm die Anzahl der gefangenen Individuen im Benthal des Untersees um 19 % zu (Tabelle 35). Auch die Biomasse erfuhr einen Zuwachs von 25 %. Beim Barsch erhöhte sich die Anzahl der durchschnittlich in den Netzen nachgewiesenen Individuen um 29 %. Weitere Arten die mit einem NPUE von mehr als einem Individuum/100 m² gefangen wurden und eine Zunahme ihrer Bestände erfuhren waren Brachse (+68 %) Rotauge (+9 %) und Schleie (+124 %). Die Bestände von Stichling (-59 %) und Kaulbarsch (-90 %) gingen, wie schon im Obersee, deutlich zurück (Abbildung 47).

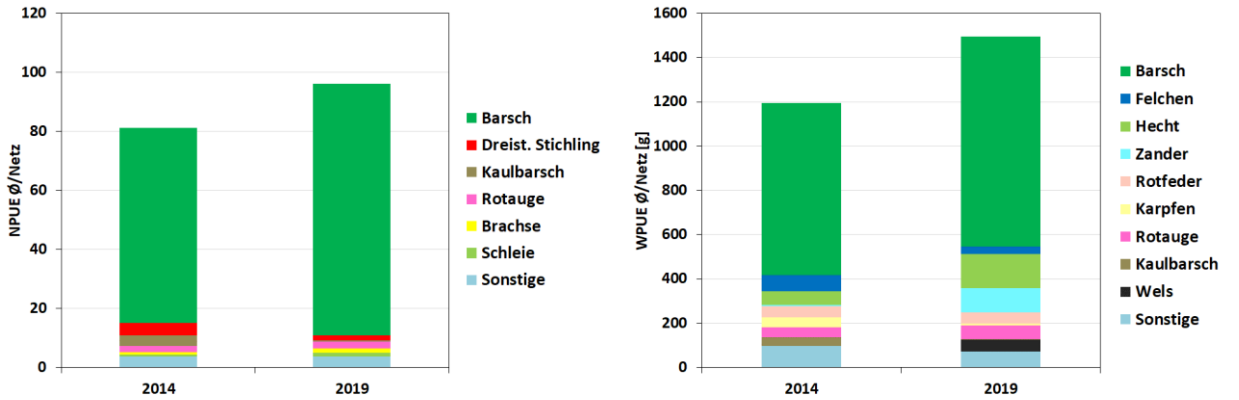


Abbildung 47 Durchschnittliche in den Netzen gefangene Abundanz (links) und Biomasse (rechts) ($CPUE^{MW}$) im Benthal des Untersees nach Fischarten in den Jahren 2014 und 2019

Tabelle 35 Abundanz (CPUE^{MW}) der im Benthal des Untersees durchschnittlich in den Netzen nachgewiesenen Individuen in den Jahren 2014 und 2019. Arten die eine Zunahme erfuhren sind grün hinterlegt und Arten die Abnahme erfuhren sind rot hinterlegt.

	CPUE [N]				CPUE [W]			
Art	**2014**	**2019**	**Δ CPUE**	**Δ %**	**2014**	**2019**	**Δ CPUE**	**Δ %**
Barsch	66,02	85,39	19,36	29,33	777,83	947,95	170,12	21,87
Brachse	0,92	1,54	0,62	67,89	3,17	7,81	4,63	146,09
Döbel	0,05	0,07	0,03	62,17	20,64	19,86	-0,78	-3,80
Dreistachliger Stichling	4,32	1,75	-2,57	-59,41	5,68	1,88	-3,79	-66,82
Felchen	0,55	0,19	-0,36	-65,02	71,03	32,24	-38,80	-54,62
Giebel	0,00	0,07	0,07	100*	0,00	0,39	0,39	100*
Güster	0,83	0,18	-0,65	-78,80	5,98	0,86	-5,12	-85,62
Hasel	0,32	0,11	-0,22	-67,29	19,31	9,05	-10,26	-53,16
Hecht	0,28	0,90	0,63	227,52	64,09	155,27	91,18	142,27
Karpfen	0,14	0,20	0,06	43,09	45,98	7,10	-38,88	-84,56
Kaulbarsch	3,49	0,35	-3,14	-89,96	41,01	4,44	-36,57	-89,17
Quappe	0,18	0,02	-0,17	-90,46	10,48	3,10	-7,38	-70,43
Rotauge	2,07	2,25	0,19	8,96	43,08	61,89	18,81	43,67
Rotfeder	0,55	0,25	-0,31	-55,48	50,07	52,47	2,40	4,79
Schleie	0,55	1,24	0,69	124,18	28,28	19,56	-8,71	-30,81
Schmerle	0,28	0,21	-0,07	-23,68	0,60	0,60	0,01	0,97
Silberkarpfen	0,00	0,02	0,02	100*	0,00	1,28	1,28	100*
Ukelei	0,46	0,81	0,35	75,53	2,16	2,42	0,26	12,20
Wels	0,00	0,21	0,21	100*	0,00	52,22	52,22	100*
Zander	0,09	0,46	0,37	400,82	4,69	109,06	104,38	2225,65
Gesamt	81,10	96,25	15,15	18,68	1194,09	1494,17	300,09	25,13

Der deutlichste Rückgang in der Abundanz der Fischbestände wurde mit -78 % im Pelagial des Untersees festgestellt. Die Biomasse ging dabei sogar um 82 % zurück (Tabelle 36). Stichling und Felchen waren die einzigen Arten mit einer Abundanz >1 Individuum/100 m² Netzfläche. Von beiden Arten wurden aber auch 2019 deutlich weniger Individuen in den Netzen nachgewiesen als in der Untersuchung von 2014 (Stichling -78 % und Felchen -92 %). Auch die Individuenzahl aller weiteren Arten, abgesehen von Barsch und Schleie, sank im Vergleich zu 2014.

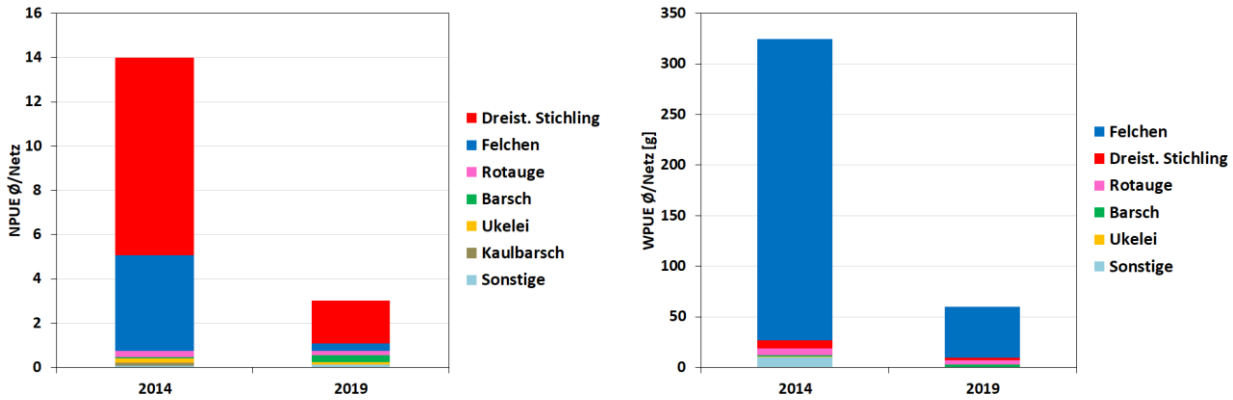


Abbildung 48 Durchschnittliche in den Netzen gefangene Abundanz (links) und Biomasse (rechts) ($CPUE^{MW}$) im Pelagial des Untersees nach Fischarten in den Jahren 2014 und 2019

Tabelle 36 Abundanz ($CPUE^{MW}$) der im Pelagial des Untersees durchschnittlich in den Netzen nachgewiesenen Individuen in den Jahren 2014 und 2019. Arten die eine Zunahme erfuhren sind grün hinterlegt und Arten die Abnahme erfuhren sind rot hinterlegt.

	CPUE [N]				CPUE [W]			
Art	**2014**	**2019**	**Δ CPUE**	**Δ %**	**2014**	**2019**	**Δ CPUE**	**Δ %**
Barsch	0,07	0,32	0,25	378,26	1,53	2,41	0,88	57,47
Dreistachliger Stichling	8,93	1,94	-6,99	-78,26	7,80	2,23	-5,57	-71,35
Felchen	4,33	0,34	-4,00	-92,22	298,00	50,45	-247,55	-83,07
Hecht	0,07	0,00	-0,07	-100,00	6,93	0,00	-6,93	-100,00
Kaulbarsch	0,13	0,00	-0,13	-100,00	3,47	0,00	-3,47	-100,00
Rotauge	0,27	0,20	-0,06	-23,91	6,80	4,55	-2,25	-33,08
Schleie	0,00	0,12	0,12	100*	0,00	0,19	0,19	100*
Ukelei	0,20	0,12	-0,08	-42,03	0,33	0,15	-0,18	-54,78
Gesamt	14,00	3,03	-10,97	-78,34	324,87	59,99	-264,87	-81,53

5.3.3 Tiefenverteilung der Arten in den Jahren 2014 und 2019

Die vertikale Verteilung der Arten im Untersee wies keine ungewöhnlich starken Abweichungen zwischen den beiden Untersuchungsjahren auf. Die größten Unterschiede resultierten vor allem aus dem allgemeinen Rückgang der Individuen im Jahr 2019 und weniger aus vertikalen Verschiebungen der Arten in der Wassersäule. Als einziger deutlicher Unterschied wurde die durchschnittliche Barschabundanz pro Netz im Benthal der Tiefenstufen von 6-12 m und 12-20 m festgestellt (Abbildung 50). Dabei stehen die Barsche 2019 vermehrt in der Tiefenstufe von 6-12 m.

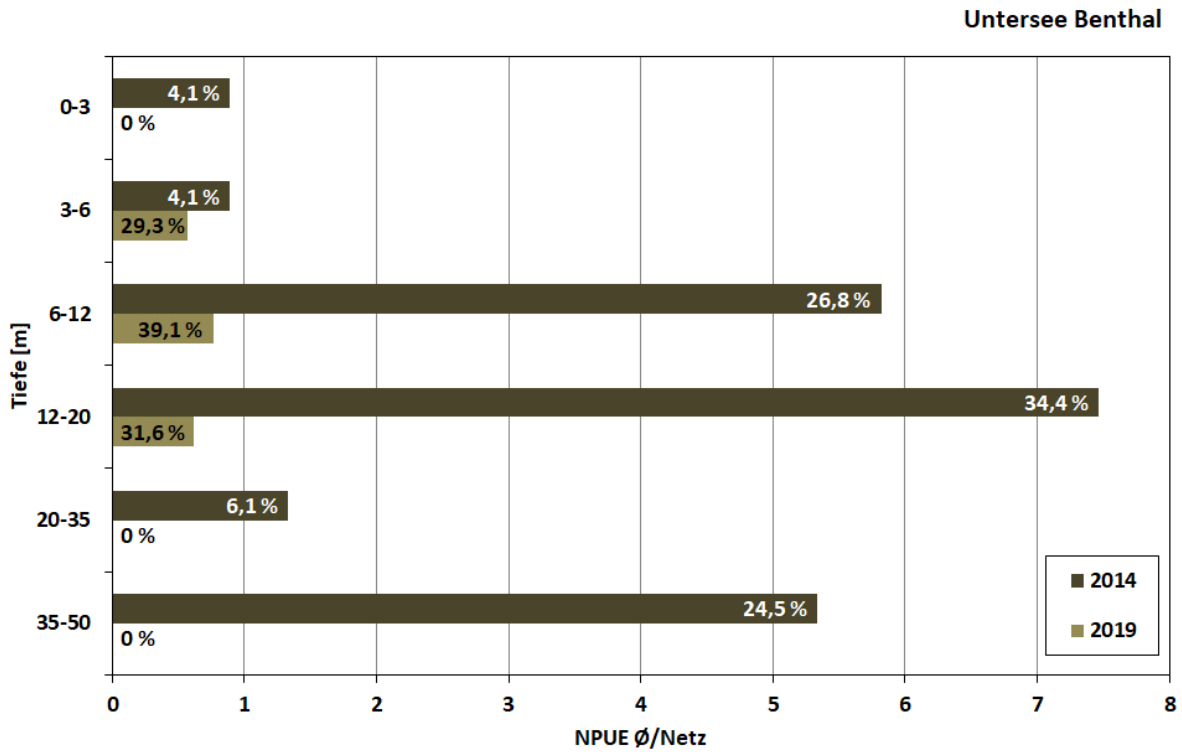
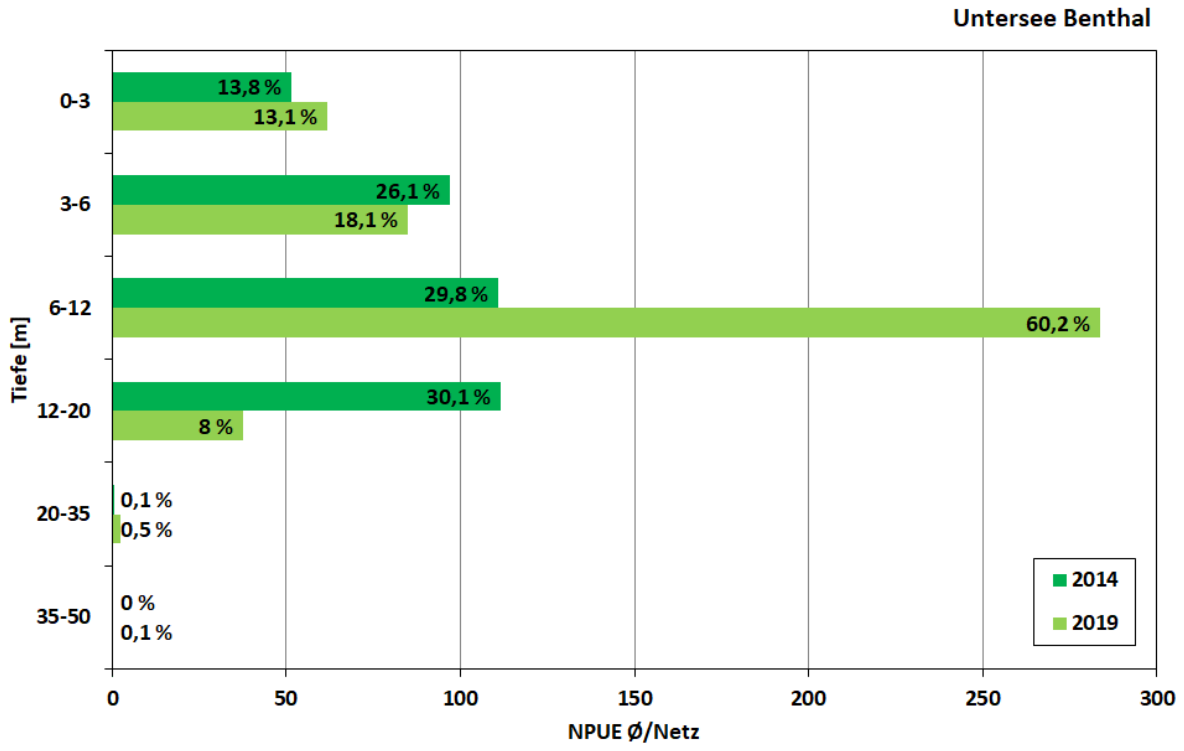


Abbildung 49 Vertikale Verteilung der gefangenen Kaulbarsche im Untersee in den Jahren 2014 und 2019



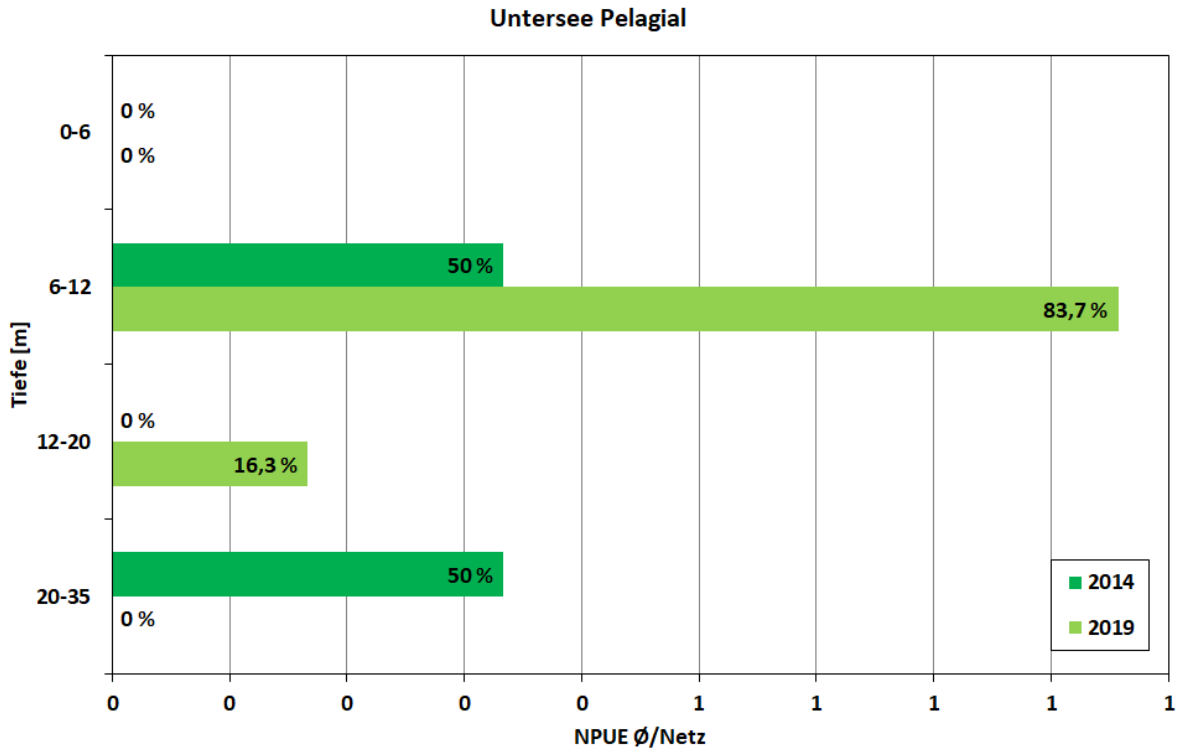


Abbildung 50 Vertikale Verteilung der gefangenen Barsche im Untersee in den Jahren 2014 und 2019. Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.

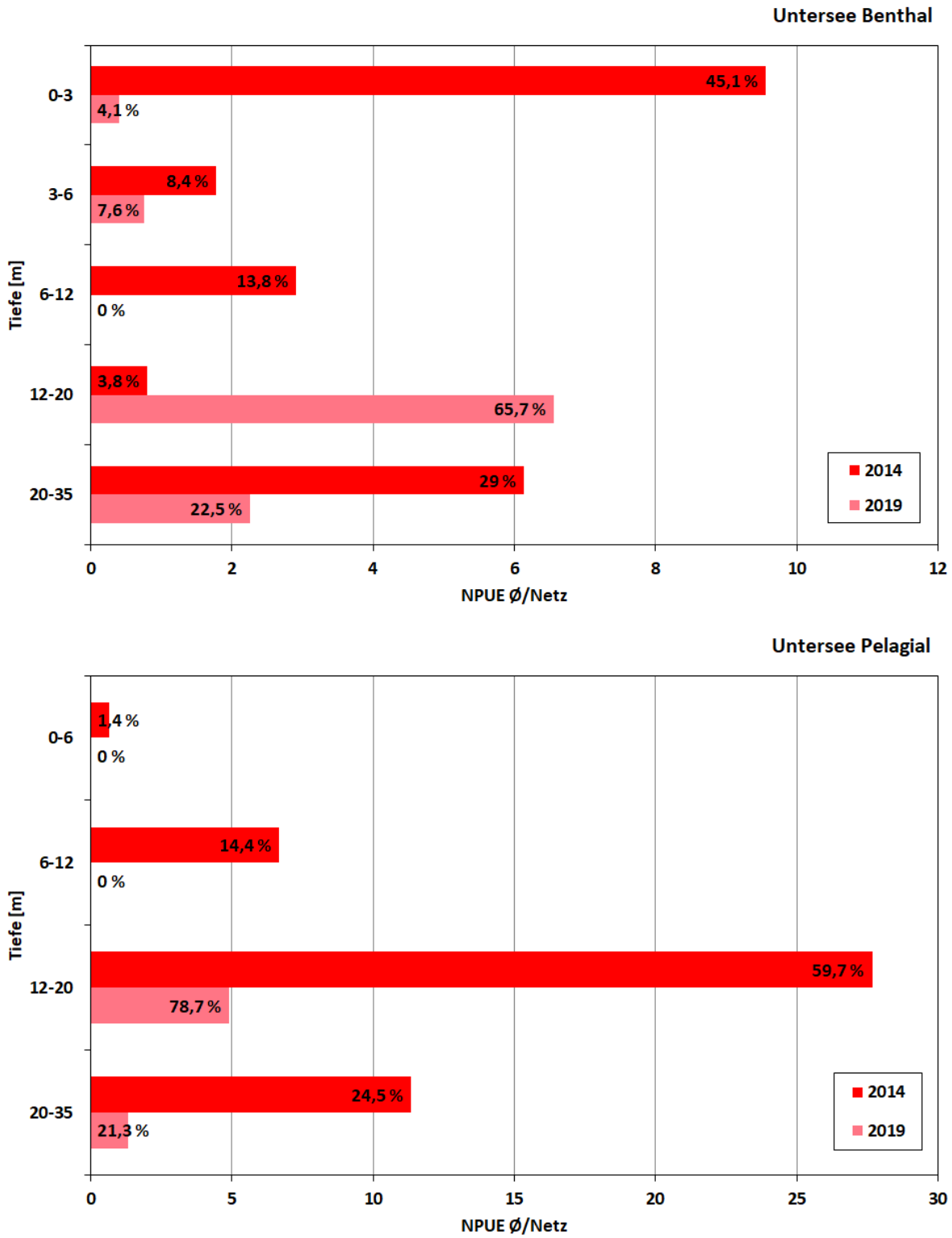


Abbildung 51 Vertikale Verteilung der gefangenen Dreistachligen Stichlinge im Untersee in den Jahren 2014 und 2019. Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.

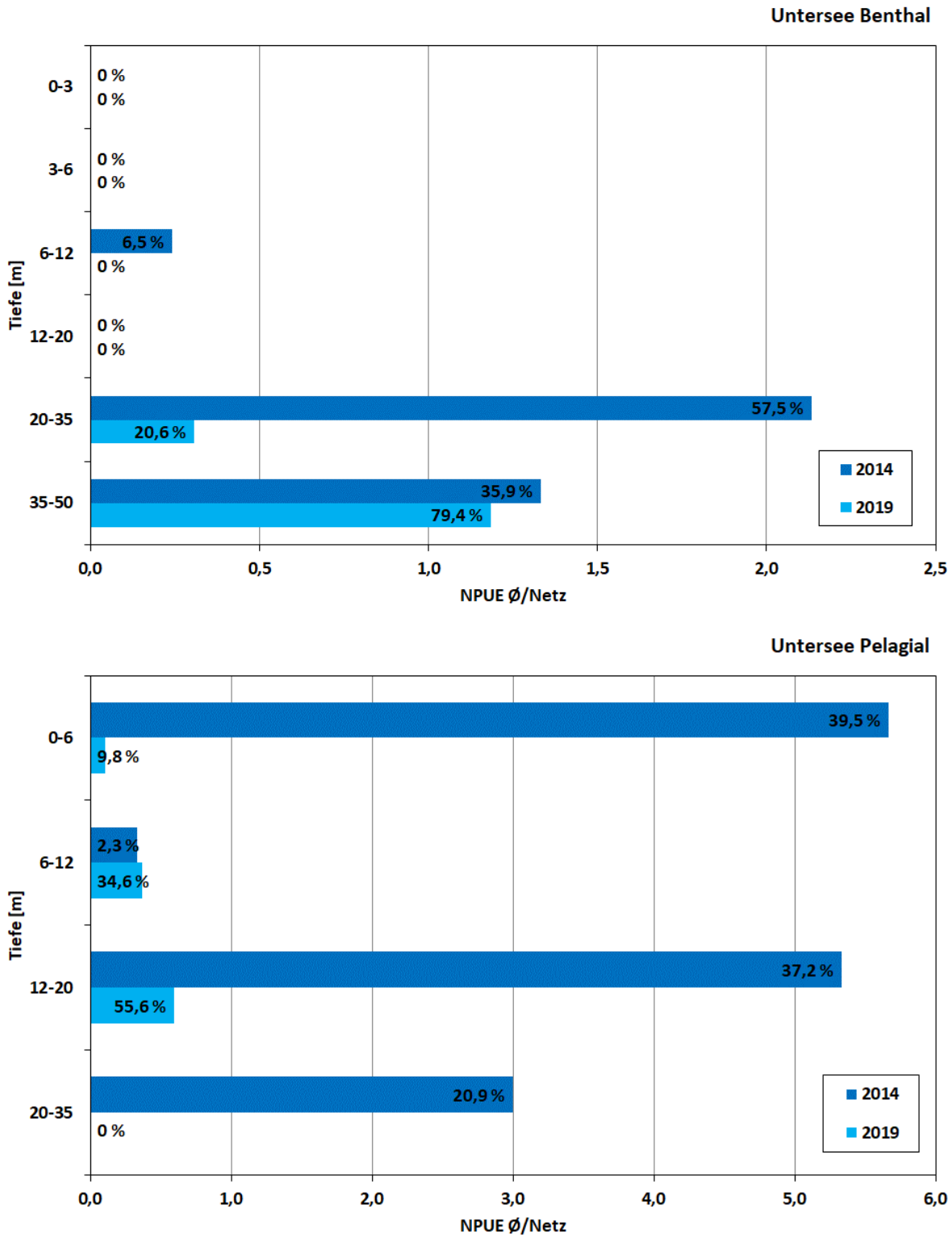
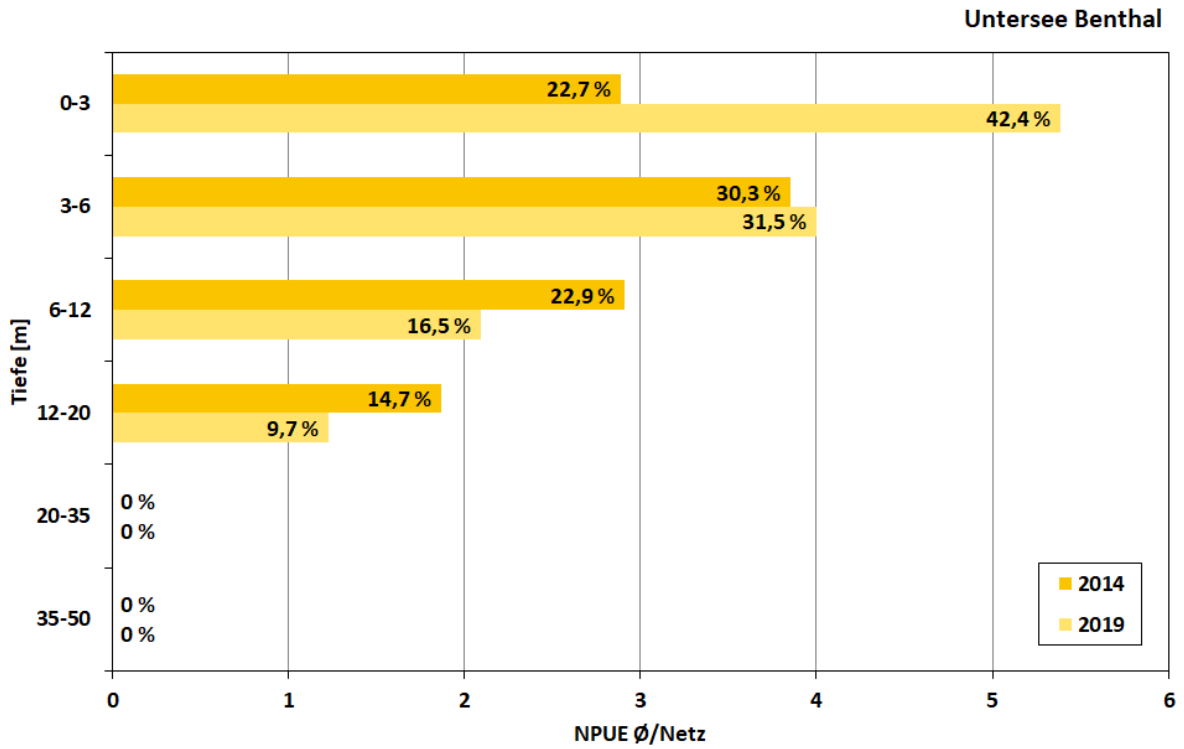


Abbildung 52 Vertikale Verteilung der gefangenen Felchen im Untersee in den Jahren 2014 und 2019. Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.



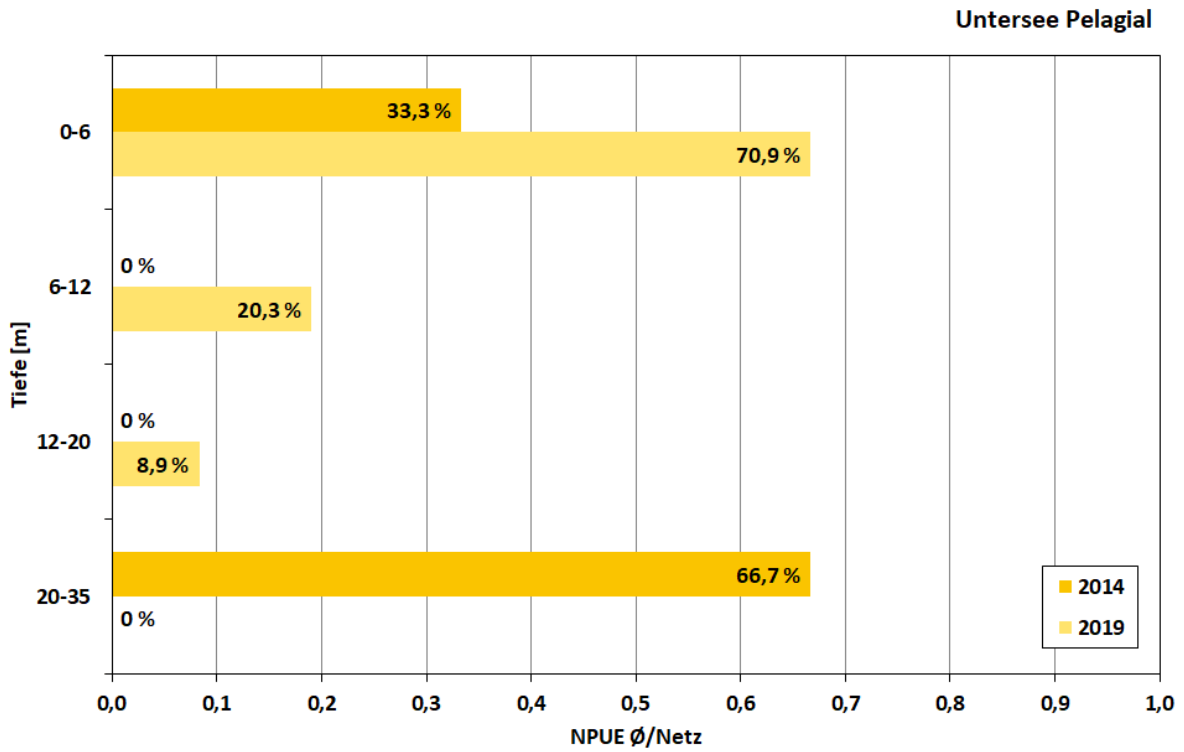


Abbildung 53 Vertikale Verteilung der gefangenen Rotaugen im Untersee in den Jahren 2014 und 2019. Die Anteile in den einzelnen Tiefenzonen sind für jedes Jahr prozentual dargestellt.

5.3.4 Längenhäufigkeitsverteilung der Arten in den Jahren 2014 und 2015

Die Individuenanteile in den Längenklassen wiesen im Untersee keine deutlichen Unterschiede auf. Beim Barsch war 2019, wie schon im Obersee, der Anteil von 8 und 9 cm langen Individuen im Benthal größer als 2014. Dies kann jedoch, wie bereits im Obersee, vermutlich durch eine größere Anzahl der vermessenen Individuen erklärt werden. Ansonsten ließen sich keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Längenklassen der beiden Jahre feststellen.

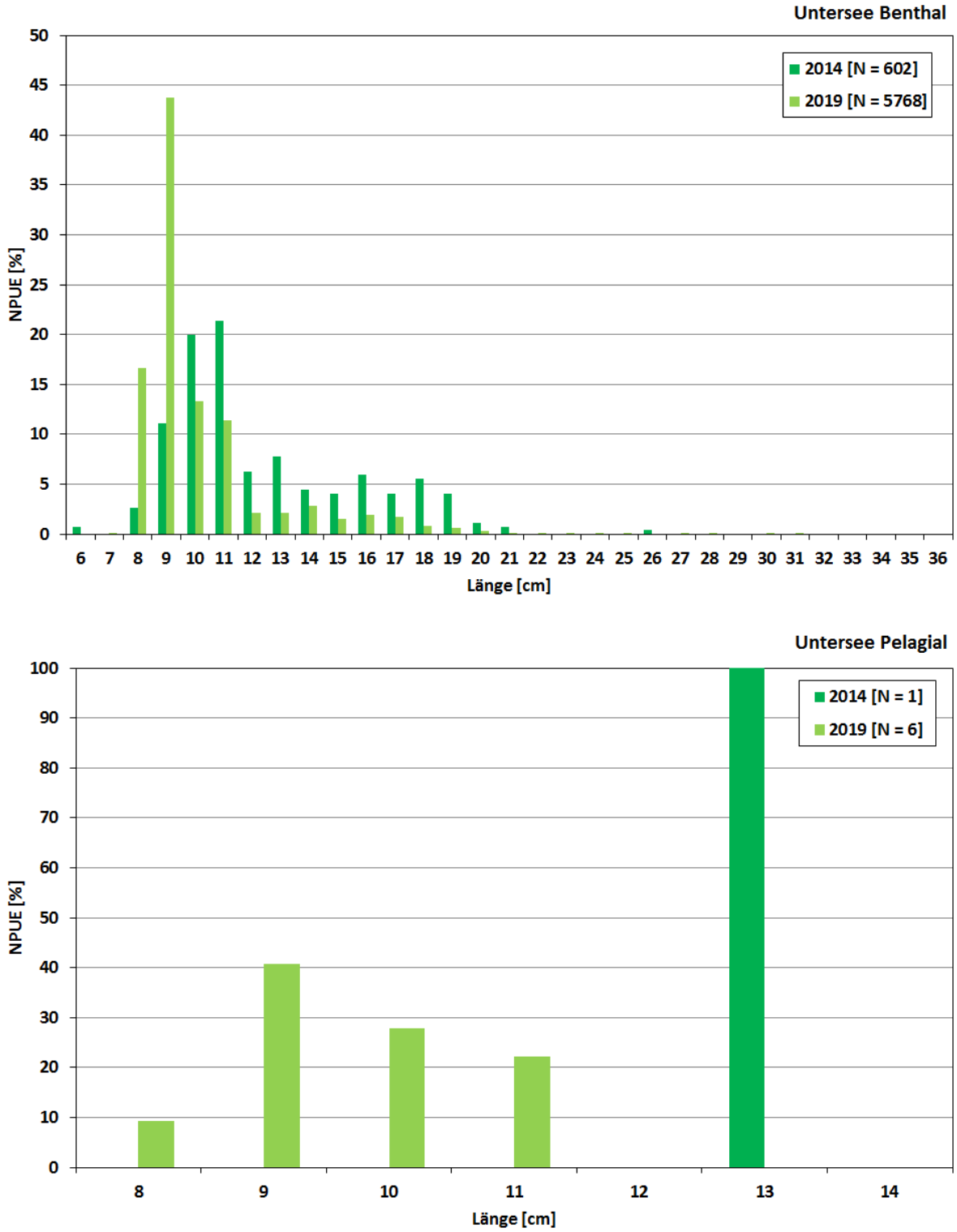
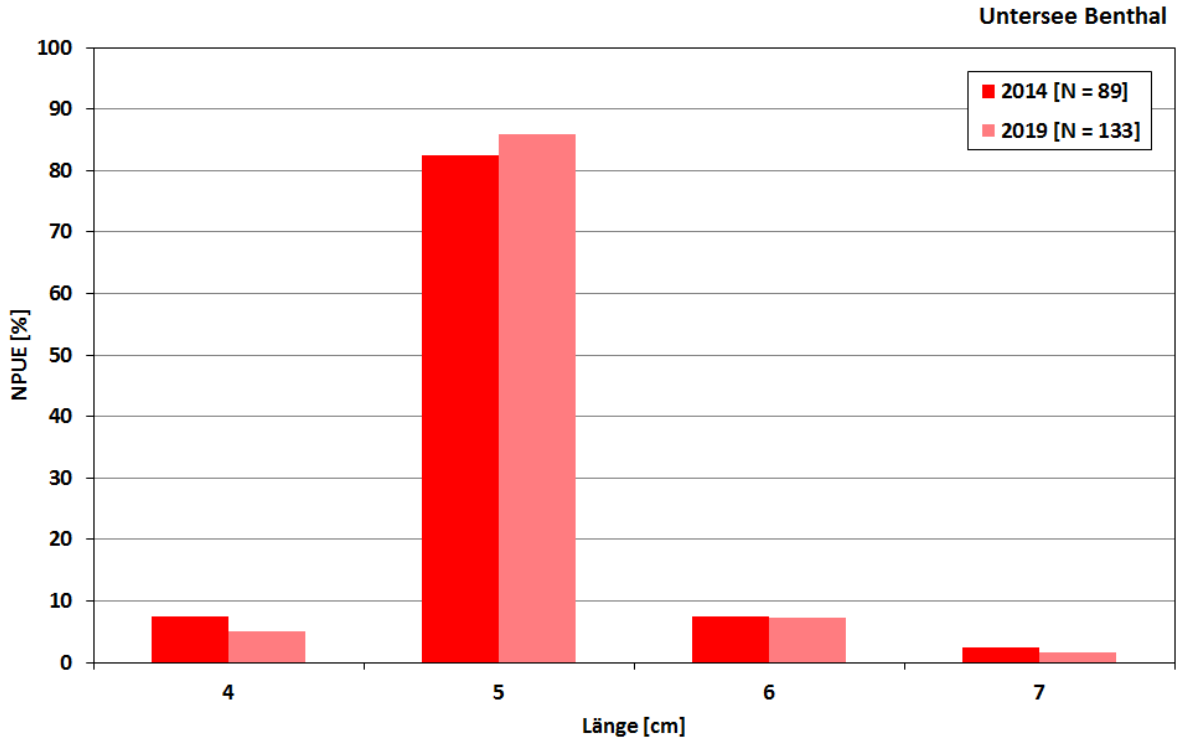


Abbildung 54 Längenhäufigkeitsverteilung der gefangenen Barsche in den Jahren 2014 und 2019



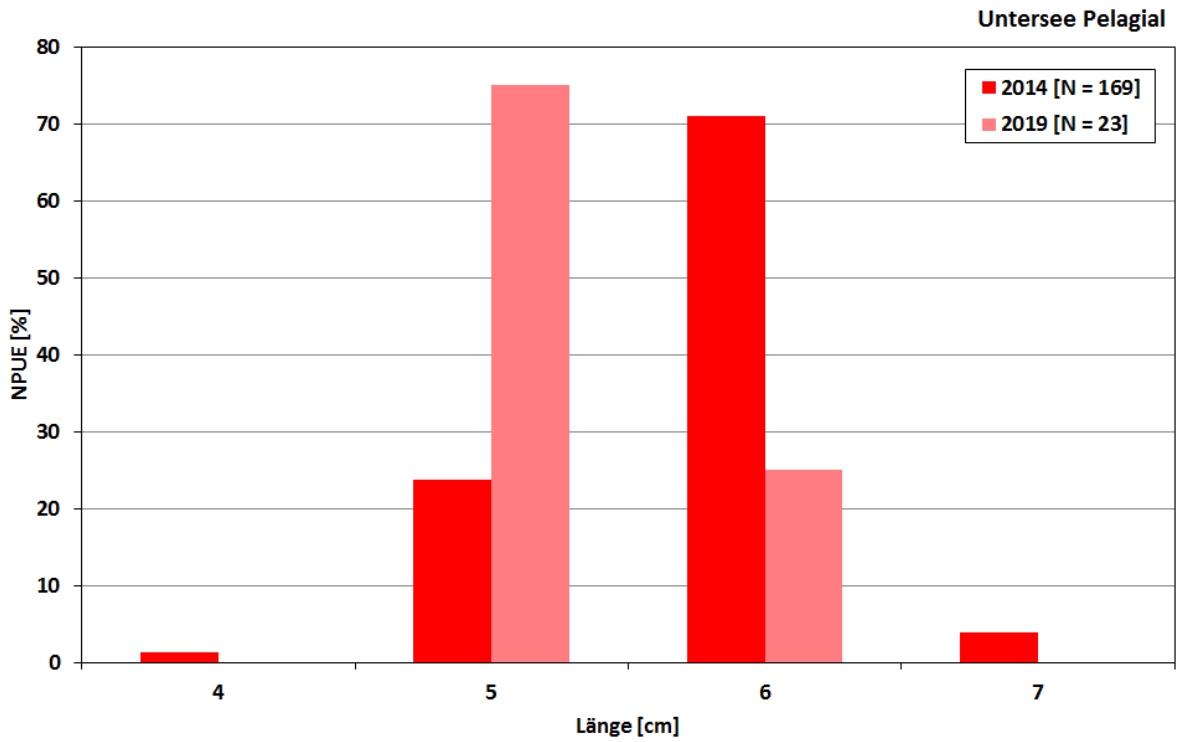


Abbildung 55 Längenhäufigkeitsverteilung der gefangenen Dreistachligen Stichlinge in den Jahren 2014 und 2019

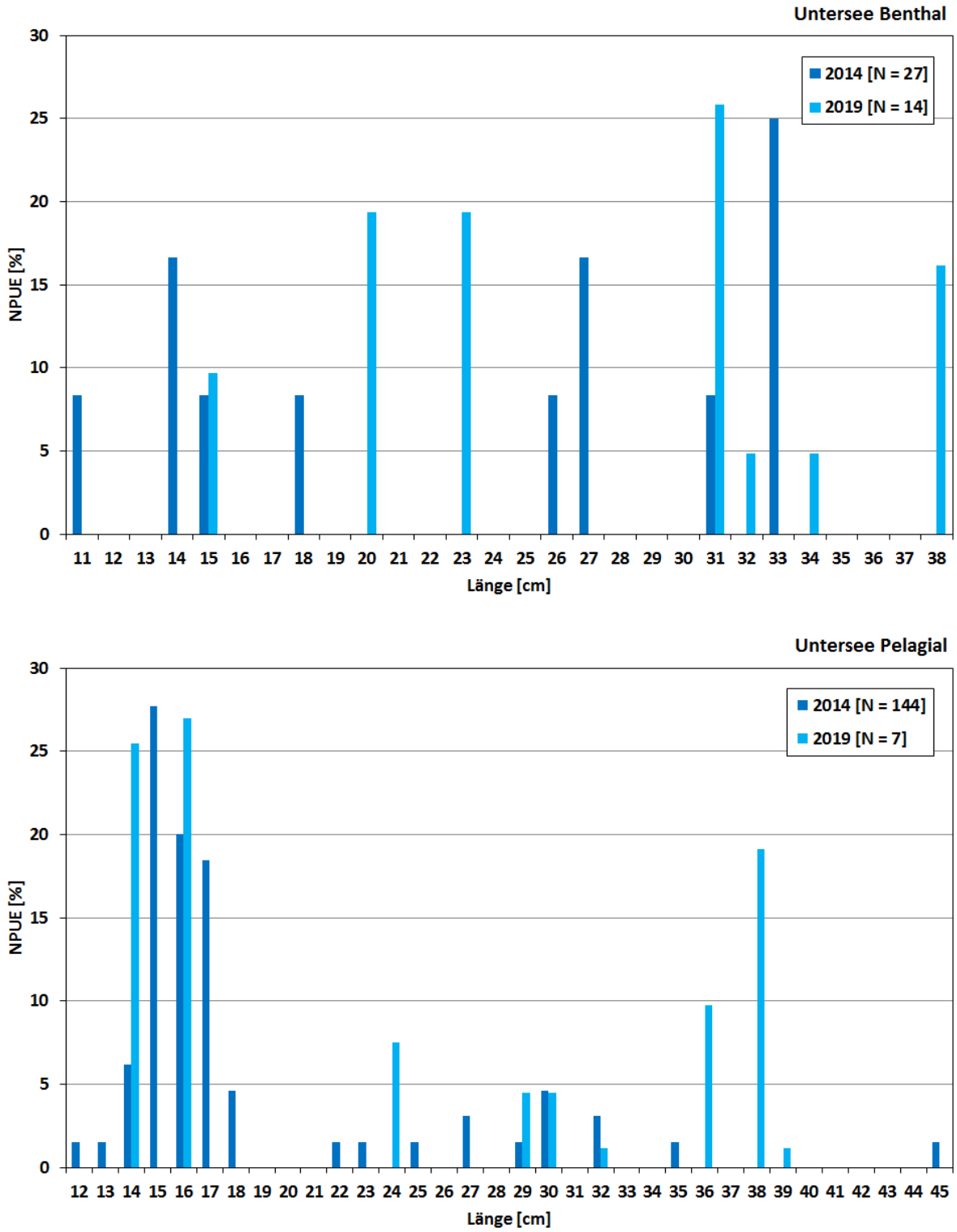


Abbildung 56 Längenhäufigkeitsverteilung der gefangenen Felchen in den Jahren 2014 und 2019

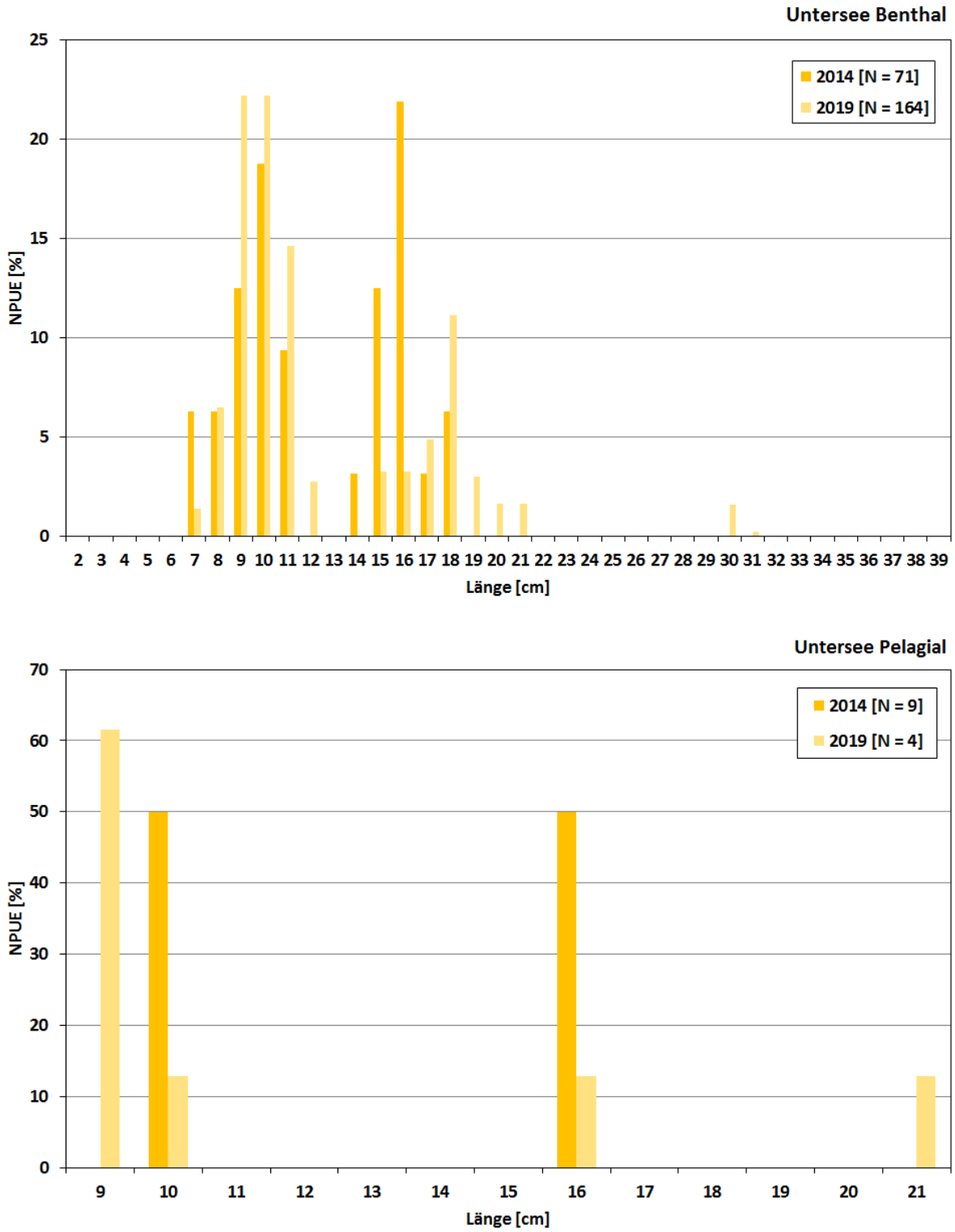


Abbildung 57 Längenhäufigkeitsverteilung der gefangenen Rotaugen in den Jahren 2014 und 2019

5.4 Volumengewichtete Anteile der Fischarten

Die Berechnung der Artanteile unter Berücksichtigung des Seevolumens erfolgte auf Grundlage der durch die LUBW im Jahr 2015 durchgeführten Tiefenvermessung. Die Daten wurden durch das Institut für Seenforschung bereitgestellt. Die Volumenanteile sind auf die Mittelwasser-Stände der beiden Seeteile bezogen (30-jähriges Mittel 1980-2010). Im Obersee entspricht dies einem Mittelwasser-Stand von 395,21 m und im Untersee von 395,04 m. Um eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Netztypen zu erreichen wurden $CPUE^{MW}$-Werte verwendet. Diese wurden anschließend mit den Volumenanteilen der jeweiligen Tiefenschicht verrechnet. Benthische und pelagische Netze wurden dabei zunächst getrennt nach den Volumenanteilen ihrer Gewässerzonen berechnet. Da Fische mobil sind und Strukturen am Gewässergrund ein vollständiges Absinken des Netzes verhindern können, wurde der benthische Bereich als Zone von 3 m Höhe über dem Gewässergrund definiert. Benthische Netze besitzen eine Höhe von 1,5 m und erfassen diesen Bereich somit etwa zur Hälfte.

Obersee

Im Obersee traten die deutlichsten Veränderungen durch den Rückgang der Stichlingsanteile auf. Zwar war der Stichling nach wie vor die häufigste Art, jedoch sank sein Anteil von 94,1 % auf 56 %. Durch den Rückgang der Stichlinge veränderten sich dementsprechend auch die Anteile aller weiteren Arten. Barsch und Felchen waren jedoch in beiden Jahren die zweit- bzw. dritthäufigste Art im Obersee. Die Zusammensetzung der weiteren Arten war in beiden Jahren ähnlich, auch wenn die Rangfolge der Häufigkeitsanteile variierte. Obwohl die Anteile der Tiefseesaiblinge und Seesaiblinge in den Fängen nur eine untergeordnete Rolle spielten, trugen diese im Jahr 2019 mit einem vergleichsweise großen Anteil zur gesamten volumengewichteten Fischgemeinschaft bei (Seesaibling 1,0 % und Tiefseesaibling 2,4 %). Die Erklärung liegt in der vergleichsweise geringen Anzahl benthischer Netze und dem enormen Anteil des Pelagials (97,1 %) am Gesamtvolumen des Sees (Abbildung 58).

Die Vergleiche der volumengewichteten Biomasseanteile des Obersees stellten ein ähnliches Bild wie die Vergleiche der Abundanz dar. Auch hier sank der Anteil der Stichlingsbiomasse deutlich (von 37,3 % in 2014 auf 8,2 % in 2019). Die Zusammensetzung der Arten die einen Biomasseanteil > 1 % vorwiesen, war zwischen den beiden Jahren ähnlich. Es traten hauptsächlich Veränderungen in der Rangfolge der Anteile auf. Diese entsprechen jedoch durchaus gewöhnlichen natürlichen Schwankungen. Der größte Anteil der Biomasse war in beiden Jahren dem Felchen zuzuschreiben. Durch den Rückgang der Stichlinge, war 2019 der Barsch die Art mit dem zweitgrößten Biomasseanteil im Obersee. Danach folgten Stichling und Rotauge. Allgemein war der Anteil der Cypriniden im Jahr 2019 größer, dies zeigte sich vor allem durch den erhöhten Anteil von Rotauge und Ukelei. Der Anteil der Seesaiblingsbiomasse lag in beiden Jahren über einem Prozent. Trotz des größeren Individuenanteils lag die Biomasse des Tiefseesaiblings, aufgrund seiner geringeren Größe, unter einem Prozent (0,6 %).

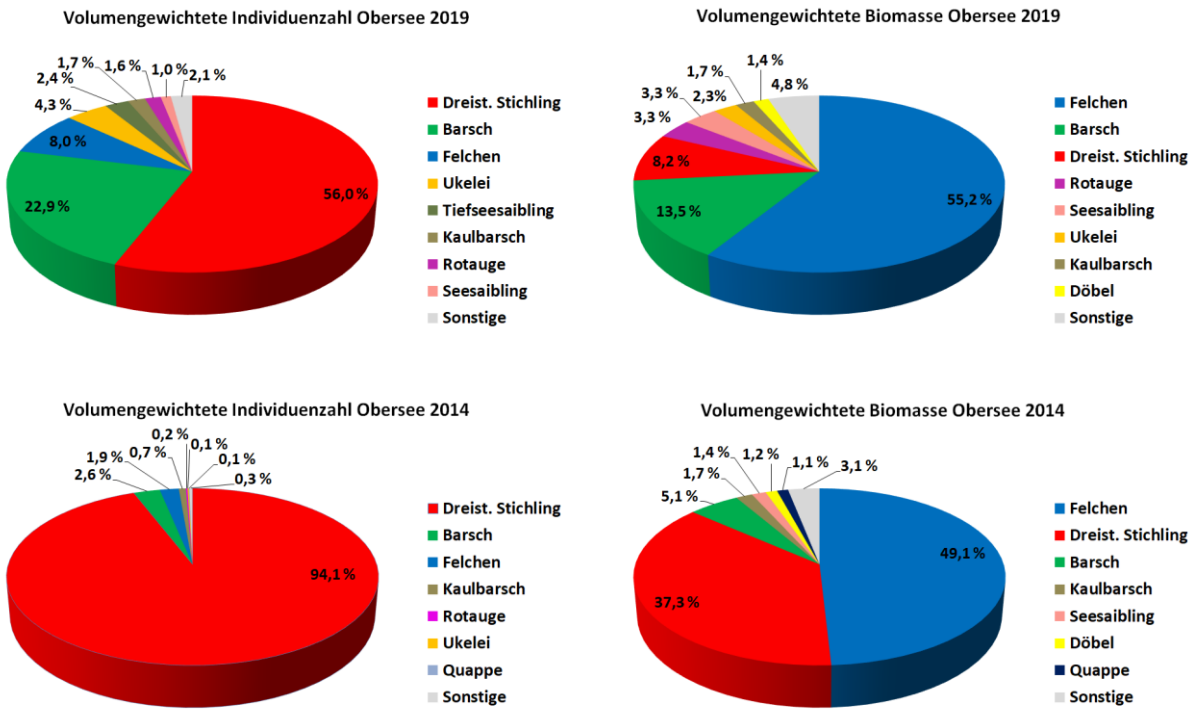


Abbildung 58 Volumengewichtete Individuen- und Biomasseanteile der Fischarten im Obersee

Untersee

Die Entwicklungstrends der Stichlings- und Barschanteile im Untersee glichen sehr den Entwicklungen im Obersee. Auch hier sank der Anteil der Stichlinge und der Anteil der Barsche nahm zu. Im Gegensatz zum Obersee waren im Untersee jedoch starke Rückgänge der Felchenanteile zu verzeichnen (Abbildung 59). So sanken die Individuenanteile von 16,6 % auf 1,6 % und die Biomasseanteile von 41,5 % auf 13,9 %. Auch hinsichtlich der Artzusammensetzung der Arten die mehr als ein Prozent Anteil der Fischgemeinschaft betrugen waren im Untersee mehr Veränderungen erkennbar. 2014 waren neben Barsch, Stichling und Felchen, Kaulbarsch und Rotauge die einzigen beiden Arten deren Individuenanteil mehr als ein Prozent vom Gesamtanteil betrug. 2019 war die Verteilung der Arten ausgeglichener und es kamen weitere Arten hinzu. Zu diesen zählten Ukelei, Schleie, Brachse und Hecht. Die Betrachtung der Biomasseanteile offenbarte ebenfalls deutliche Veränderungen der Zusammensetzung der Arten mit einem Anteil von über einem Prozent (Abbildung 59). Insbesondere der Anteil von Raubfischen wie Zander (9,6 %), Hecht (7,8 %) und Wels (2,0 %) stieg im Jahr 2019 deutlich. Demgegenüber fiel der Anteil der Kaulbarschbiomasse auf unter ein Prozent (0,3 %).

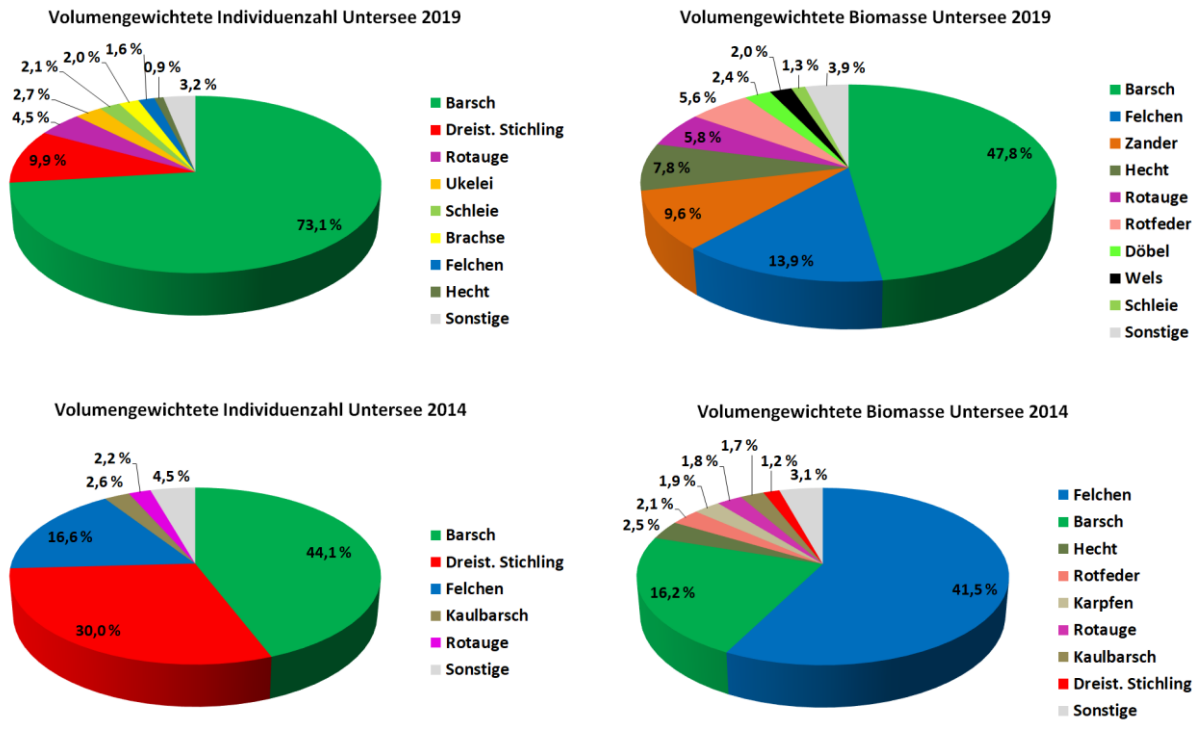


Abbildung 59 Volumengewichtete Individuen- und Biomasseanteile der Fischarten im Untersee

6 Ergebnisse der Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie

Für die Bewertung der Qualitätskomponente Fisch nach WRRL wird in Deutschland der „Lake Fish Index“ herangezogen. Dieser untergliedert sich in zwei Module: das DeLFI-Site und das DeLFI-Type Modul (Ritterbusch und Brämick 2015). Das Site-Modul wurde für Seen ab 1 ha Größe, einer Maximaltiefe von mehr als 50 m oder einem hohen Volumen/Flächenquotient entwickelt. Zudem ist es speziell für die Bewertung alpiner Seen geeignet und damit das zur Bewertung des Bodensees relevante Modul. Bei der Bewertung werden das Arteninventar und dessen semiquantitative Häufigkeiten herangezogen. Dabei können Informationen aus gezielten Befischungen, der Fischerei, Fachliteratur und Expertenwissen miteinbezogen werden. Um ein möglichst umfassendes Bild der tatsächlich im Gewässer vorkommenden Fischfauna zu erhalten, werden jedoch standardisierte Befischungen eindringlich empfohlen (Gassner et al. 2014). Dabei sollten die verschiedenen Habitate (Benthal, Pelagial und Litoral) getrennt mit geeigneten Befischungstechniken erfasst werden. Für das Benthal und Pelagial werden dabei unter anderem Multimaschenkiemennetze empfohlen und für das Litoral unter anderem Elektrobefischungen (Gassner et al. 2014). Die 2019 eingesetzten Befischungstechniken entsprechen somit den Anforderungen des DeLFI-Site Moduls. Neben dem Ist-Zustand der Fischgemeinschaft wird eine Referenzfischgemeinschaft erstellt, welche einen möglichst anthropogen unbeeinflussten Zustand des Gewässers darstellt. Die Bewertung des Gewässers erfolgt aufgrund von Abweichungen der beiden Fischgemeinschaften voneinander.

6.1.1 Bewertung des Obersees nach DeLFI-Site

Als Grundlage für die Bewertung des Bodensee- Obersees (Seetyp LAWA 4) diente dieselbe Rahmenreferenz wie bereits im Jahr 2014. Es wurde erneut ein guter ökologischer Zustand ermittelt. Der EQR lag im Jahr 2019, wie in der vorangegangenen Untersuchung, bei 0,78 (Alexander et al. 2016).

Tabelle 37 Artenliste und Abundanzklassen der Rahmenreferenz für den Bodensee-Obersee

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

Tabelle 38 Artenliste und Abundanzklassen der See-spezifischen Arten für den Bodensee-Obersee

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

Tabelle 39 Zusammenstellung der Metrics und der Bewertung nach DeLFI-Site für den Bodensee-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	9	davon heute	9	**5**
Anzahl Habitatgilden	4	davon heute	4	**5**
Anzahl Reproduktionsgilden	4	davon heute	4	**5**
Abundanzen				
Abundanz häufige Arten	9	davon heute	6	**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**
Vernetzung	Metric nutzen? Nein / Ja	5	**na**

Ist der See im Referenzzustand vernetzt?

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

6.1.2 Bewertung des Untersees nach DeLFI-Site

Die Bewertung des Untersees (Seetyp LAWA 2) mittels des DeLFI-Site Moduls ergibt einen EQR von 0,78. Dies entspricht, einem guten, ökologischen Zustand und ist damit identisch mit der Bewertung aus dem Jahr 2014 (Alexander et al. 2016).

Tabelle 40 Artenliste und Abundanzklassen der Rahmenreferenz für den Bodensee-Untersee

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

Tabelle 41 Artenliste und Abundanzklassen der seespezifischen Arten für den Bodensee-Untersee

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

Tabelle 42 Zusammenstellung der Metrics und der Bewertung nach DeLFI-Site für den Bodensee-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	7	**5**
Anzahl Habitatgilden	4	davon heute	4	**5**
Anzahl Reproduktionsgilden	4	davon heute	4	**5**
Abundanzen				
Abundanz häufige Arten	8	davon heute	6	**3**
Abundanz Habitatgilden				
littoral	profundal	epilimnisch	hypolimnisch	**kombiniert**
5,0	5,0	5,0	na	**5**
Abundanz Reproduktionsgilden				
lithophil	phyto-lithophil	phytophil	psammophil	**kombiniert**
3,7	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:	**37**
EQR:	**0,78**
Ökologische Statusklasse See:	**gut**

Berücksichtigung optionaler Metrics

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

7 Zusammenfassung

7.1 Fischökologische Bewertung des Bodensees

7.1.1 Obersee

Artenvielfalt

Mit insgesamt mindestens 30 Arten (Felchen werden hier als eine Art gezählt) wurden 2019 drei Arten mehr als im Jahr 2014 gefangen. Zu den 2014 nicht nachgewiesenen Arten zählten der nicht heimische Blaubandbärbling sowie Bitterling, Karausche und Seeforelle. Der Gründling wurde 2019 nicht gefangen. Unter den 2019 nachgewiesenen Arten befanden sich fünf gebietsfremde Arten. Die meisten der ursprünglich im Bodensee beschriebenen Arten wurden auch 2019 im Bodensee dokumentiert. Der Kilch als ausgestorbene, endemische Art wurde auch 2019 nicht nachgewiesen.

Individuendichte

Die durchschnittlich in den Netzen nachgewiesen Abundanz ging im Vergleich zu 2014 zurück. Besonders betroffen war dabei das Pelagial mit einem drastischen Rückgang von nahezu 80 %. Stichling und Felchen sind dabei für den Hauptanteil des Rückgangs verantwortlich.

Im Gegensatz zum starken Nachlassen der Fangzahlen zeigte die Dominanzverteilung der Arten keine deutlichen Veränderungen. Im Benthal war der Barsch erneut die dominierende Art. Kaulbarsch, Dreistachliger Stichling und Rotauge wurden hier ebenfalls häufig gefangen, obwohl der Anteil der beiden erstgenannten Arten zu Gunsten des Barsches zurückging. Die dominierenden Arten des Pelagials waren 2019 Stichling und Felchen, wobei der Stichlinge deutlich häufiger nachgewiesen wurde. Auch wenn die Menge der Stichlinge im gesamten See nicht mehr so groß wie 2014 ist, so ist der Obersee auch 2019, basierend auf den Dominanzverhältnissen, noch immer als Stichlingssee einzustufen. Ob ein weiterer Rückgang der Stichlingsbestände stattfinden wird, kann derzeit nicht prognostiziert werden. Eine sichere Beantwortung dieser Frage kann nur durch ein regelmäßiges Monitoring der Fischbestände erfolgen.

Wie schon im Jahr 2014 wurden auch 2019 Tiefseesaiblinge gefangen. Zusätzlich zu den 2014 dokumentierten Fangorten, am und in der Nähe des Fließhorns (Überlinger See), wurden 2019 an drei weiteren Stellen vor Arbon und an einer weiteren Stelle vor Fischbach Tiefseesaiblinge dokumentiert. Die Fänge deuten somit auf eine Verbreitung der Art im See hin, wobei die Anzahl der gefangenen Individuen in den beiden Jahren in etwa gleich hoch war.

Auch wenn die ursprünglichen Fischarten des Obersees zu einem großen Teil noch im See anzutreffen sind, weichen die Dominanzstrukturen deutlich vom ursprünglichen Zustand des Sees ab. Insbesondere der invasive Dreistachlige Stichling, als die häufigste Art im See weist auf eine starke Abweichung vom ursprünglichen Charakter der Fischgemeinschaft hin. Hinzu kommt das Aussterben des Kilchs als einer ehemals häufigen Fischart des Sees.

7.1.2 Untersee

Artenvielfalt

Im Untersee wurden 2019 mit 21 Arten zwei Arten weniger als 2014 dokumentiert. Zu den nicht wieder nachgewiesenen Arten zählten Bachforelle und der gebietsfremde Sonnenbarsch. Beide Arten wurden auch 2014 nur vereinzelt dokumentiert und sind daher nicht zwingend verschollen. Unter den 2019 nachgewiesenen Arten befanden sich drei gebietsfremde Arten.

Individuendichte

Die durchschnittlichen Fangzahlen in den Netzen zeigten im Pelagial einen ähnlich starken Rückgang wie im Obersee. Der Rückgang war auch hier hauptsächlich auf Rückgänge bei Stichling und Felchen zurückzuführen, wobei der Rückgang der Felchen drastischer als im Obersee ausfiel und dadurch auch der Rückgang der gesamten Biomasse des Pelagials deutlicher zurückging. Im Benthal konnte hingegen eine Zunahme der durchschnittlichen Fangzahlen beobachtet werden. Diese resultierte vorwiegend aus einer Zunahme der Barschfänge.

Die Dominanzstruktur des Benthals war sehr ähnlich in den beiden Untersuchungsjahren. In beiden Fällen dominierte der Barsch. Die auffälligsten Unterschiede waren ein Rückgang der Anteile von Stichling und Kaulbarsch. Im Pelagial war der Anteil der dominierenden Art, dem Stichling, unverändert. Der Rückgang der Felchen zeichnete sich hier jedoch auch im Anteil der gefangenen Felchen ab. Aufgrund der volumengewichteten Berechnung der Artanteile kann der Untersee als ein Barsch dominiertes Gewässer beschrieben werden. Aufgrund des starken Rückgangs der Felchenfangzahlen spielen diese, im Gegensatz zu 2014, bei der Einstufung des Gewässers keine Rolle mehr.

7.2 Bewertung nach WRRL

Die Bewertung von Ober- und Untersee wurde mit dem DeLFI-Site Modul durchgeführt. Für beide Seeteile wurde ein guter ökologischer Zustand festgestellt.

Im Vergleich zu anderen natürlichen, oligotrophen Voralpenseen nimmt der Bodensee eine Sonderstellung ein. Während Stichling und Barsch hinsichtlich der Individuendichte die beiden dominierenden Arten im See darstellen, ist das Felchen hier nur die dritthäufigste Art. In anderen im Rahmen von „Projet Lac“ untersuchten Voralpenseen war das Felchen jedoch die dominierende Art. Zudem konnten sich in den anderen untersuchten Seen gebietsfremde Arten nicht (Thundersee, Brienzersee und Walensee) oder kaum (Vierwaldstättersee) durchsetzen (Alexander et al. 2016). Dennoch wird im Bodensee der gute ökologische Zustand auf Basis des verwendeten Bewertungsverfahren erreicht.

7.3 Entwurf eines regelmäßigen Monitorings

Auch wenn die Auswertungen zum Entwurf eines regelmäßigen Monitorings am Bodensee im vorliegenden Bericht nicht dargestellt sind, zeigen die bereits durchgeführten Auswertungen, dass die verwendeten Befischungstechniken für den Bodensee geeignet sind und bspw. die Anforderungen der WRRL erfüllen. Die Artenvielfalt des gesamten Sees wurde durch die Befischungen erfasst, die quantitative relative Abundanz und Biomasse konnte in Form des CPUE dargestellt sowie alle Längenklassen der häufigen Fischarten und somit auch die Vollständigkeit der Altersstruktur im Gewässer nachgewiesen werden.

Zu den weiteren Ergebnissen, die im Projektbericht detailliert dargestellt werden, zählen:

- Trotz des nach CEN Protokoll (DIN 14757) reduzierten Befischungsaufwandes konnte die geforderte Präzision zum Nachweis der im Benthal dominierenden Fischarten erfüllt werden
- Ein auf den Fischgemeinschaften der Tiefenzonen basierender Monitoring-Ansatz konnte die notwendige Netzzahl, unter Beachtung des Nachweises aller Fischarten und Einhaltung der geforderten Präzision, deutlich reduzieren
- Eine habitatspezifische Netzbefischung der Flachwasserzonen führte, aufgrund mangelnder Habitat-charakteristischer Fischgemeinschaften, nicht zu einer Reduzierung der Netzanzahl
- MOD-Netze reduzieren die fischereiliche Sterblichkeit sowie den Arbeitsaufwand bei gleichzeitig unbeeinflusster Fängigkeit und Erfassung der Fischgemeinschaft, sodass MOD-Netze eine den CEN-Netzen äquivalente bzw. überlegene Befischungstechnik für den Bodensee darstellen

Der Bodensee ist ein besonders anspruchsvolles Gewässer für ein regelmäßiges, fischbasiertes Monitoring. Dies ist nicht allein auf seine Größe und Tiefe zurückzuführen, auch die Charakteristik der Fischgemeinschaft selbst erschwert die präzise Darstellung einiger Arten. Mit 30 Arten besitzt der Bodensee eine vergleichsweise hohe Artenvielfalt. Gleichzeitig wird die Artzusammensetzung stark durch wenige Arten geprägt. Im Benthal herrscht eine deutliche Dominanz des Barsches vor, während das Pelagial durch die starke Präsenz der Stichlinge charakterisiert ist. Viele weitere Arten sind dagegen so selten im Gewässer vertreten, dass sie im Vergleich zu den dominanten Arten in den Netzbefischungen praktisch kaum eine Rolle spielen. Ein regelmäßiges Monitoring kann somit zwar, wie es das CEN-Protokoll (DIN 14757) fordert, die Bestandsveränderungen der dominierenden Arten belastbar erfassen und auch die Artenvielfalt des Sees präzise widerspiegeln, eine exakte Darstellung der Anteile vieler untergeordneten Arten ist durch Einzelbefischungen nur eingeschränkt möglich. Dennoch geben Zeitreihen, die durch ein regelmäßiges Monitoring erhoben werden könnten, auch Aufschluss über die Bestandsentwicklung von seltenen Arten. Zu diesen zählen häufig auch gefährdete Arten und damit stellen die Daten aus Monitoring-Programmen eine wertvolle Informationsgrundlage für einen erfolgreichen Artenschutz dar.

Der Umfang für ein zukünftiges Monitoring (Netzzahlen) im Bodensee konnte bereits auf Grundlage der 2019 erhobenen Befischungsdaten festgelegt werden. Dabei wurden die Anforderungen des CEN-Protokolls (DIN 14757) hinsichtlich der darin geforderten Präzision der dominierenden, benthischen Arten berücksichtigt und erfüllt. Die Berechnung der benthischen Netzzahlen erfolgte aufgrund von tiefenabhängigen, benthischen Fischgemeinschaften und den darin vorkommenden domminierenden Arten, sowie der dort nachgewiesenen Artenvielfalt (Degerman et al. 1988). Der wesentliche Faktor zur Berechnung der Netzzahlen ist dabei die Probennahmevarianz, diese wird durch die Homogenität der Häufigkeit der dominierenden Arten bestimmt. Durch die Berechnung auf Grundlage der tiefenabhängigen Fischgemeinschaften konnte eine deutliche Reduzierung der Netzzahlen erreicht werden. Die im CEN-Protokoll genannten Vorgaben für pelagische Befischungen wurden ebenfalls erfüllt.

Neben der Größe und der speziellen Charakteristik der Fischgemeinschaft ist der Faktor Kontinuität der Zusammensetzung der Fischgemeinschaft eine weitere Herausforderung für ein auf lange Sicht angelegtes Monitoring im Bodensee. In der Vergangenheit durchlief der Bodensee bereits deutliche Veränderungen,

die sich mitunter auf die Fischgemeinschaft auswirkten (z.B. Eckmann & Rösch 1998, Sabel et al. 2020). Die Abweichung des trophischen Niveaus von seinem natürlichen Zustand spielte dabei eine wesentliche Rolle (IGKB 2013). Heute stellen Faktoren wie der Klimawandel, die zunehmende Besiedelung invasiver Arten oder veränderte anthropogene Nutzungsformen neue Einflussgrößen dar. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf das Ökosystem allgemein und speziell die Entwicklung der Fischgemeinschaft im See sind derzeit jedoch weitestgehend unklar. Weitere Veränderungen in der Fischdichte und/oder der Dominanzstruktur sind jedoch nicht ausgeschlossen. Da die Aussagekraft des Monitorings allerdings direkt von diesen Eigenschaften der Fischgemeinschaft abhängt, wird grundsätzlich jede Fischbestandsuntersuchung hinsichtlich ihrer Darstellungskraft überprüft. So können nicht nur die gewonnenen Daten korrekt interpretiert werden, im Falle von deutlichen Veränderungen der Fischgemeinschaft kann das Monitoring auch neuen Gegebenheiten angepasst werden.

7.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen aus den beiden Untersuchungsjahren

Der Bodensee ist ein außergewöhnlich gut untersuchtes Gewässer mit einer langen wissenschaftlichen Geschichte. Dennoch war lange Zeit wenig über die tatsächliche Zusammensetzung der Fischgemeinschaft des Bodensees bekannt. Die meisten Untersuchungen beschäftigten sich ausschließlich mit den kommerziell genutzten Arten und beruhen daher auf den Fangstatistiken der beruflichen Fischerei. Fischereilich genutzte Netze werden jedoch sehr art- und größenspezifisch gestellt und können allein kein vollständiges Bild zum Zustand einer Art oder gar der gesamten Fischgemeinschaft liefern.

Im Jahr 2014 erfolgte erstmals ein fischökologisches Monitoring zur Erfassung der gesamten Fischbestände in Ober- und Untersee. Dabei wurde der als ausgestorben geglaubte Tiefseesaibling wiederentdeckt und eine bisher unbekannte Dichte und Verbreitung des Stichlings im Pelagial des Obersees festgestellt. Das Monitoring von 2019 bestätigte diese für einen oligotrophen Voralpensee außergewöhnlichen Ergebnisse. Die auffälligste neue Erkenntnis war jedoch der allgemeine drastische Rückgang der Fangzahlen, insbesondere im Pelagial. Um deren Ursachen aufzudecken sind weitere, hierauf aufbauende Untersuchungen notwendig.

Neben den Rückgängen der Fänge waren zudem Veränderungen in der Artzusammensetzung erkennbar. Ein Beispiel ist der Rückgang des Kaulbarsches in den Fängen. Der Kaulbarsch ist eine an eutrophe Bedingungen angepasste Art (Bergmann 1991, Olin et al. 2002). Anfang der 1990er war er im Bodensee die dominierende Art des Litorals (Rösch & Schmid 1996). In den letzten 20 Jahren gingen seine Bestände jedoch zurück. Dieser Trend setzt sich in den Befischungsergebnissen von 2014 und 2019 fort und ist ein Indiz dafür, dass sich die Fischfauna im Bodensee in einem dynamischen Wandel befindet. Welche Faktoren mit welcher Intensität zu diesem Wandel beitragen, kann jedoch letzten Endes nur durch ein regelmäßiges Monitoring beantwortet werden. Dazu zählt auch der aktuelle Einbruch der Felchenfänge im Untersee dessen Ursachen noch weitgehend unklar sind.

Durch die zweite Befischung 2019 wurden weitere interessante Entwicklungen dargestellt. So nahm beispielsweise die Anzahl der nachgewiesenen Welse im Bodensee 2019 zu. Durch ein regelmäßiges Monitoring ist die Dokumentation der Entwicklung der Bestände möglich und daraus resultierende Auswirkungen auf das Ökosystem (Vejřík et al. 2017) können erkannt werden. Im Falle der Notwendigkeit eines zukünftigen Managements der Welsbestände, unterstützen die aus dem Monitoring gewonnenen

Ergebnisse die Begründung und Gestaltung eines solchen. Neben vermehrten Nachweisen von Welsen nahmen auch Anzahl und proportionaler Anteile weiterer Raubfische im Untersee zu. Dazu zählten neben dem zumindest teilweise räuberisch lebenden Barsch vor allem Zander und Hecht. Inwieweit dies eine permanente Zunahme der Bestände darstellt oder auf jährlichen Bestandsschwankungen, beziehungsweise auf standortabhängige Unterschiede der Netze in den beiden Untersuchungsjahren zurückzuführen ist, kann ebenfalls nur eine regelmäßige, standardisierte Erhebung der Fischfauna beantworten.

Abschließend unterstreichen die Ergebnisse des „Projet Lac“ die Notwendigkeit und den Mehrwert eines regelmäßigen Monitorings. Die beiden bisher durchgeführten Untersuchungen stellen lediglich „Schnappschüsse“ der Fischgemeinschaft zu den jeweiligen Zeitpunkten der Befischungen dar. Diese sind aufgrund fehlender Vergleichsdaten nur schwer in die historische Entwicklung der Fischbestände im Bodensee einzuordnen. Es benötigt somit eine ganze Reihe von objektiv erhobenen „Schnappschüssen“, die dann zu einem gesamten „Film“ zusammengesetzt werden können, um die Entwicklung der Fischgemeinschaft besser zu verstehen und die Bedeutung einzelner Einflussfaktoren gezielt ableiten zu können. Nur so ist es möglich Daten in Relation zu setzen und Zusammenhänge zu erkennen, was letzten Endes die Grundlage für Prognosen und Managementpläne der Fischbestände darstellt.

8 Literatur

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

Bergman, E. (1991). Changes in abundance of two percids, Perca fluviatilis and Gymnocephalus cernuus, along a productivity gradient: relations to feeding strategies and competitive abilities. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48(4), 536-545.

Bonar, S. A., and W. A. Hubert (2002) Standard sampling of inland fish: benefits, challenges, and a call for action. *Fisheries* 27: 10–16.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M., 2001: Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. – PRIMER-E; Plymouth

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

Degerman, E. R. I. K., Nyberg, P., & Appelberg, M. A. G. N. U. S. (1988). Estimating the number of species and relative abundance of fish in oligotrophic Swedish lakes using multi-mesh gillnets. *Nordic Journal of Freshwater Research*, *64*(1), 91-100.

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

Gassner, H., Achleitner, D., Luger, M., Ritterbusch, D., Schubert, M., Volta, P. (2014). Water Framework Directive Intercalibration Technical Report - Alpine Lake Fish fauna ecological assessment methods, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability

IGKB 2013. Faktenblatt „Phosphor im See“, Internationale Gewässerschutzkommissin für den Bodensee

Kottelat, M., and J. Freyhof. 2007. Handbook of European Freshwater Fishes. Cornol, Switzerland: Publications Kottelat.

Von Löffler, H. (1984). Zur Ökologie des Brachsen (*Abramis brama* (L.)) im Bodensee. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, 46(1), 147-162.

LUBW (2015). Überwachungsprogramme Fließgewässer – Seen – Grundwasser, Aktualisierung 2015 zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Baden-Württemberg, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Olin, M., Rask, M., Ruuhljärvi, J., Kurkilahti, M., Ala-Opas, P., & Ylönen, O. (2002). Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. Journal of Fish Biology, 60(3), 593-612.

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

Rösch, R., & Schmid, W. (1996, January). Ruffe (Gymnocephalus cernuus L.), newly introduced into Lake Constance: preliminary data on population biology and possible effects on whitefish (Coregonus lavaretus L.). In Annales Zoologici Fennici (pp. 467-471). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

Sabel, M., Eckmann, R., Jeppesen, E., Rösch, R., & Straile, D. (2020). Long-term changes in littoral fish community structure and resilience of total catch to re-oligotrophication in a large, peri-alpine European lake. Freshwater Biology, 65(8), 1325-1336.

Vejřík, L., Vejříková, I., Blabolil, P., Eloranta, A. P., Kočvara, L., Peterka, J., ... & Čech, M. (2017). European catfish (Silurus glanis) as a freshwater apex predator drives ecosystem via its diet adaptability. Scientific reports, 7(1), 1-15.