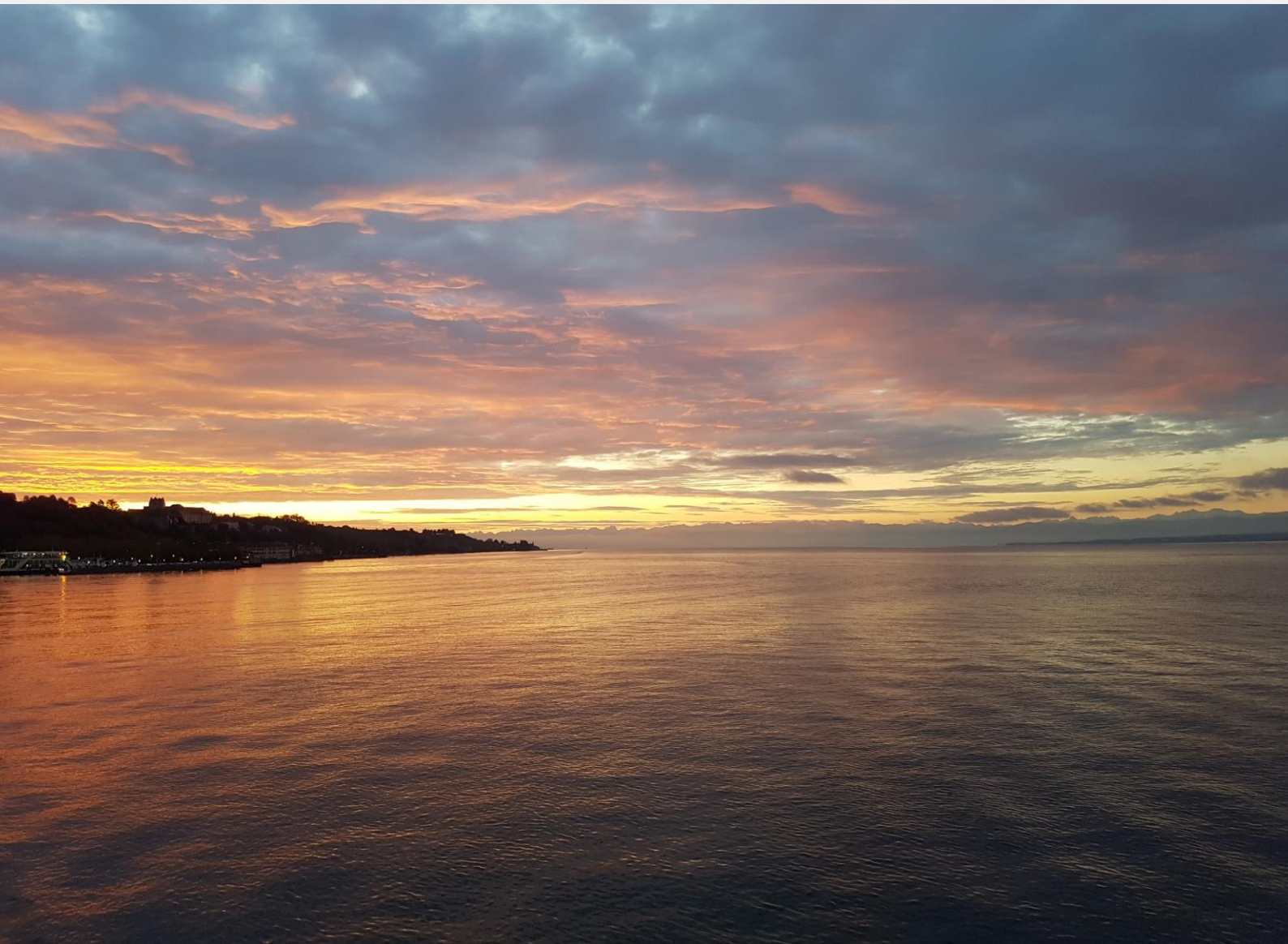
STANDARDISIERTE BEFISCHUNGEN BODENSEE

Resultate der Erhebungen von 2014, 2019 und 2024



Impressum

Auftraggeber
Internationale Bevollmächtigtenkonferenz
für die Bodenseefischerei (IBKF)
Internationale Gewässerschutzkommission
für den Bodensee (IGKB)

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

In Zusammenarbeit mit: Aquatic Consulting
https://aquatic-consulting.ch/

Autoren
Pascal Vonlanthen: p.vonlanthen@aquabios.ch
Antoine Roulin: antoine.roulin@aquabios.ch
Tim Alexander: tim@aquaticconsulting.ch

Zitiervorschlag: Vonlanthen, P., Roulin, A. & Alexander, T., 2026. Standardisierte Ganzseebefischung Bodensee – Resultate der Erhebungen von 2014, 2019 und 2024. Aquabios GmbH, Aquatic Consulting. Auftraggeber: IBKF.

Foto Titelseite: Aussicht auf den Bodensee.

Danksagung
Ein besonderer Dank gilt den vielen Personen, die das Projekt auf verschiedenste Weise unterstützt haben und deren Einsatzbereitschaft massgeblich zu dessen Gelingen beigetragen hat. Dazu gehören die staatlichen Fischereiaufseher an Ober- und Untersee, die Sachverständigen der IBKF, die Befischungsteams von 2014, 2019 und 2024, Robert Obad von der LUBW und die vielen Helfer der FFS. Der IBKF danken wir für den spannenden Auftrag.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS 3

1 ZUSAMMENFASSUNG 5

1.1 EINLEITUNG 5
1.2 BODENSEE-OBERSEE 5
1.3 BODENSEE-UNTERSEE 6
1.4 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN 7

2 AUSGANGSLAGE 8

2.1 HINTERGRUND 8
2.2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN UND SEEBEWERTUNG 8
2.3 BEWERTUNG DES SEEZUSTANDS 9
2.4 FISCHE ALS INDIKATOREN FÜR DEN ZUSTAND EINES SEES 9
2.5 ZIELSETZUNG DER STANDARDISIERTEN BEFISCHUNGEN DES BODENSEES VON 2014, 2019 UND 2024 10
2.6 DER BODENSEE 10

3 METHODEN 11

3.1 DATENGRUNDLAGE 11
3.2 ZUSÄTZLICH EINBEZOGENE DATEN 16
3.3 STATISTIK 27

4 OBERSEE 30

4.1 ROHFANGDATEN BEFISCHUNG 2024 30
4.2 ARTENVIELFALT 32
4.3 FISCHBESTAND GESAMTER SEE 34
4.4 FISCHBESTAND NACH LEBENSRAUM 38
4.5 LÄNGENVERTEILUNG 60
4.6 KÖRPERKONDITION DER FISCHE 62
4.7 VERÄNDERUNG FANGBARER FISCHBESTAND 64
4.8 VERGLEICH MIT BLAUFELCHEN-MONITORINGDATEN 65
4.9 VERGLEICH MIT BERUFSFISCHERFÄNGEN 66
4.10 VERGLEICH MIT ECHOLOTAUFNAHMEN 66
4.11 BEWERTUNG NACH WASSERRAHMENRICHTLINIE 67

5 UNTERSEE 69

5.1 ROHFANGDATEN BEFISCHUNG 2024 69
5.2 ARTENVIELFALT 69
5.3 FISCHBESTAND GESAMTER SEE 72
5.4 FISCHBESTAND NACH LEBENSRAUM 75
5.5 LÄNGENVERTEILUNG 92
5.6 KÖRPERKONDITION DER FISCHE 94
5.7 VERÄNDERUNG FANGBARER FISCHBESTAND 96
5.8 BEWERTUNG NACH WASSERRAHMENRICHTLINIE 97

6 VERGLEICH ZWISCHEN SEEN 98

6.1 FISCHARTENZUSAMMENSETZUNG 98
6.2 VERGLEICH GESAMTFISCHBESTAND DER SEEN 100
6.3 VERGLEICH ZWISCHEN SEEN DES BESTANDS AN FANGBAREN FISCHEN 102

7 SYNTHESE 104

7.1 BODENSEE-OBERSEE 104
7.2 BODENSEE-UNTERSEE 107

8 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN 110

9 GLOSSAR 112

10 LITERATURVERZEICHNIS 115

11 ANHANG 117

11.1 STANDORTE DER BEFISCHUNGEN 117
11.2 ROHFANGDATEN 118
11.3 ARTSPEZIFISCHE VERÄNDERUNGEN FÜR DEN GESAMTEN SEE 122
11.4 ARTSPEZIFISCHE VERÄNDERUNGEN IN BENTHISCHEN CEN-NETZEN 126
11.5 ARTSPEZIFISCHE VERÄNDERUNGEN IN PELAGISCHEN CEN-NETZEN 130
11.6 ARTSPEZIFISCHE VERÄNDERUNGEN BEI ELEKTRISCHEN UFERBEFISCHUNGEN 134
11.7 TIEFENVERTEILUNG DER FÄNGE 138
11.8 GEOGRAFISCHE VERTEILUNG DER FÄNGE (NPUE) OBERSEE UND UNTERSEE 177
11.9 LÄNGENVERTEILUNG DER GEFANGENEN FISCHE (AUSGEWÄHLTE ARTEN) 192
11.10 BEFISCHUNGSJAHR ANDERER SEEN 208
11.11 LÄNGENSELEKTIVITÄT VON MASCHENWEITEN 209
11.12 MULTIVARIATE ANALYSE DER VERÄNDERUNGEN IN DER ZUSAMMENSETZUNG DER FISCHGEMEINSCHAFTEN ZWISCHEN SEEN 213

1 Zusammenfassung

1.1 Einleitung

Süsswasserökosysteme gehören zu den artenreichsten Ökosystemen der Welt. Im Vergleich zu anderen Ökosystemen zählen sie aber auch zu denjenigen, die am stärksten unter Druck stehen. Um den Zustand eines Sees und seiner Fischgemeinschaft beurteilen zu können, sind standardisierte und vergleichbare Ganzseebefischungen notwendig. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der standardisierten Erhebungen des Bodensees aus den Jahren 2014, 2019 und 2024 zusammen, mit Fokus auf die Ergebnisse von 2024. Die Auswertungen erfolgten getrennt für den Bodensee-Obersee und den Bodensee-Untersee, da sich beide Seeteile limnologisch, morphologisch und fischökologisch deutlich unterscheiden.

1.2 Bodensee-Obersee

Der Bodensee-Obersee weist seit über 20 Jahren einen oligotrophen Zustand auf. Die Gesamtphosphorwerte liegen auf einem für grosse tiefe Alpenseen typischen Niveau und sind seit im volumengewichteten Jahresmittel relativ stabil zwischen 5 und 8 µg/l geblieben. Gleichzeitig zeigen die Temperaturmessreihen eine fortschreitende Erwärmung des Sees, die nicht nur die oberflächennahen Wasserschichten betrifft, sondern auch das Tiefenwasser. Besonders relevant ist dabei, dass die Schichtung stabiler und die winterliche Durchmischung zunehmend schwächer wird. Die letzte vollständige Durchmischung fand im Jahr 2018 statt. Trotz dieser Entwicklung ist die Sauerstoffversorgung im Obersee derzeit selbst in der grössten Tiefe (251 m) ganzjährig noch ausreichend für das Überleben der Fische.

Im Rahmen der standardisierten Befischungen wurden im Obersee zuletzt 2024 insgesamt 34 Fischarten nachgewiesen. Damit liegt die Artenzahl geringfügig über den Ergebnissen von 2014 und 2019. Dieser Anstieg ist unter anderem auf die Nachweise von Schneider und Elritze bei den Seezuflüssen zurückzuführen. Gleichzeitig zeigt sich jedoch, dass mehrere Arten nur unregelmässig oder in geringen Dichten nachgewiesen werden konnten. **Von den ursprünglich endemischen Arten ist der Nachweis des Tiefseesaiblings bei allen drei Befischungen besonders bemerkenswert, während der Kilch weiterhin als verschollen bzw. ausgestorben gilt**.

Die Gesamtseefänge aller Fischarten zusammengenommen zeigen zwischen 2014 und 2024 keine signifikante Veränderung in Bezug auf Dichte oder Biomasse. Auffällig ist jedoch, dass die Werte 2019 vorübergehend deutlich tiefer lagen und 2024 wieder etwa das Niveau von 2014 erreichten. **Hinter dieser scheinbar stabilen Gesamtbilanz stehen jedoch deutliche Verschiebungen im Artgefüge. Beim Vergleich von 2014 mit 2024 gingen im Pelagial insbesondere Felchen und Stichlinge stark zurück, während kleine Barsche deutlich zugenommen haben.** Damit hat sich die Fischartengemeinschaft des Obersees klar von einem felchengeprägten Zustand bzw. dem Leitbild entfernt. 2024 kann der Obersee nicht mehr als typischen Felchensee, sondern zunehmend als barschgeprägtes System beschrieben werden.

Neben den starken Veränderungen bei Felchen, Stichlingen und Barschen zeigten auch weitere Arten deutliche Veränderungen zwischen 2014 und 2024. Zunahmen wurden insbesondere bei Rotfedern, Schleien, Welsen, Giebel sowie Tiefseesaiblingen festgestellt. Teilweise nahmen diese Arten sowohl in ihrer Dichte als auch in ihrer Biomasse signifikant zu. Demgegenüber gingen weitere Arten wie Kaulbarsch, Hasel und Trüsche zurück. Insgesamt zeigen die Resultate, dass sich nicht nur einzelne Zielarten verändert haben, sondern sich die gesamte Fischgemeinschaft des Obersees im Wandel befindet.

Die Bewertung der Fischfauna nach den Methoden der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ergibt auch 2024 weiterhin den guten bzw. sogar sehr guten Zustand für den Bodensee-Obersees. Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen zeigen jedoch, dass diese Bewertung des ökologischen Zustands die tiefgreifenden Veränderungen innerhalb der Fischgemeinschaft nicht abbildet. Insbesondere die starke Abnahme der Felchen, die vorübergehende Dominanz des Stichlings in früheren Befischungen, aber auch sowie die zunehmende Dominanz des Barsches im Pelagial stellen aus fischökologischer Sicht eine deutliche Abweichung vom ursprünglichen Leitbild eines oligotrophen, felchengeprägten Alpensees dar. Die Fischartengemeinschaft des Obersees wird deshalb heute von den Autoren dieses Berichts als beeinträchtigt eingestuft.

1.3 Bodensee-Untersee

Der Bodensee-Untersee unterscheidet sich limnologisch deutlich vom Obersee, da er wärmere und produktivere Bedingungen aufweist. Die Sauerstoffsituation ist im Untersee deutlich kritischer als im Obersee. Die Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser liegen seit den 1970er-Jahren häufig auf sehr niedrigem Niveau und erreichen teilweise Werte nahe 0 mg/L. Besonders kritisch ist die Situation im Zellersee, während der Rheinsee tendenziell etwas höhere und variablere Sauerstoffwerte aufweist, aber ebenfalls nicht frei von Sauerstoffdefiziten ist.

Im Untersee wurden 2024 insgesamt 23 Fischarten nachgewiesen. Das Artenspektrum blieb über die drei Untersuchungsjahre insgesamt vergleichbar, wobei einzelne Arten nicht in allen Jahren erfasst wurden.

Die Entwicklung der Fischgemeinschaft im Untersee ähnelt jener im Obersee. **Die Gesamtfischdichte nahm über den gesamten Zeitraum allerdings signifikant zu, während für die Biomasse wie schon für den Obersee keine signifikante Gesamtveränderung festgestellt wurde**. Auch hier kam es zu deutlichen Verschiebungen im Artgefüge. **Beim Vergleich von 2014 mit 2024 gingen Felchen und Stichlinge zurück, während auch hier die Barsche stark zunahmen** - insbesondere im Pelagial, wo 2024 sehr viele Jungfische nachgewiesen wurden. Weiter wurden Zunahmen insbesondere bei Rotfedern, Schleien, Lauben, Welsen und Giebeln festgestellt. Der invasive Sonnenbarsch wurde erstmals gefangen. Mehrere dieser Arten nahmen sowohl in ihrer Dichte als auch in ihrer Biomasse signifikant zu. Gleichzeitig gingen insbesondere beim Kaulbarsch die Dichten deutlich zurück.

In der Tiefe sind die Fischdichten gering und nehmen sogar ab. Einzelne Arten wie Felchen und Trüsche wurden aber weiterhin in grösseren Tiefen nachgewiesen, insbesondere im Rheinsee.

In der Bewertung nach der WRRL wird der fischökologische Zustand des Bodensee-Untersees 2024 weiterhin als gut (Klasse 2) eingestuft. Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen zeigen jedoch, dass auch diese Bewertung die deutlichen Veränderungen innerhalb der Fischgemeinschaft sowie die limnologischen Defizite einzelner Seebecken nicht widerspiegelt. Insbesondere der Rückgang der Felchen und Stichlinge im Pelagial sowie die zunehmende Dominanz des Barsches stellen aus fischökologischer Sicht eine deutliche Abweichung vom ursprünglichen Leitbild eines Felchen- oder Laubengeprägten Voralpensees dar. Die Fischartengemeinschaft des Untersees wird deshalb heute von den Autoren dieses Berichts ebenfalls als beeinträchtigt eingestuft.

1.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Sowohl die standardisierten Ganzseebefischungen als auch das Felchenmonitoring und die aufwandkorrigierten (CPUE)-Daten der Fangstatistiken weisen alle eine rückläufige Entwicklung des Felchenbestandes hin. Der Rückgang des von 2014 bis 2024 wird damit konsistent durch mehrere unabhängige Datengrundlagen belegt. Die standardisierten Ganzseebefischungen zeigen zusätzlich, dass nicht nur die Felchenbestände, sondern die gesamte Fischgemeinschaft beider Seeteile im Wandel ist.

Die Ursachen dieser vielschichtigen Veränderungen bleiben unklar. Limnologische Veränderungen wie zunehmende Erwärmung, schwächere bzw. unvollständige Durchmischung und im Untersee, Sauerstoffdefizite erklären die beobachteten Veränderungen wahrscheinlich nur teilweise. Auch die Nahrungsgrundlage im Pelagial scheint sich gemäss den verfügbaren Daten zumindest in dem Beobachtungszeitraum von 10 Jahren nicht grundlegend verändert zu haben, was allenfalls den stabilen Gesamtfischbestand im Zeitraum 2014-2024 erklären könnte.

Der Einfluss auf die Fischgemeinschaft der Quaggamuschel und weiterer potenzieller Faktoren, wie z.B. der Fischerei, des Kormorans, Dominanzverschiebungen gekoppelt an zwischenartliche Konkurrenzeffekte (z.B. Stichling) mit Wirkung insbesondere auf die Felchenbestände ist derzeit ebenfalls nicht abschliessend geklärt, sollte aber weiter untersucht und beobachtet werden. Schliesslich besteht ein grosser Bedarf an Grundlagenforschung zu den trophischen Wechselwirkungen im Pelagial.

Empfohlen wird deshalb, die standardisierten Fischbestandsaufnahmen in beiden Seen in den geplanten 5-Jahresabständen weiterzuführen. Aufgrund der starken Veränderungen im Pelagial sollten dazu periodisch auch Vertikalnetze eingesetzt werden, da mit diesen Netzen der Pelagiale Lebensraum räumlich besser abgedeckt werden kann**.**

Das fischereiliche Monitoring der IBKF, insbesondere für Felchen und Barsche im Ober- und Untersee sollte weitergeführt werden. Die Daten des fischereilichen Monitorings im Untersee sollten ausgewertet werden.

Zudem sollten Fangstatistiken der Berufs- und Angelfischerei, wo noch nicht umgesetzt, möglichst standardisiert nach Fangaufwand (als CPUE) Daten erhoben werden.

Schliesslich sollten Ufer- und Flachwasserlebensräume, insbesondere Gewässerdeltas, erhalten und falls notwendig, aufgewertet werden.

2 Ausgangslage

2.1 Hintergrund

Süsswasserökosysteme gehören weltweit zu den artenreichsten Ökosystemen [1]. Gleichzeitig gehören diese Lebensräume zu den am stärksten bedrohten und viele aquatische Arten sind gefährdet oder bereits ausgestorben [2]. Verschmutzung, strukturelle Degradation, Überfischung, Ausbreitung von Neozoen, Freizeitnutzung oder der Klimawandel sind nur einige Faktoren, die eine Gefahr für aquatische Organismen darstellen können [3]. Das Ausmass und die Auswirkungen dieser Faktoren sind für jedes Gewässer und die darin vorkommenden Lebensgemeinschaften spezifisch und müssen individuell ermittelt und bewertet werden.

Eine Grundlage für effiziente Schutz- und Managementmassnahmen bildet ein standardisiertes Monitoring, das den aktuellen Zustand der im Gewässer beheimateten Artengemeinschaft präzise darstellt. Bis anhin beruhte das Wissen hauptsächlich auf Erfahrungen der Behörden und der Fischer, Einzelbeobachtungen, gezielten Monitorings und Überwachungen (z.B. Gewässerzustandsüberwachung, regelmässiges fischereiliches Monitoring) und artenspezifischen wissenschaftlichen Studien.

2.2 Rechtliche Grundlagen und Seebewertung

In der Europäischen Union ist der Schutz von Seen und Fliessgewässern durch die Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG) für die Mitgliedsstaaten verbindlich geregelt. Diese bildet den gemeinsamen Rahmen für die Bewertung und den Schutz aquatischer Ökosysteme und verfolgt das Ziel, einen guten ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer zu erreichen beziehungsweise zu erhalten. Die Richtlinie umfasst sowohl Oberflächengewässer, als auch Grundwasser und verpflichtet die Mitgliedsstaaten zu einem integralen Gewässermanagement auf Ebene der Einzugsgebiete. Dabei spielen biologische Qualitätskomponenten wie die Fischfauna, Makrozoobenthos, Wasserpflanzen und Phytoplankton eine zentrale Rolle bei der ökologischen Zustandsbewertung. Die konkrete Umsetzung erfolgt auf nationaler Ebene und kann sich zwischen den Staaten hinsichtlich Methodik, Bewertungsverfahren und Monitoringprogrammen unterscheiden; die eingesetzten Bewertungsmethoden sind jedoch interkalibriert. Zusätzlich bestehen innerhalb der EU weitere naturschutzrechtliche Instrumente wie die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie; RL 92/43/EWG), die Vogelschutzrichtlinie (RL 2009/147/EG) und die Wiederherstellungsverordnung (2024/1991), welche den Schutz aquatischer Lebensräume und gefährdeter Arten ergänzen.

In der Schweiz gelten nicht dieselben gesetzlichen Voraussetzungen wie in der EU. Gemäss des Zweckartikels des Bundesgesetzes über die Fischerei (Art. 1 Abs. 1 Bst. a BGF, SR 923.0) sollen die natürliche Artenvielfalt und der Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume erhalten, verbessert oder nach Möglichkeit wiederhergestellt werden. Die Kantone sind dabei gemäss der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF, SR 923.01) verpflichtet, diejenigen Gewässerabschnitte auf ihrem Gebiet, in denen Fische und Krebse mit dem Gefährdungsstatus 1-3 leben (Art. 10 Abs. 1 VBGF), zu benennen. Der Schutz und Erhalt des biologischen Zustands von Seen ist zudem auch im schweizerischen Gewässerschutzrecht verankert. Gemäss Art. 1 des Bundesgesetzes über

den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG; SR 814.20) bezweckt das Gesetz, „die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen, ihre nachhaltige Nutzung sicherzustellen und sie als Lebensraum für einheimische Tiere und Pflanzen zu erhalten“. Nach Art. 3 Abs. 1 GSchG sind Bund, Kantone und Gemeinden verpflichtet, Massnahmen zu treffen, um eine Beeinträchtigung der physikalischen, chemischen und biologischen Beschaffenheit der Gewässer zu verhindern.

2.3 Bewertung des Seezustands

Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) gibt für die Bewertung des ökologischen Zustandes von Seen verschiedene biologische Qualitätskomponenten vor. Dazu zählen neben der Fischfauna das Makrozoobenthos, das Phytoplankton, die Makrophyten und Phytobenthos. Zusätzlich zu den biologischen Qualitätskomponenten werden zur Bewertung eines Gewässers bzw. Wasserkörpers weitere Qualitätskomponenten unterstützend herangezogen. Dazu zählen hydromorphologische und physikalisch-chemische Qualitätskomponenten; Schadstoffe und prioritäre Stoffe werden ebenfalls überwacht.

Der Ober- und Untersee sind zwei Oberflächenwasserkörper nach EU- WRRL und werden getrennt voneinander bewertet. Sie sind durch den ca. drei Kilometer langen Seerhein miteinander verbunden sind. Dieser weist einen Flusscharakter auf, weshalb Ober- und Untersee als eigenständige Gewässerkompartimente einzustufen sind. Zwischen beiden Seeteilen besteht ein Niveau-Unterschied von etwa 20 Zentimetern.

Die eigentliche Bewertung der beiden Seen nach WRRL erfolgte für Deutschland mit dem für diesen Seentyp entwickelten DeLFI-Site Modul [4] und wurde von der Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg FFS (am Obersee in Abstimmung mit Bayern) durchgeführt. Für den österreichischen Seeteil wurde der Ansatz des Austrian Lake Fish Index (ALFI) herangezogen und von Nikolaus Schotzko vom Institut für Gewässerökologie und Fischereiwirtschaft des Bundesamtes für Wasserwirtschaft in Scharfling/Mondsee durchgeführt [5].

Im Gegensatz zur EU hat die Schweiz heute keinen Ansatz zur Bewertung des ökologischen Zustandes eines Sees anhand des Fischbestandes.

2.4 Fische als Indikatoren für den Zustand eines Sees

Jedes Gewässer besitzt eine eigene, charakteristische Fischgemeinschaft. Durch anthropogene Eingriffe am und im Gewässer kann diese gestört werden und sich in ihrer Artzusammensetzung oder Individuendichte verändern. Durch eine exakte Erfassung und Dokumentation der Veränderung können Rückschlüsse auf die Art und Intensität der Beeinträchtigungen gezogen werden.

Im Vergleich zu anderen Bioindikatoren unterscheiden sich Fische insbesondere hinsichtlich ihrer Langlebigkeit und Mobilität im Gewässer, wodurch sie eine räumlich und zeitlich integrierende Bewertungskomponente darstellen. 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, das sich unter anderem in Form von Nahrungsgilden abbildet. Diese haben unterschiedliche Ansprüche an ein Gewässer und ermöglichen bei etwaigen Populationsveränderungen einer Gilde vorhandene Schäden 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 Wanderfischarten auf Defizite in der natürlichen Vernetzung des Gewässers hinweisen, die durch standortgebundene Bioindikatoren nicht nachgewiesen werden können. Die Fischfauna in Seen gilt insbesondere als indikativ hinsichtlich Sauerstoffhaushalt, Trophie und Temperaturveränderungen. Unterstützend können Fischgemeinschaften auch als Indikator für strukturelle und hydrologische Veränderungen der Morphologie und des Wasserhaushaltes im Gewässer genutzt werden.

Standardisierte und reproduzierbare Aufnahmen des Fischbestands sind notwendig, um Fischgemeinschaften erfolgreich als Bioindikator nutzen zu können. Da sich Fische räumlich bewegen, müssen diese standardisierten Aufnahmen möglichst gleichzeitig in allen Bereichen des Stillgewässers durchgeführt werden. Dies ist der Grund, weshalb eine standardisierte Befischung der von Seen in der Regel aufwändig ist.

2.5 Zielsetzung der standardisierten Befischungen des Bodensees von 2014, 2019 und 2024

Die Zielsetzung des vorliegenden Berichts liegt in der Auswertung und Darstellung der standardisierten Befischungsdaten von 2024 im Vergleich mit denen von 2019 und 2014. Dies mit dem Ziel, den fischökologischen Gewässerzustand zu bewerten und die Entwicklung über die Zeit zu dokumentieren.

Die Fischbestände des Ober- und Untersees wurden dabei getrennt untersucht. Über die Jahre wurden vier verschiedene Befischungsmethoden bzw. Fanggeräte verwendet:

- **Elektrobefischungen** der flachen Uferbereiche des Litorals [6, 7].
- **Horizontal eingesetzte Multimaschennetze** (CEN-Netze) für den benthischen und pelagischen Lebensraum: CEN-Norm [8].
- **Horizontal eingesetzte Multimaschennetze** für den benthischen und pelagischen Lebensraum, die durch die Fischereiforschungsstelle (FFS) entwickelt wurden. Diese werden nachfolgend als MOD-A und MOD-B-Netze benannt [6, 9].
- **Vertikalnetze** zur Erfassung der Fischbestände im Pelagial [7].

Für die Datenanalyse werden die Fänge der verschiedenen Fanggeräte und der verschiedenen Untersuchungsjahre einzeln ausgewertet und miteinander verglichen.

Der vorliegende Bericht umfasst sämtliche Ergebnisse der Befischungen, die im Bodensee 2014, 2019 und 2024 durchgeführt wurden. Im Mittelpunkt der Auswertungen stehen die Artenzusammensetzung, die Habitatnutzung der einzelnen Fischarten sowie der Vergleich der Ergebnisse zwischen den Untersuchungsjahren.

2.6 Der Bodensee

Der Bodensee ist mit einer Gesamtfläche von rund 536 km² der zweitgrösste See der Schweiz und der drittgrösste See Mitteleuropas. Er liegt auf einer Höhe von etwa 395 m ü. M. und erstreckt sich über die drei Anrainerstaaten Schweiz, Deutschland und Österreich. Der See gliedert sich in den Obersee mit einer Fläche von rund 473 km² und den Untersee mit etwa 63 km², die durch den Seerhein bei Konstanz miteinander verbunden sind. Die maximale Tiefe des Obersees beträgt 251 m, die des Untersees 45 m. Die mittlere Tiefe des Obersees liegt bei etwa 100 m, jene des Untersees bei rund 28 m. Das Einzugsgebiet des Bodensees umfasst rund 11’500 km², und die theoretische Wassererneuerungszeit des Obersees

beträgt etwa 4.3 Jahre. Die jährlichen Wasserspiegelschwankungen liegen zwischen 1.5 und 3 m. Der Obersee ist ein oligotropher tiefer monomiktischer Alpenrandsee; der Untersee ist hingegen ein meso- bis eutropher Flachsee, bestehend aus drei Teilbecken.

3 Methoden

3.1 Datengrundlage

Bei Befischungsmethoden wird 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. Im Zuge der Bodenseebefischungen wurde eine aktive Befischungsmethode, die Elektrofischerei und zwei passive Methoden, benthische Netze und pelagische CEN-Netze sowie Vertikalnetze, miteinander kombiniert. Eine quantitative Erfassung der Fischbestände ist in Seen nicht möglich, weshalb hierfür standardisierte Verfahren zur Ermittlung der proportionalen Artanteile verwendet werden. Für quantitatve Abschätzungen der Biomasse wurde zudem Daten aus wissenschaftlichen Hydroakustik Aufnahmen verwendet.

3.1.1 Benthische Multimaschen-Kiemennetze (CEN-Netze und ihre Modifikationen)

Die benthischen Multimaschen-Kiemennetze (Abbildung 3-1) weisen die von der CEN-Norm geforderten Maschenweiten auf, bis auf die Maschenweiten 5mm und 55mm, die in den MOD Netzen teilweise fehlen [9]. Es wurden drei verschiedene Netztypen mit unterschiedlichen Längen der einzelnen Netze verwendet: 2014 wurden CEN-Netze gesetzt, 2019 CEN- und MOD-A Netze, und 2024 MOD-B Netze. Die Netzbreiten und -höhen pro Maschenweite sind in Tabelle 3-1 angegeben. Diese Netze werden im Bericht alle als CEN-Netze berücksichtigt.



Abbildung 3-1. Links: Setzen eines benthischen Multimaschennetzes. Rechts: Heben eines benthischen Netzes.

Tabelle 3-1. Vergleich der drei benthischen Netztypen. Sie unterscheiden sich in der Auswahl der Maschenweiten und in der Länge des Netzes pro Maschenweite.

Maschenweite [mm]	Netzhöhe [m]	Netzbreite [m]		
		CEN 2014	CEN-MOD-A 2019	CEN-MOD-B 2024
5	1.5	2.5	-	-
6.25	1.5	2.5	1.25	1.25
8	1.5	2.5	1.25	1.25
10	1.5	2.5	1.25	1.25
12.5	1.5	2.5	1.25	1.25
15.5	1.5	2.5	2.5	2.5
19.5	1.5	2.5	2.5	2.5
24	1.5	2.5	2.5	2.5
29	1.5	2.5	5	5
35	1.5	2.5	10	10
43	1.5	2.5	20	20
55	1.5	2.5	-	2.5

Die benthischen Multimaschennetze werden jeweils über Nacht (ca. 14 Stunden) in verschiedenen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten (Abbildung 3-2) in den beiden Seeteilen eingesetzt. Die Anzahl benthischer Netze, die pro See und Tiefenzone gesetzt wurden, sind in der Tabelle 3-2 dargestellt. Zu beachten ist hier, dass 2019 neben den CEN-MOD-A-Netzen auch CEN-Netze ausgesetzt wurden. Diese standen jeweils parallel zu einem CEN-MOD-A-Netz und befischten denselben Standort und dieselbe Tiefe zum selben Zeitpunkt. Deshalb wurden diese Netze von den Analysen ausgeschlossen (Pseudoreplikation).

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

Tabelle 3-2. Anzahl der eingesetzten benthischen Netze getrennt nach See, Tiefenbereich und Jahr.

Tiefe [m]	Obersee			Untersee		
	CEN 2014	CEN-MOD-A 2019	CEN-MOD-B 2024	CEN 2014	CEN-MOD-A 2019	CEN-MOD-B 2024
0-3m	22	30	28	12	10	14
3-6m	19	29	25	8	10	8
6-12m	20	31	16	13	10	10
12-20m	17	30	11	10	11	11
20-35m	21	29	33	10	9	15
35-50m	12	33	28	6	6	10
50-75m	8	10	11	-	-	-
75-100m	6	13	10	-	-	-
100-125m	6	5	9	-	-	-
125-150m	6	5	11	-	-	-
150-175m	6	4	9	-	-	-
175-200m	6	3	6	-	-	-
200-225m	9	2	5	-	-	-
225-250m	3	3	5	-	-	-
250-275m	0	0	1	-	-	-
Total	**161**	**227**	**208**	**59**	**56**	**68**



Abbildung 3-2. Standorte der Befischungen die im Ober- und Untersee 2024 durchgeführt wurden. Die Karten der Befischungsstandorte von 2014 und 2019 befinden sich im Anhang (Vgl. Kap. 11.1).

3.1.2 Pelagische Multimaschen-Kiemennetze (CEN-Netze)

Auch die pelagischen Multimaschen-Kiemennetze weisen die von der CEN-Norm geforderten Maschenweiten auf, in den MOD-A Netzen fehlte jedoch die 55 mm Maschenweite. Wie auch bei den benthischen Netzen wurden drei verschiedene Netztypen mit unterschiedlichen Längen der einzelnen Netze verwendet. Die Netzbreiten und die Netzhöhen pro Maschenweite sind in Tabelle 3-3 angegeben.

Tabelle 3-3. Vergleich der drei pelagischen Netztypen. Sie unterscheiden sich in der Auswahl der Maschenweiten und in der Länge des Netzes pro Maschenweite.

Maschenweite [mm]	Netzhöhe [m]	Netzbreite [m]		
		CEN 2014	CEN-MOD-A 2019	CEN-MOD-B 2024
5	-	-	-	-
6.25	6	2.5	1.25	1.25
8	6	2.5	1.25	1.25
10	6	2.5	1.25	1.25
12.5	6	2.5	1.25	1.25
15.5	6	2.5	2.5	2.5
19.5	6	2.5	2.5	2.5
24	6	2.5	2.5	2.5
29	6	2.5	5	5
35	6	2.5	10	10
43	6	2.5	20	20
55	6	2.5	-	2.5

Die pelagischen Multimaschennetze wurden jeweils über Nacht (ca. 14 Stunden) in verschiedenen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten (Abbildung 3-2) in den beiden Seen eingesetzt. Die Anzahl pelagischer Netze, die pro See und Tiefenzone gesetzt wurden, sind in der Tabelle 3-4 dargestellt. Zu beachten ist hier, dass 2019 neben den CEN-MOD-A-Netzen auch einige CEN-Netze ausgesetzt wurden. Wie für die benthischen CEN-Netze standen diese jeweils parallel zu einem CEN-MOD-A-Netz und befischten denselben Standort und dieselbe Tiefe zum selben Zeitpunkt. Deshalb wurden auch diese Netze von den Analysen ausgeschlossen (Pseudoreplikation). Zudem wurden mit pelagischen Netzen die Tiefen > 75 m nicht befischt. Diese Netze werden im Bericht alle als CEN-Netze berücksichtigt

Tabelle 3-4. Anzahl der eingesetzten pelagischen Netze getrennt nach See, Tiefenbereich und Jahr.

Tiefe [m]	Obersee			Untersee		
	CEN 2014	CEN-MOD-A 2019	CEN-MOD-B 2024	CEN 2014	CEN-MOD-A 2019	CEN-MOD-B 2024
0-6m	4	12	16	2	4	7
6-12m	6	12	16	2	4	6
12-20m	6	12	16	2	4	6
20-35m	6	12	15	2	2	4
35-50m	6	12	15	2	-	-
50-75m	6	12	14	-	-	-
75-100m	-	-	-	-	-	-
100-125m	-	-	-	-	-	-
125-150m	-	-	-	-	-	-
150-175m	-	-	-	-	-	-
175-200m	-	-	-	-	-	-
200-225m	-	-	-	-	-	-
225-250m	-	-	-	-	-	-
250-275m	-	-	-	-	-	-
Total	**34**	**72**	**92**	**10**	**14**	**23**

3.1.3 Elektrische Befischungen

Die Befischungen wurden vom Boot aus oder watend durchgeführt. Dafür wurde ein stationäres Elektrofischfanggerät verwendet. Die gefangenen Fische wurden noch vor Ort bestimmt, vermessen und wieder in das Gewässer zurückgesetzt. Die Befischungen erfolgten habitatspezifisch (Abbildung 3-2). Am Obersee wurden 2014 75, 2019 insgesamt 70 und 2024 insgesamt 63 Strecken befischt. Am Untersee wurden 2014 insgesamt 33, 2019 insgesamt 20 und 2024 insgesamt 20 Strecken befischt. Die Streckenlängen waren 2019 und 2024 deutlich länger als 2014. Zudem waren die befischten Strecken 2024 breiter als in den Befischungen von 2014 und 2019.

Die nur 2019 durchgeführten Nachtbefischungen wurden bei den vergleichenden Analysen nicht berücksichtigt.



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

3.1.4 Vertikalnetze

2024 wurden am Obersee keine Vertikalnetze eingesetzt, 2014 und 2019 allerdings schon. Am Untersee erfolgten Befischungen mit Vertikalnetzen nur 2014, weshalb im Untersee für diesen Netztyp kein Vergleich möglich ist. In diesem Bericht werden daher nur einige ausgewählte relevante Ergebnisse für den Obersee dargestellt. Für weitere Ergebnisse wird auf die vorgängigen Berichte verwiesen [6, 11].

Die für die standardisierten Befischungen eingesetzten vertikalen Kiemennetze haben sich im Rahmen des «Projet Lac» in der Schweiz bewährt. Diese Multimaschennetze fischen jeweils vom Seegrund bis zur Oberfläche. Damit befischen sie im Pelagial auch Tiefen > 75 m. Folgende Maschenweiten der CEN-Norm (CEN prEN 14757 [8]) wurden 2019 auf sechs Vertikalnetze verteilt eingesetzt. Die Breite des Netzblatts pro Maschenweite ist in Klammern angegeben. Die Höhe des Netzes entspricht jeweils der befischten Tiefe und ist variabel:

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

2014 wurden noch Vertikalnetze mit folgenden Maschenweiten verwendet: 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 mm. Diese wurden später angepasst, damit alle in der Schweiz verwendeten Netze die Maschenweiten der CEN-Norm aufweisen [7]. Für vergleichende Auswertungen werden nur vergleichbare Maschenweiten herangezogen [7]. Alle sechs Vertikalnetze wurden 2014 und 2019 jeweils als Netzgruppe nebeneinander an derselben Stelle im See und in der gleichen Tiefe gesetzt. Um die geografische und tiefenbedingte Variabilität hinsichtlich der Verteilung der Fische im See zu erfassen, wurden mehrere Netzgruppen gesetzt. Dies geschah jeweils in unterschiedlichen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten im See. 2014 wurden 28 und 2019 24 Standorte befischt (Vgl. Anhang Kap. 11.1).

Eine Netzgruppe von sechs Netzen verblieb etwa 20 bis 24 Stunden im See, bevor sie wieder gehoben wurde. Die Zeit, die eine Netzgruppe im Wasser exponiert war, wurde protokolliert. Beim Heben und Auswerten der Netze wurde neben der Fischart und der Fischlänge auch die Fangtiefe jedes Fisches auf einen Meter genau protokolliert (Abbildung 3-3).

Diese Methode wird als Vertikalnetz-Methode bezeichnet. Sie wurde an der Universität Besançon konzipiert [12] und durch die EAWAG und die Büros Aquabios GmbH und Teleos sàrl im Auftrag des BAFU weiterentwickelt [7, 13].



Abbildung 3-4. Links Vertikales Multimaschennetz abgewickelt von einem Schwimmkörper. Mit diesem Netz wird die gesamte Seetiefe vom Seegrund bis zur Oberfläche befischt. Rechts: Entnahme der Fische aus einem Vertikalnetz. Dabei wird neben Art und Länge auch die Tiefe, in denen die Fische gefangen wurden, erfasst.

3.1.5 Datenerfassung

Alle gefangenen Fische werden möglichst auf Artniveau bestimmt, vermessen (Totallänge auf 1 mm genau) und gewogen (auf 1 g genau). Jeder Fang wurde einer Befischungsaktion und für Netzfänge einer Maschenweite zugewiesen.

3.1.6 Vorteile und Grenzen der Befischungsmethoden mit standardisierten Netzen

Ziel der angewandten Befischungsmethoden ist es, ein möglichst realitätsnahes und reproduzierbares Abbild des Fischbestands im See zu erhalten und die Ergebnisse mit denen vorheriger Jahre zu vergleichen. Der Befischungsaufwand und der Zeitpunkt werden so bestimmt, dass die Resultate auch mit anderen Seen verglichen werden können (Zeitpunkt August-Oktober; Befischung an mindestens drei Tagen).

Anhand dieses standardisierten Ansatzes können CPUE-Werte berechnet werden. Ausserdem werden Maschenweiten verwendet, die Berufsfischer nicht verwenden dürfen. Es werden auch an Orten und in Tiefen gefischt, die Berufsfischer meiden. Dadurch weichen die Resultate zwangsläufig von den Resultaten der Fischfangstatistiken ab (Artenspektrum, Längenverteilungen usw.). Ein Nachteil ist, dass die Befischung nur zu einem Zeitpunkt im Jahr durchgeführt wird. Da sich das Verhalten der Fische je nach klimatischen Bedingungen und Nahrungsangebot im See ändert, können die realen Fischbestände von den erfassten abweichen.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass mit diesem Ansatz ein repräsentatives und statistisch robustes Abbild des Fischbestands eines Sees erstellt werden kann. So wurde das Befischungsprotokoll im Sempachersee wiederholt angewendet, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu überprüfen. Dabei zeigte sich, dass zwischen den beiden unabhängigen Befischungskampagnen nur sehr geringe Abweichungen auftraten [14].

Auch die Ergebnisse des vorliegenden Berichts sprechen für die Robustheit der Methode. Insbesondere die positive Korrelation zwischen den Fangstatistiken der Berufsfischer und den standardisierten Befischungen (Kap. 4.9) sowie die positive Korrelation zwischen den Daten des Felchenmonitorings und den Ergebnissen der standardisierten Befischungen (Kap. 4.8) deuten darauf hin, dass die erfassten Bestandsgrössen die tatsächlichen Verhältnisse im See zuverlässig widerspiegeln.

Darüber hinaus wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Verfahren entwickelt, mit dem sich statistisch signifikante Bestandsveränderungen nachweisen lassen, bei der die Variabilität der Fangwahrscheinlichkeit berücksichtigt wird (Kap. 3.4.2). Dadurch können tatsächliche Veränderungen der Fischbestände von zufälligen Schwankungen in der Fängigkeit unterschieden werden.

3.2 Zusätzlich einbezogene Daten

3.2.1 Fischfangstatistiken

Für diesen Bericht wurde auf die Fangstatistik für den Bodensee-Obersee von den Berufsfischern des Kantons St. Gallen zurückgegriffen. Die St. Galler Berufsfischer erfassen den Fang pro Netztyp (Maschenweite, Schweb- bzw. Bodennetz, verankert oder freitreibend). Dabei wurden die Fangmenge (kg pro Art) sowie der Fangaufwand (Anzahl eingesetzter Netze) erfasst, woraus sich der jährliche Einheitsfang (CPUE) pro Art ableiten lässt. Für den vorliegenden Bericht wurden die Berufsfischerfänge von 2010–2024 mit den Projet-Lac-Daten verglichen.

3.2.2 Felchenmonitoring Daten

Das Blaufelchen-Monitoring am Bodensee-Obersee wird seit 2006 als fischereiunabhängiges Versuchsfischerei-Programm von der FFS in Langenargen (Baden-Württemberg), der Brutanlage Nonnenhorn (Bayern) und dem Amt für Natur, Jagd und Fischerei St. Gallen an drei festgelegten Fangstationen durchgeführt. Die Versuchsfänge erfolgen monatlich von April bis Oktober mit Stellnetzen der Maschenweiten 20, 26, 32, 36, 38, 40 und zum Teil 44 mm. Die Wintermonate Januar bis März wurden in der Vergangenheit teils zu einem einzigen Befischungsereignis zusammengefasst. Von den gefangenen Blaufelchen werden Länge, Gewicht, Geschlecht sowie das Alter (mittels Untersuchung der Schuppen) festgehalten. Für den vorliegenden Bericht wurde zum Vergleich mit den Projet-Lac-Daten ausschliesslich der CPUE (Fänge pro Netzeinheit) aus diesem Monitoring herangezogen.

3.2.3 Echolotaufnahmen

Hydroakustische Erhebungen am Bodensee-Obersee werden vom Institut für Seenforschung (ISF) der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, sowie der Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg (FFS) sowie dem Institut für Fischerei (IFI) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführt. Im Herbst 2019 und Herbst 2024 erfolgte die Datenerfassung durch das ISF entlang von 11 festgelegte Transekten mit einem EK 60- Echolot der Firma Simrad mit einer Frequenz von 120 kHz, wobei Anfangs - und Endpunkt der Transsekte jeweils auf der 50 m-Tiefenlinie lagen. Die Datenauswertung für den vorliegenden Bericht erfolgte durch die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL mit der Postprocessing Software Sonar 5 Professional [15], basierend auf von der FFS zur Verfügung gestellten, bereits konvertierten Echogrammen. Im Herbst 2019 und Herbst 2024 wurden 11 festgelegte Transekte mit einer Frequenz von 120 kHz befahren, wobei Anfangs- und Endpunkt jeweils auf der 50 m-Tiefenlinie lagen; Daraus wurden Fischdichte und -biomasse nach Tiefenstufen (5–20 m und 20–60 m) und Längenklassen abgeleitet, wobei vereinzelt auch bodennahe Fische mit erfasst sein können. Für den Vergleich mit den Projet-Lac-Daten wurden die Schätzungen der Fischbiomasse [kg/ha] für Individuen von 30–60 cm Totallänge (abgeleitet aus den Echostärken) in der Tiefenstufe 20–60 m herangezogen. Der Vergleich erfolgte dabei sowohl für die Gesamtfischbiomasse als auch für die Biomasse der Fechen. Die Berechnung der Fischbiomasse erfolgte nach der Formel von Love [16] anhand der aus den Monaten Februar bis September des jeweiligen Untersuchungsjahres vorliegenden Längen-Gewichtskorrelation von Blaufelchen und Gangfischen. Die Herbsterhebung 2014 wurde nicht berücksichtigt, da eine andere Schallfrequenz (38 kHz) verwendet und nur die Transekte 6–11 befahren wurden.

3.2.4 Physikalische und chemische Eigenschaften Obersee

3.2.4.1 Temperatur

Betrachtet man die Zeitreihe seit den 1960er-Jahren, zeigen die Temperaturprofile eine anhaltende Erwärmung des Obersees. Dieser Trend beschränkt sich nicht nur auf die Oberflächen-nahen Schichten, sondern ist entlang des gesamten Tiefengradienten im Herbst und Winter erkennbar (Abbildung 3-5).

Die Messungen im September während der Befischungen widerspiegeln die Situation am Ende der sommerlichen Schichtung. Zu diesem Zeitpunkt ist die thermische Schichtung deutlich ausgeprägt, mit einer klar erkennbaren Sprungschicht in einer Tiefe von etwa 10 bis 20 m (Abbildung 3-6, rechts).

Im Gegensatz dazu zeigen die Messungen im März die Bedingungen am Ende des Winters, die durch relativ homogene Temperaturen von der Oberfläche bis in 250 m Tiefe gekennzeichnet sind. Diese Homothermie ist von grosser Bedeutung, da sie die winterliche Durchmischung des Sees ermöglicht. Diese trägt wesentlich zur ökologischen Funktion des Seesystems bei, indem sie Sauerstoff in die Tiefenbereiche bringt und Nährstoffe zur Oberfläche transportiert (Abbildung 3-6, links). Die Erwärmung des Sees führt dazu, dass diese Durchmischung immer schwächer wird. Die Auswertung entsprechender Sauerstoff- und Temperaturgradienten und der daraus abgeleitete Durchmischungsindex (Abbildung 3-7) zeigt, dass es im Jahr 2024 schon im sechsten Jahr in Folge keine gute vertikale stoffliche Durchmischung der Wassersäule gab [17]. Der See tendiert immer stärker zur Meromixis. Die letzte vollständige Durchmischung fand 2018 statt.

Bemerkenswert ist die kontinuierliche Erwärmung der tiefsten Bereiche des Sees. Die Wassertemperatur in 250 m Tiefe ist seit 2012 nahezu jährlich gestiegen und erreichte in der zweiten Jahreshälfte 2024 einen Wert von 5.6 °C (Daten der IGKB). Dieser Wert liegt ein Grad über dem Mittel der Jahre 1990–2015 und mehr als 0.5 °C über jeder zuvor gemessenen Temperatur. Diese abgeschwächte bzw. nur teilweise winterliche Durchmischung trägt direkt zur Erwärmung der Tiefenwasserschicht bei, da weniger kaltes Oberflächenwasser in die Tiefe gelangt. Die Erwärmung des Tiefenwassers hat weitreichende Folgen für viele Aspekte des Seeökosystems, darunter die Stoffwechselraten der Fische und die Schlupfzeiten Entwicklungsdauer der Fischeier, z.B. der Felcheneier [18].

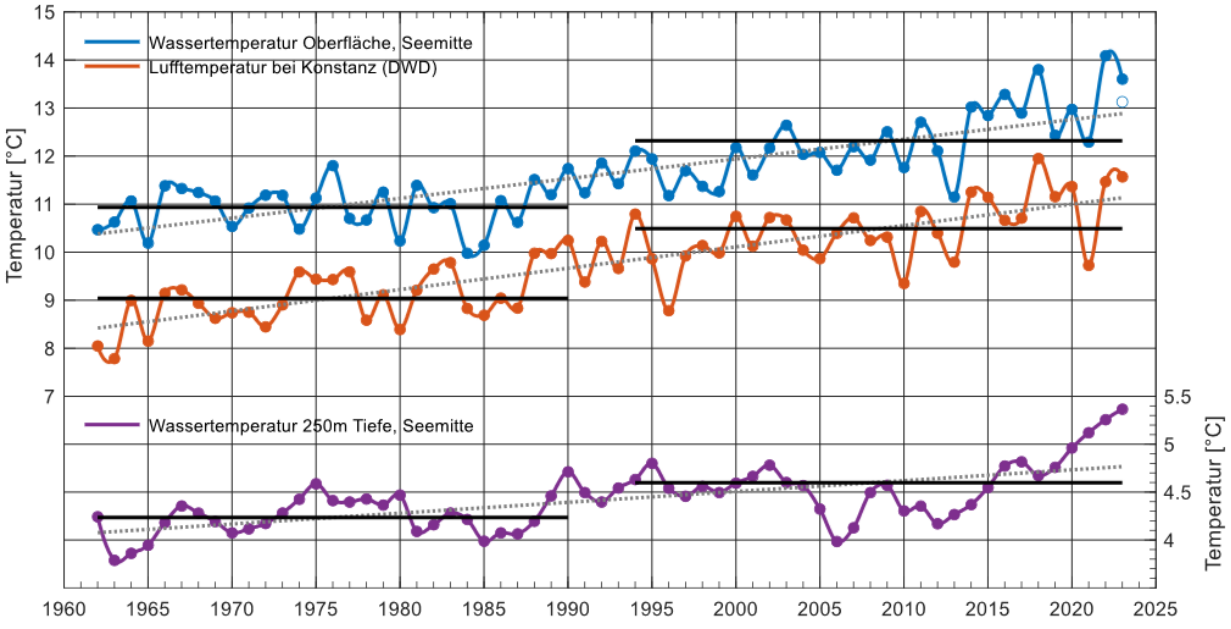


Abbildung 3-5: Entwicklung der Wassertemperatur im Bodensee Obersee von 1962 bis 2024 (Grafik aus [17])

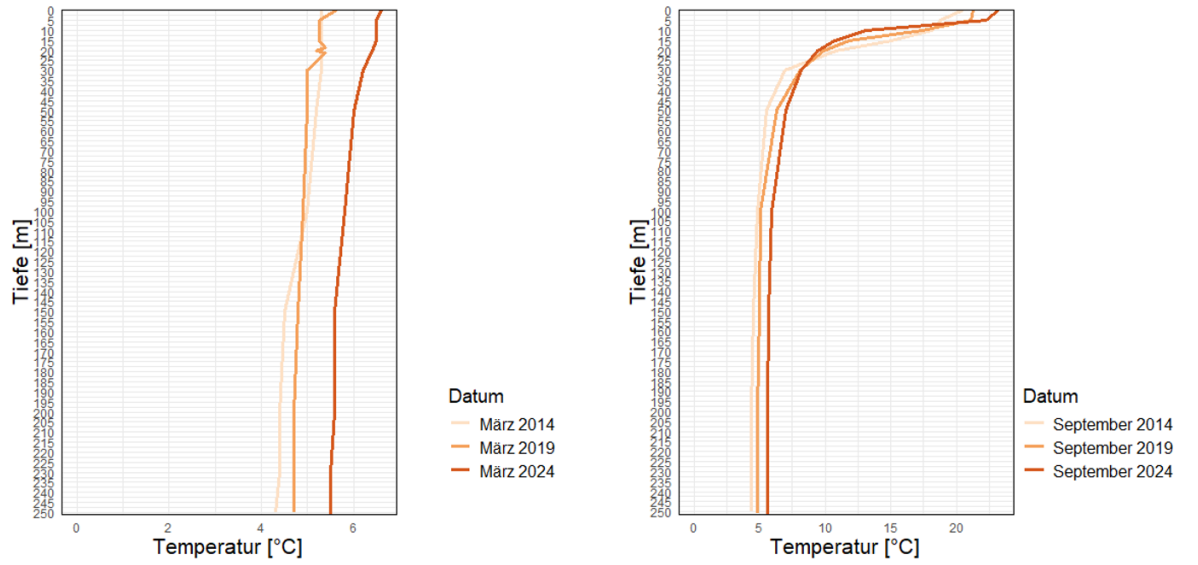


Abbildung 3-6. Temperaturprofile für den Obersee im Frühjahr (links) und während der Befischungszeit (rechts) für die drei Befischungsjahre (Daten IGKB).

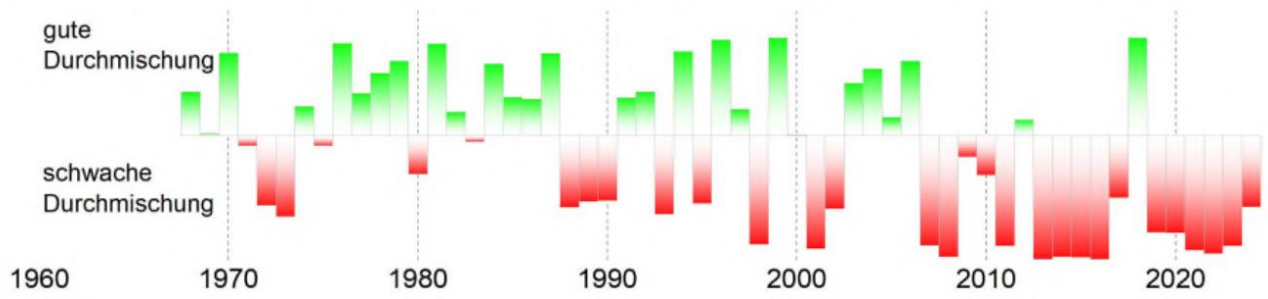


Abbildung 3-7. Langfristige Entwicklung der Zirkulation im Bodensee-Obersee (Grafik aus [17]).

3.2.4.2 Sauerstoff

Die Entwicklung des Sauerstoffgehalts des Seewassers des Obersees über dem Seegrund zeigt, dass die Sauerstoffversorgung in den letzten 20 Jahren durchwegs über 4 mg/L lag (Abbildung 3-8). Damit sind die minimalen Anforderungen für das Überleben der Felchenembryos in grossen Tiefen des Sees erfüllt [19].

Die saisonalen Messungen des Sauerstoffs entlang von vertikalen Profilen zeigt, dass die Sauerstoffversorgung in der gesamten Säule über den gesamten Zeitraum der letzten Jahre ausreichend und stabil war (Abbildung 3-9).

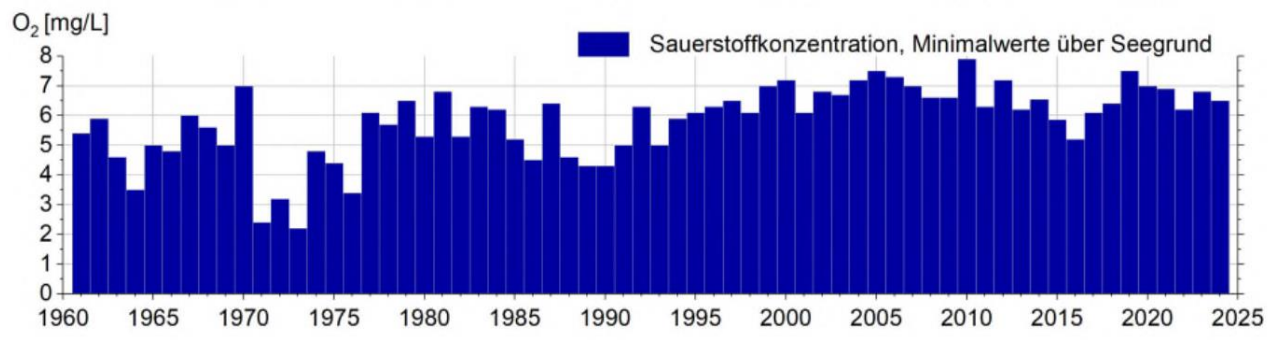


Abbildung 3-8. Entwicklung des Sauerstoffgehalts über Seegrund von 1962 bis 2024 (Grafik aus [17]).

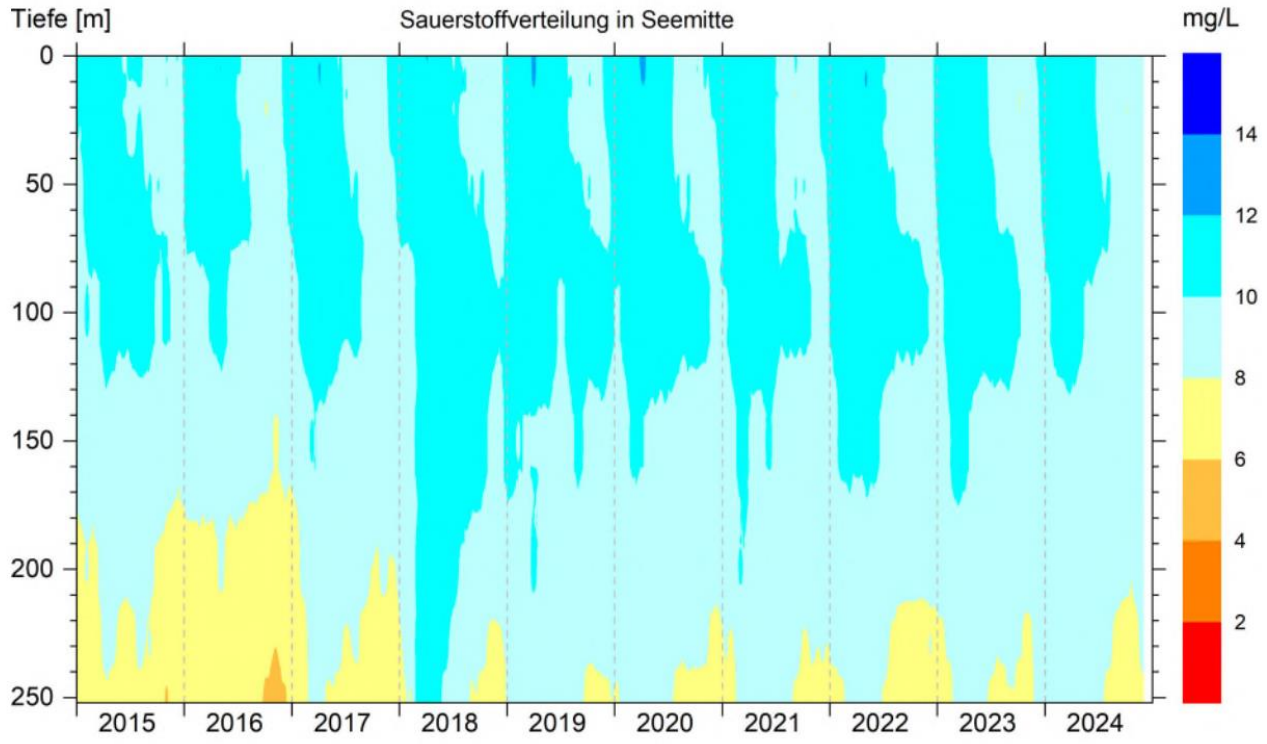


Abbildung 3-9. Sauerstoffverteilung in Seemitte (Fischbach-Uttwil) von 2015 bis 2024 (Grafik aus [17]).

3.2.4.3 Gesamtphosphor

Die Entwicklung des Gesamtphosphors als volumengewichtetes Jahresmittel (Ptot) im Bodensee-Obersee seit 1960 ist in Abbildung 3-10 dargestellt. Nach einer starken Eutrophierungsphase mit maximalen Konzentrationen von über 80 µg/L in den späten 1970er-Jahren nahmen die Gesamtphosphorgehalte infolge umfangreicher Gewässerschutzmassnahmen kontinuierlich ab. Seit den 2000er-Jahren bewegen sich die Konzentrationen auf oligotrophem Niveau. Heute liegen die mittleren Konzentrationen an Gesamtphosphor weiterhin in einem für grosse und tiefe Alpenseen typischen nährstoffarmen Bereich (5 bis 8 µg/l) an der Grenze zur Ultraoligotrophie [17].

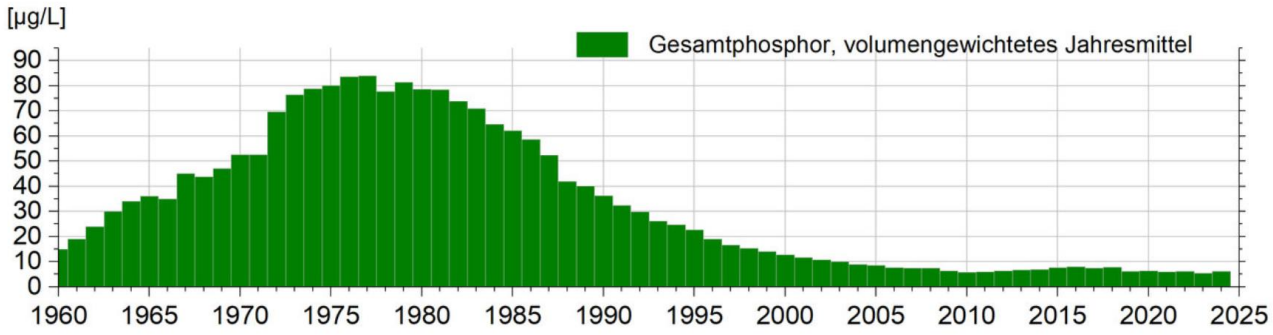


Abbildung 3-10. Entwicklung des Gesamtphosphorgehaltes (volumengewichtetes Mittel) des Wassers des Obersees von 1960 bis 2024 (Grafik aus [17]) .

3.2.4.4 Phytoplankton

Die Entwicklung des Phytoplanktons im Bodensee-Obersee spiegelt die trophische Entwicklung des Sees wider. Gemäss limnologischem Bericht [17] nahm die Biomasse in den 1960er- und 1970er-Jahren infolge steigender Phosphoreinträge stark zu und erreichte Ende der 1970er bis Mitte der 1980er Jahre ihr Maximum (Abbildung 3-11).

Mit der Reduktion der Nährstoffeinträge seit den 1980er-Jahren ging die Phytoplanktonbiomasse deutlich zurück. Seit den 1990er-Jahren bewegt sie sich auf einem tieferen, relativ stabilen Niveau mit interannuellen jährlichen Schwankungen.

Parallel dazu veränderte sich die Zusammensetzung der Phytoplanktongemeinschaft. Während der Eutrophierungsphase der 1970er- und 1980er-Jahre dominierten produktive, nährstoffbegünstigte Gruppen wie Kieselalgen (Bacillariophyceen), Cryptophyceen und Grünalgen (Chlorophyten). Mit der Reoligotrophierung ging deren Biomasse deutlich zurück. Die heutige Phytoplanktongemeinschaft weist eine geringere Gesamtbiomasse auf und entspricht den für nährstoffarme Verhältnisse typischen Bedingungen.

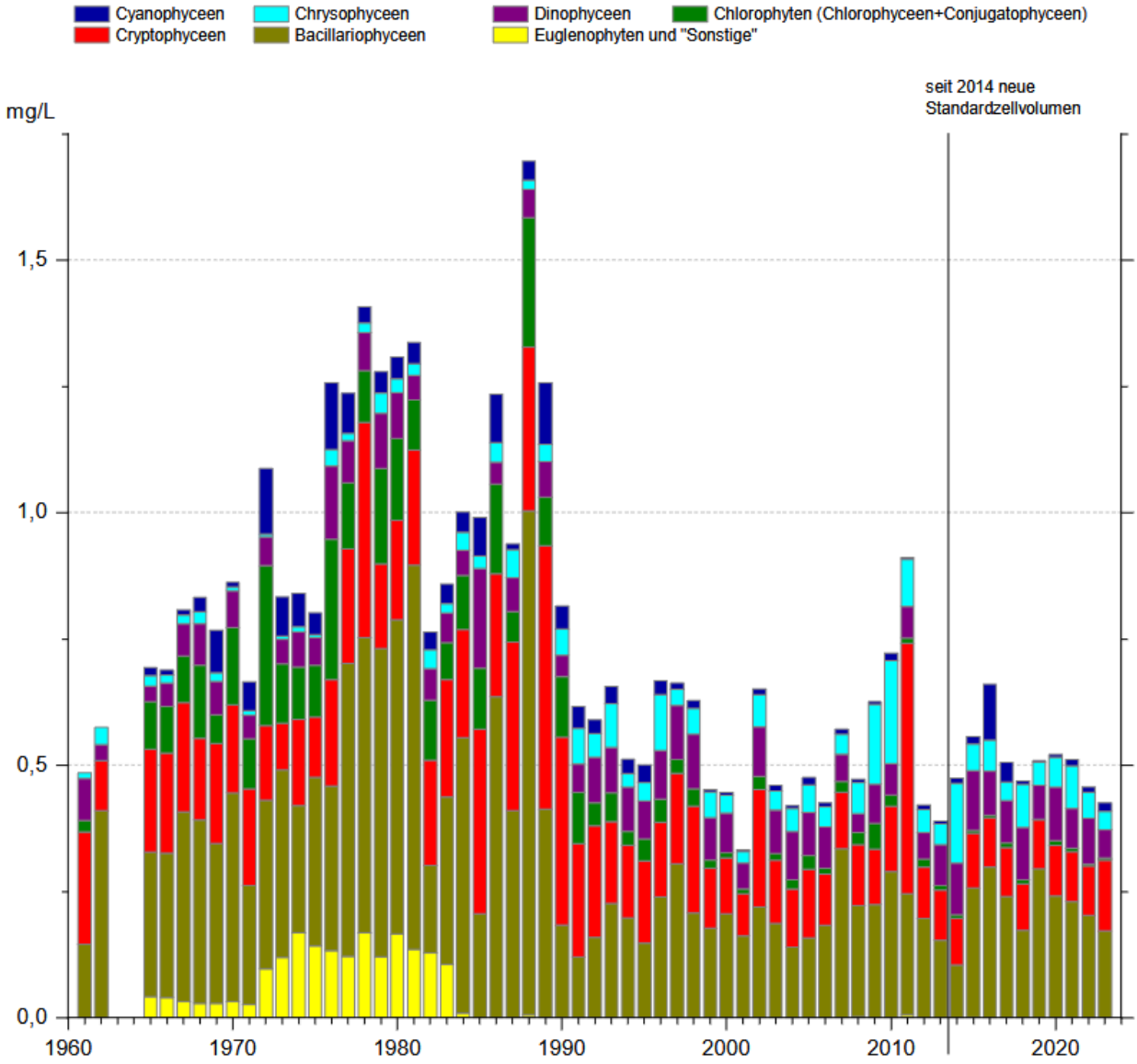


Abbildung 3-11. Langzeitentwicklung des Phytoplanktons im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil, 1961-2023). Tiefenbereich 1965-1975: 0-50 m; ab 1976 0-20 m (Graphik aus [17]).

3.2.4.5 Zooplankton

Die Entwicklung des Zooplanktons im Bodensee-Obersee folgt ebenfalls eng der trophischen Entwicklung des Sees [17]. In den 1960er- und 1970er-Jahren wurden im Zuge der Eutrophierung hohe Dichten erreicht, insbesondere bei Copepoden und Cladoceren (Abbildung 3-12). Die Maxima liegen – analog zum Phytoplankton – in den 1960er- bis frühen 1980er-Jahren.

Mit der Abnahme der Nährstoffkonzentrationen seit den 1980er-Jahren gingen auch die Zooplanktonbestände deutlich zurück. Seit den 1990er-Jahren bewegen sich die Dichten auf tieferem Niveau, wobei Copepoden weiterhin dominieren und Cladoceren meist geringere, aber leicht zunehmende Dichten aufweisen.

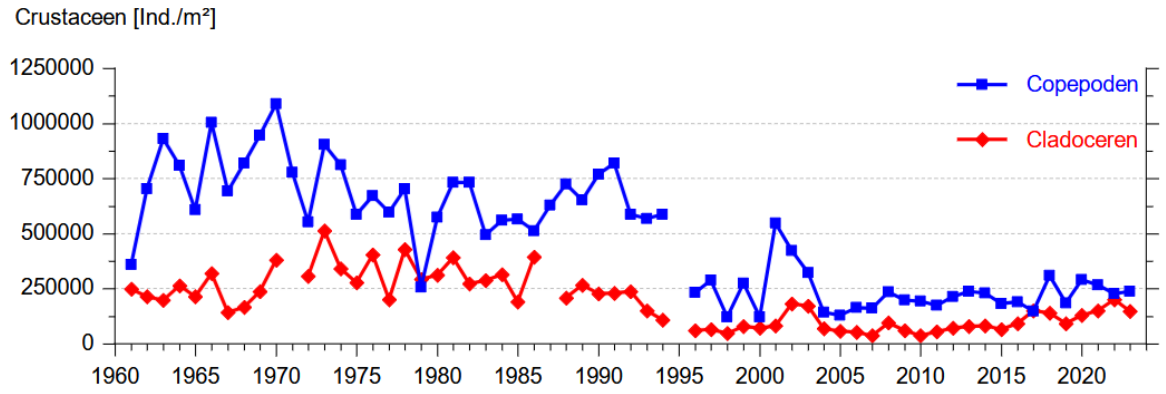


Abbildung 3-12. Langzeitentwicklung der Krebstiere in Seemitte in 0-100 m (Fischbach-Uttwil). Bis 1985 wurde mit einem Nansen-Netz beprobt (666 cm² Fläche). Ab 1986 wurde ein Schliess-Netz mit Aufsatzkegel verwendet (213 cm² Öffnungsfläche) (Graphik aus [17]).

3.2.5 Physikalische und chemische Eigenschaften Untersee

3.2.5.1 Temperatur

Die Temperaturentwicklung im Bodensee-Untersee ist durch ausgeprägte saisonale Schwankungen und eine insgesamt zunehmende Erwärmung gekennzeichnet [17]. Die Zeitreihen für den Zellersee und den Rheinsee zeigen deutlich die jährliche Ausbildung einer sommerlichen Schichtung mit hohen Oberflächentemperaturen und vergleichsweise kühlem Tiefenwasser.

Im Sommer erwärmt sich die Oberfläche regelmässig auf über 20 °C, während die Temperaturen nahe dem Seegrund deutlich tiefer bleiben (Abbildung 3-13). Die Temperaturprofile verdeutlichen dabei eine stabile, wenn auch im Vergleich zum Obersee meist weniger stark ausgeprägte Schichtung. Im Zellersee ist diese aufgrund der geringeren Tiefe schwächer und reicht bis etwa 20 m, während sie im tieferen Rheinsee bis in grössere Tiefen reicht (Abbildung 3-14).

Im Winter hingegen zeigen beide Seeteile weitgehend homogene Temperaturverhältnisse. Die Wassersäule kühlt sich ab und erreicht nahezu einheitliche Temperaturen, was eine vollständige oder zumindest weitgehende Durchmischung ermöglicht. Diese ist entscheidend für den Austausch von Sauerstoff und Nährstoffen im See.

Die Messdaten weisen jedoch darauf hin, dass die winterliche Durchmischung in den letzten Jahren nicht immer vollständig erfolgt [17]. Insbesondere im Rheinsee bleiben teilweise Temperaturunterschiede bestehen, was auf eine stabilere Schichtung hindeutet. Insgesamt zeigt sich auch im Untersee eine Tendenz zu höheren Temperaturen und einer zunehmenden Stabilität der Schichtung.

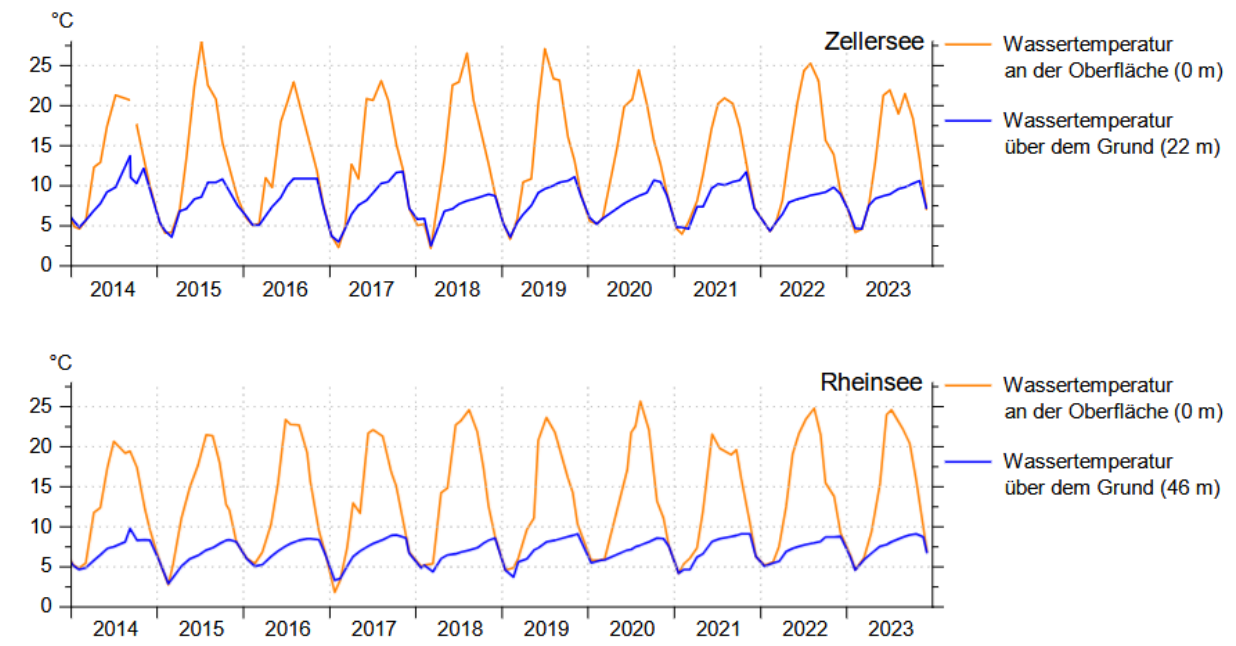


Abbildung 3-13: Langzeitliche Wassertemperaturentwicklung an der Oberfläche und über Grund für die Seeteile Zellersee und Rheinsee des Untersees (Graphik aus [17]).

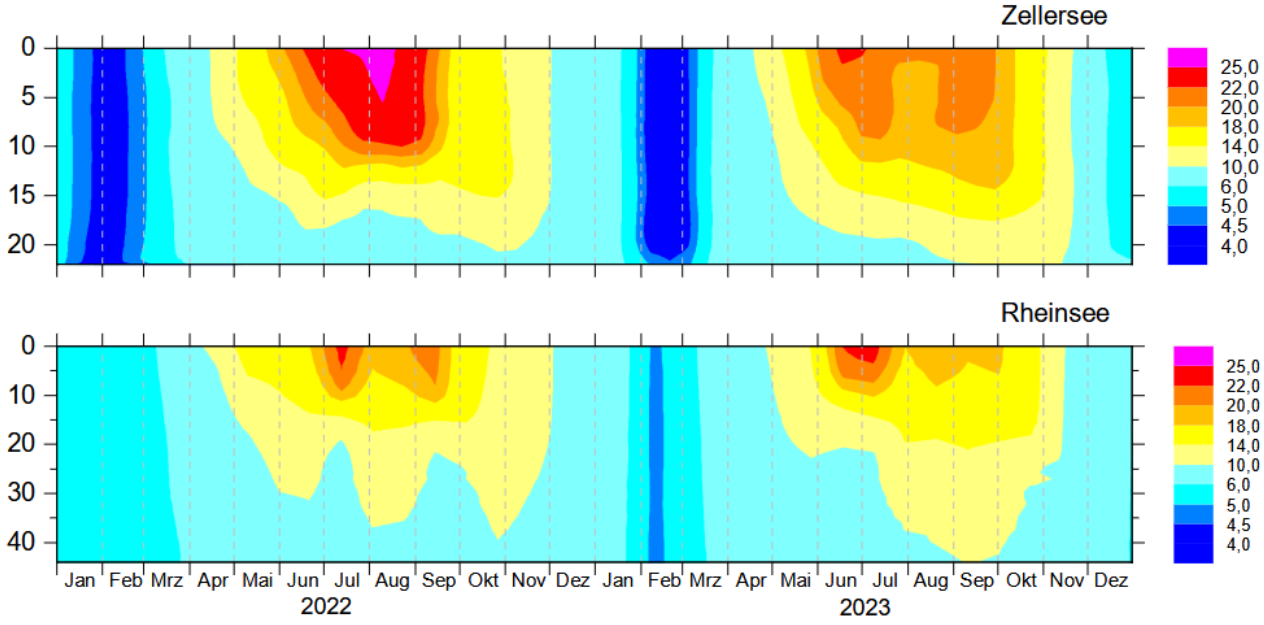


Abbildung 3-14. Temperaturprofile für die Seeteile Zellersee und Rheinsee des Untersees (Graphik aus [17]).

3.2.5.2 Sauerstoff

Die Entwicklung des Sauerstoffgehalts im Bodensee-Untersee zeigt im Gegensatz zum Obersee deutlich tiefere Werte und eine insgesamt kritischere Situation im Tiefenwasser (Abbildung 3-15). Die Zeitreihe für Rheinsee und Zellersee verdeutlicht, dass die Sauerstoffkonzentrationen über Grund seit den 1970er-Jahren meist auf sehr niedrigem Niveau liegen und häufig Werte nahe 0 mg/L aufweisen.

Auch nach der Reduktion der Nährstoffeinträge blieb die Situation im Untersee deutlich angespannter als im Obersee. Zwar ist seit den 1990er-Jahren eine leichte Verbesserung erkennbar, jedoch zeigen die Daten weiterhin überwiegend geringe Konzentrationen mit starken interannuellen Schwankungen (Abbildung 3-16).

Die Unterschiede zwischen den beiden Seeteilen sind ebenfalls deutlich: Der Rheinsee weist tendenziell etwas höhere und variablere Sauerstoffwerte auf, während im Zellersee besonders häufig sehr tiefe Konzentrationen bis nahe anoxische Bedingungen auftreten.

Die Sauerstoffsituation im Untersee hängt stark von der winterlichen Durchmischung ab [17]. Da diese in den letzten Jahren teilweise unvollständig ausfällt, bleibt die Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers eingeschränkt. Insgesamt zeigt sich, dass die Bedingungen im Untersee – insbesondere im Tiefenwasser – weiterhin deutlich weniger günstig sind und empfindlich auf Veränderungen der Schichtung und Durchmischung reagieren.

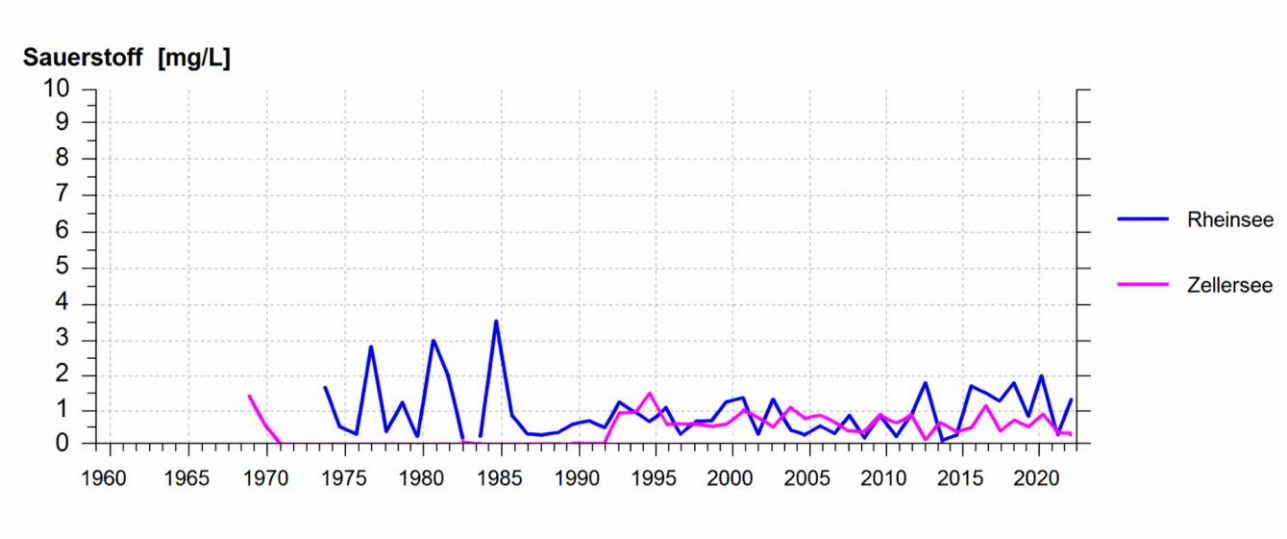


Abbildung 3-15. Entwicklung des Sauerstoffgehalts über Seegrund von 1962 bis 2024 für die Seeteile Zellersee und Rheinsee des Untersees (Graphik angepasst aus [17]).

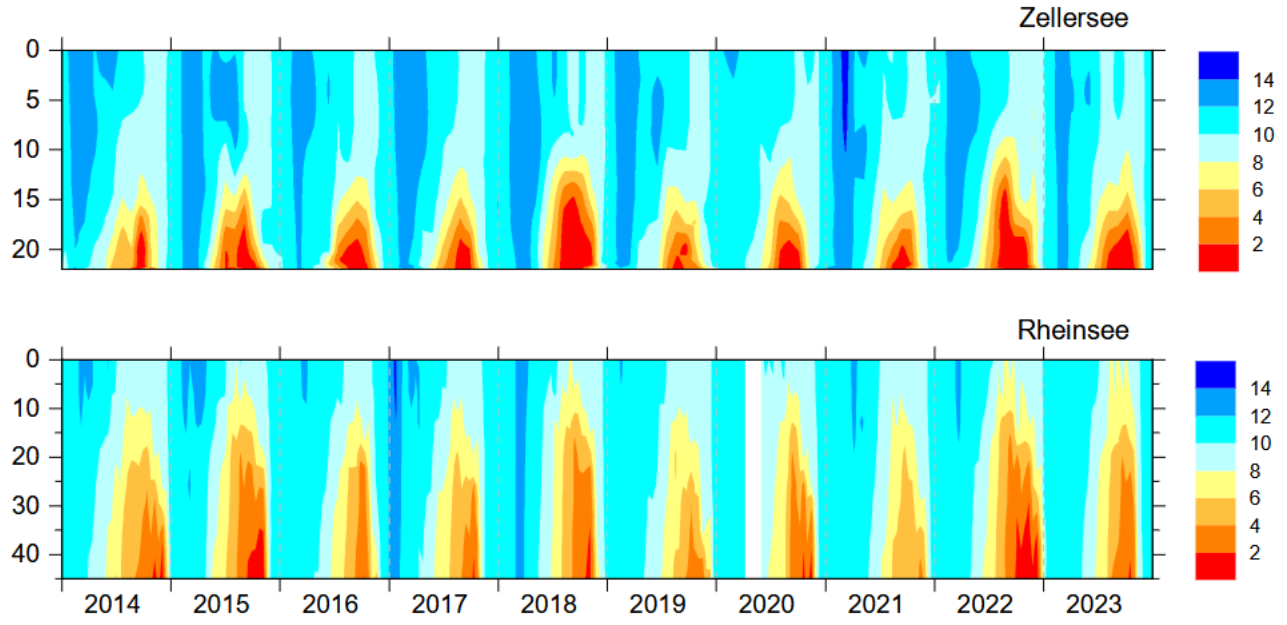


Abbildung 3-16. Sauerstoffverteilung in Seemitte (Fischbach-Uttwil) von 2015 bis 2024 (Graphik aus [17]).

3.2.5.3 Gesamtphosphor

Die Entwicklung des Gesamtphosphorgehalts im Bodensee-Untersee zeigt eine ausgeprägte trophische Veränderung seit den 1960er-Jahren [17]. In den 1970er-Jahren stiegen die Phosphorkonzentrationen im Zuge der Eutrophierung stark an und erreichten insbesondere im Zellersee sehr hohe Werte von über 100 µg/L (Abbildung 3-17). Auch im Rheinsee wurden in dieser Phase hohe Konzentrationen gemessen, wenn auch auf etwas tieferem Niveau.

Seit Beginn der 1980er-Jahre ist infolge der Reduktion der Phosphoreinträge ein deutlicher und kontinuierlicher Rückgang der Konzentrationen zu beobachten. Dieser Trend setzte sich bis in die 1990er-Jahre fort, wobei sich die Werte im Rheinsee schneller und auf tieferem Niveau stabilisierten als im Zellersee. Infolge von Phosphorfreisetzungen aus den Sedimenten ist im Zellersee der Phosphorgehalt höher als im Rheinsee [17].

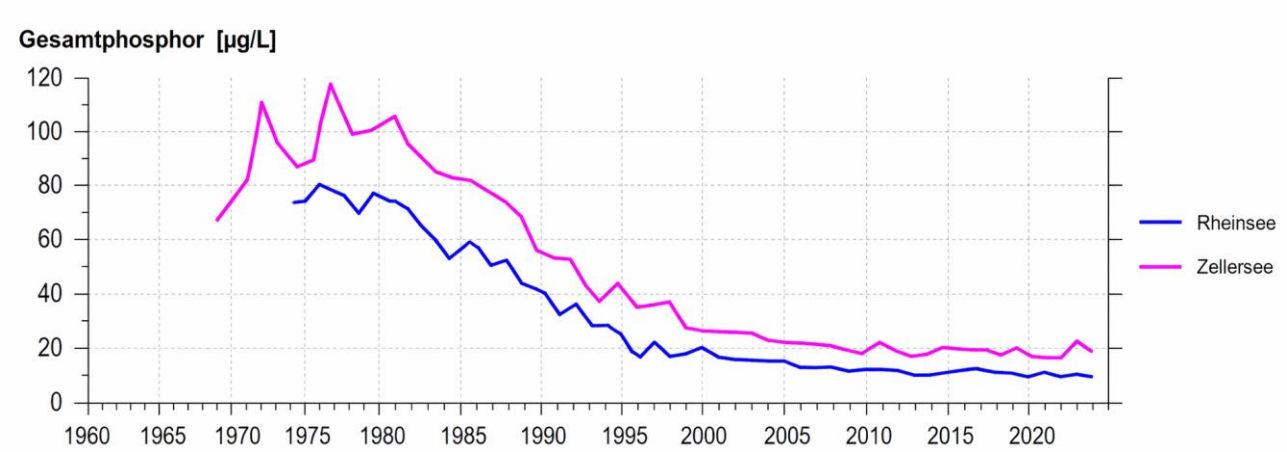


Abbildung 3-17. Entwicklung des Gesamtphosphorgehaltes für die Seeteile Zellersee und Rheinsee des Untersees von 1960 bis 2024 (Grafik angepasst aus [17]).

3.2.5.4 Phytoplankton

Die Entwicklung des Phytoplanktons zeigt auch im Bodensee-Untersee eine enge Kopplung an die Nährstoffentwicklung. Während der Eutrophierungsphase in den 1970er- und frühen 1980er-Jahren wurden sehr hohe Biomassen beobachtet, was sich in ausgeprägten Spitzenwerten widerspiegelt (Abbildung 3-18). In dieser Zeit dominierten insbesondere Kieselalgen sowie weitere nährstoffliebende Gruppen die Zusammensetzung.

Mit der Reduktion der Phosphoreinträge seit den 1980er-Jahren ging die Phytoplanktonbiomasse deutlich zurück. Dieser Rückgang setzte sich bis in die 1990er-Jahre fort und führte zu einem deutlich tieferen Niveau der Gesamtbiomasse. Seit etwa den 2000er-Jahren zeigt die Biomasse keine ausgeprägte langfristige Veränderung mehr, sondern schwankt interannuell auf moderatem Niveau. Gleichzeitig bleibt die Zusammensetzung variabel, wobei weiterhin verschiedene Phytoplanktongruppen zur Gesamtbiomasse beitragen. Der limnologische Bericht weist zudem darauf hin, dass methodische Änderungen bei der Interpretation der jüngeren Werte zu berücksichtigen sind [17].

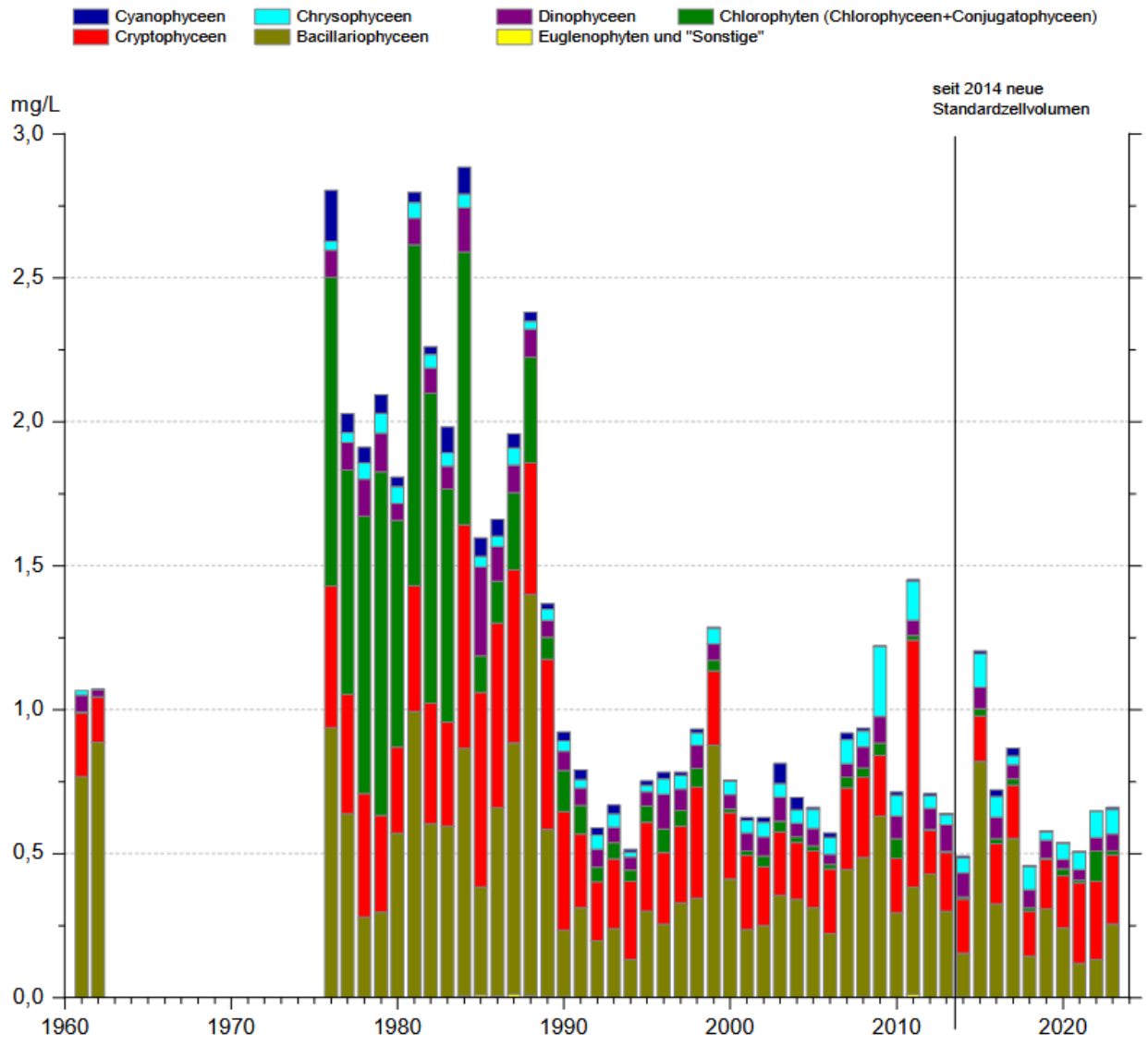


Abbildung 3-18. Langzeitentwicklung des Phytoplanktons im Bodensee-Untersee (Zellersee, 1976-2023) (Graphik aus [17]).

3.2.5.5 Zooplankton

Für das Zooplankton im Bodensee-Untersee liegen im limnologischen Bericht keine vergleichbaren Langzeitdaten vor, wie sie für den Obersee verfügbar sind. Die dargestellten Ergebnisse beschränken sich auf kürzere Zeitreihen und Momentaufnahmen (Abbildung 3-19), wodurch langfristige Entwicklungen nicht beurteilt werden können.

Die vorhandenen Daten zeigen jedoch deutliche saisonale Schwankungen der Biomasse mit ausgeprägten Maxima in den Sommermonaten. Dabei tragen insbesondere Cladoceren und Copepoden wesentlich zur Gesamtbiomasse bei, während Rotatorien eine untergeordnete Rolle spielen. Die dargestellten Biomassen aus dem Untersee liegen im gleichen Grössenbereich wie im Obersee. Insgesamt zeigen die Daten, dass der Untersee grundsätzlich nicht mehr oder weniger Zooplankton aufweist als der Obersee.

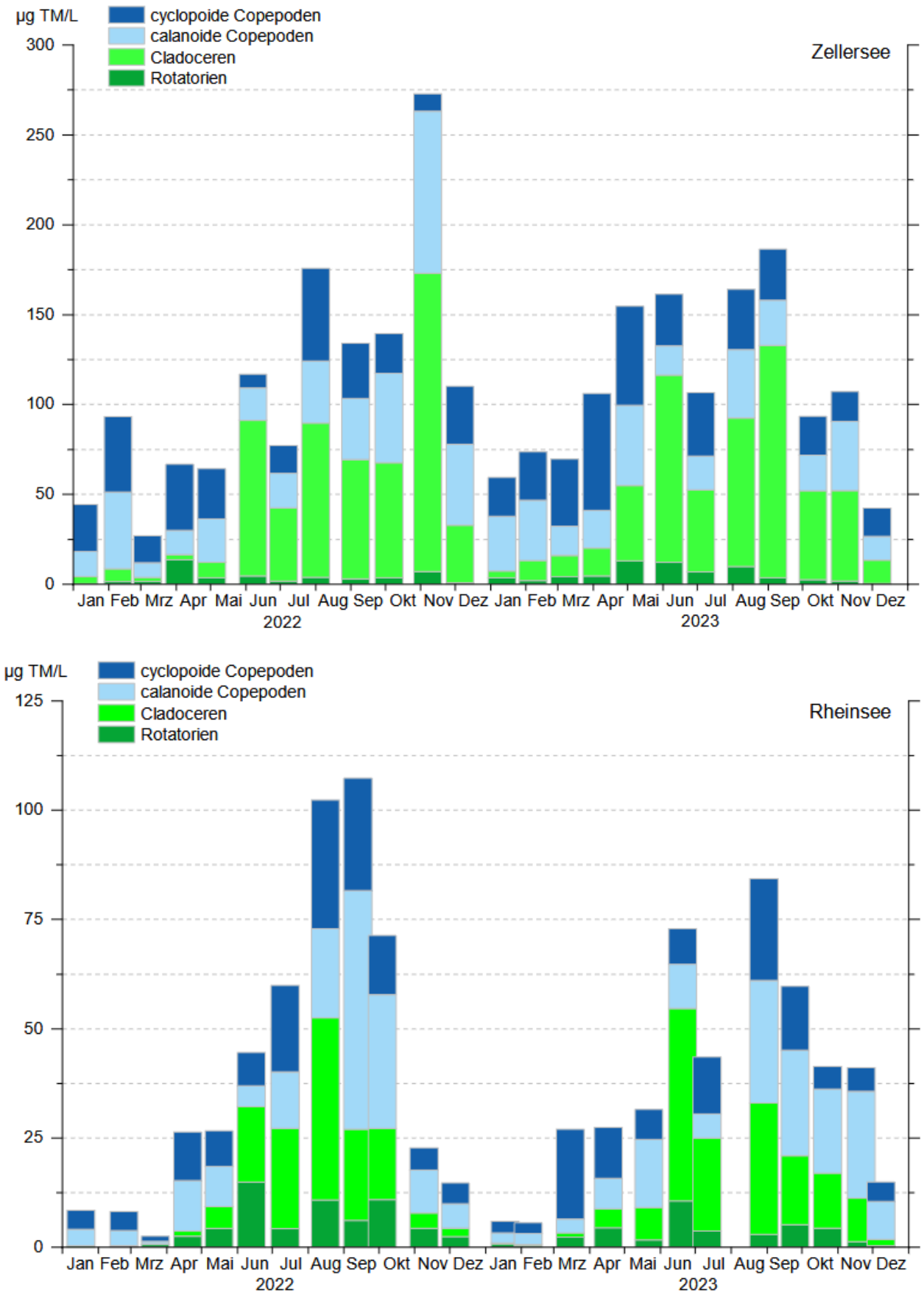


Abbildung 3-19. Biomassen des Zooplanktons (Trockenmasse) an den Stationen Zellersee und Rheinsee im Untersee bezogen auf 20 m Wassersäule (Graphik aus [17]).

3.3 Statistik

3.3.1 Seeweiter CPUE

Fische sind nicht zufällig auf die verschiedenen Lebensräume eines Sees (Uferzone, benthische Zone und Freiwasserzone) verteilt und die Verfügbarkeit dieser Lebensräume variiert zwischen den einzelnen Seen. Zudem haben sich je nach Maschenweite die Flächen der verwendeten Netze mit der Zeit verändert. Ebenso variiert die Anzahl eingesetzt Netze zwischen den Befischungskampagnen je nach Seebereich. All dies führt dazu, dass ein Vergleich der Ergebnisse zwischen den Jahren nur erfolgen kann, denn die Daten für diese Unterschiede korrigiert werden. In diesem Bericht haben wir dazu den Ansatz der berechnen eines Seeweiter CPUE gewählt.

Durch die Berechnung des mittleren CPUE (Anzahl oder Biomasse) jedes Seebereichs gewichtet mit der Verfügbarkeit dieser Bereiche kann ein für den gesamten See extrapolierter CPUE-Wert berechnet werden. Dieser Wert liefert ein möglichst repräsentatives Bild der fangbaren Fischgemeinschaft des gesamten Sees und der Wert kann direkt zwischen den verschiedenen Befischungskampagnen verglichen werden [20].

Im vorliegenden Bericht werden vier verschiedene seeübergreifende CPUE-Werte berechnet, jeweils angepasst an die abgedeckten Lebensräume der eingesetzten Methoden:

- **Seeweiter CPUE (benthisch + pelagisch)** bis 75 m Tiefe: kombiniert die benthischen und pelagischen Netze. Die Tiefenzonen werden nach ihrem Anteil am Seevolumen bis 75 m gewichtet (Maximaltiefe der pelagischen Netze).
- **Seeweiter CPUE benthisch**: nur benthische Netze, bis zur tiefsten Stelle des Sees. Die Tiefenzonen werden nach ihrem Anteil an der Fläche des Sees gewichtet.
- **Seeweiter CPUE pelagisch**: nur pelagische CEN-Netze. Die Tiefenzonen werden nach ihrem Anteil am Seevolumen bis 75 m gewichtet.
- **Seeweiter CPUE Uferzone** (Elektrobefischungen): berechnet als Mittelwert (Fang pro Befischung / befischte Fläche) über die fünf Habitate, in denen über alle Kampagnen hinweg eine ausreichende Anzahl an Befischungen vorlag (Fels, Blöcke, Kies + Geröll, Schilf und Zuflüsse). Die Mittelwerte werden mit dem jeweiligen Anteil der Habitate an der Uferlänge des Sees gewichtet, basierend auf der Uferkartierung von Dr. Petra Teiber-Siessegger [21], angepasst an die im Projet Lac [11] verwendeten Habitat Kategorien.

Die Berechnung der seeweiten CPUE-Werte kann dazu führen, dass die Ergebnisse von den reinen Fangzahlen abweichen. So kann beispielsweise im ersten Jahr eine Art mit drei Individuen und im zweiten Jahr nur mit einem Individuum nachgewiesen werden. Dennoch kann der CPUE-Wert im zweiten Jahr höher ausfallen als im ersten Jahr. Dies ist möglich, wenn im zweiten Jahr weniger Netze eingesetzt wurden, der Fang in einer Maschenweite erfolgte, deren befischte Netzfläche zwischen den Kampagnen reduziert wurde, oder der Fang in einem im See weit verbreiteten Habitat erfolgte.

Für die Interpretation der Ergebnisse sind die CPUE-Werte aussagekräftiger als die absoluten Fangzahlen, da sie Unterschiede im Befischungsaufwand, in der Zusammensetzung der eingesetzten Netze und in der räumlichen Verteilung der Befischung zwischen den Jahren berücksichtigen. Dadurch ermöglichen sie einen realistischen Vergleich der Bestandsentwicklung über die Zeit.

Wie ein seeweiter CPUE berechnet wird ist in Tabelle 3-5 dargestellt.

Tabelle 3-5. Berechnungsbeispiel für die gesamtseeweite benthische BPUE (Fischgewicht pro Aufwandseinheit) des Tiefseesaiblings im Obersee im Jahr 2024. Die Fischgewichte werden zunächst über alle Befischungsaktionen innerhalb einer Maschenweite und Tiefenzone aufsummiert. Anschliessend werden die aufsummierten Gewichte von den Maschenfeldern der benthischen CEN-MODb-Netze auf die entsprechenden Standard-Maschenfelder benthischer CEN-Netze (1,5 m hoch × 2,5 m breit) umgerechnet. Die angepassten Gewichte werden danach für jede Tiefenzone über alle Maschenfelder aufsummiert. Diese Summe wird durch die insgesamt in der jeweiligen Tiefenzone eingesetzte Netzfläche dividiert. Anschliessend wird über die Tiefenzonen hinweg eine gewichtete mittlere CPUE berechnet, wobei die Gewichtung anhand des prozentualen Anteils der jeweiligen Tiefenzone an der Seeoberfläche erfolgt.

Rohgewicht

	Maschenweite									
Tiefenzone	6.25 mm	8 mm	10 mm	12.5 mm	15.5 mm	19.5 mm	24 mm	29 mm	35 mm	43 mm
0-3 m										
3-6 m										
6-12 m										
12-20 m										
20-35 m						57				
35-50 m			13	84	59			40	273	24
50-75 m	4		13	39	60					26
75-100 m			8		29					
100-125 m				27						
125-150 m				30						
150-175 m				19						
175-200 m										
Maschenmultiplikator:	*x2*	*x2*	*x2*	*x2*	*x1*	*x1*	*x1*	*x0.5*	*x0.25*	*x0.125*

Maschenweitenbereinigtes Gewicht

	Maschenweite														
Tiefenzone	6.25 mm	8 mm	10 mm	12.5 mm	15.5 mm	19.5 mm	24 mm	29 mm	35 mm	43 mm	**Gesamt-gewicht**	**Anzahl Aktionen**	**CPUE Tiefenzone**	**Flächenanteil**	CPUE x Fläche
0-3 m											0	28	0.0	5%	0.0
3-6 m											0	25	0.0	5%	0.0
6-12 m											0	16	0.0	4%	0.0
12-20 m											0	11	0.0	3%	0.0
20-35 m						57					57	33	46.2	6%	2.9
35-50 m			26	168	59			20	68	3	344	28	327.9	7%	23.0
50-75 m	9		25	78	60					3	175	11	425.2	11%	47.6
75-100 m			16		29						45	10	119.7	10%	11.8
100-125 m				54							54	9	159.4	11%	16.7
125-150 m				61							61	11	146.9	11%	16.7
150-175 m				37							37	9	109.6	9%	9.4
175-200 m											0	6	0.0	7%	0.0
											Ganzsee benthischer BPUE des Tiefseesaiblings im Obersee im Jahr 2024:				**128.2**

3.3.2 Statistischer Vergleich zwischen verschiedenen Kampagnen

Weil die Probenahmen der drei Kampagnen mit vergleichbaren Netztypen (der Grossteilteil der Maschenweiten waren zwischen den Jahren vergleichbar) durchgeführt wurden, können die Ergebnisse statistisch miteinander verglichen werden. Um zu überprüfen, ob beobachtete Unterschiede zwischen den verschiedenen Untersuchungsjahren statistisch signifikant sind, wurde ein speziell dafür ausgelegtes Verfahren entwickelt.

Es beruht auf einem sogenannten «Resampling»-Verfahren (Bootstraping) und funktioniert wie folgt:

- Aus den tatsächlich eingesetzten Netzen wird – getrennt nach Kampagne, Habitat und Tiefenzone – ein neuer, simulierter Datensatz zusammengestellt. Dabei werden die Netze pro Kampagne, Habitat und Tiefenzone zufällig mit Zurücklegen gezogen. Die Anzahl Netze pro Stratum bleibt dabei gleich wie im Original, allerdings kann jedes Netz mehrfach oder gar nicht im simulierten Datensatz vorkommen. Es wird also zufällig bestimmt, ob «gute» oder «schlechte» Netze häufiger oder seltener im theoretischen Datensatz landen.
- Anschliessend wird für jeden simulierten Datensatz der mittlere CPUE pro Kampagne, Habitat und Tiefenzone berechnet und über alle Strata zu einer Gesamt-CPUE für den See zusammengefasst. Dabei werden die einzelnen Strata entsprechend ihrem Volumenanteil am Seevolumen gewichtet (volumengewichtete Mittelung nach [20].
- Dieser Vorgang wird 1’000-mal wiederholt, sodass für jede Kampagne eine Verteilung möglicher CPUE-Werte entsteht.
- Weiter wird für jede Wiederholung die Differenz zwischen zwei Erhebungszeiträumen berechnet.
- Schliesslich wird überprüft, ob der Bereich, in dem 95 % der Werte liegen (das sogenannte 95 %-Konfidenzintervall), die Null einschliesst. Wenn die Null nicht enthalten ist, bedeutet dies, dass der Unterschied statistisch signifikant ist; in diesen Fällen ist es sehr wahrscheinlich, dass sich die Fischgemeinschaft tatsächlich verändert hat. Wenn die Null enthalten ist, ist mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 5 % zu erwarten, dass die beobachteten Unterschiede durch zufällige Schwankungen beim Befischungserfolg entstanden sind und nicht durch eine Veränderung im Fischbestand.

Damit die Ergebnisse vergleichbar sind, wurden für die Vergleiche der Längenzusammensetzung Längenhäufigkeitsverteilungen und der Tiefenverteilung die Daten für unterschiedliche Flächen der Maschenweiten und für die unterschiedliche Anzahl eingesetzter Netze korrigiert

Unterschiede zwischen Befischungskampagnen sind statistisch eher signifikant, wenn die Varianz im Fangerfolg zwischen den einzelnen Befischungsaktionen gering ist und die Unterschiede zwischen den Kampagnen gross sind. Somit kann es vorkommen, dass in einem Jahr zwar deutlich mehr Individuen einer Art gefangen werden, der Unterschied jedoch statistisch nicht signifikant ist. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die hohe Anzahl Fische nur in wenigen Netzen beziehungsweise an wenigen Standorten gefangen wurde. In solchen Fällen ist die Varianz innerhalb der Befischungskampagne hoch, wodurch das Ergebnis statistisch meistens nicht abgesichert ist. Ähnlich verhält es sich bei Arten, die nur sehr selten nachgewiesen werden. Diese werden häufig nur in wenigen Netzen gefangen, während viele Netze keine Fänge aufweisen. In solchen Situationen ist es meist schwierig, statistisch signifikante Unterschiede zwischen Befischungskampagnen nachzuweisen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass statistisch robuste Ergebnisse vor allem dann zu erwarten sind, wenn Arten regelmässig und an mehreren Standorten nachgewiesen werden. Bei seltenen Arten sind belastbare statistische Aussagen meist nur möglich, wenn sie in einer Kampagne selten oder gar nicht nachgewiesen wurden, in einer anderen Kampagne jedoch deutlich häufiger und an mehreren Standorten auftreten.

4 Obersee

4.1 Rohfangdaten Befischung 2024

Im Obersee wurden bei den standardisierten Befischungen (8 Befischungstage, die vom 7. bis 21. September 2024 verteilt waren) insgesamt 13’412 Fische gefangen (Tabelle 4-1).

Betrachtet man sämtliche Fangmethoden zusammen, sind Barsche mit 5’097 Individuen mit Abstand am häufigsten in den Fängen vertreten. Ebenfalls häufig sind Ukelei/Lauben (N = 3’816), Döbel/Alet (N = 892), Sonnenbarsch (N = 752) sowie Schmerlen (N = 533).

Während Felchen (*Coregonus* spp.) hauptsächlich sowohl im Pelagial als auch im Benthal gefangen wurden, stammen Barsche, Rotaugen, Rotfedern und Brachsen überwiegend aus benthischen und elektrischen Befischungen. Ukelei/Lauben wurden mehrheitlich in pelagischen Netzen gefangen.

Die gesamte Biomasse des Fangs betrug 318.4 kg (Tabelle 4-1). Den grössten Anteil an der Biomasse stellten die Karpfen mit 62.5 kg, gefolgt von den Barschen mit 59,2 kg. Ebenfalls hohe Biomassen wiesen Döbel/Alet mit 26.3 kg, Rotaugen mit 25.7 kg, Rotfedern mit 20.5 kg, Welse mit 17.2 kg und Felchen mit 14.5 kg auf. Weitere relevante Anteile entfielen auf Güster/Blicke (13.3 kg), Schleien (10.5 kg) und Giebel (10.1 kg).

Die Rohergebnisse der Befischungen von 2014 und 2019 können dem Anhang entnommen werden (vgl. Kap. 11.2). Ein direkter Vergleich dieser Rohfänge ist nicht sinnvoll, da der Befischungsaufwand und die eingesetzten Methoden zwischen den Jahren variieren (Vgl. Kap. 3.3).

Tabelle 4-1. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der 2024 gefangenen Fische pro Art und für die verschiedenen Fangmethoden.

Fischart		Anzahl Individuen				Biomasse (kg)			
		Benthisch	Pelagisch	Litoral	Total	Benthisch	Pelagisch	Litoral	Total
Deutsch	Lateinisch	CEN_benthic_MOD_B	CEN_pelagic_MOD_B	Elektrisch		CEN_benthic_MOD_B	CEN_pelagic_MOD_B	Elektrisch	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	3100	1841	156	5097	48.93	9.27	1.01	59.21
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	174	360	3282	3816	1.53	2.17	2.62	6.33
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	32	1	859	892	20.36	0.91	5.07	26.34
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	9	-	743	752	0.14	-	0.69	0.83
Schmerle	*Barbatula barbatula*	17	-	516	533	0.05	-	1.68	1.73
Schleie	*Tinca tinca*	34	-	285	319	8.70	-	1.81	10.51
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	210	-	106	316	25.64	-	0.01	25.66
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	152	-	97	249	20.32	-	0.19	20.51
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	23	-	195	218	1.62	-	0.87	2.48
Güster/Blicke	*Blicca bjoerkna*	185	-	1	186	13.32	-	-	13.32
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	148	-	-	148	1.60	-	-	1.60
Gründling	*Gobio gobio*	6	-	127	133	0.05	-	0.08	0.14
Giebel	*Carassius gibelio*	58	-	54	112	9.73	-	0.36	10.08
Schneider	*Alburnoides bipunctatus*	-	-	88	88	-	-	0.02	0.02
Brachse / Blei	*Abramis brama*	39	-	37	76	8.45	-	0.20	8.65
Felchen	*Coregonus* spp.	35	36	-	71	6.02	8.46	-	14.49
Blaubandbärbling	*Pseudorasbora parva*	7	-	60	67	0.03	-	0.17	0.20
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	11	44	3	58	0.03	0.05	0.00	0.08
Wels	*Silurus glanis*	17	-	28	45	14.56	-	2.59	17.15
Hecht	*Esox lucius*	19	1	19	39	8.19	0.81	0.72	9.73
Karpfen	*Cyprinus carpio*	9	-	20	29	6.03	-	56.43	62.46
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	26	3	-	29	0.81	0.04	-	0.85
Kamberkrebs	*Orconectes limosus*	13	-	10	23	-	-	-	0.00
Bitterling	*Rhodeus amarus*	4	-	17	21	0.004	-	0.01	0.01
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	20	20	-	-	3.72	3.72
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	19	1	-	20	6.91	0.32	-	7.23
Zander	*Sander lucioperca*	17	-	-	17	3.32	-	-	3.32
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	16	-	-	16	5.20	-	-	5.20
Atlantische Forelle	*Salmo trutta*	-	7	5	12	-	5.87	0.17	6.03
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	5	5	-	-	0.00	0.00
Groppe / Mühlkoppe	*Cottus gobio*	-	-	3	3	-	-	0.01	0.01
Regenbogenforelle	*Oncorhynchus mykiss*	-	1	-	1	-	0.55	-	0.55
Elritze	*Phoxinus phoxinus*	-	-	1	1	-	-	-	0.00
Total		**4380**	**2295**	**6737**	**13412**	**211.55**	**28.45**	**78.44**	**318.44**

4.2 Artenvielfalt

Im Rahmen der standardisierten Befischungen wurden im Obersee 2024 insgesamt 34 Fischarten nachgewiesen (Tabelle 4-2). Im Jahr 2014 wurden noch 31 Arten erfasst, während im Jahr 2019 insgesamt 30 Arten nachgewiesen werden konnten. Damit zeigt sich über die drei Untersuchungsjahre hinweg insgesamt ein vergleichbares Artenspektrum, mit einer leichten Zunahme durch den Nachweis einzelner seltener Arten im Jahr 2024.

Vor 1900 wurden im Bodensee insgesamt 31 Arten dokumentiert [22]. Darunter befinden sich auch der Zander, der in der Schweiz als gebietsfremd und in Baden-Württemberg als eingebürgert gilt, jedoch bereits vor 1900 eingeführt wurden. Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass diese historische Artenzahl grundsätzlich weiterhin erreicht, bzw. teilweise überschritten wird. Einzelne Arten wurden jedoch nicht in allen Untersuchungsjahren nachgewiesen. Arten wie Äsche, Elritze, Bitterling, Barbe, Karausche und Nase fehlen teilweise in den standardisierten Befischungen, obwohl sie durch andere Erhebungen oder regionale Vorkommen weiterhin belegt sind. Ein rezentes Vorkommen der Karausche gilt allerdings als unsicher. All dies deutet darauf hin, dass diese Arten im Bodensee nur in geringen Dichten vorkommen oder auf bestimmte Lebensräume (z. B. Uferbereiche oder Zuflüsse) beschränkt sind und daher in standardisierten Befischungen nicht regelmässig erfasst werden.

Zusätzlich zu den ursprünglich dokumentierten Arten wurden auch Arten bei den standardisierten Befischungen nachgewiesen, die den Bodensee erst nach 1900 besiedelt haben, darunter der Dreistachlige Stichling, Kaulbarsch, Sonnenbarsch, Blaubandbärbling und die Regenbogenforelle.

Erstmalig gefangen wurde im Bodensee-Obersee der Schneider, wobei diese Art sich in den letzten Jahren in einigen Fliessgewässern wie der Bregenzer Aach ausgebreitet hat. Sie wurde 2024 an drei nah beieinanderliegenden Standorten im Bereich von Zuflüssen am Ostufer des Obersees nachgewiesen. An einem Standort konnten dabei sogar rund 80 Individuen gefangen werden.

Ebenfalls erfreulich ist der Nachweis einer Elritze in einem Zufluss weniger als 1 km von Langenargen entfernt. Die Art wurde damit 2024 erstmals im Rahmen der standardisierten Erhebungen erfasst. Über mehrere Jahrzehnte waren keine Nachweise der Elritze im See bekannt, bevor sie im Frühjahr 2020 am Rheindamm in der Fussacher Bucht wieder dokumentiert wurde [23]. Ein weiterer Nachweis erfolgte 2023 im Yachthafen von Langenargen von der FFS.

Von den ursprünglich endemischen Arten des Bodensees konnten weiterhin mehrere nachgewiesen werden. Der Tiefseesaibling, der während der Eutrophierungsphase zeitweise als verschollen galt, wurde auch in den neueren Befischungen bestätigt. Der Kilch hingegen gilt weiterhin als ausgestorben, was auf den Verlust geeigneter Tiefenhabitate infolge der historischen Sauerstoffdefizite zurückgeführt wird. Die anderen Felchenarten wurden genetisch nachgewiesen [24], wobei allerdings nicht bekannt ist, wie häufig diese einzelnen Arten im Fang waren, da uns die Daten der Artzuweisung nicht zur Verfügung standen.

Tabelle 4-2. Artenliste im Bodensee Obersee. Die Fänge der standardisierten Befischungen sind in den letzten drei Spalten angegeben. Die hier aufgeführten Fischarten wurden durch die Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg (FFS-BW) und gemäss VBGF der Schweiz als im Bodensee einheimisch oder gebietsfremd eingestuft. Die Spalte Zaugg et al. (2003) zeigt die Angaben aus dem Schweizer Fischatlas von 2023 **[25]**. Hier sind alle im Obersee dokumentierten und dem Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna bis 2003 gemeldeten Fischarten aufgeführt. Die Spalte ALFI (WRRL) 2014 entspricht der Artenliste, die im Rahmen der österreichischen WRRL-Bewertung des Bodensees berücksichtigt wurde.

Fischart			Gefährdung			Nachweis der Fischart									
Familie	Art	Deutsch	VBGF	Status nach FFS-BW für Bodensee-Obersee	Status nach VBGF für Bodensee-Obersee	Eckmann & Rösch (1998)	ALFI (WRRL) <1900	Eckmann & Rösch (1998)	Zaugg et al (2003)	Fischerei (1970-2012)	ALFI (WRRL) 2014	FFS-BW (2014)	Projet Lac 2014	Befischung 2019	Befischung 2024
Anguillidae	*Anguilla anguilla*	Aal	1	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Centrarchidae	*Lepomis gibbosus*	Sonnenbarsch		gebietsfremd	gebietsfremd			1			1	1	1	1	1
	Micropterus salmoides	Forellenbarsch		gebietsfremd	gebietsfremd						1				
Cottidae	*Cottus gobio*	Groppe	4	einheimisch	einheimisch	1	1		1		1	1	1	1	1
Cyprinidae	*Abramis brama*	Brachse	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Alburnoides bipunctatus	Schneider	3, E	einheimisch	einheimisch										1
	Alburnus alburnus	Laube, Ukelei	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1		1	1	1	1	1
	Barbus barbus	Barbe	4	einheimisch	einheimisch	1		1	1	1		1	1	1	1
	Blicca bjoerkna	Blicke	4	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1		1	1	1	1	1
	Carassius carassius	Karausche		einheimisch	gebietsfremd	1		1	1		1	1		1	
	Carassius gibelio	Giebel		gebietsfremd	gebietsfremd						1	1	1	1	1
	Chondrostoma nasus	Nase	1, E	einheimisch	einheimisch	1		1	1			1			
	Ctenopharyngodon idella	Weisser Amur		gebietsfremd	gebietsfremd				1						
	Cyprinus carpio	Karpfen	4	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Gobio gobio	Gründling	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1		1	1	1	1	1
	Gobio obtusirostris	Kurzschnäuziger Gründling [1]		-	einheimisch								1		
	Leuciscus delineatus	Moderlieschen	3, E	gebietsfremd	einheimisch	1	1	1	1		1	1			
	Leuciscus leuciscus	Hasel	NG	einheimisch	einheimisch	1		1	1	1		1	1	1	1
	Phoxinus phoxinus [2]	Elritze	NG	einheimisch	einheimisch	1	1		1		1				1
	Pseudorasbora parva	Blaubandbärbling		gebietsfremd	gebietsfremd						1			1	1
	Rhodeus amarus	Bitterling	2, E	einheimisch	einheimisch	1	1		1		1	1		1	1
	Rutilus rutilus	Rotauge	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Scardinius erythrophthalmu	Rotfeder	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1		1	1	1	1	1
	Squalius cephalus	Alet	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tinca tinca	Schleie	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Esocidae	*Esox lucius*	Hecht	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gadidae	*Lota lota*	Trüsche	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gasterosteidae	*Gasterosteus aculeatus*	Stichling	4	gebietsfremd	gebietsfremd			1	1		1	1	1	1	1
Ictaluridae	*Ameirus melas*	Katzenwels		gebietsfremd	gebietsfremd				1						
Nemacheilidae	*Barbatula barbatula* [3]	Bartgrundel, Schmerle	4	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1		1	1	1	1	1
Percidae	*Gymnocephalus cernua*	Kaulbarsch	NG	gebietsfremd	einheimisch			1	1	1	1	1	1	1	1
	Perca fluviatilis	Barsch	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Sander lucioperca	Zander		eingebürgert	gebietsfremd	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Salmonidae	*Coregonus arenicolus*	Sandfelchen [4]	4, E	einheimisch	einheimisch	1		1				1	1		1
	Coregonus gutturosus	Kilch [4]	Ausgestorben	einheimisch	einheimisch	1									
	Coregonus macrophthalmu	Gangfisch [4]	4, E	einheimisch	einheimisch	1		1				1	1		1
	Coregonus wartmanni	Blaufelchen [4]	4, E	einheimisch	einheimisch	1		1				1	1		1
	Coregonus sp.	Felchen unbest.	4, E	einheimisch	einheimisch		1		1	1	1		(1)	1	(1)
	Salmo trutta	Forelle	4	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Oncorhynchus mykiss	Regenbogenforelle		eingebürgert	gebietsfremd			1	1	1		1	1		1
	Salvelinus profondus	Tiefenseesaibling	3	einheimisch	einheimisch				1			1	1	1	1
	Salvelinus umbla	Seesaibling	3	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Siluridae	*Silurus glanis*	Wels	NG, E	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Thymallidae	*Thymallus thymallus*	Äsche	2, E	einheimisch	einheimisch	1		1	1	1		1			
Anzahl einheimische Arten				**33**		**29**	**22**	**26**	**28**	**17**	**23**	**29**	**26**	**24**	**28**
Anzahl gebietsfremde Arten nach VGBF				**10**		**2**	**0**	**5**	**6**	**2**	**7**	**6**	**5**	**6**	**6**
Total Anzahl Arten				**43**		**31**	**22**	**31**	**34**	**19**	**30**	**35**	**31**	**30**	**34**

[1] Durch genetische Barcodierung bekannt geworden.

[2] Im Bodensee vorkommende Elritzen werden nach aktueller taxonomischer Einschätzung am besten der Donau-Elritze (*Phoxinus csikii*) zugeordnet [26, 27], wobei genetische Hinweise auf eine gewisse Vermischung mit *Phoxinus phoxinus*-Linien bestehen [23].

[3] Aktuelle Untersuchungen von [28] zeigen, dass die Schmerlen/Bartgrundeln im Bodensee taxonomisch noch nicht abschliessend eingeordnet werden können. Sie stehen genetisch der Art *Barbatula fluvicola* nahe, unterscheiden sich jedoch in ihrer äusseren Form.

[4] Durch genetische Analysen bestätigt [24, 29–31].

4.3 Fischbestand gesamter See

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse von 2014, 2019 und 2024 zeigt, dass der volumenkorrigierte Fang pro Aufwand [20] für die Anzahl (Dichte) und die Biomasse aller gefangenen Fische über den gesamten Zeitraum keine signifikanten Veränderungen aufweist. Zwischen 2014 und 2019 ist sowohl bei der Dichte als auch bei der Biomasse allerdings eine signifikante Abnahme zu beobachten. In der darauffolgenden Periode von 2019 bis 2024 nahmen die Fänge hingegen wieder signifikant zu (Dichte) bzw. zeigten eine deutliche, jedoch nicht signifikante Erholung (Biomasse). Insgesamt gleichen sich die gegenläufigen Entwicklungen zwischen den Perioden weitgehend aus, sodass über den gesamten Zeitraum keine statistisch gesicherte Veränderung festgestellt werden kann (Abbildung 4-1, Tabelle 4-3).

Auf Ebene der einzelnen Arten zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen (Abbildung 4-2, Abbildung 4-3). Bei der Interpretation ist allerdings zu beachten, dass auch sehr grosse prozentuale Veränderungen statistisch nicht signifikant sein können.[1] Mehrere Arten weisen über den gesamten Zeitraum eine signifikante Zunahme in der Anzahl der gefangenen Individuen auf, darunter insbesondere Schleie, Rotfeder, Barsch/Egli, Tiefseesaibling sowie Giebel und Wels. Auch in der Biomasse sind für einige Arten deutliche Zunahmen festzustellen, beispielsweise für Wels, Rotfeder, Brachse, Giebel und Barsch/Egli. Demgegenüber zeigen verschiedene Arten signifikante Rückgänge, insbesondere Felchen, Hasel, Kaulbarsch und Stichling, sowohl in der Anzahl als auch in der Biomasse. Weiter hat die Dichte der Trüschen signifikant abgenommen.

Für einige Arten ergeben sich Unterschiede zwischen der Entwicklung der Dichte und jener der Biomasse. So zeigt beispielsweise der Zander eine Abnahme in der Anzahl, während die Biomasse gleichzeitig zunimmt. Solche gegenläufigen Trends lassen sich in der Regel durch Unterschiede in der Grössenstruktur der gefangenen Individuen erklären, wobei einzelne grosse Fische einen starken Einfluss auf die Biomasse haben können.

Ein Teil der beobachteten Veränderungen auf Artebene ist jedoch statistisch nicht signifikant. Dies gilt z.B. für den Sonnenbarsch und den Blaubandbärbling. Entsprechend kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Teil der Unterschiede auf die Variabilität des Fangerfolgs sowie auf methodische Einflüsse (z.B. Netztyp, Stichprobengrösse) zurückzuführen ist.

Alle artspezifischen Grafiken der Veränderungen zwischen den drei Jahren können dem Anhang entnommen werden (vgl. Kap. 11.3.1).

[1] Dies betrifft vor allem Arten, die nur in geringen Stückzahlen oder sehr ungleichmässig auf die verschiedenen Netze verteilt gefangen werden. In solchen Fällen reagiert der berechnete CPUE-Wert empfindlich darauf, welche Netze bei der zufälligen Resampling-Prozedur (siehe Kapitel 3.3.2) gezogen werden, sodass die simulierten Vergleichswerte stark streuen. Die beobachtete Veränderung kann dann nicht mit hinreichender Sicherheit von zufälligen Schwankungen beim Befischungserfolg unterschieden werden, auch wenn der prozentuale Unterschied gross erscheint. Umgekehrt können auch kleinere prozentuale Veränderungen statistisch signifikant sein, wenn die Art über alle Netze hinweg gleichmässig und in ausreichender Anzahl gefangen wird. Dies gilt sowohl für die Ergebnisse, die hier dargestellt werden als auch für die später in diesem Bericht gezeigten Resultate.

Dies kann am Beispiel der Laube veranschaulicht werden: Obwohl im Pelagial bei einzelnen Befischungen sehr hohe Fangzahlen erzielt wurden (bis zu 300 Individuen), wurden bei den meisten Befischungen keine oder nur sehr wenige Lauben gefangen. Aufgrund dieser hohen Variabilität und der zahlreichen Nullfänge konnte für die gesamte pelagische CPUE keine statistisch signifikante Veränderung nachgewiesen werden. Im Benthal hingegen nahm die Häufigkeit der Laube gleichmässiger zu, weshalb dort ein signifikanter Anstieg festgestellt wurde.

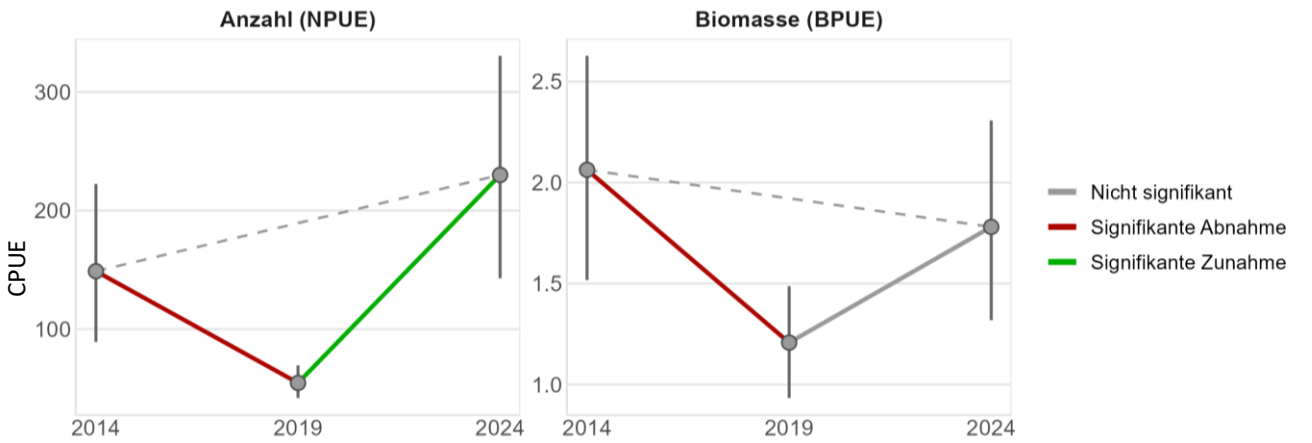


Abbildung 4-1. Fang pro Aufwandseinheit im gesamten Bodensee-Obersee für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz und Befischungsnacht angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm. Das Ergebnis wird stark von den pelagischen Fängen geprägt, da der pelagische Lebensraum einen grossen Anteil am gesamten Volumen des Obersees ausmacht.

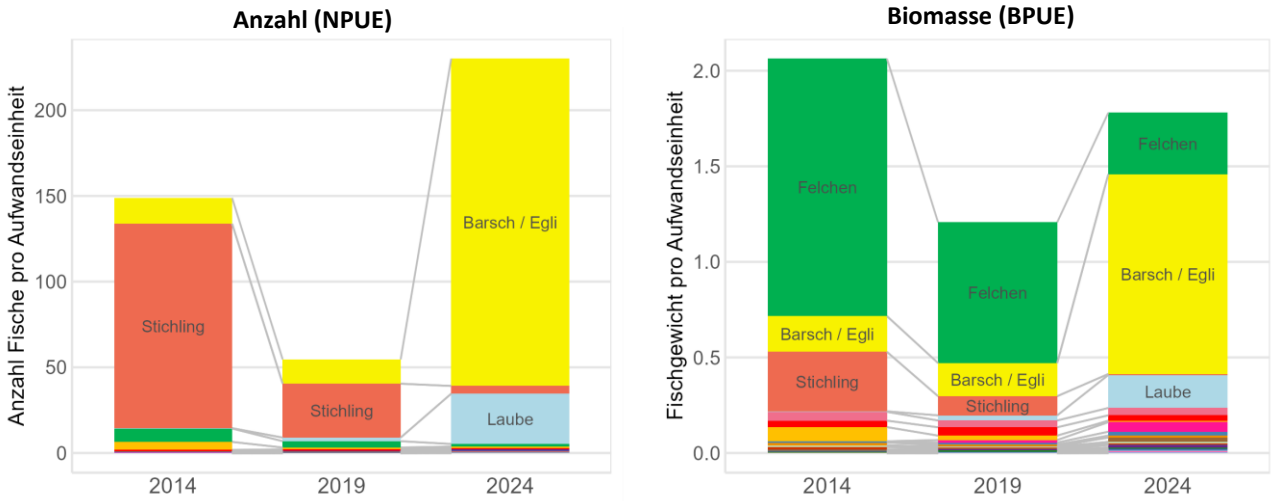


Abbildung 4-2. Artenzusammensetzung des Fangs pro Aufwandseinheit im gesamten Bodensee-Obersee für die Befischungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm. Graue Linien verbinden die Anteile derselben Art zwischen den Jahren.

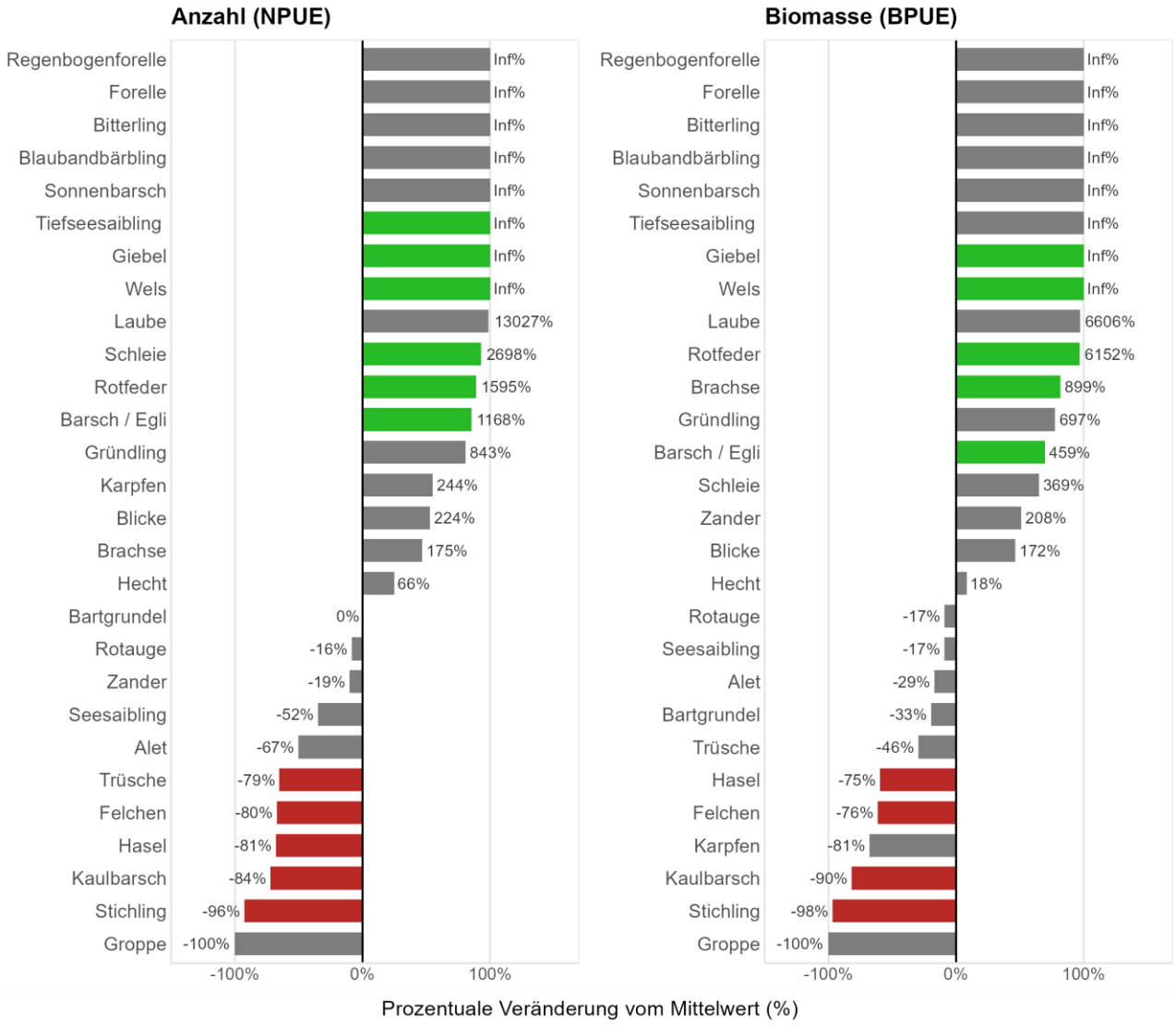


Abbildung 4-3. Artspezifische Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit im Obersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Farbige Balken zeigen eine statistisch signifikante Veränderung an.

Tabelle 4-3. Zusammenfassung der artspezifischen Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit im gesamten Obersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Es wurden die Fänge der pelagischen CEN-Netze und der benthischen CEN-Netze berechnet. +Inf bei der Veränderung entsteht dann, wenn eine Art 2014 nicht nachgewiesen wurde, im Jahr 2024 aber schon. Dann kann keine prozentuale Veränderung berechnet werden. Der BPUE-Wert wird in Gramm angegeben.

	NPUE			Veränderung			BPUE			Veränderung		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	148.9	54.6	230.1	-63%	+321%	+55%	2063.1	1207.4	1780.3	-41%	+47%	-14%
Alet	0.04	0.05	0.01	+20%	-73%	-67%	14.0	8.8	9.9	-37%	+13%	-29%
Barsch / Egli	15.1	14.2	190.9	-6%	+1247%	+1168%	187.1	173.6	1045.4	-7%	+502%	+459%
Bartgrundel	0.07	0.07	0.07	-2%	+2%	0%	0.32	0.21	0.21	-34%	+3%	-33%
Bitterling	0	0	0.01	0%	+Inf	+Inf	0	0	0.02	0%	+Inf	+Inf
Blaubandbärbling	0	0.003	0.02	+Inf	+650%	+Inf	0	0.008	0.11	+Inf	+1342%	+Inf
Blicke	0.15	0.11	0.49	-28%	+348%	+224%	7.5	10.2	20.5	+36%	+100%	+172%
Brachse	0.02	0.21	0.06	+869%	-72%	+175%	0.51	3.4	5.1	+564%	+51%	+899%
Felchen	7.8	3.7	1.5	-53%	-59%	-80%	1346.8	736.6	321.5	-45%	-56%	-76%
Forelle	0	0.01	0.08	+Inf	+427%	+Inf	0	13.5	50.1	+Inf	+272%	+Inf
Giebel	0	0.004	0.04	+Inf	+918%	+Inf	0	0.32	3.1	+Inf	+856%	+Inf
Groppe	0.004	0.003	0	-16%	-100%	-100%	0.01	0.007	0	-44%	-100%	-100%
Gründling	0.002	0	0.02	-100%	+Inf	+843%	0.02	0	0.18	-100%	+Inf	+697%
Hasel	0.26	0.10	0.05	-59%	-53%	-81%	13.1	4.4	3.3	-66%	-26%	-75%
Hecht	0.02	0.006	0.04	-75%	+566%	+66%	8.0	4.6	9.4	-42%	+105%	+18%
Karpfen	0.002	0.003	0.008	+34%	+157%	+244%	6.5	0.67	1.2	-90%	+85%	-81%
Kaulbarsch	4.7	1.1	0.76	-77%	-29%	-84%	74.2	23.2	7.5	-69%	-68%	-90%
Laube	0.22	2.1	29.4	+838%	+1299%	+13027%	2.6	26.8	172.7	+940%	+545%	+6606%
Regenbogenforelle	0	0	0.01	0%	+Inf	+Inf	0	0	5.2	0%	+Inf	+Inf
Rotauge	0.79	0.87	0.66	+10%	-24%	-16%	33.9	43.6	28.2	+29%	-35%	-17%
Rotfeder	0.02	0.05	0.26	+193%	+479%	+1595%	0.36	2.3	22.5	+546%	+868%	+6152%
Schleie	0.002	0.02	0.06	+795%	+212%	+2698%	0.88	0.31	4.1	-65%	+1223%	+369%
Seesaibling	0.26	0.24	0.13	-11%	-46%	-52%	46.2	35.5	38.4	-23%	+8%	-17%
Sonnenbarsch	0	0.001	0.04	+Inf	+3117%	+Inf	0	0.06	0.48	+Inf	+756%	+Inf
Stichling	119.3	31.4	4.5	-74%	-86%	-96%	311.1	100.3	5.1	-68%	-95%	-98%
Tiefseesaibling	0	0.31	0.83	+Inf	+170%	+Inf	0	4.7	12.5	+Inf	+166%	+Inf
Trüsche	0.09	0.03	0.02	-63%	-42%	-79%	8.3	4.8	4.5	-43%	-5%	-46%
Wels	0	0.01	0.005	+Inf	-57%	+Inf	0	1.7	3.5	+Inf	+101%	+Inf
Zander	0.06	0.02	0.05	-57%	+89%	-19%	1.8	7.8	5.4	+346%	-31%	+208%

4.4 Fischbestand nach Lebensraum

Um die auf den gesamten See bezogenen Ergebnisse besser zu verstehen, ist es sinnvoll, die verschiedenen Lebensräume im See getrennt zu analysieren. Die Entwicklung des Fischbestands kann sich beispielsweise zwischen dem Ufer und dem Freiwasser unterscheiden.

Folgende Lebensräume wurden in den Analysen unterschieden:

- Benthische Zone: Ergebnisse, die ausschliesslich mit benthischen CEN-Netzen bis zur tiefsten Stelle des Sees erhoben wurden.
- Freiwasserzone (pelagische Zone): Ergebnisse, die ausschliesslich mit pelagischen CEN-Netzen in einer Tiefe von bis zu 75 m unter der Seeoberfläche erhoben wurden.
- Uferzone: Ergebnisse, die ausschliesslich mittels Elektrofischerei (am Tag) gewonnen wurden.

4.4.1 Benthische Zone: CEN-Grundnetze

Wird ausschliesslich der benthische Seebereich betrachtet, zeigt sich zwischen 2014, 2019 und 2024 sowohl für die Anzahl (Dichte) als auch für die Biomasse der gefangenen Fische ein ähnliches Muster. Zwischen 2014 und 2019 ist eine signifikante Abnahme zu beobachten, die stark durch den Rückgang weniger Arten geprägt war: Bei der Dichte fielen insbesondere die starken Abnahmen des Stichlings und des Kaulbarschs ins Gewicht, bei der Biomasse vor allem die Rückgänge bei Kaulbarsch, Hasel und Trüsche. Von 2019 bis 2024 erhöhen sich die Werte wieder leicht, doch fällt diese Zunahme weder für die Dichte noch für die Biomasse statistisch signifikant aus. Insgesamt ergibt sich über den gesamten Zeitraum eine tendenzielle Abnahme, die jedoch aufgrund der Variabilität nicht statistisch abgesichert ist (Abbildung 4-4).

Auf Ebene der einzelnen Fischarten zeigen sich hingegen deutliche und teilweise signifikante Veränderungen (Abbildung 4-5, Abbildung 4-6, Tabelle 4-4). Eine signifikante Zunahme der Anzahl gefangener Individuen ist insbesondere für Tiefseesaibling, Schleie, Rotfeder sowie Giebel und Wels festzustellen. Auch in der Biomasse weisen mehrere Arten signifikante Zunahmen auf, darunter Rotfeder, Wels, Giebel, Brachs und Felchen.

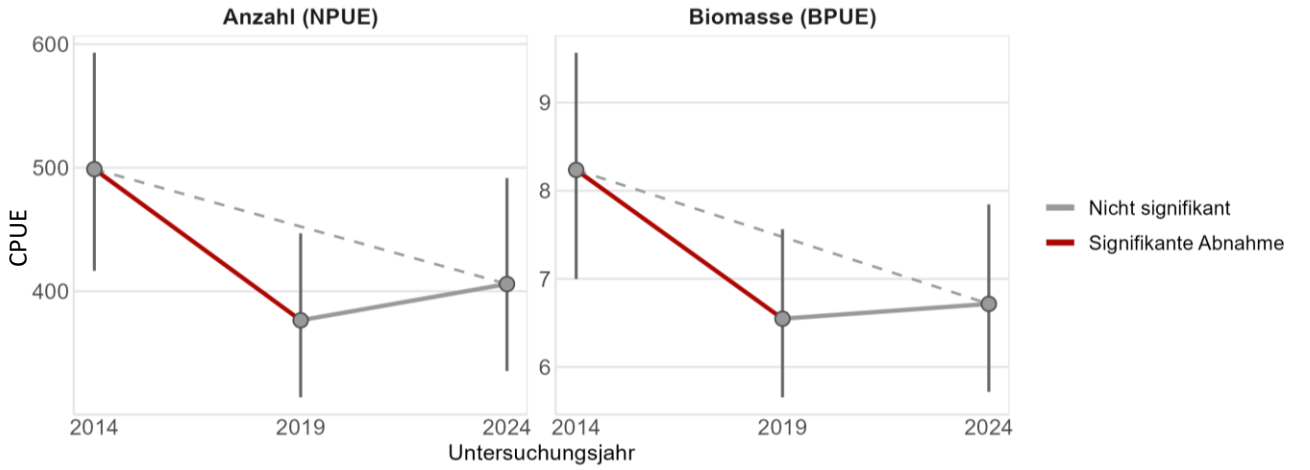


Abbildung 4-4. Fang pro Aufwandseinheit im Benthal des Bodensee-Obersees für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz und Befischungsnacht angegeben; BPUE in Kilogramm.

Demgegenüber stehen signifikante Rückgänge bei einzelnen Arten. Besonders deutlich ist die Abnahme beim Stichling sowie bei Kaulbarsch, Hasel und, die in der Anzahl signifikant zurückgehen. In der Biomasse zeigen insbesondere Kaulbarsch, Stichling und Hasel signifikante Abnahmen.

Für viele weitere Arten sind zwar Zu- oder Abnahmen erkennbar, diese sind jedoch statistisch nicht abgesichert.

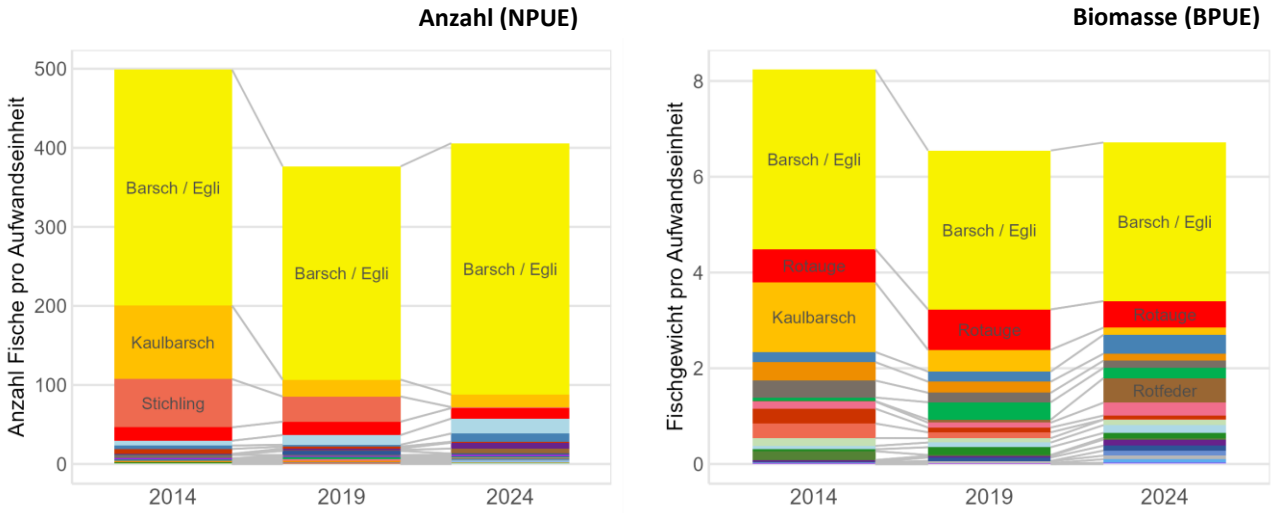


Abbildung 4-5. Artenzusammensetzung des Fangs pro Aufwandseinheit im Benthal des Bodensee-Obersees für die Befischungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm. Graue Linien verbinden die Anteile derselben Art zwischen den Jahren.

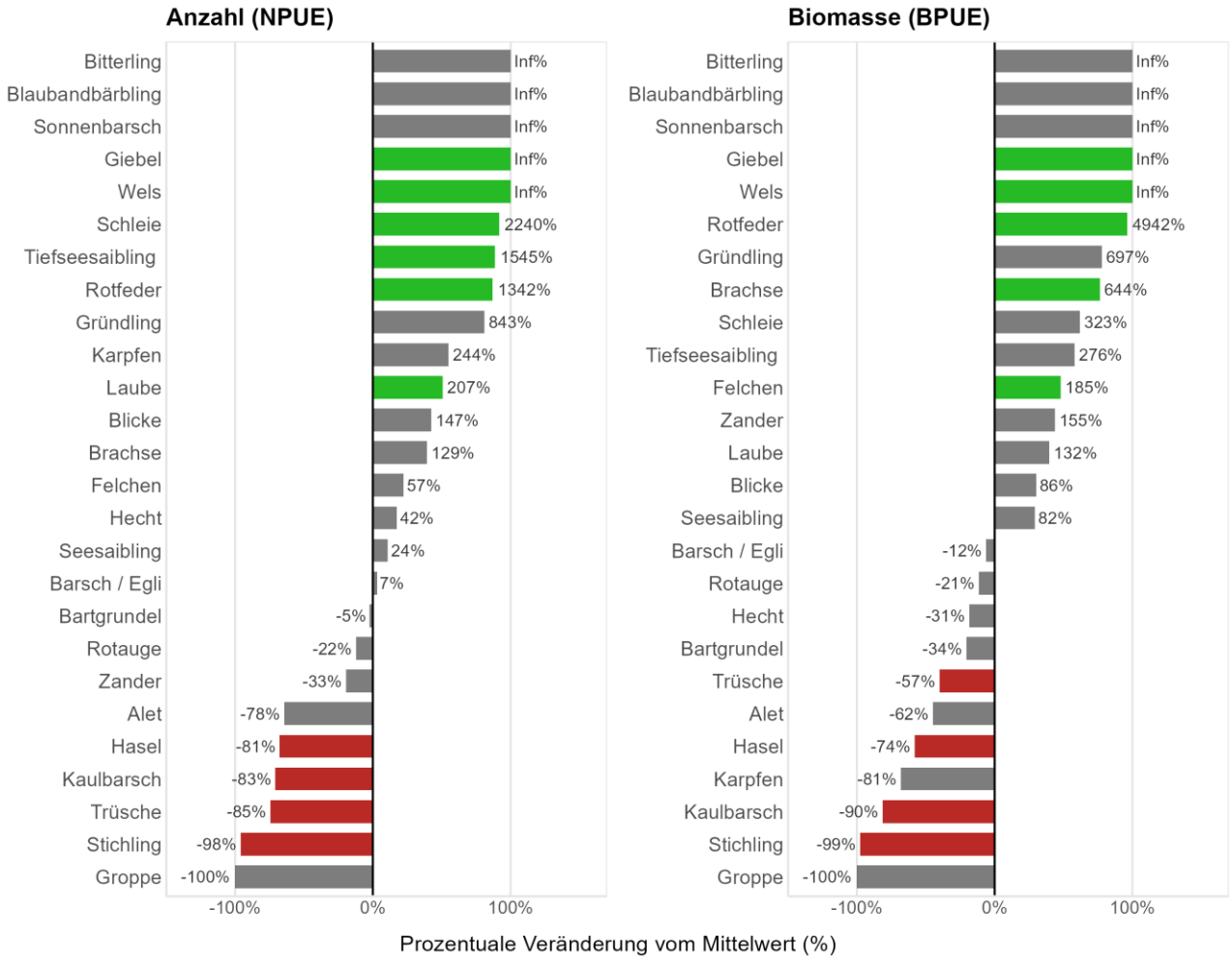


Abbildung 4-6. Artspezifische Veränderungen des Fangs von benthischen CEN-Netzen pro Aufwandseinheit im Obersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Farbige Balken zeigen eine statistisch signifikante Veränderung an.

Tabelle 4-4. Zusammenfassung der artspezifischen Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit im benthischen Habitat des Obersees zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Die Fänge wurden mittels benthischer Bodennetze erhoben. +Inf bei der Veränderung entsteht dann, wenn eine Art 2014 nicht nachgewiesen wurde, im Jahr 2024 aber schon. Dann kann keine prozentuale Veränderung berechnet werden. Der BPUE-Wert wird in Gramm angegeben.

	NPUE			Veränderung			BPUE			Veränderung		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	498.8	376.5	405.8	-25%	+8%	-19%	8236.4	6548.2	6716.2	-20%	+3%	-18%
Alet	1.2	1.4	0.26	+20%	-82%	-78%	384.4	232.2	146.5	-40%	-37%	-62%
Barsch / Egli	298.5	269.8	318	-10%	+18%	+7%	3749.1	3319.6	3314.7	-11%	0%	-12%
Bartgrundel	1.8	1.7	1.8	-10%	+5%	-5%	8.1	5.2	5.3	-35%	+2%	-34%
Bitterling	0	0	0.39	0%	+Inf	+Inf	0	0	0.43	0%	+Inf	+Inf
Blaubandbärbling	0	0.09	0.69	+Inf	+650%	+Inf	0	0.22	3.2	+Inf	+1342%	+Inf
Blicke	4.2	2.4	10.5	-43%	+334%	+147%	211.4	211.3	393.4	0%	+86%	+86%
Brachse	0.51	5.2	1.2	+917%	-77%	+129%	13.8	71.7	102.8	+419%	+43%	+644%
Felchen	1	2.5	1.6	+141%	-35%	+57%	75.3	364.3	214.5	+384%	-41%	+185%
Giebel	0	0.08	0.99	+Inf	+1121%	+Inf	0	7	76.2	+Inf	+982%	+Inf
Groppe	0.39	0.9	0	+132%	-100%	-100%	1.6	4.8	0	+203%	-100%	-100%
Gründling	0.06	0	0.59	-100%	+Inf	+843%	0.63	0	5	-100%	+Inf	+697%
Hasel	6.3	2.4	1.2	-62%	-49%	-81%	310.7	98.9	82.3	-68%	-17%	-74%
Hecht	0.5	0.12	0.71	-76%	+490%	+42%	164.9	91	113.5	-45%	+25%	-31%
Karpfen	0.06	0.07	0.22	+4%	+229%	+244%	184.2	18.7	35	-90%	+87%	-81%
Kaulbarsch	92.9	21.3	15.9	-77%	-25%	-83%	1451.4	453.4	149.9	-69%	-67%	-90%
Laube	6.2	12.3	18.9	+100%	+54%	+207%	70.5	97.8	163.4	+39%	+67%	+132%
Rotauge	16.9	16.9	13.2	0%	-22%	-22%	697.1	843.3	554	+21%	-34%	-21%
Rotfeder	0.44	1.3	6.3	+190%	+397%	+1342%	10.1	61.8	511.3	+509%	+727%	+4942%
Schleie	0.06	0.41	1.5	+549%	+261%	+2240%	24.8	7.6	104.9	-69%	+1286%	+323%
Seesaibling	0.76	2.3	0.94	+209%	-60%	+24%	147.3	102.9	268.7	-30%	+161%	+82%
Sonnenbarsch	0	0.03	0.8	+Inf	+2235%	+Inf	0	1.6	9.9	+Inf	+532%	+Inf
Stichling	61	31.8	1.2	-48%	-96%	-98%	302.3	123.1	3.7	-59%	-97%	-99%
Tiefseesaibling	0.45	1.8	7.4	+298%	+313%	+1545%	34.1	34.1	128.2	0%	+276%	+276%
Trüsche	4.2	0.87	0.61	-79%	-30%	-85%	354.1	197.8	151.3	-44%	-23%	-57%
Wels	0	0.26	0.11	+Inf	-58%	+Inf	0	37.6	74.6	+Inf	+99%	+Inf
Zander	1.3	0.53	0.89	-60%	+68%	-33%	40.5	162.2	103.3	+300%	-36%	+155%

4.4.2 Pelagische Zone: Pelagische CEN-Netze

Der pelagische Lebensraum weist ein deutlich grösseres Volumen auf als die benthischen und litoralen Habitate. Entsprechend haben Veränderungen in diesem Habitat einen starken Einfluss auf die Resultate auf Ebene des gesamten Sees (siehe Kapitel 3.3).

Bei Betrachtung der pelagischen Zone zeigt sich zwischen 2014 und 2019 sowohl für die Anzahl (Dichte), als auch für die Biomasse der gefangenen Fische eine signifikante Abnahme. Diese wurde bei der Dichte überwiegend durch den Rückgang des Stichlings verursacht, bei der Biomasse vor allem durch die Abnahme der Felchen sowie zusätzlich durch den Rückgang der Stichlinge. In der darauffolgenden Periode von 2019 bis 2024 kommt es hingegen zu einer deutlichen Erholung. Diese fällt für die Dichte signifikant aus, während die Zunahme der Biomasse zwar ausgeprägt, jedoch nicht statistisch signifikant ist. Sowohl bei der Dichte als auch bei der Biomasse wurde dieser Anstieg vor allem durch eine starke Zunahme der Barsche verursacht; bei der Dichte trug zusätzlich das vermehrte Auftreten der Laube zum Anstieg bei[2]. Über den gesamten Zeitraum betrachtet gleichen sich die gegenläufigen Entwicklungen weitgehend aus, sodass weder für die Dichte noch für die Biomasse eine statistisch gesicherte Gesamtveränderung nachgewiesen werden kann (Abbildung 4-7).

Diese Veränderungen sind auch in den artspezifischen Resultaten über den gesamten Zeitraum zu erkennen (Abbildung 4-8, Abbildung 4-9). Eine markante und signifikante Zunahme ist insbesondere beim Barsch/Egli zu beobachten, sowohl in der Anzahl als auch in der Biomasse. Demgegenüber weisen Felchen und Stichling signifikante Rückgänge auf, die sich sowohl in der Anzahl als auch in der Biomasse zeigen.

Für mehrere weitere Arten sind zwar Veränderungen erkennbar, diese sind jedoch statistisch nicht abgesichert.

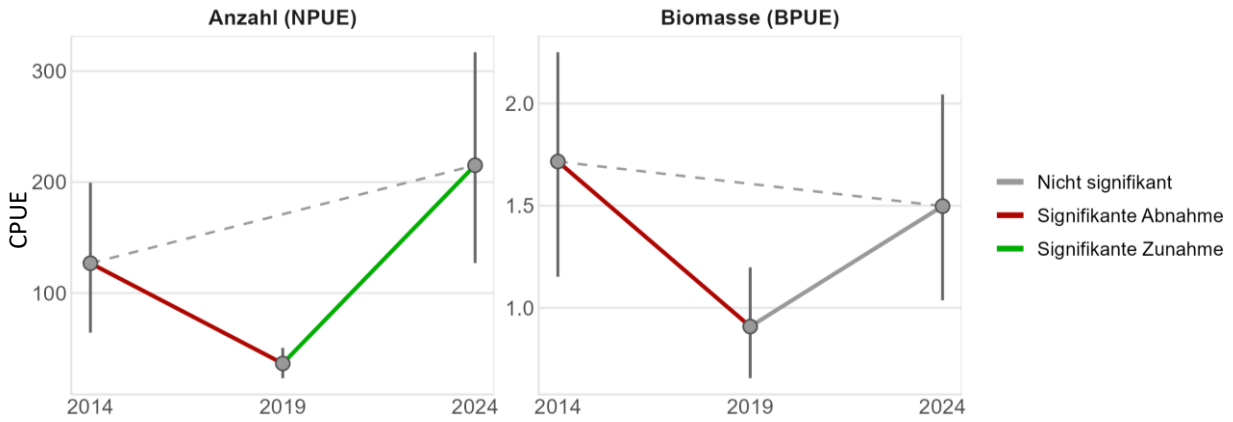


Abbildung 4-7. Fang pro Aufwandseinheit im Pelagial des Bodensee-Obersees für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz und Befischungsnacht angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm.

[2] Die Gründe für die fehlende statistische Signifikanz dieser Zunahme werden am Beispiel der Laube in der Fussnote in Kapitel 4.3 erläutert.

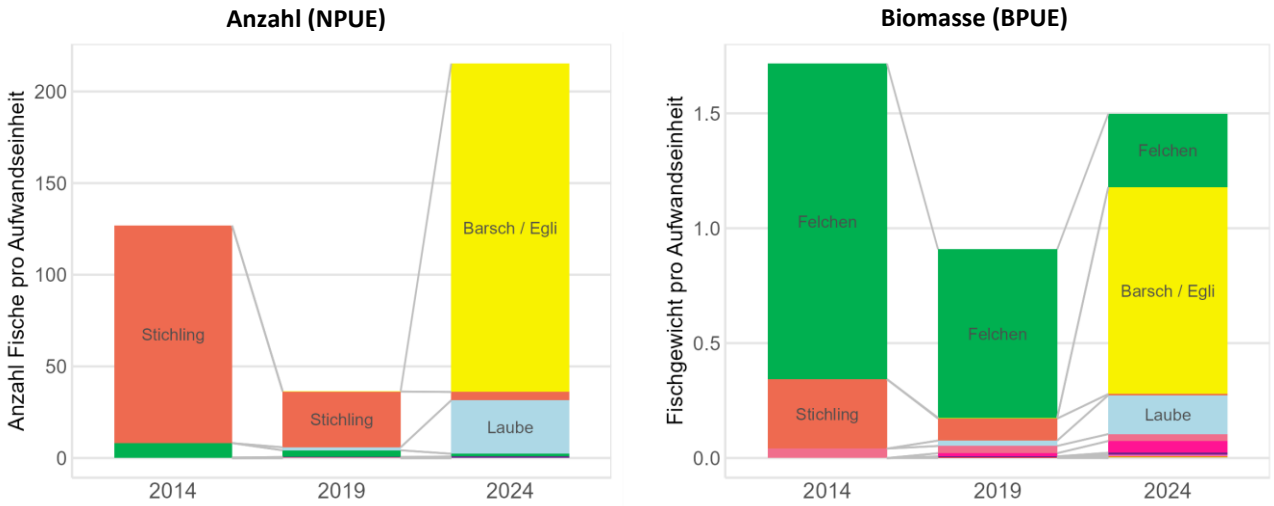


Abbildung 4-8. Artenzusammensetzung des Fangs pro Aufwandseinheit im Pelagial des Bodensee-Obersees für die Befischungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm. Graue Linien verbinden die Anteile derselben Art zwischen den Jahren.

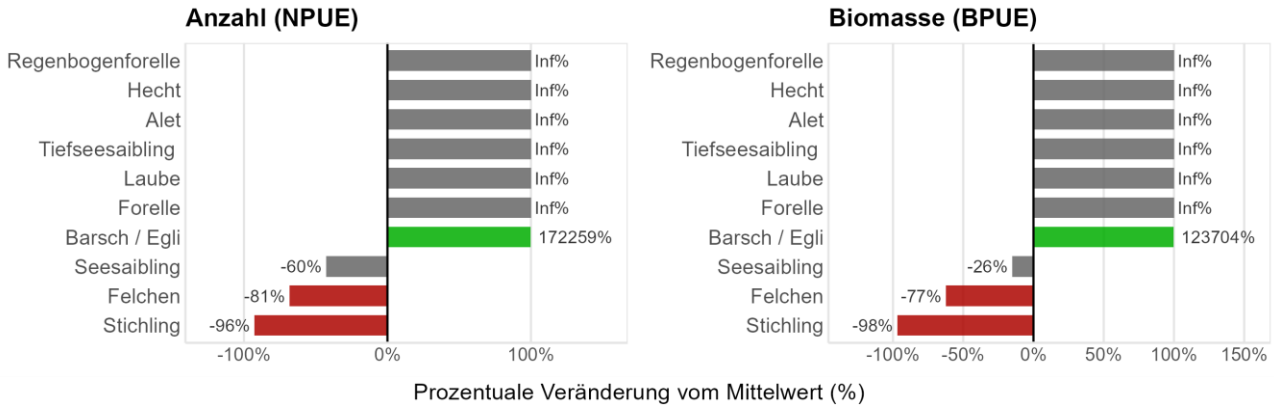


Abbildung 4-9. Artspezifische Veränderungen des Fangs von pelagischen CEN-Netzen pro Aufwandseinheit im Obersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Farbige Balken zeigen eine statistisch signifikante Veränderung an.

Tabelle 4-5. Zusammenfassung der artspezifischen Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit in der Freiwasserzone des Obersees zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Die Fänge wurden mittels pelagischen CEN-Netzen erhoben. +Inf bei der Veränderung entsteht dann, wenn eine Art 2014 nicht nachgewiesen wurde, im Jahr 2024 aber schon. Dann kann keine prozentuale Veränderung berechnet werden.

	NPUE			Veränderung		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	126.9	36.6	215.2	-71%	+488%	+70%
Alet	0	0	0.005	0%	+Inf	+Inf
Barsch / Egli	0.10	0.30	179.1	+185%	+60462%	+172259%
Felchen	7.9	3.6	1.5	-54%	-59%	-81%
Forelle	0	0.01	0.08	+Inf	+427%	+Inf
Hecht	0	0	0.005	0%	+Inf	+Inf
Laube	0	1.6	29.2	+Inf	+1691%	+Inf
Regenbogenforelle	0	0	0.01	0%	+Inf	+Inf
Rotauge	0	0.06	0	+Inf	-100%	0%
Seesaibling	0.24	0.19	0.09	-21%	-49%	-60%
Stichling	118.6	30.4	4.5	-74%	-85%	-96%
Tiefseesaibling	0	0.31	0.64	+Inf	+107%	+Inf
	BPUE			**Veränderung**		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	1716.1	908.3	1497.6	-47%	+65%	-13%
Alet	0	0	4.7	0%	+Inf	+Inf
Barsch / Egli	0.73	3.2	900.7	+345%	+27749%	+123704%
Felchen	1372.9	733.3	318.6	-47%	-57%	-77%
Forelle	0	13.8	51.3	+Inf	+272%	+Inf
Hecht	0	0	4.0	0%	+Inf	+Inf
Laube	0	23.4	169.2	+Inf	+624%	+Inf
Regenbogenforelle	0	0	5.3	0%	+Inf	+Inf
Rotauge	0	2.5	0	+Inf	-100%	0%
Seesaibling	40.9	31.7	30.1	-23%	-5%	-26%
Stichling	301.6	95.9	5.0	-68%	-95%	-98%
Tiefseesaibling	0	4.6	8.8	+Inf	+91%	+Inf

4.4.3 Uferzone: Elektrische Befischungen

Dieselben Analysen können auch für die Daten aus elektrischen Befischungen vorgenommen werden. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass im Vergleich der Jahre methodische Anpassungen erfolgt sind, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Insbesondere wurden teilweise seltene Habitate wie Zuflüsse und Hafenbereiche vermehrt befischt und die befischten Strecken waren 2019 und 2024 deutlich länger als noch 2014. Hinzu kommt, dass die Ergebnisse der Uferbefischungen generell stärker schwanken als jene der Netzfänge: Sowohl Messungen der Dichte (Schwärme kleiner Fische, z. B. Jungfische) als auch der Biomasse (vereinzelte grosse Fische). Da innerhalb einer Kampagne zudem unterschiedliche Uferhabitate mit jeweils begrenzter Wiederholung und mit unterschiedlichen Breiten befischt wurden, ist eine zusätzliche Variabilität in den Daten zu erwarten, die nicht zwingend auf Veränderungen im Fischbestand zurückzuführen ist. Die nachfolgenden Resultate werden der Vollständigkeit halber dargestellt, sind jedoch mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren.

Über alle Fischarten betrachtet zeigen die Ergebnisse der elektrischen Befischungen zwischen 2014, 2019 und 2024 keine statistisch signifikanten Veränderungen weder in der Anzahl (Dichte) noch in der Biomasse der gefangenen Fische (Abbildung 4-10).

Auf Ebene der einzelnen Arten zeigt sich ein heterogenes Bild mit teils gegenläufigen Entwicklungen (Abbildung 4-11). Zunahmen in der Anzahl sind unter anderem bei Alet, Rotfeder, Schleie, Sonnenbarsch sowie bei einzelnen seltenen Arten wie Schneider zu erkennen. Auch Arten wie Karpfen, Giebel oder Wels zeigen deutliche Zunahmen, wobei diese Entwicklungen häufig mit grossen Unsicherheiten behaftet sind und nicht durchgehend statistisch signifikant ausfallen.

Demgegenüber stehen Rückgänge bei verschiedenen Arten. So zeigen beispielsweise Aal, Hasel, Kaulbarsch, Trüsche und Stichling eine tendenzielle Abnahme der Dichte über den Untersuchungszeitraum. Ähnliche Entwicklungen sind auch bei der Biomasse erkennbar, etwa beim Aal, bei der Forelle, beim Kaulbarsch oder bei der Trüsche.

Teilweise unterscheiden sich die Trends zwischen Dichte und Biomasse. So weisen einzelne Arten zwar stabile oder leicht zunehmende Individuenzahlen auf, während die Biomasse gleichzeitig abnimmt oder umgekehrt. Solche Unterschiede lassen sich in der Regel durch Veränderungen in der Grössenstruktur der Fänge erklären, wobei einzelne grosse Individuen einen starken Einfluss auf die Biomasse haben können.

Insgesamt zeigen die elektrischen Befischungen eine hohe Variabilität sowohl zwischen den Jahren als auch zwischen den Arten. Aufgrund der methodischen Unterschiede sowie der teilweise geringen Stichprobengrössen sind viele der beobachteten Veränderungen statistisch nicht signifikant. Entsprechend sollten die Resultate primär als ergänzende Information interpretiert werden, die Hinweise auf mögliche Entwicklungen liefert, ohne jedoch robuste Aussagen über langfristige Trends im Fischbestand zu erlauben.

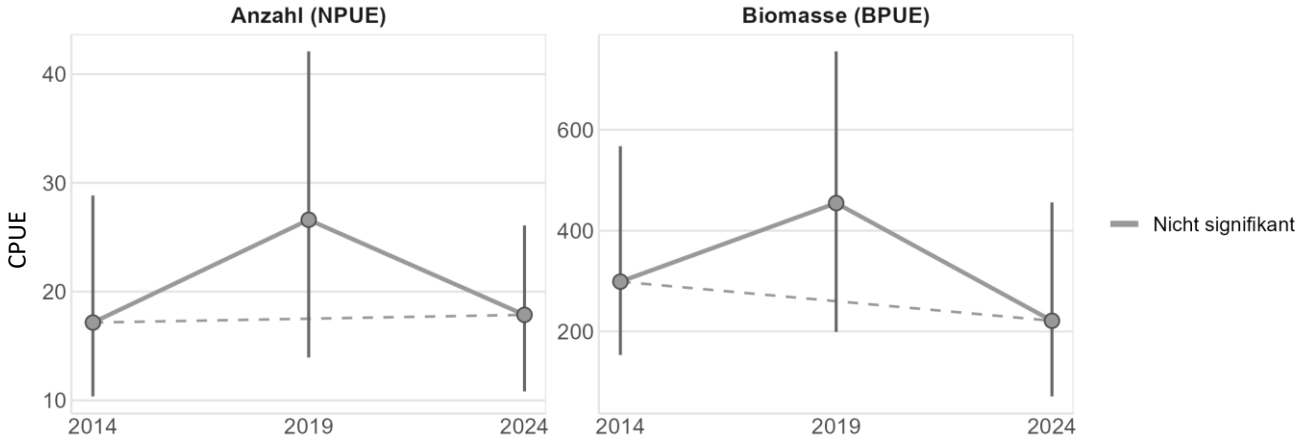


Abbildung 4-10. Fang pro Aufwandseinheit am Ufer des Bodensee-Obersees für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von elektrischen Uferbefischungen berechnet. Der Aufwand wird pro 100 m² befischter Fläche standardisiert. Der BPUE-Wert wird in Gramm angegeben.

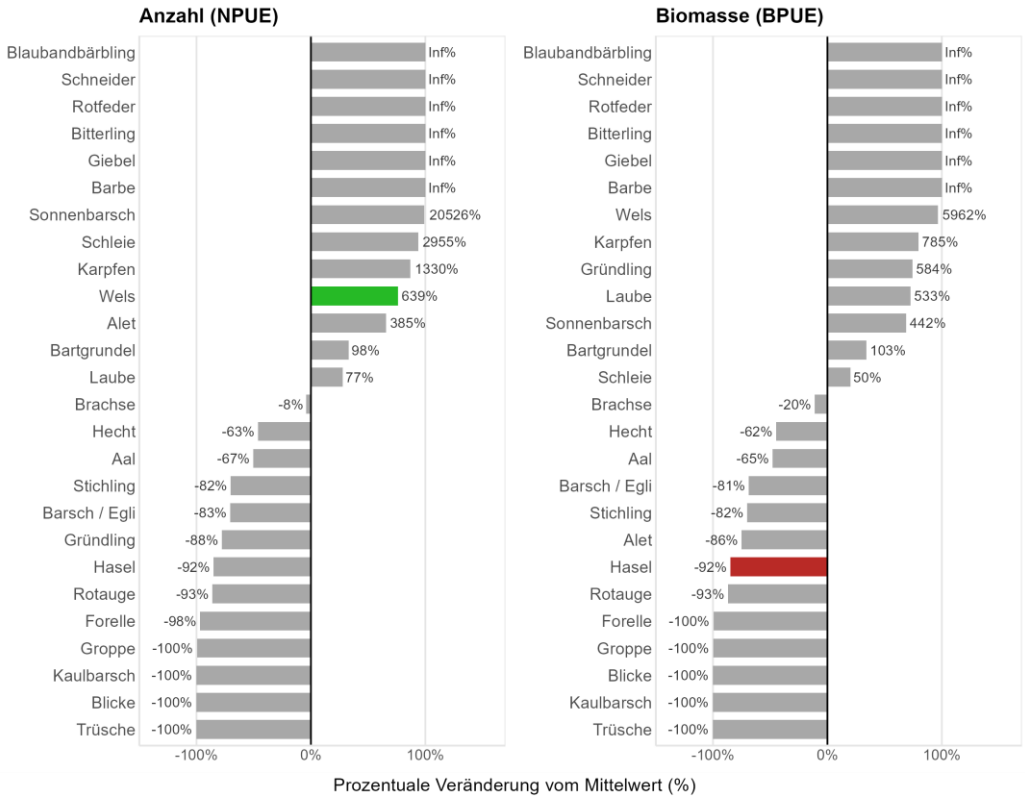


Abbildung 4-11. Artspezifische Veränderungen des Fangs von elektrischen Uferberfischungen pro Aufwandseinheit im Obersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Farbige Balken zeigen eine statistisch signifikante Veränderung an. [3]

[3] Obwohl 2014 von beiden Arten nur je ein Individuum erfasst wurde, fällt die NPUE-Zunahme beim Sonnenbarsch – trotz der weitaus höheren Fangzahlen 2024 – anders als beim Wels nicht signifikant aus. Massgeblich ist dabei nicht allein die Höhe der Zunahme, sondern auch die starke Variation der Fangzahlen zwischen den einzelnen Befischungen: Der Sonnenbarsch wurde in grosser Zahl, aber nur in wenigen Befischungen (6 Aktionen) gefangen, während der Wels in geringerer, dafür aber gleichmässigerer Zahl über mehr Befischungen verteilt (10 Aktionen) auftrat. Im Habitat «Kies» wurden 2024 beispielsweise 16 Elektrobefischungen durchgeführt. Der Sonnenbarsch trat dabei nur in zwei dieser Befischungen auf (mit 566 bzw. 25 Individuen), ebenso der Wels (mit 6 bzw. 1 Individuum). Beim zufälligen «Resampling» der 16 Befischungen im Rahmen des Bootstrap-Verfahrens (siehe Kapitel 3.3.2) wird die Befischung mit den 566 Sonnenbarschen daher mal gar nicht, mal einmal und mal mehrfach gezogen, während in vielen anderen Durchläufen die 14 Befischungen ohne Sonnenbarsch dominieren. Dadurch streuen die simulierten NPUE-Werte für diese Art sehr stark, sodass sich die Veränderung nicht zuverlässig von zufälligen Schwankungen unterscheiden lässt (der Vergleichsbereich überlappt mit Null). Verstärkt wird dieser Effekt durch ähnliche Muster in anderen Habitaten: Von den 13 Befischungen im Habitat «Zuflüsse» wies eine 81 Sonnenbarsche auf und eine weitere 1 Individuum, während die übrigen keine enthielten. Auch im Habitat «Blöcke» trat der Sonnenbarsch nur in einer von sechs Befischungen auf (28 Individuen), in den übrigen gar nicht. Der Wels hingegen wurde im «Blöcke» in vier der sechs Befischungen nachgewiesen (mit 1, 1, 2 bzw. 2 Individuen). Diese gleichmässigere Verteilung führt zu einer geringeren Streuung der simulierten NPUE-Werte, engeren Konfidenzintervallen und damit zu einer statistisch signifikanten Veränderung zwischen den Befischungsjahren.

Tabelle 4-6. Zusammenfassung der artspezifischen Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit am Ufer des Obersees zwischen den Befischungen in 2014, 2019 und 2024. Die Fänge wurden mittels Elektrobefischung entlang der Uferzone erhoben (Fangmenge pro 100 m²; Biomasse (BPUE) in Gramm angegeben). +Inf bei der Veränderung entsteht dann, wenn eine Art 2014 nicht nachgewiesen wurde, im Jahr 2024 aber schon. Dann kann keine prozentuale Veränderung berechnet werden.

	NPUE			Veränderung			BPUE			Veränderung		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	17.2	26.6	17.9	+55%	-33%	+4%	298.8	454.5	221.2	+52%	-51%	-26%
Aal	0.45	0.21	0.15	-54%	-29%	-67%	119.7	72.1	42.2	-40%	-41%	-65%
Alet	0.42	1.1	2.0	+163%	+85%	+385%	84.4	8.5	12.1	-90%	+42%	-86%
Barbe	0	0.12	0.0007	+Inf	-99%	+Inf	0	0.05	0.0009	+Inf	-98%	+Inf
Barsch / Egli	2.3	1.5	0.40	-35%	**-73%**	-83%	28.1	15.9	5.2	-43%	-67%	-81%
Bartgrundel	1.3	1.5	2.6	+19%	+66%	+98%	4.4	6.5	8.9	+49%	+36%	+103%
Bitterling	0	0.0004	0.08	+Inf	+18874%	+Inf	0	0.0001	0.04	+Inf	+46739%	+Inf
Blaubandbärbling	0	0	0.11	0%	+Inf	+Inf	0	0	0.15	0%	+Inf	+Inf
Blicke	0.12	0	0	-100%	0%	-100%	0.15	0	0	-100%	0%	-100%
Brachse	0.20	2.0	0.18	+887%	-91%	-8%	1.3	1.6	1.1	+20%	-33%	-20%
Forelle	0.06	0	0.0009	-100%	+Inf	-98%	8.9	0	0.03	-100%	+Inf	-100%
Giebel	0	0.009	0.16	+Inf	+1622%	+Inf	0	0.30	2.0	+Inf	+553%	+Inf
Groppe	0.21	0.08	0.0005	-64%	**-99%**	-100%	1.4	0.01	0.001	-99%	-89%	-100%
Gründling	0.48	0.009	0.06	-98%	+560%	-88%	0.03	0.001	0.17	-96%	+16114%	+584%
Hasel	6.4	3.4	0.52	-47%	**-85%**	-92%	21.0	4.8	1.7	-77%	-64%	**-92%**
Hecht	0.07	0.03	0.02	-61%	-5%	-63%	4.2	6.6	1.6	+55%	-75%	-62%
Karpfen	0.003	0.03	0.04	+729%	+72%	+1330%	9.8	133.7	87.1	+1258%	-35%	+785%
Kaulbarsch	0.07	0	0	-100%	0%	-100%	0.43	0	0	-100%	0%	-100%
Laube	3.5	14.8	6.2	+323%	-58%	+77%	2.9	36.1	18.3	+1149%	-49%	+533%
Rotauge	0.28	1.1	0.02	+303%	-98%	-93%	1.1	0.91	0.08	-20%	-91%	-93%
Rotfeder	0	0.29	0.57	+Inf	+99%	+Inf	0	0.03	1.00	+Inf	+3193%	+Inf
Schleie	0.02	0.07	0.60	+257%	+755%	+2955%	0.72	3.2	1.1	+347%	-66%	+50%
Schneider	0	0	0.02	0%	+Inf	+Inf	0	0	0.003	0%	+Inf	+Inf
Sonnenbarsch	0.02	0.05	4.0	+149%	+8173%	+20526%	0.88	2.4	4.8	+177%	+96%	+442%
Stichling	0.003	0.002	0.0005	-46%	-67%	-82%	0.0009	0.0005	0.0002	-46%	-67%	-82%
Trüsche	1.2	0.007	0	-99%	-100%	-100%	8.8	1.0	0	-88%	-100%	-100%
Wels	0.02	0.26	0.14	**+1250%**	-45%	**+639%**	0.56	160.7	33.7	**+28775%**	-79%	+5962%

4.4.4 Tiefenverteilung CEN-Netze

Die höchste Fischdichte über alle Arten hinweg wird in den benthischen Netzen in Tiefen zwischen 0 und 20 m beobachtet (Abbildung 4-13), wobei Fische grundsätzlich über den gesamten Tiefengradienten hinweg nachgewiesen wurden. In den pelagischen CEN-Netzen konzentrieren sich die Fänge hauptsächlich auf die obere Wassersäule zwischen der Oberfläche und etwa 50 m Tiefe, mit vereinzelten Nachweisen bis in Tiefen von über 200 m. Dieses Muster zeigt sich über alle drei Untersuchungsjahre (2014, 2019 und 2024) hinweg in vergleichbarer Weise.

Felchen
Felchen wurden in den benthischen Netzen in Tiefen zwischen 12 und 75 m gefangen, mit einer höchsten Abundanz im Bereich von 20 bis 35 m. In den vertikalen pelagischen Netzen traten sie von der Oberfläche bis etwa 75 m Tiefe auf (Abbildung 4-14). Die Tiefenverteilung war in allen drei Untersuchungsjahren insgesamt ähnlich. Auffällig ist, dass 2014 etwas mehr Felchen in oberflächennahen Schichten gefangen wurden, während sich die Verteilung in den Jahren 2019 und 2024 etwas stärker in tiefere Bereiche verlagerte.

Barsch
Barsche wurden in den benthischen Netzen hauptsächlich in oberflächennahen Bereichen zwischen 0 und 20 m nachgewiesen. In den pelagischen Vertikalnetzen konzentrierten sich die Fänge auf die obersten 12 m der Wassersäule (Abbildung 4-15). Die Tiefenverteilungen waren über die drei Jahre hinweg vergleichbar. Allerdings zeigt sich im Pelagial eine deutliche Zunahme der Fänge im Jahr 2024 im Vergleich zu 2014 und 2019, was auf eine verstärkte Nutzung des Freiwassers hindeutet.

Stichling
Stichlinge wurden in den pelagischen Netzen hauptsächlich in oberflächennahen Bereichen nachgewiesen, in der Regel zwischen der Oberfläche und etwa 20 m Tiefe (Abbildung 4-16). In den benthischen Netzen traten sie ebenfalls vorwiegend in geringen Tiefen auf. Die Tiefenverteilung war in allen drei Untersuchungsjahren grundsätzlich vergleichbar. Allerdings zeigt sich, dass die Gesamtfänge der Stichlinge im Jahr 2024 deutlich geringer ausfielen als noch 2014 und 2019, was mit den beobachteten Rückgängen dieser Art im pelagischen Lebensraum übereinstimmt.

Tiefseesaibling
Tiefseesaiblinge zeigten in den benthischen Netzen eine breite Tiefenverteilung von 12 bis 150 m. In den pelagischen Vertikalnetzen wurden sie vorwiegend zwischen 20 und 175 m gefangen (Abbildung 4-17). Individuen wurden jedoch in keinem der Jahre tiefer als 175 m nachgewiesen. Im Vergleich der Jahre zeigt sich, dass 2024 deutlich mehr Tiefseesaiblinge gefangen wurden; das Tiefenspektrum, in dem sie nachgewiesen wurde, nahm zu.

Alle artspezifischen Darstellungen zur Tiefenverteilung sind im Anhang aufgeführt (vgl. Kap. 11.7.1). Ergänzend lassen sich folgende Muster feststellen:

- Alet, Schmerle, Brachse, Gründling und Rotfeder wurden überwiegend oberflächennah in Tiefen zwischen 0 und 3 m gefangen.
- Lauben traten im benthischen Habitat vorwiegend zwischen 0 und 3 m auf, wurden in pelagischen Netzen jedoch bis in Tiefen von etwa 35 m nachgewiesen.
- Hecht, Rotauge und Schleie zeigten eine breitere Tiefenverteilung und wurden hauptsächlich zwischen 0 und 20 m gefangen.
- Sonnenbarsche wurden bevorzugt ufernah in Tiefen von 0 bis 12 m nachgewiesen.
- Kaulbarsche wiesen, wie für diese Art typisch, eine breite Tiefenverteilung auf und wurden in Grundnähe zwischen 0 und 50 m gefangen.
- Trüschen wurden2014 zwischen 0 m und der maximalen Seetiefe nachgewiesen. Allerdings wurden 2024 in grossen Tiefen deutlich weniger Individuen gefangen als noch 2019 und insbesondere 2014.

Alle Arten

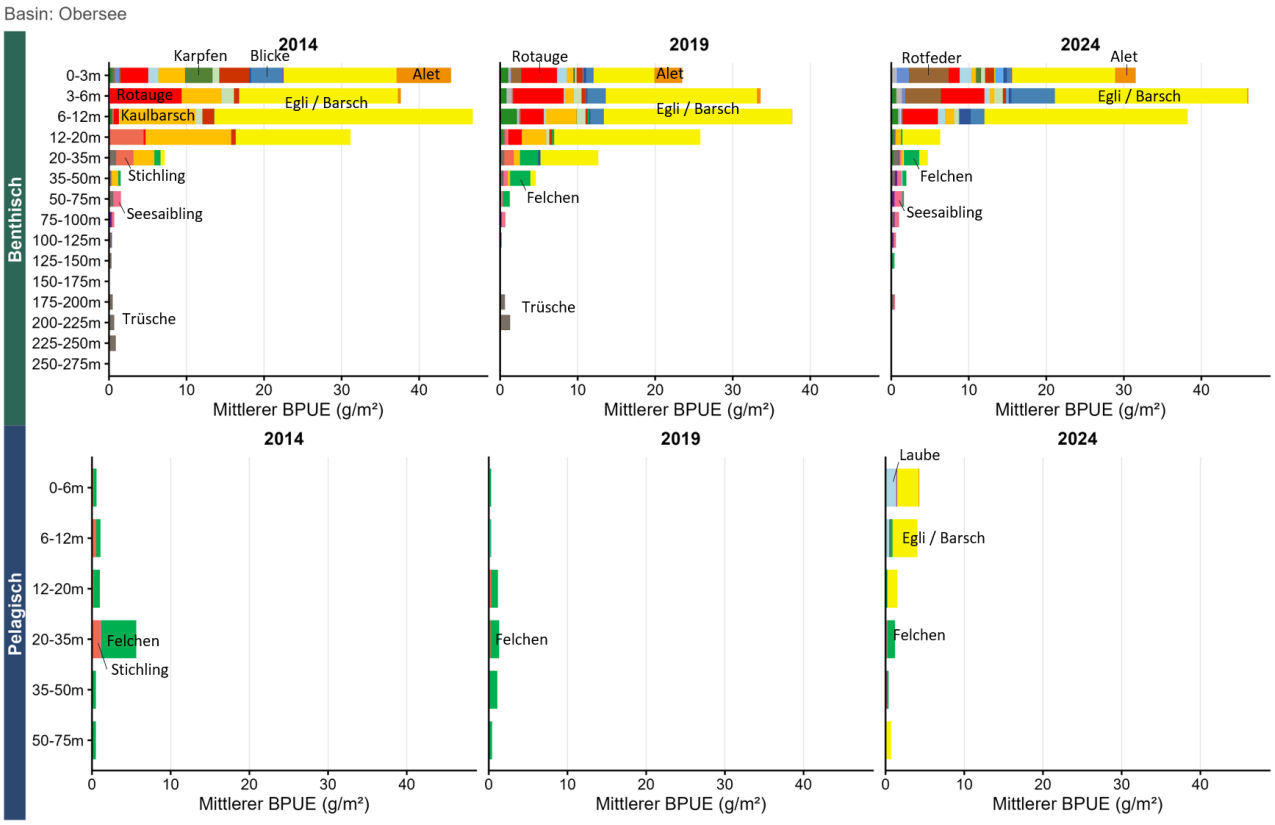


Abbildung 4-12. Mittlere Biomasse der gefangenen Fische pro Tiefenstufe, getrennt nach benthischem (oben) und pelagischem (unten) Habitat. Angegeben ist der Fang pro m² Netzfläche und Nacht (BPUE).

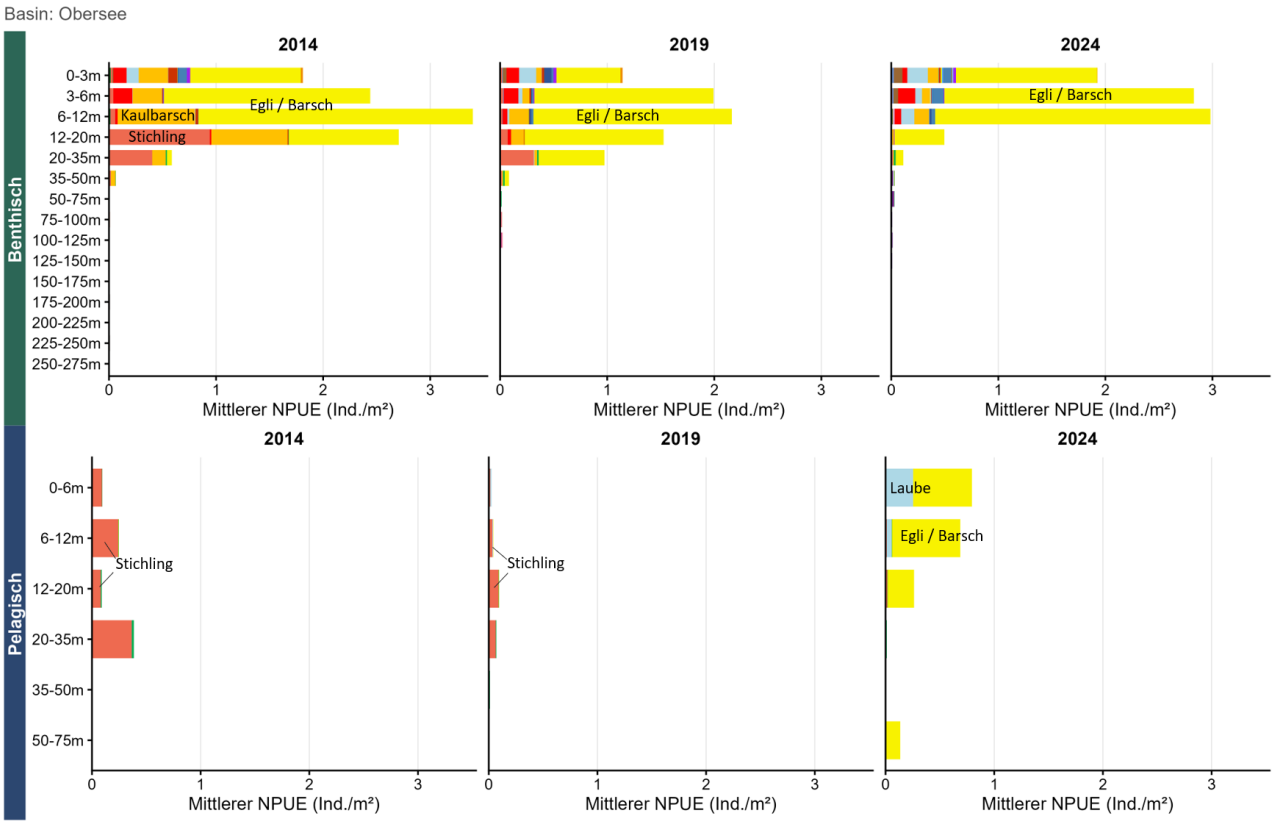


Abbildung 4-13. Mittlere Abundanz der gefangenen Fische pro Tiefenstufe, getrennt nach benthischem (oben) und pelagischem (unten) Habitat. Angegeben ist der Fang pro m² Netzfläche und Nacht (NPUE).

Felchen

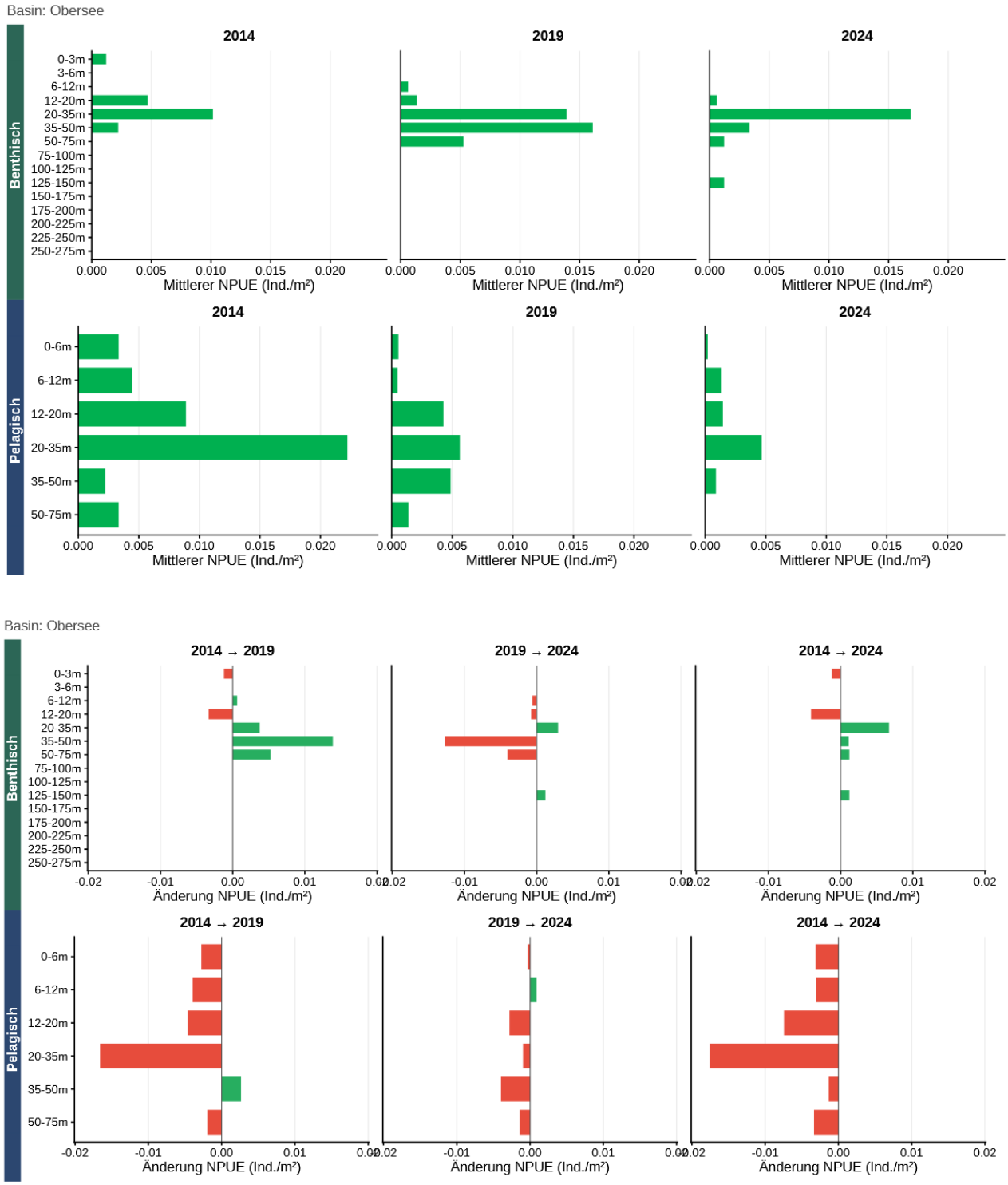


Abbildung 4-14. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der gefangenen Felchen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Barsch

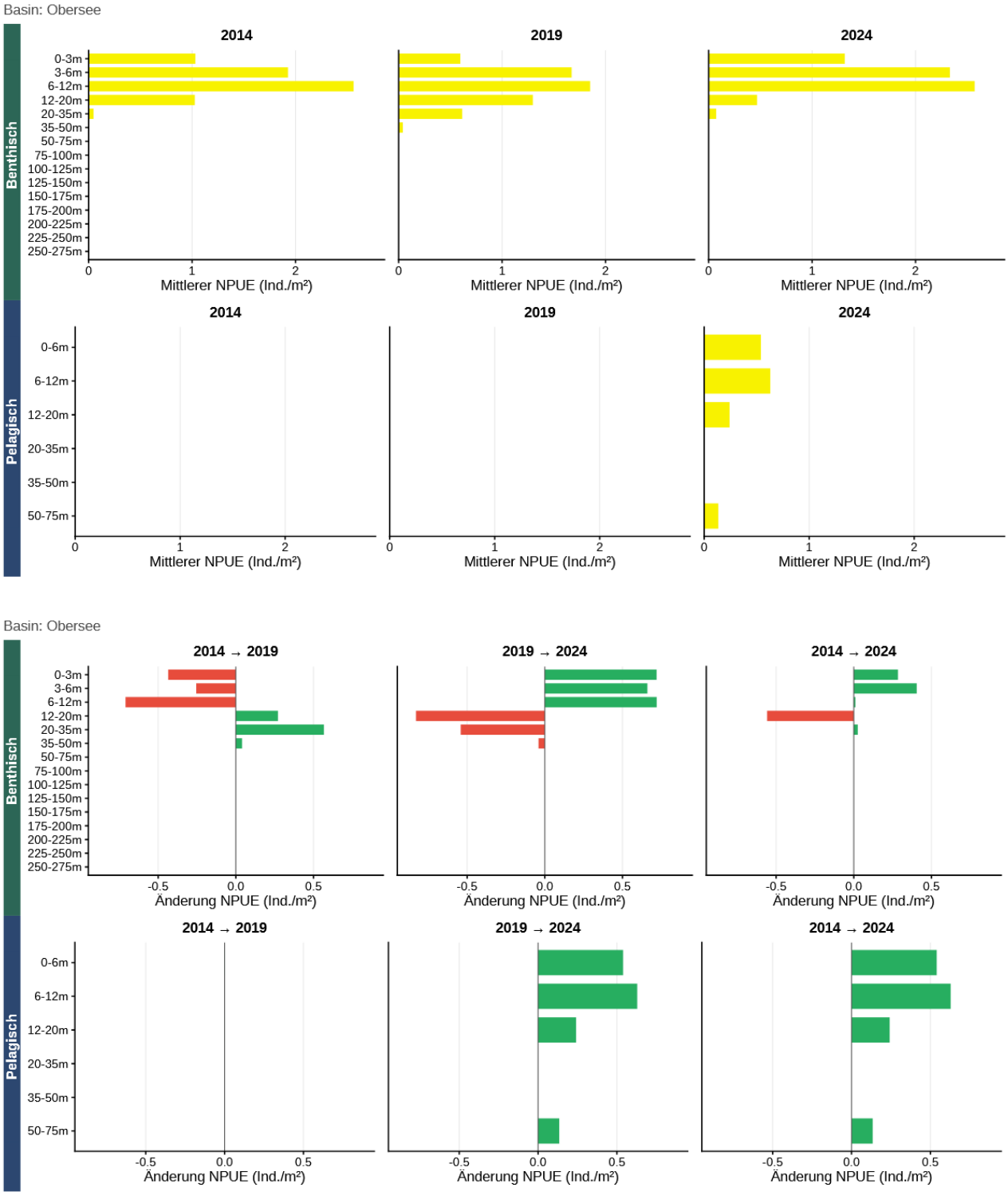


Abbildung 4-15. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der gefangenen Barsche, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Stichling

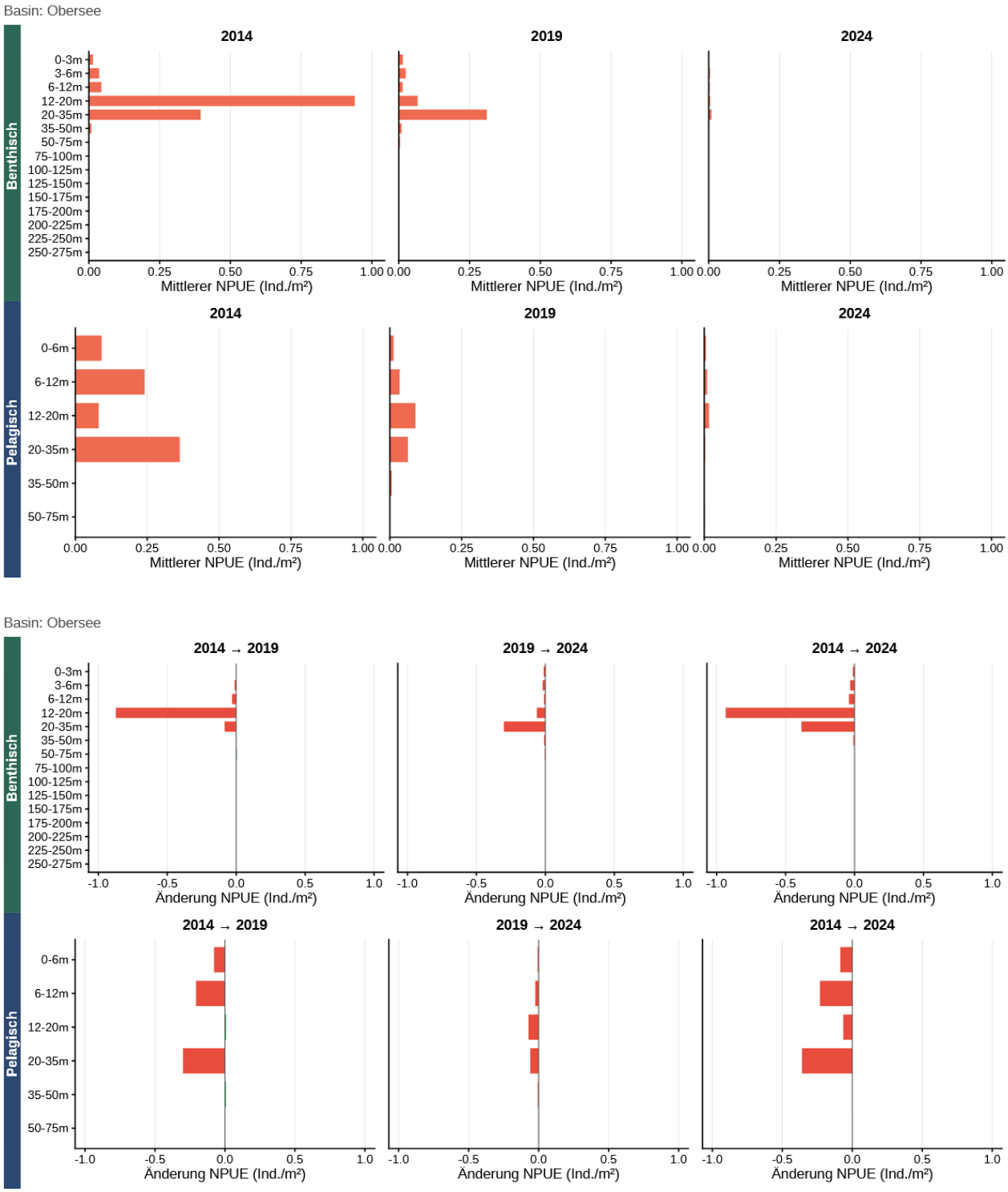


Abbildung 4-16. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der gefangenen Stichlinge, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Tiefseesaibling

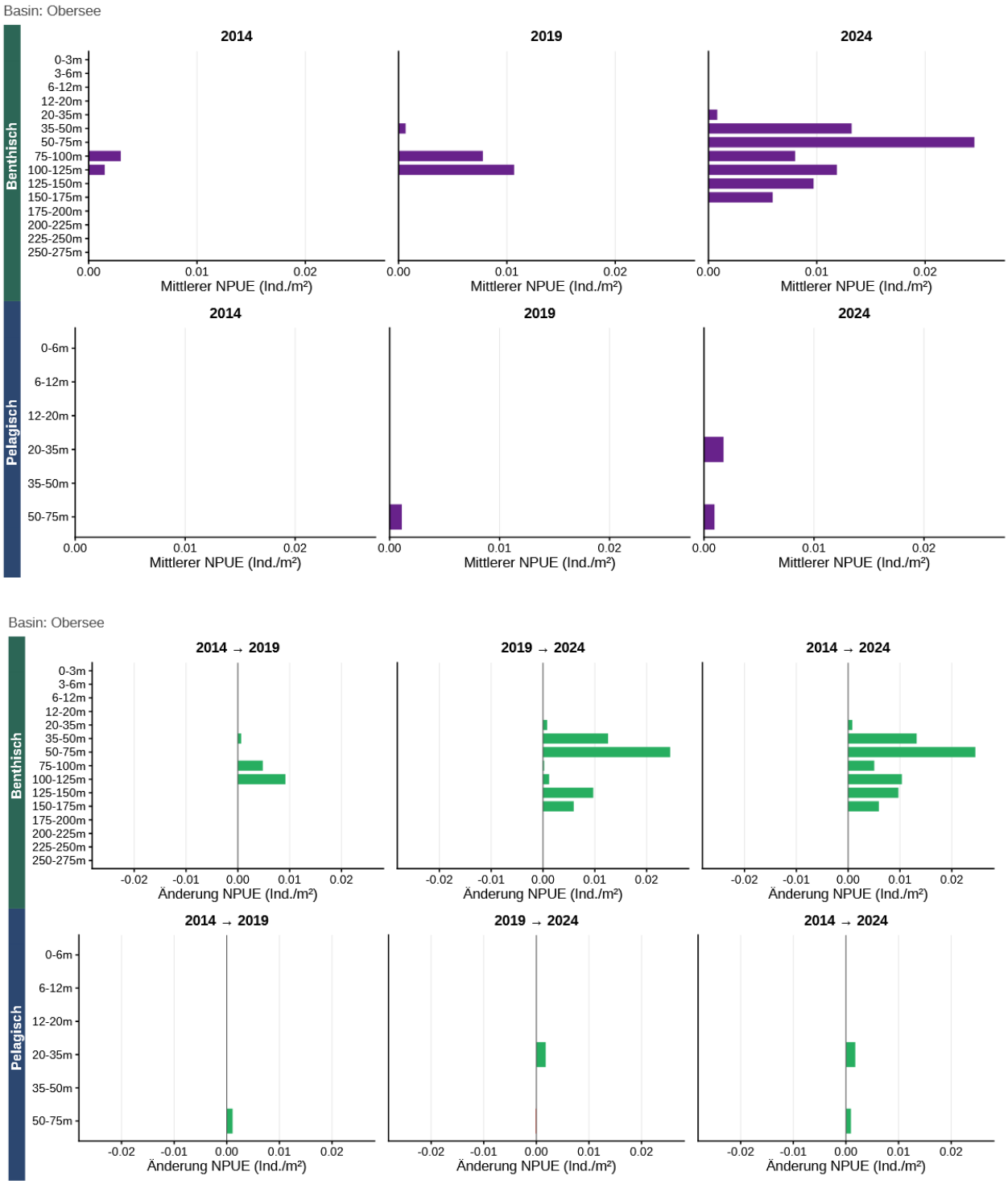


Abbildung 4-17. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der gefangenen Tiefseesaiblinge, dargestellt für verschiedene Tiefen.

4.4.5 Tiefenverteilung Vertikalnetze

Vertikalnetze wurden im Obersee nur in den Jahren 2014 und 2019 eingesetzt. Trotz dieser Einschränkung ist ein Vergleich der Tiefenverteilungen sinnvoll, da sich zwischen den beiden Jahren deutliche Unterschiede zeigen. Über alle Arten hinweg konzentrieren sich die Fänge in den vertikalen Netzen hauptsächlich auf die obere Wassersäule zwischen der Oberfläche und etwa 50 m Tiefe. Gleichzeitig wurden einzelne Individuen bis in Tiefen von über 200 m nachgewiesen (Abbildung 4-19). Dieses generelle Muster ist in beiden Untersuchungsjahren erkennbar, in der Tiefe wurden 2014 jedoch deutlich mehr Fische gefangen (überwiegend Trüschen).

Felchen

Felchen zeigen in beiden Jahren eine breite Tiefenverteilung vom Oberflächenbereich bis in etwa 75 m Tiefe (Abbildung 4-18). Die höchste Dichte liegt im Bereich zwischen etwa 10 und 30 m. Im Vergleich der Jahre fällt auf, dass die Felchen 2014 homogener über den See verteilt sind, während 2019 eine stärkere Konzentration in Ufernähe erkennbar ist.

Stichling

Stichlinge treten fast ausschliesslich in den oberflächennahen Schichten auf und konzentrieren sich in beiden Jahren mehrheitlich auf die oberen 30 m der Wassersäule (Abbildung 4-18). Im Jahr 2019 wurden sie dabei in grösserer Anzahl und etwas breiter verteilt nachgewiesen als 2014, wo die Vorkommen stärker gebündelt erscheinen. Tiefer gelegene Bereiche des Sees werden von Stichlingen kaum genutzt.

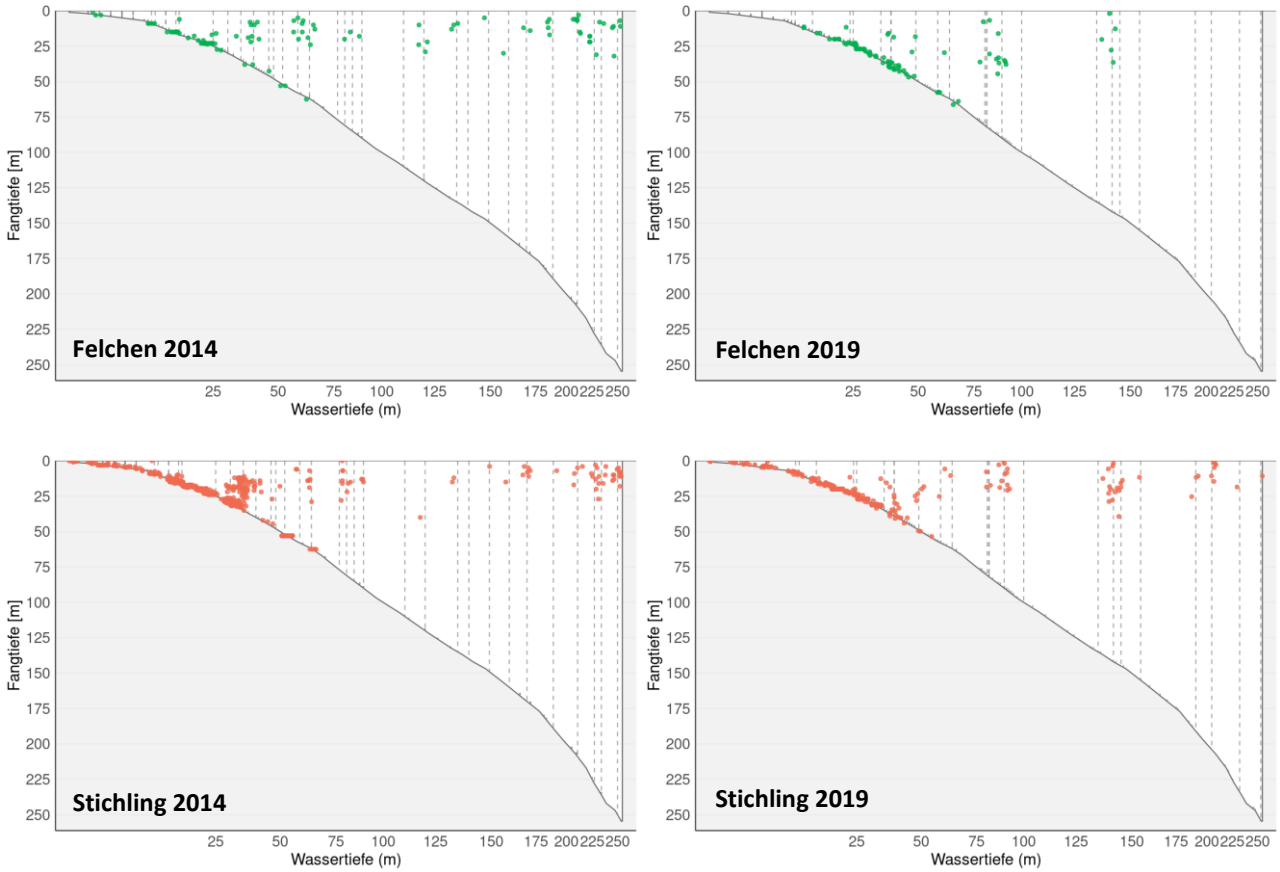


Abbildung 4-18. Dargestellt sind die mit Vertikalnetzen gefangenen Felchen(oben) und Stichlinge (unten) als Kombination zwischen Fangtiefe (Y-Achse) und geo-grafischer Verteilung (Tiefe, in der ein Netz gesetzt wurde, X-Achse) für die Jahre 2014 (links) und 2019 (rechts).

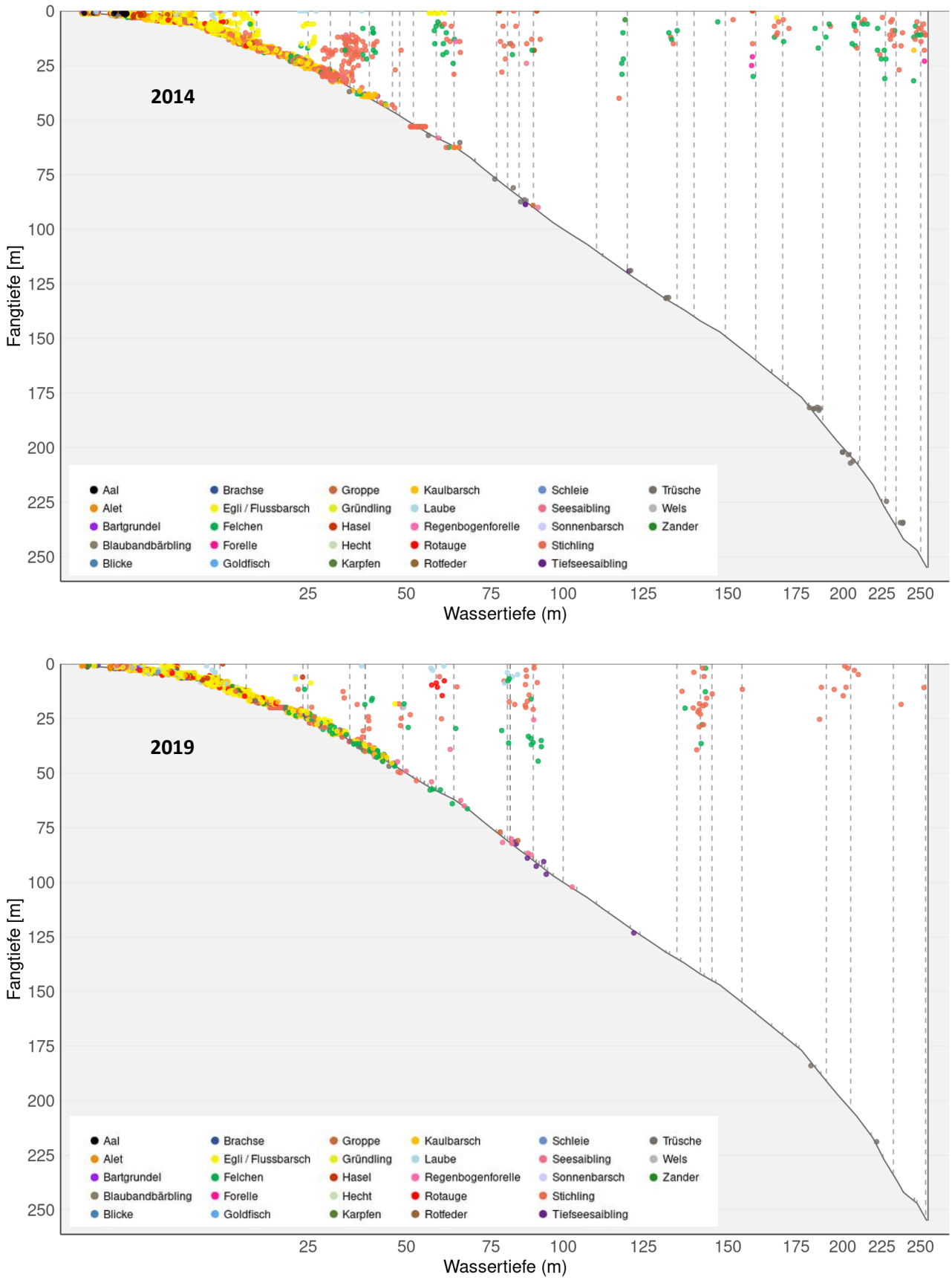


Abbildung 4-19. Dargestellt sind die mit Vertikalnetzen gefangenen Fische (Punkte) als Kombination zwischen Fangtiefe (Y-Achse) und geo-grafischer Verteilung (Tiefe, in der ein Netz gesetzt wurde, X-Achse) für die Jahre 2014 (oben) und 2019 (unten).

4.4.6 Geografische Verteilung

Die geografische Verteilung der Fänge gibt einen Überblick darüber, wie die Fische zum Zeitpunkt der Befischungen im See verteilt waren. Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren sollten jedoch überbewertet werden, da viele Fischarten eine hohe Mobilität aufweisen und ihre räumliche Verteilung unter anderem von Nahrungsverfügbarkeit, Temperatur oder hydrologischen Bedingungen beeinflusst wird. Zudem unterscheidet sich der Befischungsaufwand zwischen den Jahren, was sich ebenfalls auf die beobachteten Muster auswirken kann.

Insgesamt zeigen die Darstellungen, dass die Fischfauna im Obersee räumlich breit verteilt ist und keine ausgeprägten grossräumigen Verbreitungslücken aufweist (Abbildung 4-20). Dennoch lassen sich für einzelne Arten charakteristische Muster erkennen.

Nachfolgend werden einige auffällige Muster einzelner Fischarten dokumentiert. Die Verbreitungskarten weiterer Arten können im Anhang (vgl. Kap. 11.8) eingesehen werden.

Felchen
Felchen wurden im gesamten See nachgewiesen (Abbildung 4-21). Im Jahr 2014 waren sie weiträumig verteilt, einschliesslich des zentralen tiefen Pelagials. Ab 2019 zeichnet sich eine Verschiebung der Fänge in Richtung der Randbereiche des Sees ab, bei gleichzeitig geringeren Nachweisen im zentralen Pelagial. Dieses Muster bleibt auch 2024 bestehen. Zudem wurde ab 2019 ein höherer Anteil der Felchen in den benthischen Netzen gefangen, was auf eine teilweise Verlagerung in den benthischen Lebensraum hindeutet (siehe auch Abbildung 4-14).

Barsch
Barsche wurden ebenfalls im gesamten See nachgewiesen, mit einer Häufung in Ufernähe (Abbildung 4-22). Dies entspricht ihrer typischen Nutzung des Litorals. Im Vergleich der Jahre ist 2024 die stärkere Nutzung des Freiwassers zu erkennen, was sich in vermehrten pelagischen Nachweisen widerspiegelt. Insgesamt bleibt die Art jedoch im gesamten See weit verbreitet.

Stichling
Stichlinge zeigen eine deutliche Konzentration im pelagischen Bereich und treten in den ersten beiden Erhebungen im gesamten See auf (Abbildung 4-23). Im Vergleich zu den früheren Untersuchungen ist die Anzahl der Standorte mit Nachweisen im Jahr 2024 deutlich geringer, was mit den in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Rückgängen dieser Art übereinstimmt.

Einige weitere Arten (Vgl. Anhang Kap. 11.8) weisen eine ungleiche Verteilung im See auf. So fällt insbesondere die Häufung von Zander, Blicke, Brachse, Rotauge und Kaulbarsch im südöstlichen Teil des Obersees auf. weiter wurden 2024 Tiefseesaiblingen in weiten Teilen des Obersees beobachtet, was in den vorangehenden Untersuchungen noch nicht der Fall war.

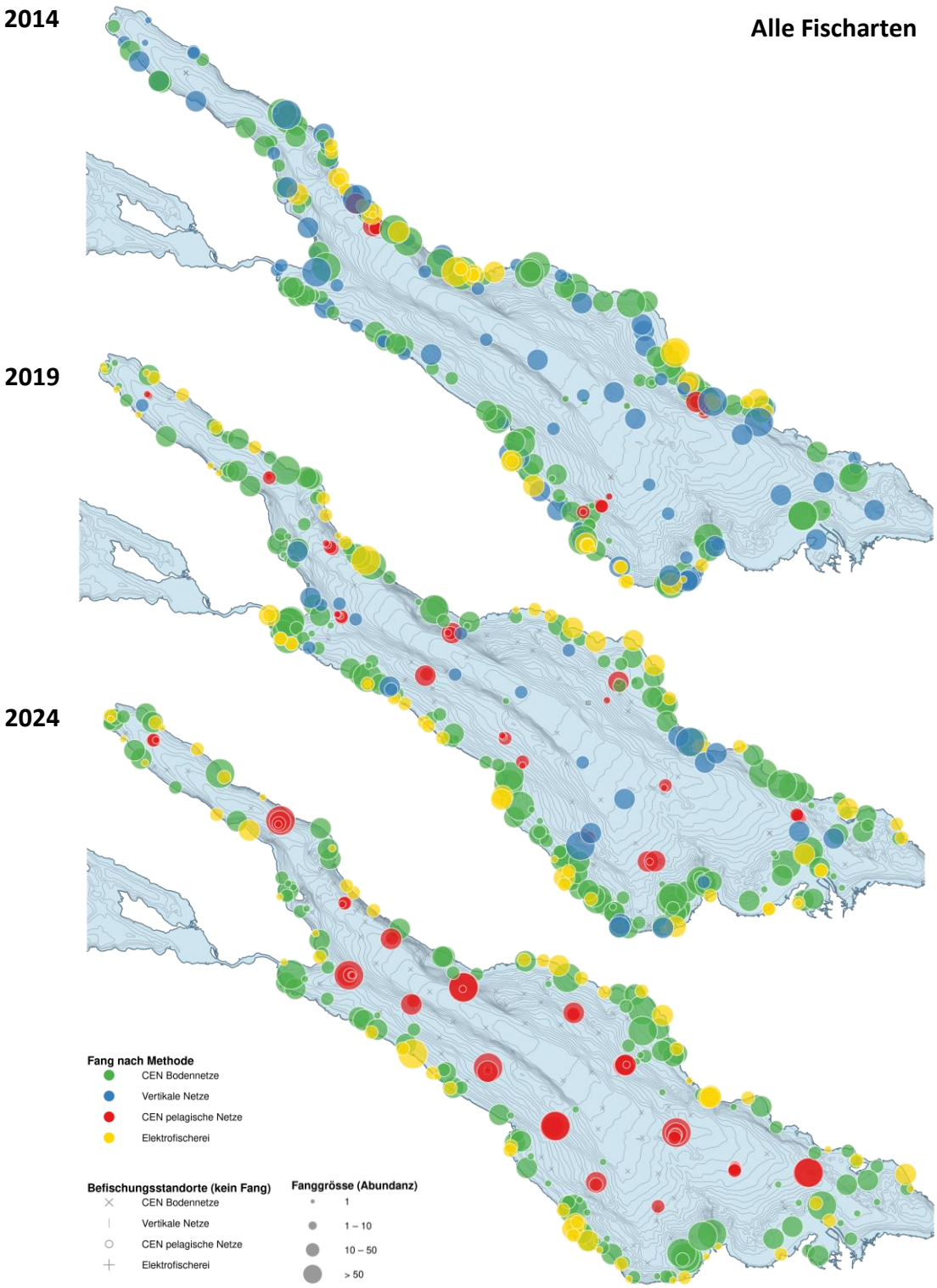


Abbildung 4-20. Geografische Verteilung aller im Bodensee Obersee gefangener Fische (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

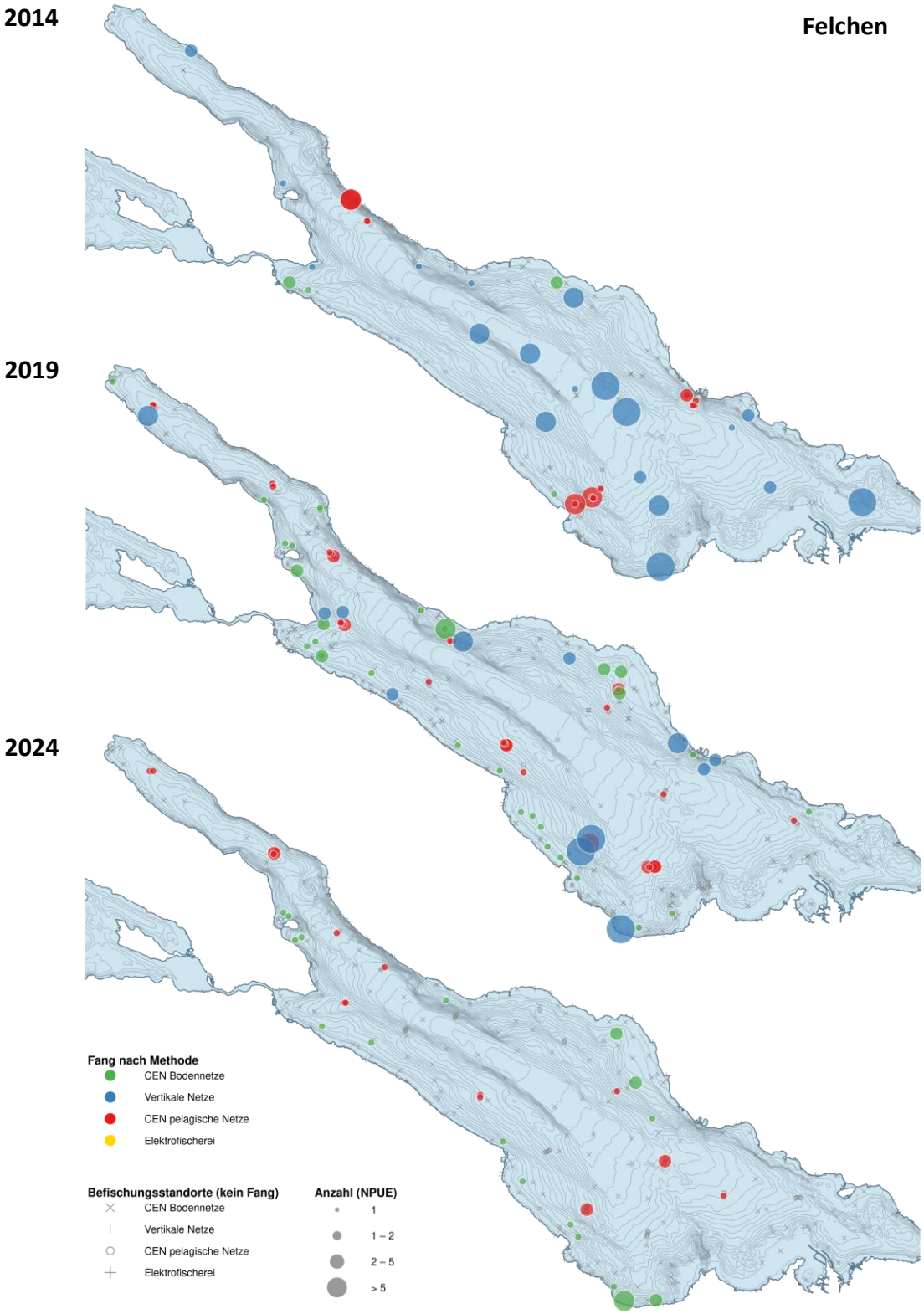


Abbildung 4-21. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangenen Felchen (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

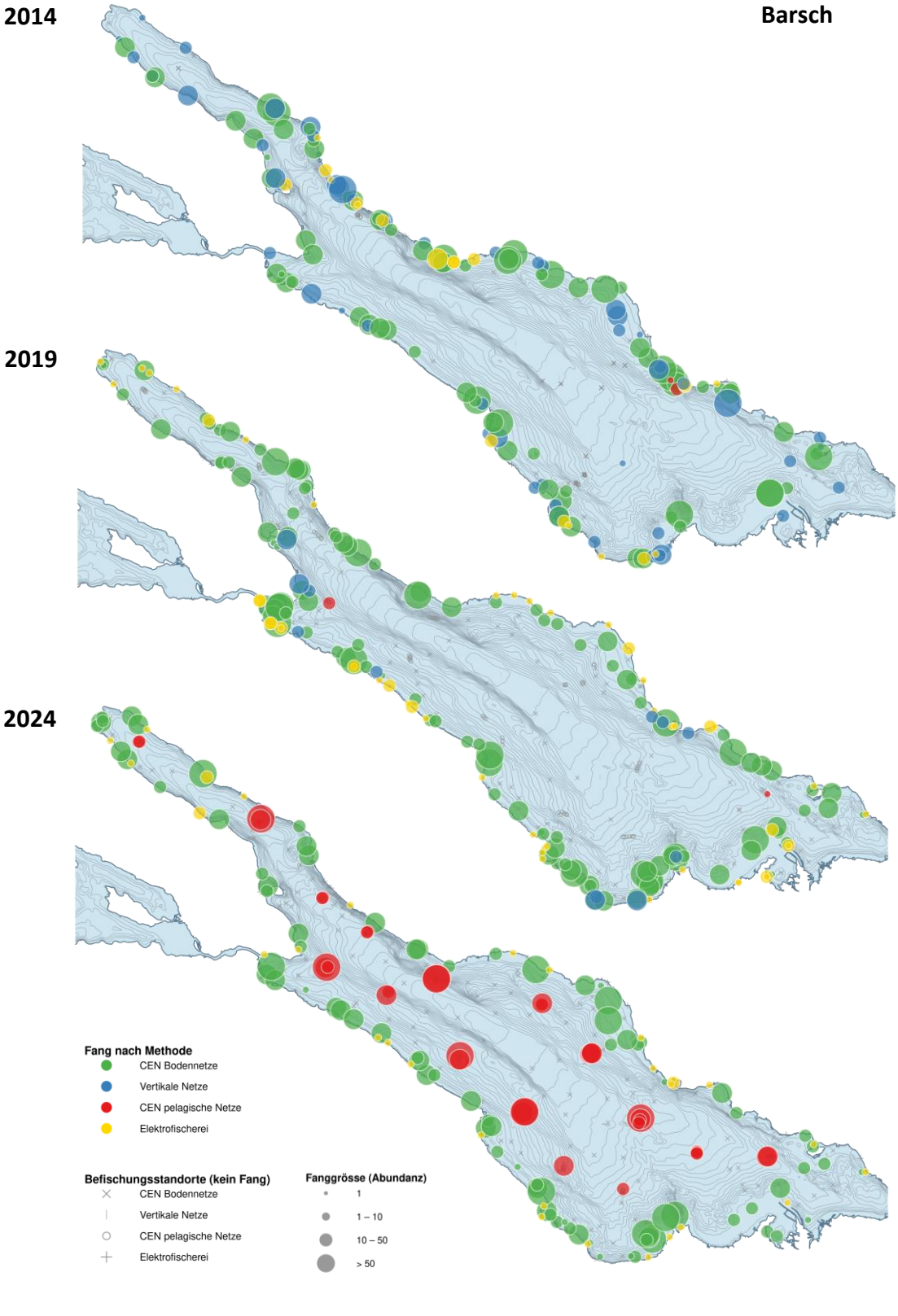


Abbildung 4-22. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangenen Barsche (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

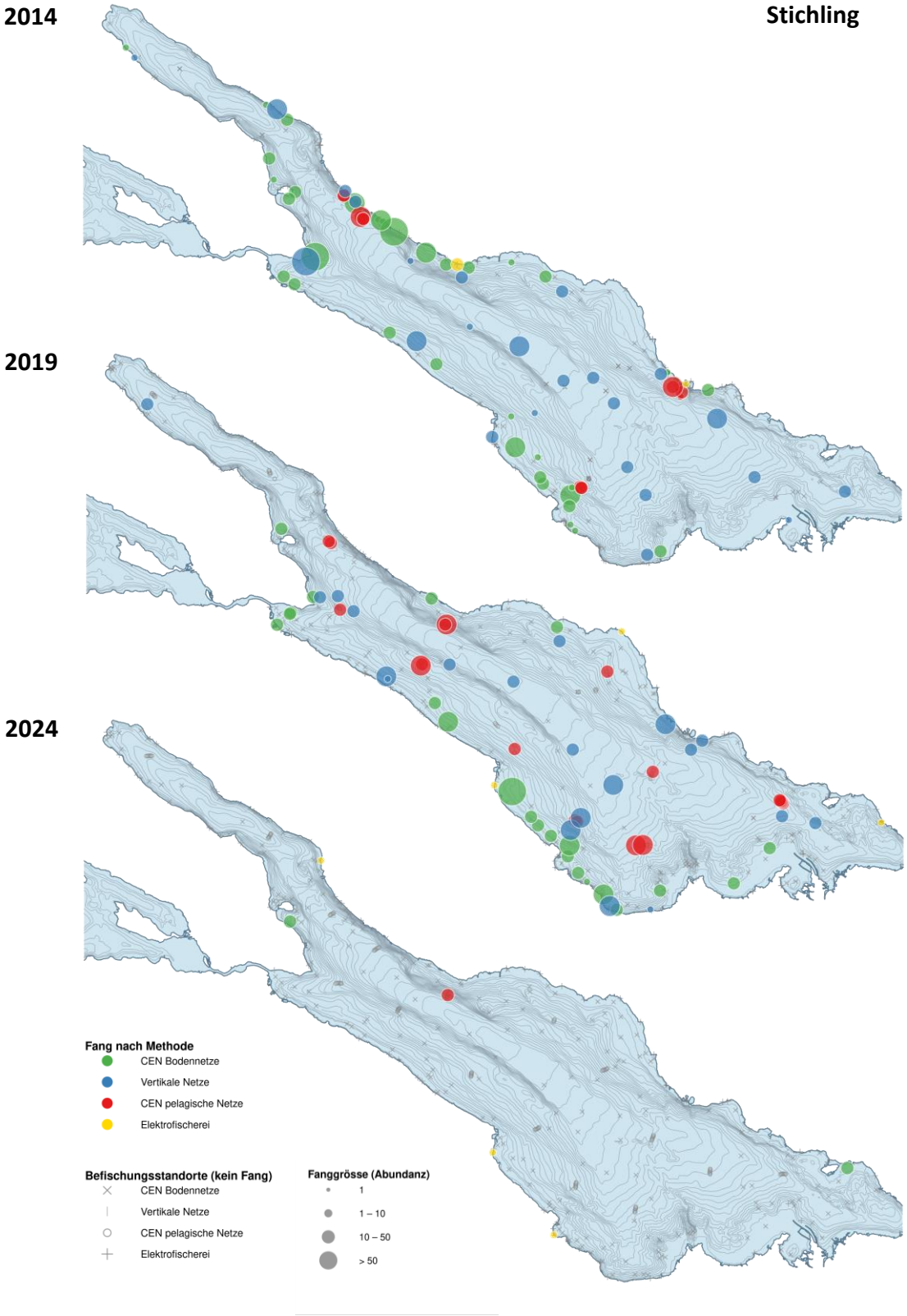


Abbildung 4-23. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangenen Stichlinge (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

4.5 Längenverteilung

Die Analyse der Längenverteilungen erlaubt eine Beurteilung der Populationsstruktur ausgewählter Fischarten. Im Folgenden werden die wichtigsten Muster für die dominierenden Arten dargestellt.

Barsch

Die Längenzusammensetzung des Barschbestands zeigt in allen drei Jahren eine insgesamt ausgewogene Struktur mit einem hohen Anteil sowohl juveniler als auch adulter (>15 cm) Individuen (Abbildung 4-24). Dies spricht für eine grundsätzlich stabile Population mit regelmässiger Reproduktion. Zwischen den Jahren sind jedoch Unterschiede erkennbar. Im Jahr 2024 wurden etwas weniger grosse Barsche (>15 cm) nachgewiesen als noch 2019. Ebenso war die Grössenklasse zwischen etwa 9 und 12 cm schwächer vertreten. Im Pelagial wurden überwiegend kleine Barschen (<12 cm) gefangen.

Barsch

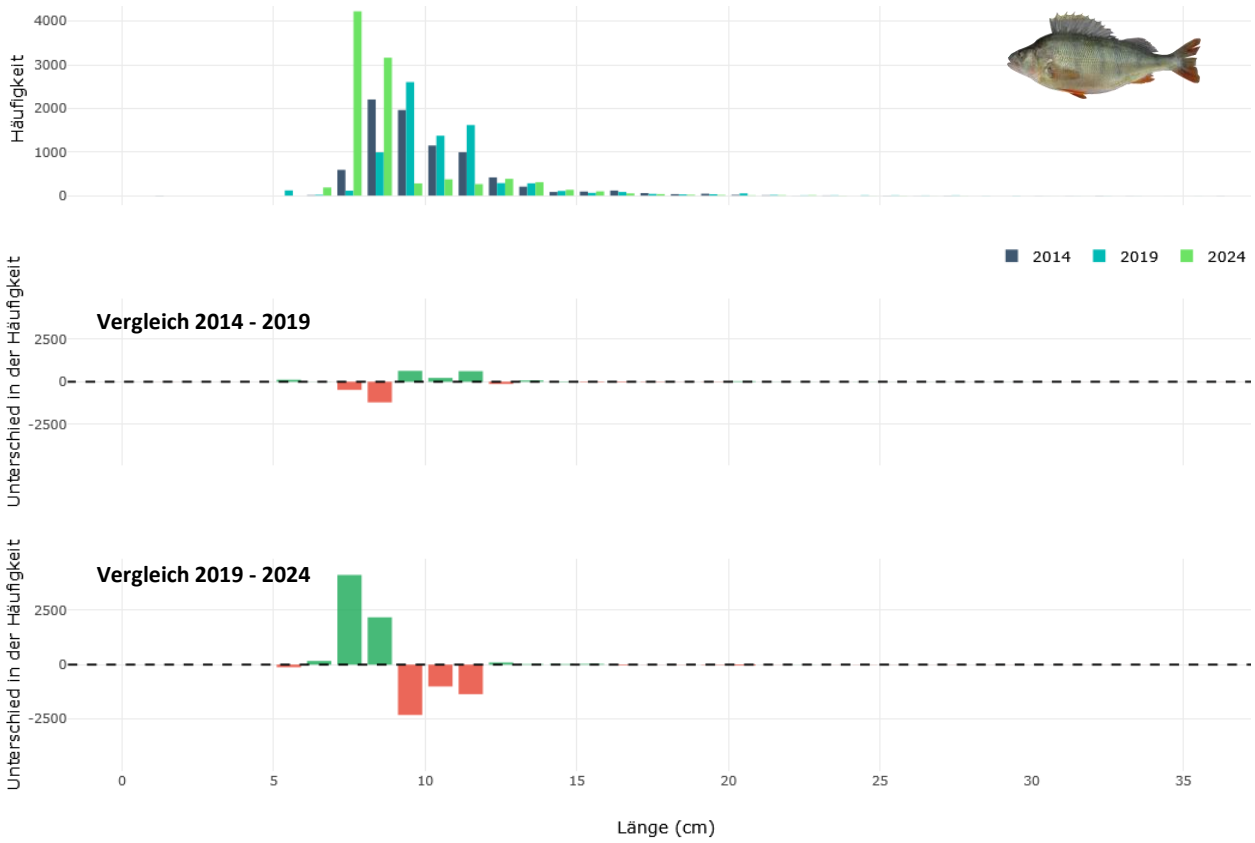


Abbildung 4-24. Längenverteilung der Barsche (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Felchen

Da im Bodensee mehrere Felchenarten mit unterschiedlichen Wachstumsraten vorkommen, können sich artspezifische Unterschiede in der Grössenstruktur überlagern. Zudem sind Längenfrequenzdiagramme, die auf geringen Datenmengen beruhen, mit Vorsicht zu interpretieren. Die dargestellten Verteilungen erlauben daher keine detaillierte Aussage zur demografischen Struktur der verschiedenen Felchenarten und sind lediglich als integrierte Darstellung des gesamten Felchenbestands als Dokumentation dargestellt.

Diese Längenverteilung der Felchen zeigt einige Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren. Insgesamt fällt auf, dass kleine Individuen im Jahr 2024 relativ selten vertreten sind (Abbildung 4-25). Im

Vergleich zu 2014 und 2019 sind insbesondere Individuen der Grössenklasse von etwa 20–28 cm weniger häufig, während grössere Individuen (> 30 cm) häufiger auftreten.

Felchen

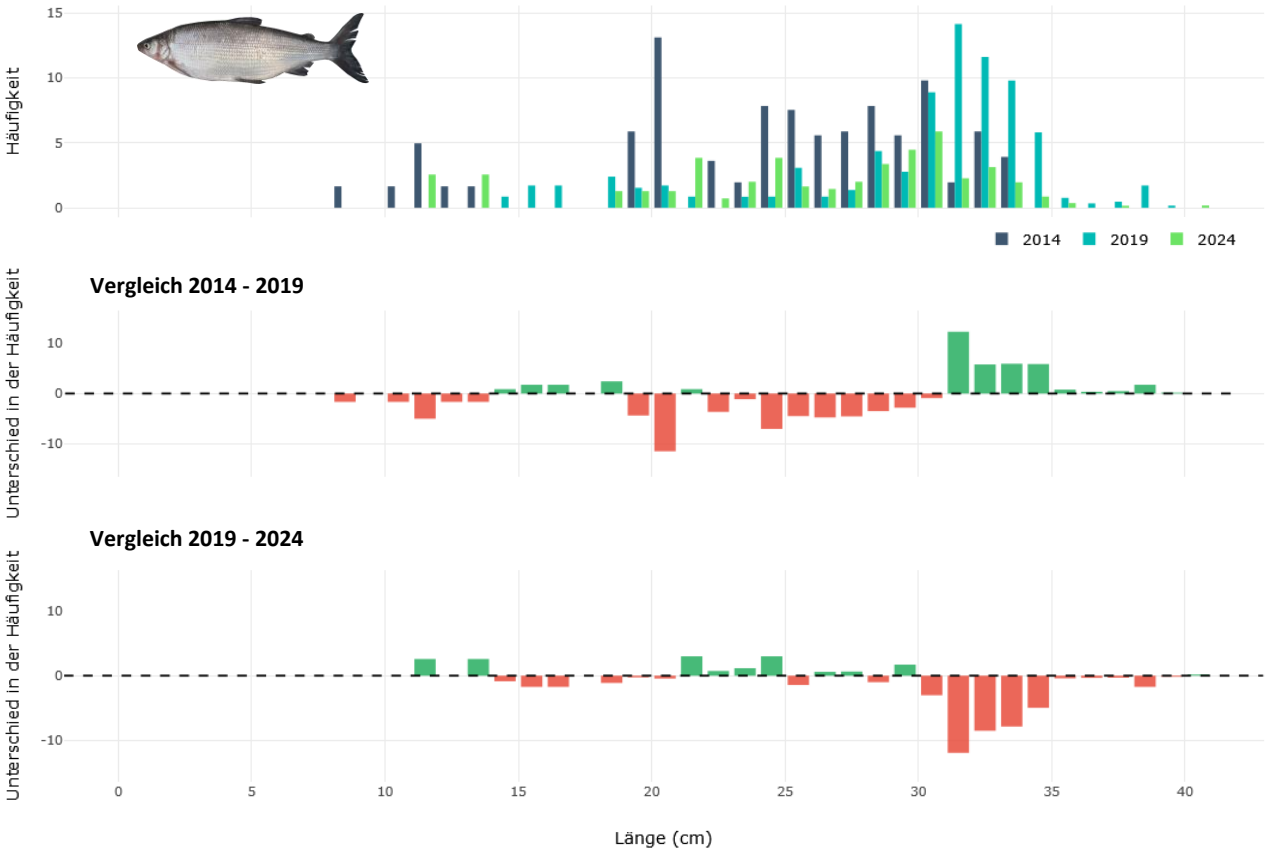


Abbildung 4-25. Längenverteilung der Felchen (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Rotauge

Die Längenverteilung der Rotaugen zeigt ebenfalls eine breite Grössenspanne mit Vorkommen von kleinen bis hin zu grossen Individuen (Abbildung 4-26). Im Vergleich der Jahre fällt auf, dass mittelgrosse Individuen (22-31cm) im Jahr 2024 tendenziell häufiger sind als in den früheren Erhebungen, grössere Rotaugen (>31 cm) waren allerdings seltener als noch 2019. Bei den Grössenklassen <20cm scheinen je nach Jahr recht starke Schwankungen der Häufigkeit aufzutreten.

Weitere Arten

Die artspezifischen Darstellungen im Anhang (vgl. Kap. 11.9.1) zeigen, dass die beobachteten Muster je nach Art stark variieren können.

.

Rotaugen

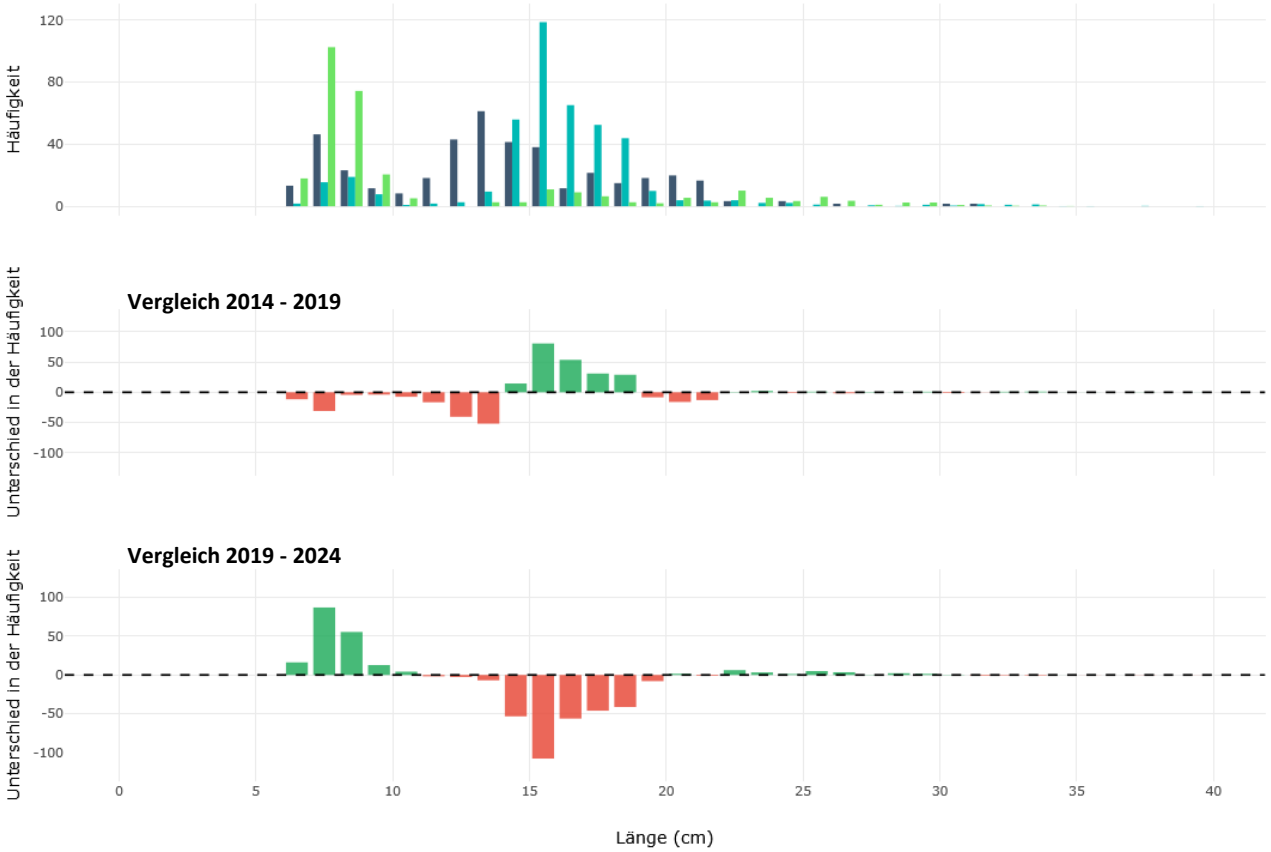


Abbildung 4-26. Längenverteilung der Rotaugen (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

4.6 Körperkondition der Fische

Für einige Arten des Bodensee-Obersees zeigt die Analyse des Fulton-Konditionsfaktors (K) Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren 2014, 2019 und 2024 (Abbildung 4-27).

Bei Rotaugen, Felchen und Barschen sieht das Muster sehr ähnlich aus. Auffallend ist, dass der Konditionsfaktor 2019 deutlich und meistens signifikant tiefer war als 2014 und 2024. 2014 und 2024 war die Kondition der Fische meist ähnlich oder 2024 leicht höher. Damit konnten 2019 nicht nur weniger Fische im See festgestellt werden, sondern die vorhandenen wiesen auch deutlich geringere Konditionen auf als in anderen Jahren.

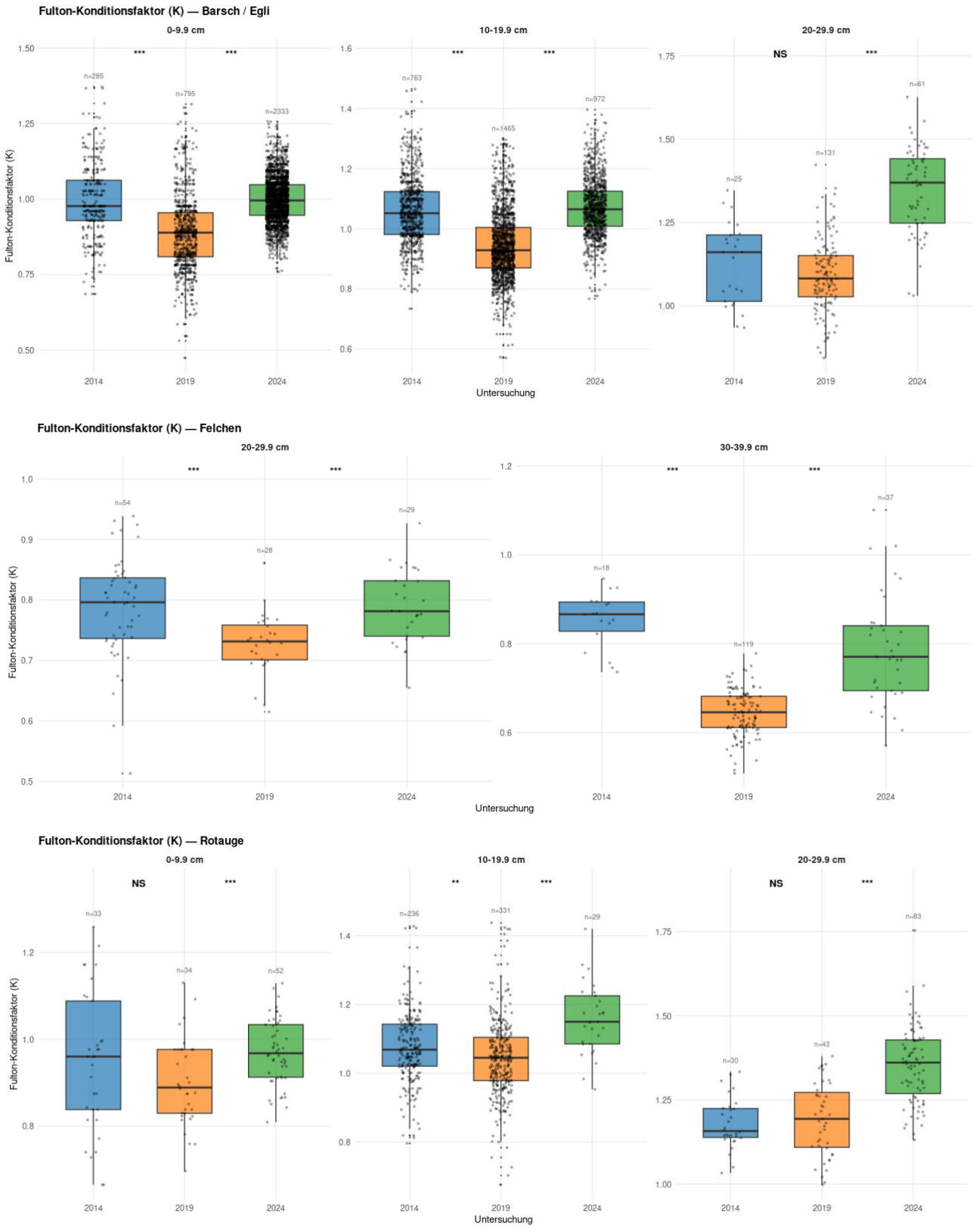


Abbildung 4-27. Vergleich des Konditionsindexes für Barsche, Felchen und Rotaugen im Obersee zwischen 2014, 2019 und 2024 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, NS = nicht signifikant).

4.7 Veränderung fangbarer Fischbestand

Für die fischereiliche Nutzung ist die Entwicklung des gesamten Bestands einer Art manchmal weniger relevant, da dieser unter Umständen von einer grossen Anzahl kleinen Fischen geprägt ist, die für die Angel- und Netzfischer noch nicht nutzbar sind. Deshalb wurde für diese Analyse nur Fischlängen berücksichtigt, die unmittelbar für die Fischerei von Bedeutung sind. Dabei zeigt die Abbildung 4-28 die Entwicklung des fangbaren Fischbestands für zwei für die Fischerei besonders relevante Arten, den Felchen (> 30 cm) und den Barsch (> 15 cm). Die gewählten Grössenklassen entsprechen in etwa den für die Fischerei nutzbaren Grössen und bilden somit gezielt den wirtschaftlich relevanten Anteil der Bestände ab.

Für die Felchen (> 30 cm) zeigt sich über die meisten betrachteten Lebensräume hinweg ein deutlicher Rückgang des fangbaren Bestands. Sowohl im Gesamtsee als auch im Pelagial nimmt die CPUE von 2014 über 2019 bis 2024 kontinuierlich ab. Dieser Trend entspricht dem bereits für den Gesamtbestand beobachteten Rückgang und zeigt, dass insbesondere auch der für die Fischerei relevante Anteil grösserer Individuen deutlich abgenommen hat. In Grundnähe allerdings hat der CPUE über die Zeit leicht zugenommen, schwankt aber stark.

Im Gegensatz dazu zeigen die Ergebnisse für den Barsch keine vergleichbare Entwicklung. Die CPUE-Werte bleiben über den gesamten Zeitraum weitgehend konstant, sowohl im Gesamtsee als auch in den einzelnen Lebensräumen.

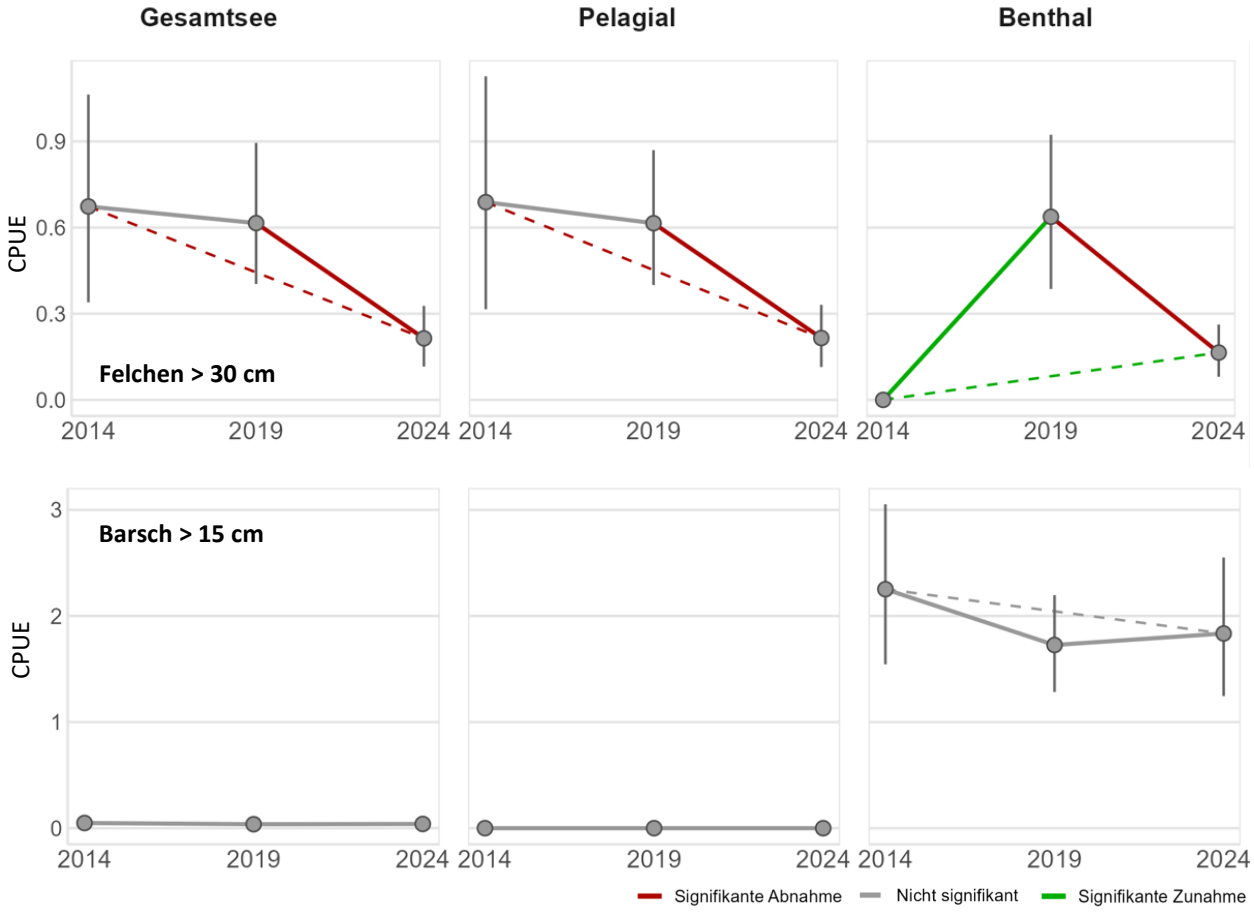


Abbildung 4-28. Biomasse der gefangenen Felchen > 30 cm (oben) und Barschen >15 cm (unten) pro Aufwandseinheit (BPUE) im gesamten See (links), im Pelagial (Mitte) und im Benthal (rechts) für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz und Befischungsnacht angegeben.

4.8 Vergleich mit Blaufelchen-Monitoringdaten

Um die Resultate von Projet Lac in einen längeren zeitlichen Kontext einzuordnen, werden die Felchenfänge der drei Projet-Lac-Kampagnen mit den Daten des langjährigen Blaufelchen-Monitorings verglichen. Damit lässt sich beurteilen, inwieweit die zwischen 2014, 2019 und 2024 beobachteten Veränderungen mit dem mittel- bis langfristigen Bestandstrend übereinstimmen. Für den Vergleich wurden ausschliesslich Fänge mit vergleichbaren Maschenweiten berücksichtigt, um methodisch bedingte Unterschiede möglichst zu minimieren. Konkret wurden die Ergebnisse der Herbstbefischungen des Blaufelchen-Monitorings den Daten aus den standardisierten Ganzseebefischungen gegenübergestellt (Abbildung 4-29).

Es zeigt sich, dass der zeitliche Verlauf der Fangraten (CPUE) in beiden Datensätzen sehr ähnlich ist. Insbesondere stimmen die übergeordneten Trends überein, auch wenn sich die absoluten Werte zwischen den Methoden teilweise unterscheiden. Diese Unterschiede sind vermutlich darauf zurückzuführen, dass unterschiedliche Lebensräume beprobt werden. Während im Blaufelchen-Monitoring gezielt jene Tiefen befischt werden, in denen hohe Felchendichten erwartet werden, decken die standardisierten Befischungen ein breiteres Tiefenspektrum bis 75 m ab.

Die Übereinstimmung der Trends deutet darauf hin, dass auch die standardisierten Ganzseebefischungen, die nicht gezielt auf bestimmte Arten fischen und eine geringere Datenbasis aufweisen als die artspezifischen Monitorings, massgebliche Veränderungen in der Häufigkeit einer Art detektieren können.

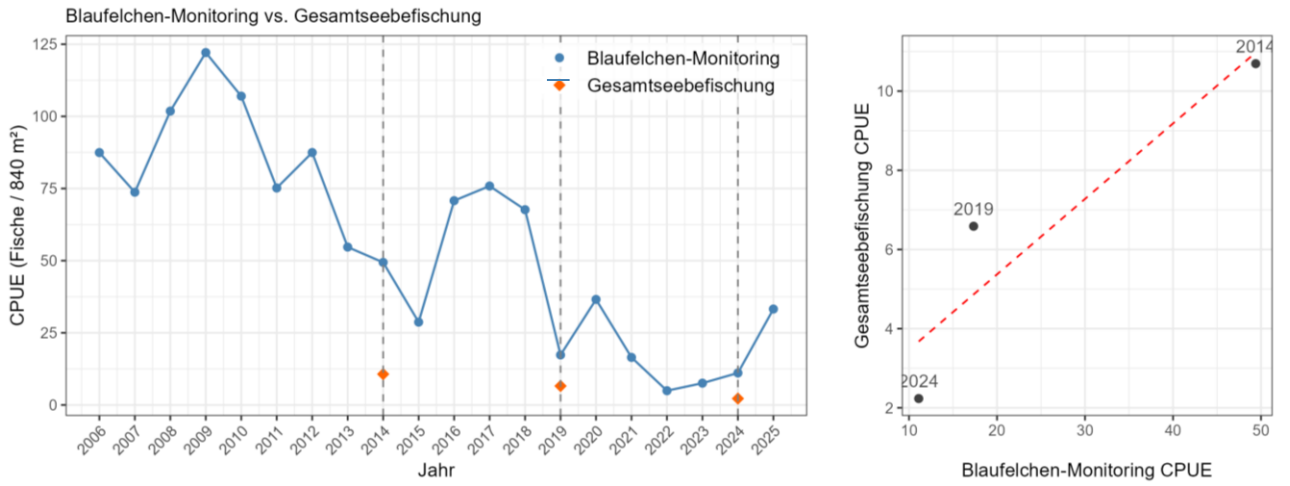


Abbildung 4-29. Jährlicher Herbst-CPUE des Blaufelchen-Monitorings (Bodensee-Obersee, Alle Stationen; 2006-2025; Daten: Kanton St. Gallen/IBKF) im Vergleich mit den standardisierten Gesamtseebefischungen (2014, 2019, 2024). Links: Blaue Linie: mittlerer CPUE der Herbstmonate (August–November) über alle Maschenweiten (26-44 mm), gemittelt über alle Stationen (Fische pro 840 m² Netzfläche; 7 m × 120 m). Rote Raute: Felchen-CPUE (*Coregonus* spp.) der standardisierten Gesamtseebefischung (CEN-pelagische Netzserie, Maschenweiten 24-43 mm, Fische pro 840 m²). Gestrichelte vertikale Linien markieren die Jahre der Gesamtseebefischung. Rechts: Felchen-CPUE der Gesamtseebefischung in Abhängigkeit vom Herbst-Monitoring-Einheitsfang für die drei Befischungsjahre. Gestrichelte Linie: lineare Regression. Ein direkter Zahlenvergleich der beiden Zeitreihen ist nur bedingt aussagekräftig, da sich Fangsaison, Fangmethoden und Maschenweiten unterscheiden.

4.9 Vergleich mit Berufsfischerfängen

Um die Resultate der standardisierten Ganzseebefischungen in einen längerfristigen Kontext einzuordnen, werden die Felchenfänge der drei Erhebungskampagnen den CPUE-Daten der kommerziellen Berufsfischerei (St. Galler Berufsfischer) gegenübergestellt. Dabei wurden die Fangdaten auf eine vergleichbare Einheit skaliert, um methodische Unterschiede möglichst zu reduzieren.

Es zeigt sich, dass der zeitliche Verlauf des aufwandkorrigierten Fangs in beiden Datensätzen grundsätzlich vergleichbar ist. Die übergeordneten Trends stimmen weitgehend überein, auch wenn sich die absoluten Werte zwischen den beiden Ansätzen unterscheiden. Diese Abweichungen lassen sich wahrscheinlich durch die unterschiedlichen Fangmethoden sowie die selektive Standortwahl resp. gezielte Fischerei auf Felchen durch die Berufsfischerei erklären.

Die Übereinstimmung der Trends deutet darauf hin, dass auch die standardisierte Ganzseebefischung repräsentative Informationen zur Entwicklung der Felchenbestände liefern. Insgesamt spricht dies dafür, dass die Ergebnisse beider Ansätze konsistent sind und die beobachteten Entwicklungen der Populationen zuverlässig widerspiegeln.

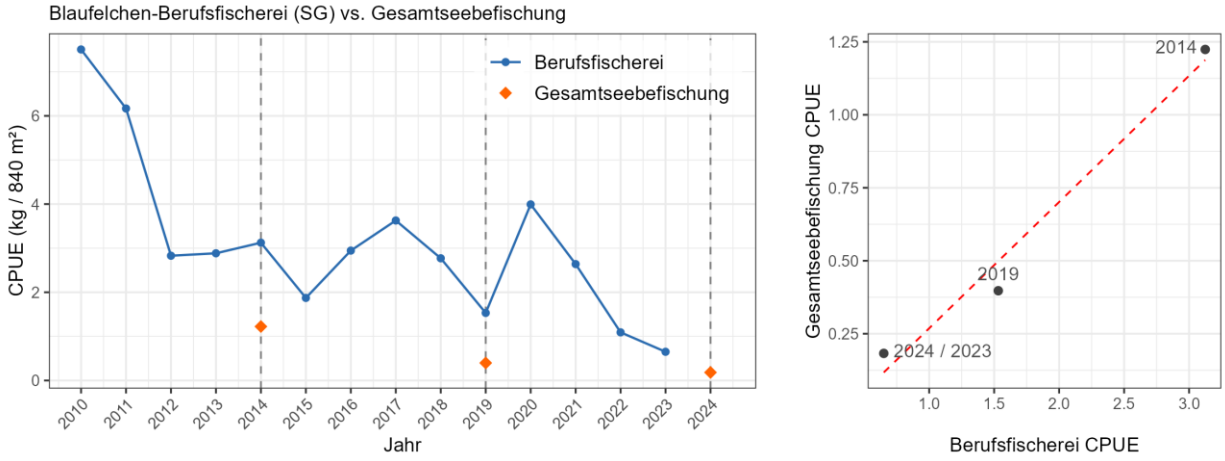


Abbildung 4-30. Jährlicher CPUE der Blaufelchen-Berufsfischerei (St. Gallen, 2010-2024; Daten: Kanton St. Gallen) im Vergleich mit den standardisierten Gesamtseebefischungen am Bodensee-Obersee (2014, 2019, 2024). Links: Blaue Linie: jährlicher mittlerer CPUE der Berufsfischerei (Schwebnetz 38 und 40 mm; Schonzeit 15. Oktober – 10. Januar ausgeschlossen; kg pro 840 m² Netzfläche). Rote Rauten: Felchen-CPUE (*Coregonus* spp.) der standardisierten Gesamtseebefischung (CEN-pelagische Netzserie, Maschenweiten 24 - 43 mm, kg pro 840 m²). Gestrichelte vertikale Linien markieren die Jahre der Gesamtseebefischung. Rechts: Felchen-Einheitsfang der Gesamtseebefischung in Abhängigkeit vom jährlichen Berufsfischer-Einheitsfang für die drei Befischungsjahre; der Wert der Gesamtseebefischung 2024 wurde dem Berufsfischerei-Jahr 2023 zugeordnet (2024/2023), da im Jahr 2024 aufgrund der Sperre der Schwebnetzfischerei keine Vergleichbaren Daten vorlagen. Gestrichelte Linie: lineare Regression. Ein direkter Zahlenvergleich der beiden Zeitreihen ist nur bedingt aussagekräftig, da sich Zielarten, Fangmethoden, Maschenweiten und Fangsaisons unterscheiden.

4.10 Vergleich mit Echolotaufnahmen

Ergänzend zu den standardisierten Ganzseebefischungen liegen für 2019 und 2024 hydroakustische Erhebungen des pelagischen Fischbestands im Bodensee-Obersee vor. Das Jahr 2014 wurde nicht in den Vergleich einbezogen, da sowohl die Echolotaufnahmen als auch die standardisierte Befischung methodisch von den späteren Erhebungen abwichen.

Der Trend Zwischen 2019 und 2024 der beiden Datensätze unterschied sich deutlich. Während die Fangraten grosser Felchen im Pelagial der Ganzseebefischung um mehr als 50 % zurückgingen, nahm die hydroakustisch erfasste mittlere Biomasse pelagischer Fische von 30–60 cm in 20–60 m Tiefe leicht von 26.25 auf 28.71 kg/ha zu. Unter der Annahme,

dass grosse pelagische Fische in dieser Tiefenzone überwiegend Felchen waren und sich die Artzusammensetzung nicht wesentlich verändert hat, lassen sich diese Befunde nur schwer miteinander in Einklang bringen.

Hinsichtlich der räumlichen Verteilung zeigten die beiden Datensätze jedoch gewisse Übereinstimmungen. Sowohl die Echolotdaten als auch die Ganzseebefischungen deuten darauf hin, dass die pelagischen Fische bzw. Felchen im Jahr 2024 räumlich ungleichmässiger verteilt waren als 2019. Zudem zeigen beide Datensätze Hinweise auf einen Dichtegradienten im Hauptbecken des Obersees ohne Überlingersee, mit geringeren Dichten im Nordwesten und höheren Dichten gegen Südosten.

Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass Echolotaufnahmen keine artspezifische Zuordnung erlauben. Umgekehrt kann die Artzusammensetzung der Netzfänge nicht direkt auf die hydroakustisch erfasste Fischbiomasse übertragen werden. Zudem wird der CPUE nicht nur durch die tatsächliche Fischdichte, sondern auch durch die Fangbarkeit beeinflusst, die sich zwischen Arten unterscheiden kann, etwa aufgrund von Bewegungsraten. Die beiden Datensätze sind daher komplementär zu interpretieren.

4.11 Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie

Die Bewertung des ökologischen Zustands des Bodensees erfolgte gemäss den Vorgaben der WRRL auf Grundlage der Fischfauna als eine von vier biologischen Qualitätskomponenten. Dabei werden Zusammensetzung, Abundanz und funktionelle Struktur der Fischgemeinschaft mit einem gewässertypspezifischen Referenzzustand verglichen. Die Bewertung erfolgt über standardisierte Indizes wie den deutschen Lake Fish Index (DeLFi) sowie den österreichischen Alpine Lake Fish Index (ALFI), welche mehrere Einzelmetriken kombinieren und in einem Ecological Quality Ratio (EQR) zusammenführen.

Nach der deutschen DeLFi-Methode wird der Bodensee-Obersee aktuell in die Zustandsklasse „gut“ eingestuft. Diese Bewertung entspricht auch den Resultaten früherer Untersuchungen, bei denen der See durchgehend als „gut“ klassifiziert wurde und in jedem Jahr einen EQR von 0.78 aufwies (Tabelle 4-7).

Demgegenüber ergibt die Bewertung nach der österreichischen ALFI-Methode für die aktuelle Untersuchung im Jahr 2024 erstmals sogar eine Einstufung in die Zustandsklasse „sehr gut“. Damit zeigt sich gegenüber früheren Bewertungen, bei denen ebenfalls ein guter Zustand festgestellt wurde, eine Verbesserung der Einstufung nach diesem Verfahren von einem EQR von 0.75 auf 0.82 (Tabelle 4-8).

Insgesamt zeigt sich somit ein konsistentes Bild mit methodisch bedingten Unterschieden: Während die deutsche Methode den Bodensee weiterhin als „gut“ bewertet, weist die österreichische Methode aktuell einen „sehr guten“ Zustand aus, wobei der Wert nah an der Klassengrenze (Wert von 0.80) liegt. Diese Differenz ist auf unterschiedliche Bewertungsansätze und Referenzbedingungen der beiden Verfahren zurückzuführen und stellt keinen Widerspruch, sondern eine methodische Bandbreite der ökologischen Einordnung dar. Entscheidend ist dabei, dass beide Bewertungen keinen Handlungsbedarf im Sinne einer allfälligen Sanierung auslösen.

Tabelle 4-7. Bewertung des ökologischen Zustands des Obersees nach der deutschen DeLFi-Site-Methode. Die Bewertungen führte die Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg in Abstimmung mit Bayern anhand der Daten aus den standardisierten Befischungen und weiteren Informationen (v.a. Statistik der Berufsfischerei) durch.

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

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

Bewertung des ökologischen Zustandes des Sees	
Anzahl der Metrics:	**9**
Gesamtwert:	**37**
EQR:	**0.78**
Ökologische Statusklasse See:	**gut**
Berücksichtigung optionaler Metrics	**ok**
Reproduktion:	berücksichtigt
Maximalgewicht Brassen:	berücksichtigt
Anzahl Gastarten/Gruppen:	ausgeschlossen

Tabelle 4-8. Bewertung des ökologischen Zustands des Obersees nach der österreichischen ALFI-Methode. Die Bewertungen führte N. das Institut für Gewässerökologie und Fischereiwirtschaft/BAW in Scharfling/Mondsee anhand der Daten aus den standardisierten Befischungen durch.

	Bodensee Obersee 2014	
Anzahl Arten Überblick	Anzahl urspr. Arten	22
	Anzahl aktuelle Arten	30
	Artenfehlbetrag	0
	Anzahl Fremdfischarten	8
	Metric	**EQR**
Arteninventar	AI typspezifische Fischarten	0.86
	Anteil AI Fremdfischarten	0.72
	Abundanzindex Kleinfischarten	0.61
	Abundanzindex stenöke Arten	0.71
Gilden	Abundanzindex Laichwanderer	0.92
	Abundanzindex Laichgilden	0.75
LF	Längenfrequenz Leitfischart	1.00
BM	Fischbiomasse	0.40
	MEAN EQR	**0.75**

	Bodensee 2019	
Anzahl Arten Überblick	Anzahl urspr. Arten	22
	Anzahl aktuelle Arten	29
	Artenfehlbetrag	0
	Anzahl Fremdfischarten	7
	Metric	**EQR**
Arteninventar	AI typspezifische Fischarten	1.00
	Anteil AI Fremdfischarten	0.77
	Abundanzindex Kleinfischarten	0.61
	Abundanzindex stenöke Arten	0.71
Gilden	Abundanzindex Laichwanderer	0.88
	Abundanzindex Laichgilden	0.83
LF	Längenfrequenz Leitfischart	1.00
BM	Fischbiomasse	0.40
	MEAN EQR	**0.78**

	Bodensee Obersee 2024	
Anzahl Arten Überblick	Anzahl urspr. Arten	22
	Anzahl aktuelle Arten	29
	Artenfehlbetrag	0
	Anzahl Fremdfischarten	7
	Metric	**EQR**
Arteninventar	AI typspezifische Fischarten	1.00
	Anteil AI Fremdfischarten	0.76
	Abundanzindex Kleinfischarten	0.75
	Abundanzindex stenöke Arten	0.82
Gilden	Abundanzindex Laichwanderer	0.94
	Abundanzindex Laichgilden	0.88
LF	Längenfrequenz Leitfischart	1.00
BM	Fischbiomasse	0.40
	MEAN EQR	**0.82**

5 Untersee

5.1 Rohfangdaten Befischung 2024

Im Bodensee-Untersee wurden bei den standardisierten Befischungen insgesamt 5’820 Fische gefangen (Tabelle 5-1). Betrachtet man sämtliche Fangmethoden zusammen, ist der Barsch mit 3’021 Individuen mit Abstand die häufigste Art. Ebenfalls häufig vertreten sind Rotfedern (N = 1’259), Lauben (N = 315), Brachsen (N = 302) sowie Alet (N = 273).

Die Verteilung auf die Fangmethoden zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Arten: Während Felchen (*Coregonus* spp.*)* überwiegend im Pelagial gefangen wurden, stammen Barsche, Rotfedern und Brachsen hauptsächlich aus benthischen und elektrischen Befischungen.

Die gesamte Biomasse des Fanges beträgt 91.09 kg (Tabelle 5-1). Den grössten Anteil daran stellen Barsche (18.75 kg), gefolgt von Rotfedern (16.23 kg), Welsen (11.51 kg), Felchen (8.93 kg) und Rotaugen (7.77 kg).

Die Rohergebnisse der Befischungen von 2014 und 2019 können dem Anhang entnommen werden (vgl. Kap. 11.2). Ein direkter Vergleich dieser Ergebnisse ist nicht sinnvoll, da der Befischungsaufwand und die eingesetzten Methoden zwischen den Jahren variieren.

5.2 Artenvielfalt

Im Bodensee-Untersee wurden im Rahmen der standardisierten Befischungen im Jahr 2024 insgesamt 22 Fischarten nachgewiesen (Tabelle 5-2). Im Jahr 2014 wurden 24 Arten erfasst, während im Jahr 2019 insgesamt 21 Arten nachgewiesen werden konnten. Damit zeigt sich über die drei Untersuchungsjahre hinweg insgesamt ein vergleichbares Artenspektrum mit gewissen Schwankungen in der Nachweisbarkeit einzelner Arten.

Von den aktuell nachgewiesenen Arten sind 19 einheimisch, während 4 Arten gemäss VBGF als gebietsfremd gelten (Stichling, Zander, Giebel und Sonnenbarsch). Insgesamt sind im Untersee 30 einheimische Fischarten dokumentiert, wobei ein Teil davon nicht regelmässig in den standardisierten Befischungen erfasst wird.

Mehrere einheimische Arten wurden nicht in allen Untersuchungsjahren nachgewiesen. Dazu gehören unter anderem Forelle und Blicke.

Tabelle 5-1. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der 2024 im Untersee gefangenen Fische pro Art und für die verschiedenen Fangmethoden.

Fischart		Anzahl Individuen				Biomasse (kg)			
		Benthisch	Pelagisch	Litoral	Total	Benthisch	Pelagisch	Litoral	Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_MOD_B	CEN_pelagic_MOD_B	Elektrisch		CEN_benthic_MOD_B	CEN_pelagic_MOD_B	Elektrisch	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	1178	968	875	3021	15.25	3.13	0.37	18.75
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	228	6	1025	1259	15.02	0.94	0.27	16.23
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	1	66	248	315	0.03	0.64	0.01	0.68
Brachse / Blei	*Abramis brama*	6	-	296	302	0.38	-	0.00	0.39
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	8	-	265	273	1.28	-	1.16	2.44
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	172	33	8	213	6.42	1.35	-	7.77
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	1	-	86	87	0.05	-	0.03	0.08
Schleie	*Tinca tinca*	39	3	29	71	5.26	0.02	0.23	5.50
Schmerle	*Barbatula barbatula*	1	-	48	49	0.00	-	0.04	0.04
Wels	*Silurus glanis*	20	1	20	41	11.07	0.38	0.05	11.51
Felchen	*Coregonus* spp.	7	27	-	34	1.93	7.01	-	8.93
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	19	12	3	34	0.02	0.01	-	0.03
Hecht	*Esox lucius*	9	3	11	23	2.33	2.45	0.45	5.22
Giebel	*Carassius gibelio*	16	-	4	20	1.99	-	-	1.99
Zander	*Sander lucioperca*	10	4	-	14	4.13	0.24	-	4.38
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	13	13	-	-	-	0.00
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	12	-	1	13	0.12	-	-	0.12
Kamberkrebs	*Orconectes limosus*	5	-	7	12	-	-	-	0.00
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	10	10	-	-	0.77	0.77
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	-	-	10	10	-	-	0.02	0.02
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	1	-	3	4	0.31	-	1.23	1.55
Karpfen	*Cyprinus carpio*	-	-	2	2	-	-	4.70	4.70
Total		**1733**	**1123**	**2964**	**5820**	**65.60**	**16.16**	**9.33**	**91.09**
Anzahl Arten	22	18	10	20	22	17	10	14	22

Tabelle 5-2. Artenliste im Bodensee Untersee. Die Fänge der standardisierten Befischungen sind in den letzten drei Spalten angegeben. Die hier aufgeführten Fischarten wurden durch die Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg (FFS-BW) und gemäss VBGF der Schweiz als im Bodensee einheimisch, eingebürgert oder gebietsfremd eingestuft. Die Spalte Zaugg et al. (2003) zeigt die Angaben aus dem Schweizer Fischatlas von 2023 **[25]**. Hier sind alle im Untersee dokumentierten und dem Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna bis 2003 gemeldeten Fischarten aufgeführt.

Fischart			Gefährdung			Nachweis der Fischart					
Familie	Art	Deutsch	VBGF	Status nach FFS-BW für Bodensee-Obersee	Status nach VBGF für Bodensee-Obersee	Zaugg et al. 2003	Fischerei 1970-2012	FFS-BW 2014	Projet Lac 2014	Befischung 2019	Befischung 2024
Anguillidae	*Anguilla anguilla*	Aal	1	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
Centrarchidae	*Lepomis gibbosus*	Sonnenbarsch		gebietsfremd	gebietsfremd	1		1	1		1
Cottidae	*Cottus gobio*	Groppe	4	einheimisch	einheimisch	1			1		
Cyprinidae	*Abramis brama*	Brachse	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
	Alburnus alburnus	Laube, Ukelei	NG	einheimisch	einheimisch	1		1	1	1	1
	Barbus barbus	Barbe	4	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
	Blicca bjoerkna	Blicke	4	einheimisch	einheimisch	1		1	1	1	
	Carassius auratus	Goldfisch		gebietsfremd	gebietsfremd	1					
	Carassius carassius	Karausche		einheimisch	gebietsfremd	1					
	Carassius gibelio	Giebel		gebietsfremd	gebietsfremd	1		1		1	1
	Chondrostoma nasus	Nase	1, E	einheimisch	einheimisch	1					
	Cyprinus carpio	Karpfen	4	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
	Gobio gobio	Gründling	NG	einheimisch	einheimisch	1		1			
	Leuciscus delineatus	Moderlieschen		gebietsfremd	einheimisch	1					
	Leuciscus leuciscus	Hasel	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
	Phoxinus phoxinus [1]	Elritze	NG	einheimisch	einheimisch	1					
	Rhodeus amarus	Bitterling	2, E	einheimisch	einheimisch	1					
	Rutilus rutilus	Rotauge	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
	Scardinius erythrophthalmus	Rotfeder	NG	einheimisch	einheimisch	1		1	1	1	1
	Squalius cephalus	Alet	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
	Tinca tinca	Schleie	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
Esocidae	*Esox lucius*	Hecht	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
Gadidae	*Lota lota*	Trüsche	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
Gasterosteida	*Gasterosteus aculeatus*	Stichling	4	gebietsfremd	gebietsfremd	1		1	1	1	1
Nemacheilida	*Barbatula barbatula* [2]	Bartgrundel, Schmerle	4	einheimisch	einheimisch	1		1	1	1	1
Percidae	*Gymnocephalus cernua*	Kaulbarsch	NG	gebietsfremd	einheimisch	1	1	1	1	1	1
	Perca fluviatilis	Barsch	NG	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
	Sander lucioperca	Zander		eingebürgert	gebietsfremd	1	1	1	1	1	1
Salmonidae	*Coregonus arenicolus*	Sandfelchen	4, E	einheimisch	einheimisch				1		1
	Coregonus macrophthalmus	Gangfisch	4, E	einheimisch	einheimisch				1		1
	Coregonus spp.	Felchen unbest.	4, E	einheimisch	einheimisch	1	1	1	(1)	1	(1)
	Salmo trutta	Forelle	4	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1		
	Oncorhynchus mykiss	Regenbogenforelle		eingebürgert	gebietsfremd	1	1	1			
	Salvelinus umbla	Seesaibling	3	einheimisch	einheimisch	1	1	1			
Siluridae	*Silurus glanis*	Wels	NG, E	einheimisch	einheimisch	1	1	1	1	1	1
Thymallidae	*Thymallus thymallus*	Äsche	2, E	einheimisch	einheimisch	1	1	1			
Anzahl einheimische Arten				**29**		**27**	**17**	**22**	**21**	**18**	**18**
Anzahl gebietsfremde Arten nach VBGF				**7**		**8**	**2**	**5**	**3**	**3**	**4**
Total Anzahl Arten				**36**		**35**	**19**	**27**	**24**	**21**	**22**

[1] Im Bodensee vorkommende Elritzen werden nach aktueller taxonomischer Einschätzung am besten der Donau-Elritze (*Phoxinus csikii*) zugeordnet[26, 27], wobei genetische Hinweise auf eine gewisse Vermischung mit *Phoxinus phoxinus*-Linien bestehen [23].

[2] Aktuelle Untersuchungen von [28] zeigen, dass die Schmerlen im Bodensee taxonomisch noch nicht abschliessend eingeordnet werden können. Sie stehen genetisch der Art *Barbatula fluvicola* nahe, unterscheiden sich jedoch in ihrer äusseren Form.

5.3 Fischbestand gesamter See

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse von 2014, 2019 und 2024 zeigt, dass sich der volumenkorrigierte Fang pro Aufwandseinheit im Bodensee-Untersee für die Anzahl der gefangenen Fische (Dichte) über den gesamten Zeitraum signifikant erhöht hat, während für die Biomasse keine signifikante Gesamtveränderung nachgewiesen werden konnte (Abbildung 5-1).

Zwischen 2014 und 2019 ist sowohl bei der Dichte als auch bei der Biomasse zunächst eine signifikante Abnahme zu beobachten. Diese wurde bei der Dichte vor allem durch den Rückgang des Stichlings sowie der Felchen verursacht, bei der Biomasse insbesondere durch die starke Abnahme der Felchen. In der darauffolgenden Periode von 2019 bis 2024 nahmen sowohl die Dichte als auch die Biomasse wieder signifikant zu.

Auf Ebene der einzelnen Arten zeigen sich differenzierte Entwicklungen (Abbildung 5-2, Abbildung 5-3). Eine signifikante Zunahme der Dichte ist insbesondere für Giebel, Wels, Laube, Rotfeder, Schleie sowie Barsch festzustellen. In der Biomasse zeigen Giebel, Wels, Laube, Rotfeder, Schleie und Barsch ebenfalls eine signifikante Zunahme. Demgegenüber weisen Felchen, Kaulbarsch und Stichling sowohl in der Dichte als auch in der Biomasse signifikante Abnahmen auf.

Ein grosser Teil der beobachteten Veränderungen auf Artebene ist jedoch nicht signifikant. Entsprechend kann nicht ausgeschlossen werden, dass die dabei beobachteten Unterschiede auf die Variabilität des Fangerfolgs sowie auf methodische Einflüsse zurückzuführen ist.

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass sich die Fischgemeinschaft im Untersee im untersuchten Zeitraum verändert hat. Alle artspezifischen Grafiken der Veränderungen zwischen den drei Jahren können dem Anhang entnommen werden (vgl. Kap.11.3.1, 11.3.2)

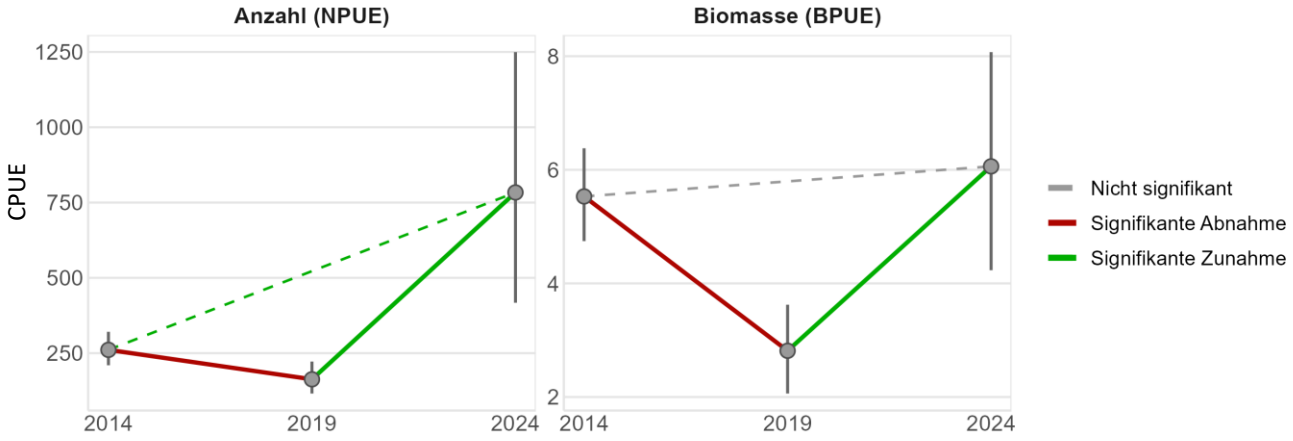


Abbildung 5-1. Fang pro Aufwandseinheit im gesamten Bodensee-Untersee für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz und Befischungsnacht angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm. Das Ergebnis ist stark von den pelagischen Fängen geprägt, da der pelagische Lebensraum ein grosser Anteil am gesamten Volumen des Obersees ausmacht.

Tabelle 5-3. Zusammenfassung der artspezifischen Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit im gesamten Untersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Die Fänge werden von pelagischen CEN-Netzen und benthischen CEN-Netzen berechnet. +Inf bei der Veränderung entsteht dann, wenn eine Art 2014 nicht nachgewiesen wurde, im Jahr 2024 aber schon. Dann kann keine prozentuale Veränderung berechnet werden. Der BPUE-Wert wird in Gramm angegeben.[4]

	NPUE			Veränderung			BPUE			Veränderung		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	261.0	163.2	783.6	-37%	+380%	+200%	5531.3	2814.2	6060.9	-49%	+115%	+10%
Alet	0.43	0.16	0.33	-64%	+110%	-23%	43.9	41.5	37.9	-6%	-9%	-14%
Barsch / Egli	123.1	134.7	673.5	+9%	+400%	+447%	1431.5	1503.7	3101.0	+5%	+106%	+117%
Bartgrundel	0.24	0.44	0.10	+80%	-76%	-57%	0.79	1.3	0.30	+59%	-76%	-62%
Blicke	1.6	0.35	0	-77%	-100%	-100%	9.1	2.0	0	-78%	-100%	-100%
Brachse	0.70	2.1	0.68	+192%	-67%	-4%	2.7	10.9	7.0	+305%	-36%	+160%
Felchen	45.9	3.4	5.2	-93%	+50%	-89%	3379.5	506.7	612.5	-85%	+21%	-82%
Giebel	0	0.15	0.54	+Inf	+268%	+Inf	0	0.82	20.9	+Inf	+2450%	+Inf
Hasel	0.43	0.07	0	-83%	-100%	-100%	25.6	5.9	0	-77%	-100%	-100%
Hecht	0.66	1.4	0.91	+109%	-34%	+38%	154.5	212.9	142.4	+38%	-33%	-8%
Karpfen	0.23	0.48	0	+112%	-100%	-100%	63.8	19.0	0	-70%	-100%	-100%
Kaulbarsch	6.6	0.62	1.6	-91%	+159%	-75%	83.2	8.8	14.0	-89%	+59%	-83%
Laube	1.5	3.2	35.2	+117%	+986%	+2251%	4.3	6.3	326.0	+44%	+5089%	+7398%
Rotauge	5.9	5.9	30.1	-1%	+410%	+407%	146.1	114.1	625.7	-22%	+448%	+328%
Rotfeder	0.85	0.31	19.2	-63%	+6028%	+2160%	69.0	44.3	807.2	-36%	+1721%	+1070%
Schleie	0.37	3.2	4.8	+768%	+50%	+1199%	29.0	46.0	91.6	+58%	+99%	+216%
Sonnenbarsch	0	0	0.05	0%	+Inf	+Inf	0	0	2.5	0%	+Inf	+Inf
Stichling	71.9	5.8	9.4	-92%	+64%	-87%	56.8	6.6	8.8	-88%	+35%	-84%
Trüsche	0.40	0.02	0.01	-95%	-40%	-97%	22.8	3.4	3.6	-85%	+6%	-84%
Wels	0	0.41	0.35	+Inf	-14%	+Inf	0	95.6	133.5	+Inf	+40%	+Inf
Zander	0.16	0.45	1.6	+180%	+250%	+880%	8.7	184.5	125.8	+2013%	-32%	+1341%

[4] Die NPUE-Werte von Schmerle und Rotauge dienen hier als Beispiele, um den Einfluss methodischer Effekte zu veranschaulichen:
Bei der Schmerle wurden über die drei Befischungsjahre 42, 4 bzw. 1 Individuen gefangen, was zunächst auf einen starken Rückgang hindeutet. Der grösste Teil dieser Fänge stammte jedoch aus der 5-mm-Maschenweite. Diese wurde in den MODa-Netzen von 2019 nicht eingesetzt und mussten daher von der vergleichenden Auswertung ausgeschlossen werden. In den vergleichbaren Maschenweiten verbleiben lediglich 4, 3 bzw. 1 Individuen. Der überwiegende Teil davon wurde in der 6.25-mm-Maschenweite gefangen, dessen Breite 2019 und 2024 gegenüber 2014 halbiert wurde; die Fangzahlen dieser Jahre müssen daher verdoppelt werden, um mit 2014 (als Referenz mit gleichen Maschenbreiten bzw. -flächen) vergleichbar zu sein. Nach dieser Korrektur relativiert sich der scheinbare Rückgang weitgehend.
Beim Rotauge erklärt sich der hohe NPUE-Wert dadurch, dass 2024 viele Individuen im Pelagial gefangen wurden, das aufgrund seines grossen Volumens deutlich stärker gewichtet wird.

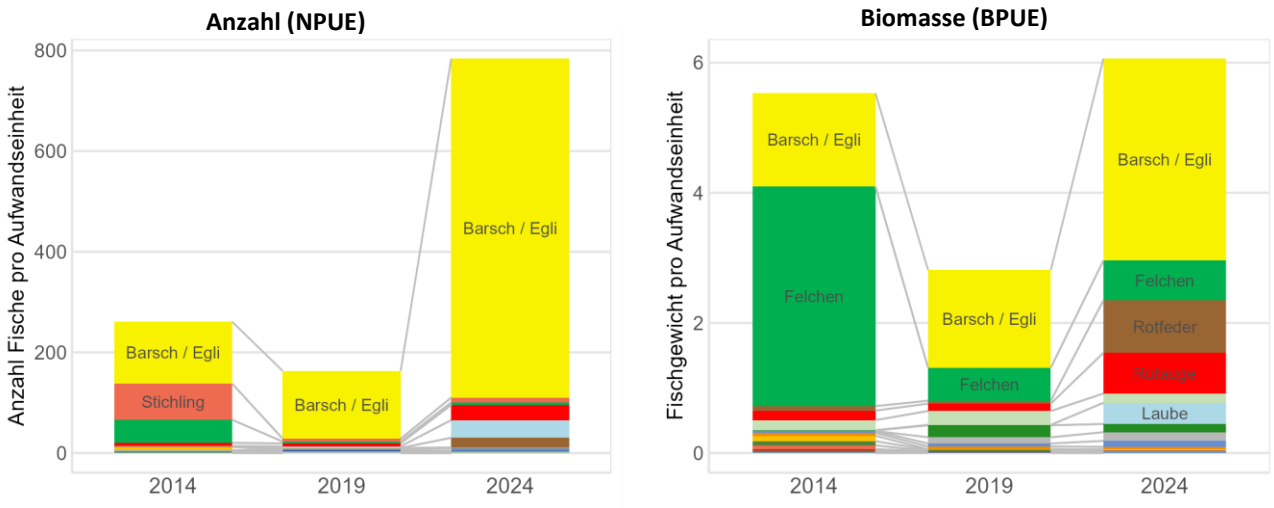


Abbildung 5-2. Artenzusammensetzung des Fangs pro Aufwandseinheit im gesamten Bodensee-Untersee für die Befischungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm. Graue Linien verbinden die Anteile derselben Art zwischen den Jahren.

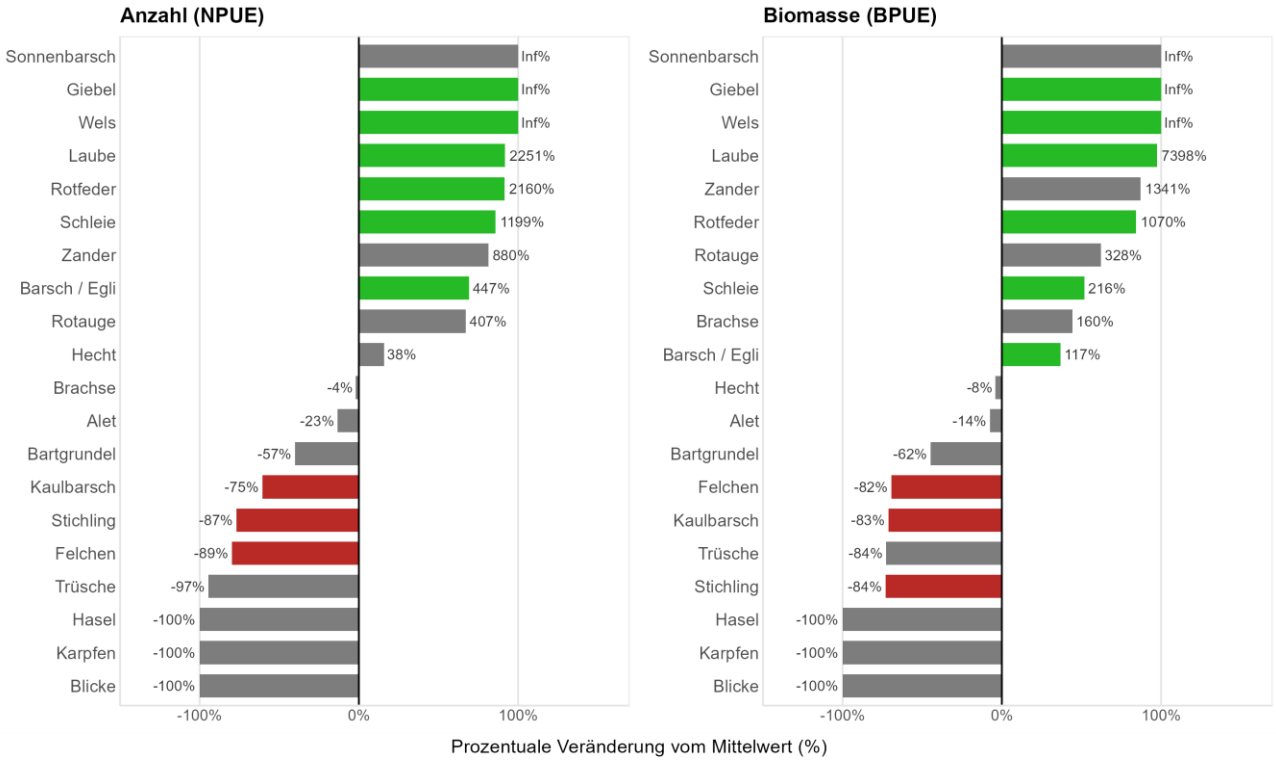


Abbildung 5-3. Artspezifische Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit im Untersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Farbige Balken zeigen eine statistisch signifikante Veränderung an.

5.4 Fischbestand nach Lebensraum

5.4.1 Benthische Zone: CEN-Grundnetze

Wird ausschliesslich der benthische Bereich des Untersees betrachtet, zeigen die Ergebnisse für die Jahre 2014, 2019 und 2024, dass sich weder für die Dichte noch für die Biomasse des Fanges eine statistisch signifikante Veränderung über den gesamten Zeitraum nachweisen lässt (Abbildung 5-4). Zwischen 2014 und 2019 ist sowohl bei der Dichte als auch bei der Biomasse eine leichte Zunahme erkennbar, diese ist jedoch nicht signifikant. Bei der Biomasse fiel in dieser Periode insbesondere der Rückgang der Felchen ins Gewicht, begleitet vom verstärkten Auftreten von Hecht und Zander, sodass die Biomasse insgesamt leicht anstieg.

In der darauffolgenden Periode bis 2024 steigen die Werte stärker an, allerdings ebenfalls ohne statistische Signifikanz. Diese Zunahme wurde bei der Dichte vor allem durch das verstärkte Auftreten von Rotaugen und Rotfedern neben den weiterhin dominanten Barschen getragen, bei der Biomasse insbesondere durch eine deutliche Zunahme der Rotfeder und Rotauge. Insgesamt ergibt sich damit kein statistisch abgesicherter Trend, sondern eine durch Variabilität geprägte Entwicklung mit einer leichten Tendenz zu höheren Werten.

Auf Ebene der einzelnen Arten zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen (Abbildung 5-5, Abbildung 5-6). Eine signifikante Zunahme der Dichte und der Biomasse ist für Giebel, Wels, Rotfeder und Schleie festzustellen. Demgegenüber zeigt nur der Kaulbarsch eine signifikante Abnahme der Dichte und der Biomasse.

Für zahlreiche weitere Arten sind zwar Veränderungen erkennbar, diese sind jedoch nicht statistisch abgesichert. Dazu gehören unter anderem Rotauge, Zander oder Hecht mit teils deutlichen Zunahmen, sowie Arten wie Felchen, Trüsche oder Hasel mit nicht signifikanten Abnahmen.

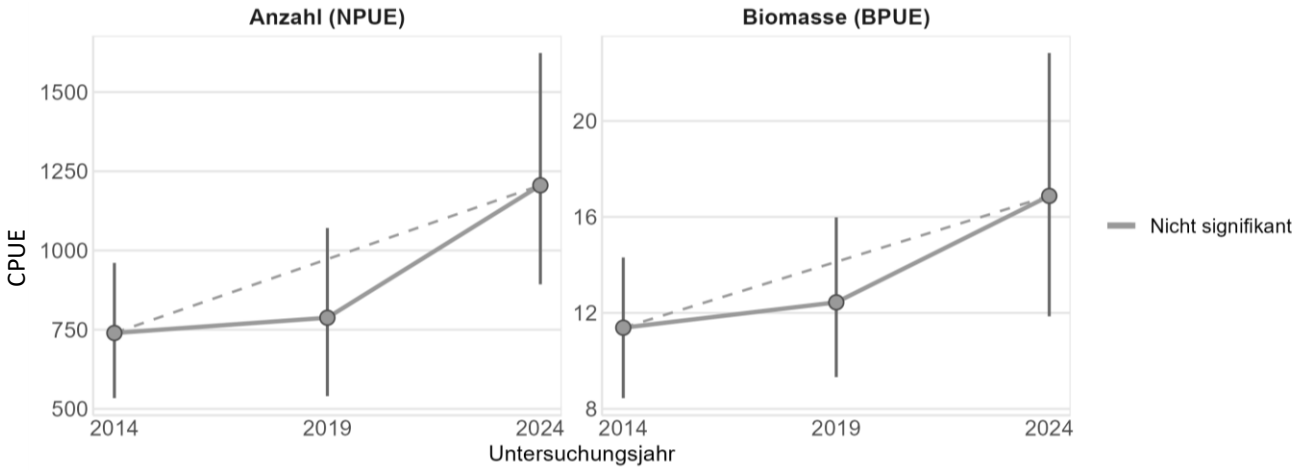


Abbildung 5-4. Fang pro Aufwandseinheit im Benthal des Bodensee-Untersees für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz und Befischungsnacht angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm.

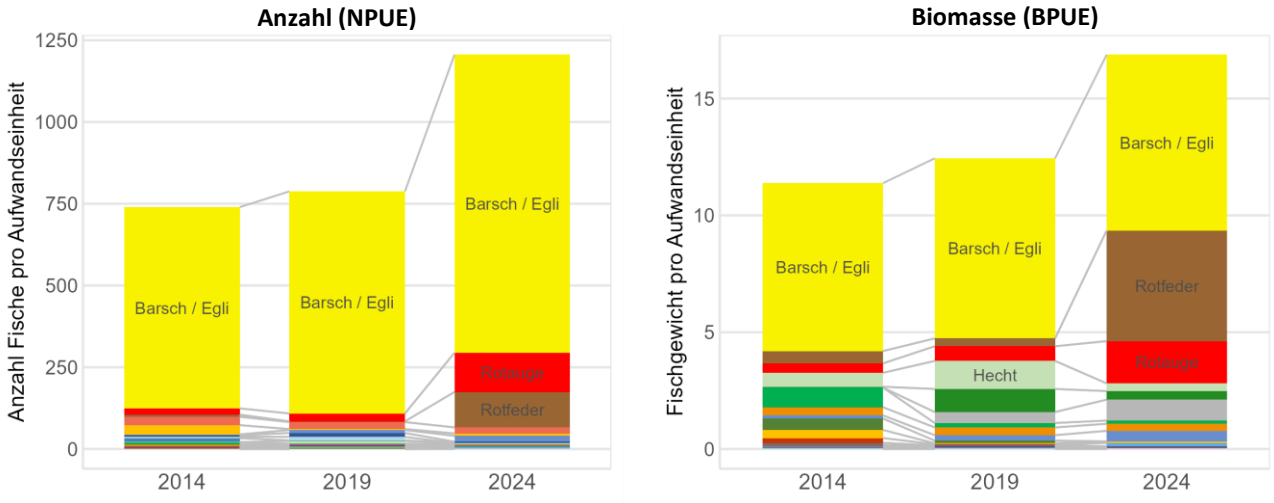


Abbildung 5-5. Artenzusammensetzung des Fangs pro Aufwandseinheit im Benthal des Bodensee-Untersees für die Befischungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm. Graue Linien verbinden die Anteile derselben Art zwischen den Jahren.

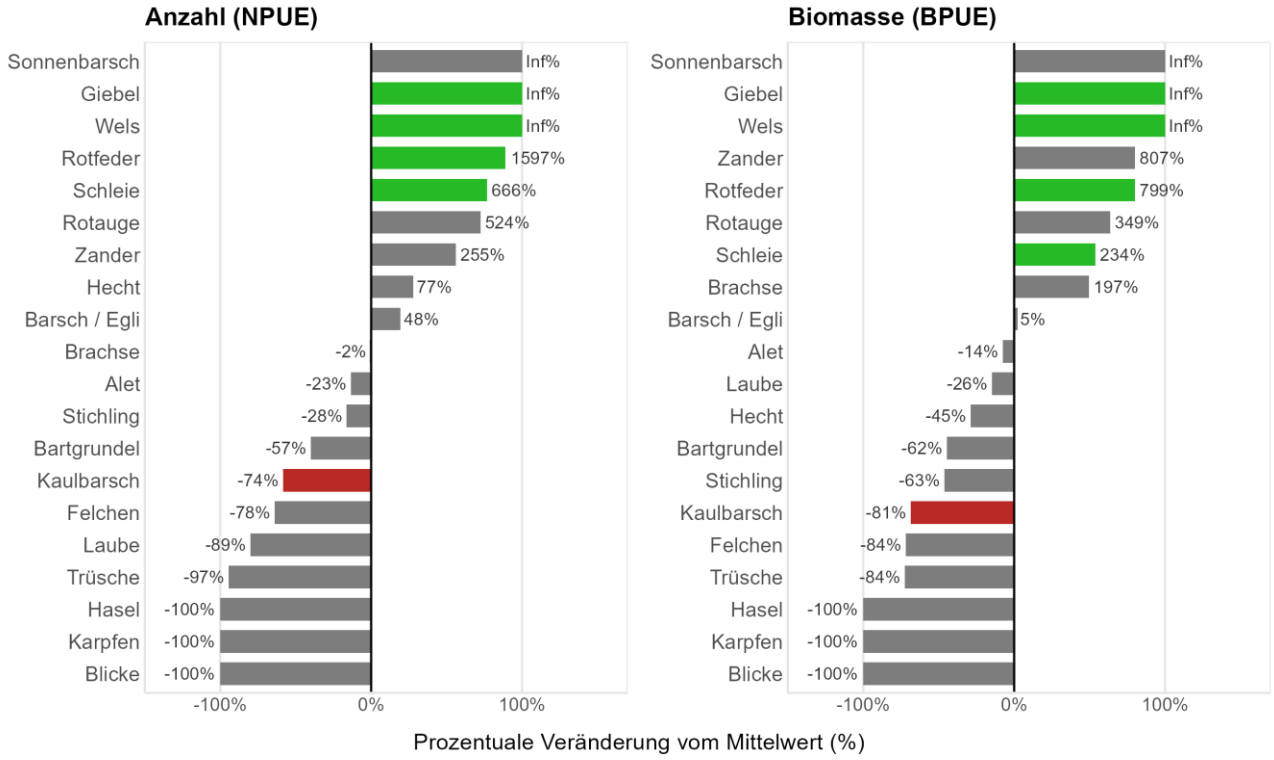


Abbildung 5-6. Artspezifische Veränderungen des Fangs von benthischen CEN-Netzen pro Aufwandseinheit im Untersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Farbige Balken zeigen eine statistisch signifikante Veränderung an.

Tabelle 5-4. Zusammenfassung der artspezifischen Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit im benthischen Habitat des Untersees zwischen den Befischungen von 2014 und 2024[5]. Die Fänge wurden mittels benthischer Bodennetze erhoben. +Inf bei der Veränderung entsteht dann, wenn eine Art 2014 nicht nachgewiesen wurde, im Jahr 2024 aber schon. Dann kann keine prozentuale Veränderung berechnet werden. Der BPUE-Wert wird in Gramm angegeben.

	NPUE			Veränderung			BPUE			Veränderung		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	739.6	787.8	1205.8	+7%	+53%	+63%	11382.6	12440.3	16877.8	+9%	+36%	+48%
Alet	3.4	1.2	2.6	-64%	+110%	-23%	350.4	330.7	302.2	-6%	-9%	-14%
Barsch	615.4	679.1	911.6	+10%	+34%	+48%	7189.5	7706.7	7523.8	+7%	-2%	+5%
Bartgrundel	1.9	3.5	0.83	+80%	-76%	-57%	6.3	10.0	2.4	+59%	-76%	-62%
Blicke	12.0	2.1	0	-82%	-100%	-100%	70.8	9.7	0	-86%	-100%	-100%
Brachse	4.3	12.0	4.2	+180%	-65%	-2%	15.0	61.3	44.7	+307%	-27%	+197%
Felchen	6.6	1.6	1.5	-76%	-8%	-78%	837.4	189.4	136.6	-77%	-28%	-84%
Giebel	0	1.2	3.8	+Inf	+226%	+Inf	0	6.5	146.0	+Inf	+2132%	+Inf
Hasel	3.4	0.58	0	-83%	-100%	-100%	204.5	47.0	0	-77%	-100%	-100%
Hecht	1.9	7.9	3.4	+318%	-58%	+77%	599.0	1199.2	330.9	+100%	-72%	-45%
Karpfen	1.2	3.3	0	+166%	-100%	-100%	487.9	115.4	0	-76%	-100%	-100%
Kaulbarsch	28.5	2.9	7.4	-90%	+159%	-74%	345.5	40.6	64.8	-88%	+59%	-81%
Laube	4.9	10.5	0.54	+116%	-95%	-89%	22.9	30.1	17.0	+32%	-44%	-26%
Rotauge	19.2	24.1	119.7	+25%	+397%	+524%	402.8	626.6	1809.0	+56%	+189%	+349%
Rotfeder	6.4	2.2	108.3	-66%	+4858%	+1597%	526.7	336.4	4735.5	-36%	+1308%	+799%
Schleie	2.3	9.1	17.9	+292%	+96%	+666%	135.1	233.1	450.8	+73%	+93%	+234%
Sonnenbarsch	0	0	0.42	0%	+Inf	+Inf	0	0	20.3	0%	+Inf	+Inf
Stichling	25.6	21.4	18.5	-16%	-14%	-28%	43.0	22.9	15.8	-47%	-31%	-63%
Trüsche	1.9	0.09	0.05	-95%	-40%	-97%	105.5	15.7	16.7	-85%	+6%	-84%
Wels	0	2.4	2.4	+Inf	0%	+Inf	0	469.8	895.8	+Inf	+91%	+Inf
Zander	0.75	2.5	2.7	+238%	+5%	+255%	40.3	988.9	365.6	+2353%	-63%	+807%

[5] Trotz geringerer Rohfangzahlen des Rotauges im Jahr 2024 (172 Individuen) gegenüber der Rotfeder im Jahr 2014 (228 Individuen) fiel die NPUE des Rotauges höher aus. Dies ist auf Unterschiede in den verwendeten Maschenweiten und den befischten Tiefenzonen zurückzuführen, wodurch Rotaugen im Jahr 2024 effizienter erfasst wurden als Rotfedern im Jahr 2014. Die Rohfangzahlen sind daher zwischen den beiden Untersuchungen nur eingeschränkt direkt vergleichbar

5.4.2 Pelagische Zone: Pelagische CEN-Netze

Der pelagische Lebensraum weist ein deutlich grösseres Volumen auf als die benthischen und litoralen Habitate. Entsprechend haben Veränderungen in diesem Habitat einen starken Einfluss auf die Ergebnisse auf Ebene des gesamten Sees (vgl. Kap. 0).

Sowohl für die Anzahl (Dichte) als auch für die Biomasse der gefangenen Fische ist zwischen 2014 und 2019 eine signifikante Abnahme festzustellen (Abbildung 5-7). Im darauffolgenden Vergleich von 2019 und 2024 kommt es hingegen zu einer deutlichen Erholung, die sowohl für die Dichte als auch für die Biomasse signifikant ausfällt. Über den gesamten Zeitraum betrachtet ergibt sich jedoch weder für die Dichte noch für die Biomasse eine statistisch signifikante Gesamtveränderung.

Auf Ebene der einzelnen Arten zeigt sich ein differenziertes Bild (Abbildung 5-8, Abbildung 5-9). Eine signifikante Zunahme ist insbesondere bei Barsch/Egli und Laube zu beobachten, sowohl in der Anzahl als auch in der Biomasse. Auch Schleie zeigt eine signifikante Zunahme der Dichte. Für weitere Arten wie Rotauge und Zander sind zwar deutliche Zunahmen erkennbar, diese sind jedoch nicht statistisch signifikant.

Demgegenüber weisen Felchen und Stichling sowohl in der Dichte als auch in der Biomasse signifikante Rückgänge auf. Der Kaulbarsch wurde 2024, wie auch bereits 2019, im Freiwasser nicht nachgewiesen. Die Abnahme ist jedoch statistisch nicht signifikant, da der Nachweis auch in früheren Jahren nicht in vielen Netzen gelang.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass sich die pelagische Fischgemeinschaft zwischen den Untersuchungsjahren deutlich verändert hat. Diese Veränderungen werden von wenigen Arten geprägt, während sich über alle Arten hinweg keine statistisch signifikante Veränderung gab.

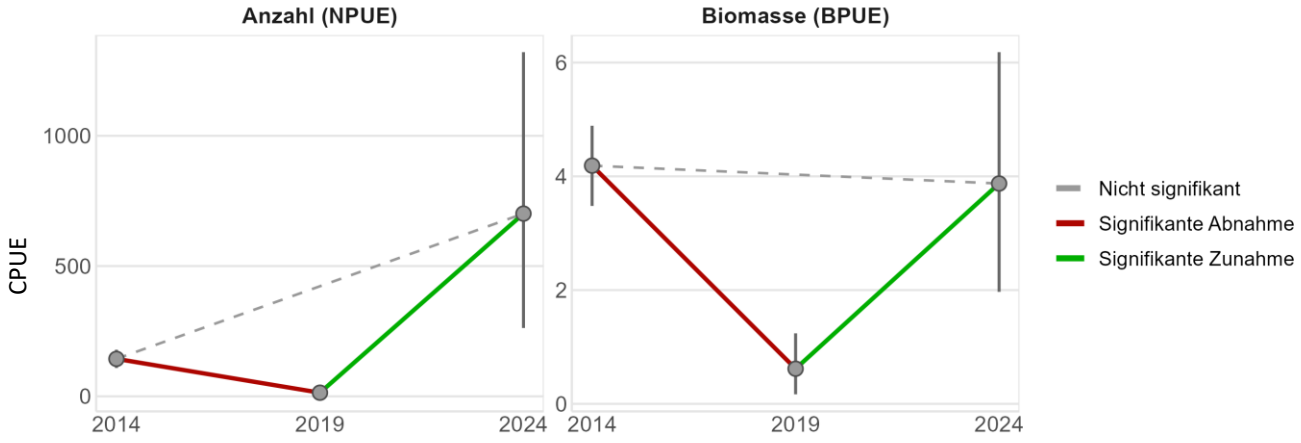


Abbildung 5-7. Fang pro Aufwandseinheit im Pelagial des Bodensee-Untersees für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz und Befischungsnacht angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm.

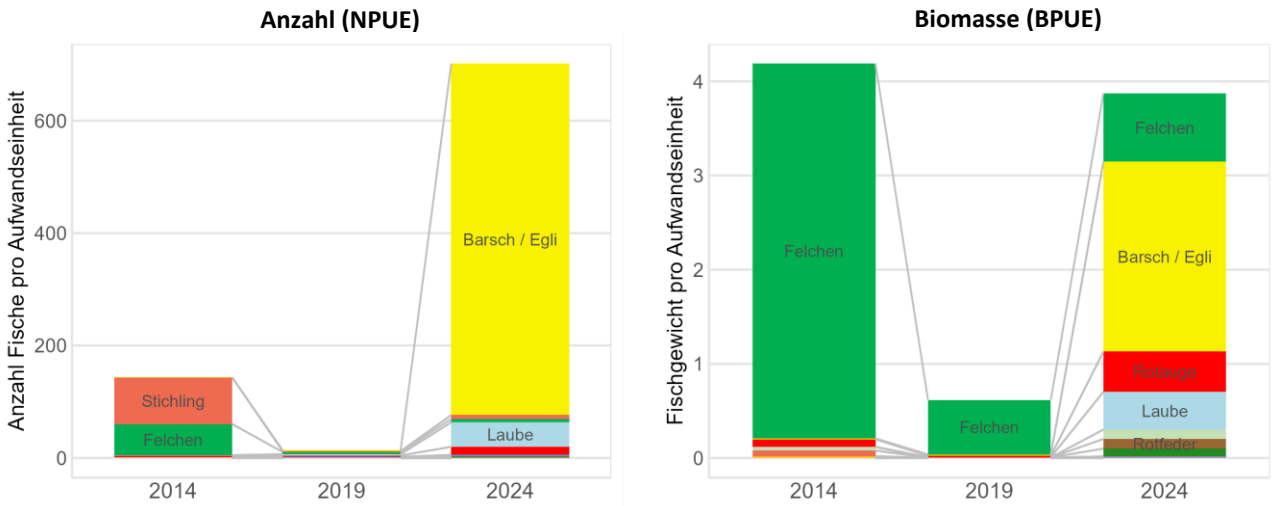


Abbildung 5-8. Artenzusammensetzung des Fangs pro Aufwandseinheit im Pelagial des Bodensee-Untersees für die Befischungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben; BPUE-Wert in Kilogramm. Graue Linien verbinden die Anteile derselben Art zwischen den Jahren.

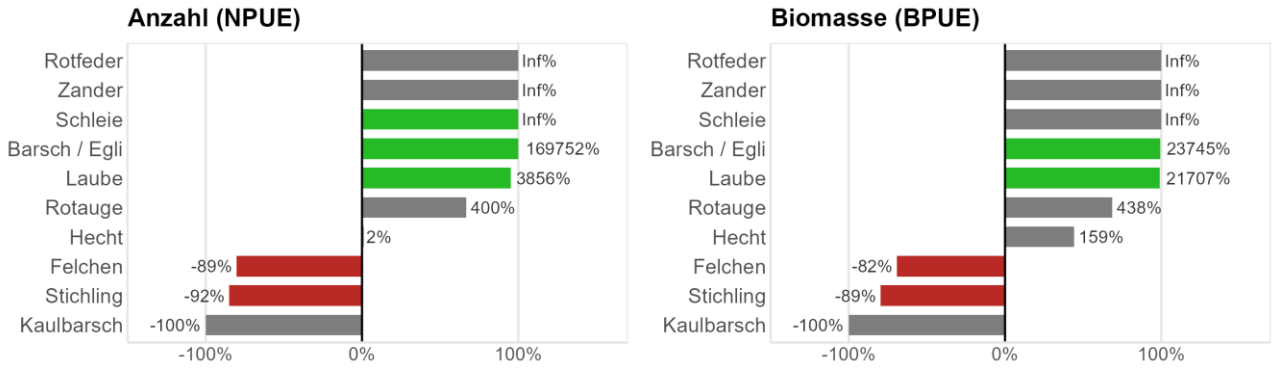


Abbildung 5-9. Artspezifische Veränderungen des Fangs von pelagischen CEN-Netzen pro Aufwandseinheit im Untersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Farbige Balken zeigen eine statistisch signifikante Veränderung an.

Tabelle 5-5. Zusammenfassung der artspezifischen Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit in der Freiwasserzone des Untersees zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Die Fänge wurden mittels pelagischen CEN-Netzen erhoben. +Inf bei der Veränderung entsteht dann, wenn eine Art 2014 nicht nachgewiesen wurde, im Jahr 2024 aber schon. Dann kann keine prozentuale Veränderung berechnet werden.

	NPUE			Veränderung		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	159.805	15.478	779.251	-90%	4935%	388%
Barsch / Egli	0.409	1.938	694.359	374%	35723%	169752%
Felchen	61.561	4.283	6.716	-93%	57%	-89%
Hecht	0.409	0.000	0.417	-100%	+Inf	2%
Kaulbarsch	0.818	0.000	0.000	-100%	0%	-100%
Laube	1.226	2.660	48.518	117%	1724%	3856%
Rotauge	3.192	2.660	15.975	-17%	500%	400%
Rotfeder	0.000	0.000	1.948	0%	+Inf	+Inf
Schleie	0.000	2.224	2.280	+Inf	3%	+Inf
Stichling	92.191	1.712	7.517	-98%	339%	-92%
Zander	0.000	0.000	1.520	0%	+Inf	+Inf
	BPUE			**Veränderung**		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	4653.25	685.67	4303.84	-85%	528%	-8%
Barsch / Egli	9.402	16.576	2241.981	76%	13425%	23745%
Felchen	4423.248	643.999	806.201	-85%	25%	-82%
Hecht	42.516	0.000	110.131	-100%	+Inf	159%
Kaulbarsch	21.258	0.000	0.000	-100%	+Inf	-100%
Laube	2.044	3.458	445.743	69%	12789%	21707%
Rotauge	88.242	15.297	474.436	-83%	3002%	438%
Rotfeder	0.000	0.000	113.748	0%	+Inf	+Inf
Schleie	0.000	3.954	11.858	+Inf	200%	+Inf
Stichling	66.538	2.389	7.508	-96%	214%	-89%
Zander	0.000	0.000	92.238	0%	+Inf	+Inf

5.4.3 Uferzone: Elektrische Befischungen

Dieselben Analysen können auch für die Daten aus elektrischen Befischungen vorgenommen werden. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass im Vergleich der Jahre auch für den Untersee methodische Anpassungen erfolgt sind, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse einschränkt (vgl. Kap. 4.4.3). Die nachfolgenden Resultate werden daher der Vollständigkeit halber dargestellt und sind mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren.

Über alle Fischarten betrachtet zeigen die Ergebnisse der elektrischen Befischungen zwischen 2014, 2019 und 2024 keine statistisch signifikanten Veränderungen, weder in der Anzahl (Dichte) noch in der Biomasse der gefangenen Fische (Abbildung 5-10). Sowohl Dichte als auch Biomasse weisen eine hohe Variabilität zwischen den Jahren auf, mit zwischenzeitlichen Zunahmen und Abnahmen, jedoch ohne statistisch abgesicherte Trends über den gesamten Zeitraum.

Auf Ebene der einzelnen Arten (Abbildung 5-11) zeigt sich ein heterogenes Bild mit teils gegenläufigen Entwicklungen. Für mehrere Arten sind statistisch signifikante Zunahmen der Dichte erkennbar, darunter insbesondere Barbe, Hecht und Rotfeder. Demgegenüber zeigt der Stichling eine statistisch signifikante rückläufige Entwicklung der Dichte. Ähnliche Muster sind auch bei der Biomasse erkennbar.

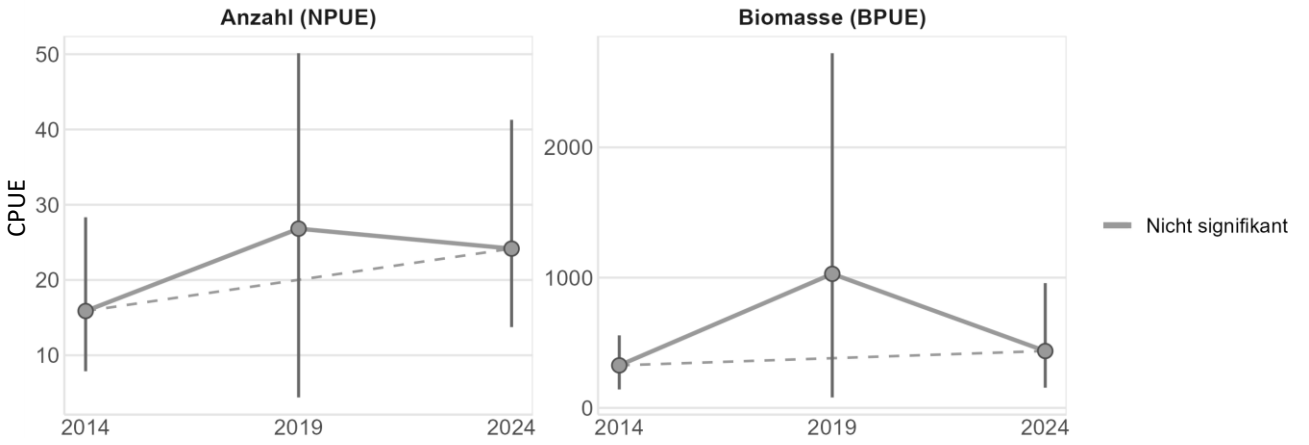


Abbildung 5-10. Fang pro Aufwandseinheit im am Ufer des Bodensee-Untersee für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von elektrischen Uferbefischungen berechnet. Der Aufwand wird pro 100 m² befischte Fläche standardisiert. Der BPUE-Wert wird in Gramm angegeben.

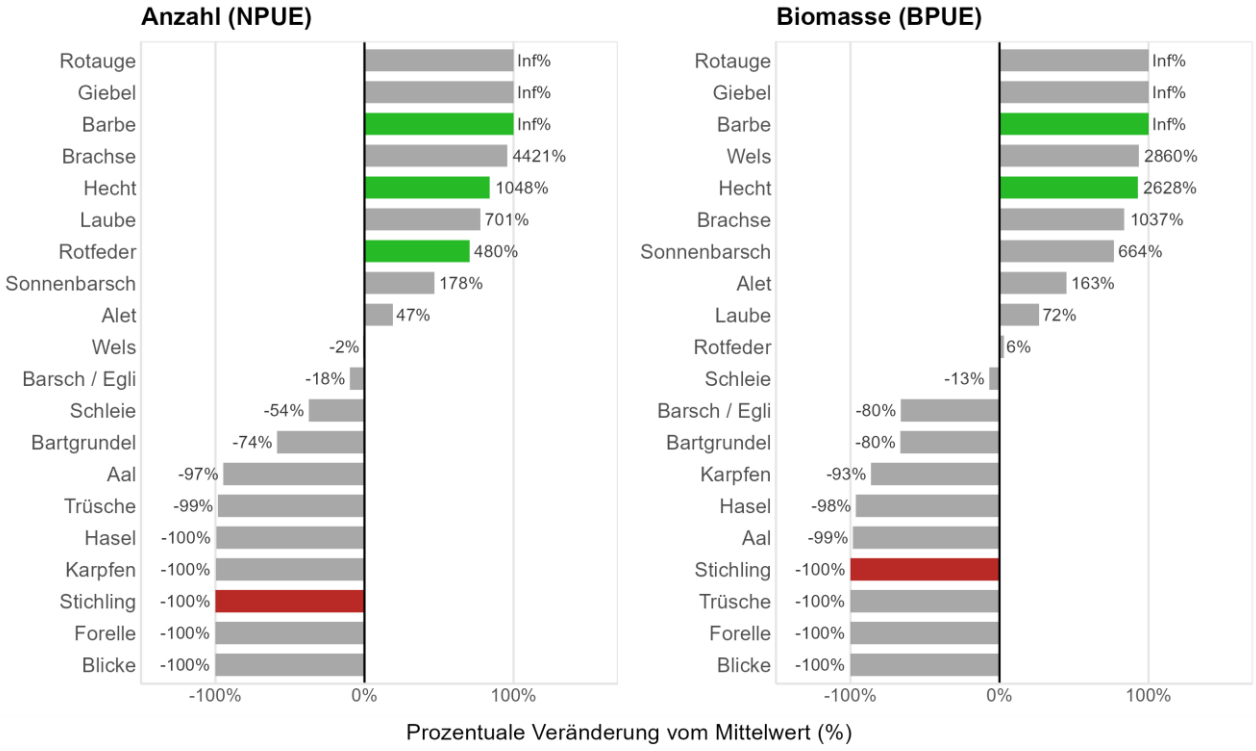


Abbildung 5-11. Artspezifische Veränderungen des Fangs von elektrischen Uferberfischungen pro Aufwandseinheit im Untersee zwischen den Befischungen von 2014 und 2024. Farbige Balken zeigen eine statistisch signifikante Veränderung an.

Tabelle 5-6. Zusammenfassung der artspezifischen Veränderungen des Fangs pro Aufwandseinheit am Ufer des Untersees zwischen den Befischungen in 2014, 2019 und 2024. Die Fänge wurden mittels Elektrobefischung entlang der Uferzone erhoben (Fangmenge pro 100 m²; Biomasse (BPUE) in Gramm angegeben). +Inf bei der Veränderung entsteht dann, wenn eine Art 2014 nicht nachgewiesen wurde, im Jahr 2024 aber schon. Dann kann keine prozentuale Veränderung berechnet werden.

	NPUE			Veränderung			BPUE			Veränderung		
Art	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024	2014	2019	2024	2014-2019	2019-2024	2014-2024
Gesamt alle Arten	15.9	26.8	24.2	+69%	-10%	+52%	326.5	1028.9	436.8	+215%	-58%	+34%
Aal	0.07	0.17	0.002	+127%	-99%	-97%	16.0	86.6	0.12	+441%	-100%	-99%
Alet	2.9	0.06	4.3	-98%	+6615%	+47%	54.7	21.0	143.9	-62%	+586%	+163%
Barbe	0	0.28	0.21	**+Inf**	-26%	**+Inf**	0	10.3	16.4	+Inf	+58%	**+Inf**
Barsch / Egli	2.9	0.17	2.4	-94%	**+1357%**	-18%	62.3	1.6	12.6	**-97%**	**+675%**	-80%
Bartgrundel	2.7	0.89	0.71	-67%	-20%	-74%	7.8	1.4	1.6	-82%	+9%	-80%
Blicke	0.83	0	0	-100%	0%	-100%	5.5	0	0	-100%	0%	-100%
Brachse	0.06	9.3	2.9	+14382%	-69%	+4421%	0.43	13.5	4.9	+3049%	-64%	+1037%
Forelle	0.02	0	0	-100%	0%	-100%	2.3	0	0	-100%	0%	-100%
Giebel	0	0.18	0.001	+Inf	-99%	+Inf	0	7.6	0.0003	+Inf	-100%	+Inf
Hasel	0.89	0.68	0.003	-23%	-100%	-100%	2.2	1.2	0.04	-44%	**-97%**	-98%
Hecht	0.03	0.08	0.30	**+218%**	**+261%**	**+1048%**	1.9	48.9	51.4	+2496%	+5%	**+2628%**
Karpfen	0.50	0.14	0.0007	-72%	-100%	-100%	50.7	750.7	3.7	+1381%	-100%	-93%
Laube	0.26	7.0	2.1	+2651%	-71%	+701%	0.75	6.3	1.3	+734%	-79%	+72%
Rotauge	0	6.6	0.11	+Inf	-98%	+Inf	0	2.0	0.44	+Inf	-78%	+Inf
Rotfeder	1.7	0	9.9	-100%	**+Inf**	**+480%**	53.5	0	56.7	-100%	+Inf	+6%
Schleie	1.3	1.2	0.58	-7%	-51%	-54%	15.7	17.5	13.7	+11%	-22%	-13%
Sonnenbarsch	0.13	0	0.36	-100%	+Inf	+178%	1.1	0	8.7	-100%	+Inf	+664%
Stichling	1.0	0	0.0007	-100%	**+Inf**	**-100%**	0.27	0	0.0002	-100%	**+Inf**	**-100%**
Trüsche	0.15	0	0.001	-100%	**+Inf**	-99%	47.3	0	0.01	-100%	**+Inf**	-100%
Wels	0.35	0.11	0.35	-70%	+224%	-2%	4.1	60.2	121.3	+1368%	+102%	+2860%

5.4.4 Tiefenverteilung CEN-Netze

Die höchste Fischdichte über alle Arten hinweg wird in den benthischen Netzen in geringen Tiefen beobachtet, insbesondere im Bereich zwischen 0 und 20 m. Fische wurden jedoch über den gesamten untersuchten Tiefengradienten hinweg nachgewiesen (Abbildung 5-12). In den pelagischen Vertikalnetzen konzentrieren sich die Fänge ebenfalls auf den oberen Bereich der Wassersäule. Dieses Muster zeigt sich über alle drei Untersuchungsjahre (2014, 2019 und 2024) hinweg in vergleichbarer Weise. In den beiden späteren Kampagnen fällt auf, dass die gefangene Fischdichte in Tiefen von mehr als 20 m deutlich zurück gegangen sind (vgl. Kap. 11.7.2).

Felchen

Felchen wurden sowohl in benthischen als auch in pelagischen Netzen nachgewiesen (Abbildung 5-14). In den benthischen Netzen konzentrieren sich die Fänge auf die tiefsten Bereiche des Sees (>20 m), während sie in den pelagischen Netzen entlang der gesamten Tiefe des Untersees auftreten, wobei der tiefste Bereich >35 m in den beiden letzten Kampagne eher gemieden wurde. Die Tiefenverteilung ist über die drei Untersuchungsjahre hinweg insgesamt vergleichbar, die Anzahl nachgewiesener Felchen hat jedoch in allen Tiefen deutlich abgenommen.

Barsch

Barsche wurden in den benthischen Netzen überwiegend in oberflächennahen Bereichen zwischen 0 und 20 m gefangen (Abbildung 5-15). In den pelagischen Netzen traten Barsche in den Jahren 2014 und 2019 nur vereinzelt auf, während sie 2024 deutlich häufiger nachgewiesen wurden. Die pelagischen Fänge konzentrierten sich dabei vor allem auf die oberen Wasserschichten.

Stichling

Stichlinge wurden hauptsächlich im Pelagial nachgewiesen, wobei sich die Fänge eher auf die Wasserschichten unterhalb von 12 m konzentrieren, auch wenn sie in der gesamten Wassersäule nachgewiesen wurden (Abbildung 5-16). In den benthischen Netzen ist die Tiefenverteilung ähnlich. Sie wurden 2003 allerdings nicht in geringen Tiefen gefangen.

Alle artspezifischen Darstellungen zur Tiefenverteilung sind im Anhang aufgeführt (vgl. Kap. 11.7.2). Ergänzend lassen sich folgende Muster feststellen:

- Alet, Schmerle, Brachse, Gründling und Rotfeder wurden überwiegend in sehr geringen Tiefen (0–3 m) gefangen.
- Lauben traten hauptsächlich oberflächennah auf, einzelne Fänge gelangen auch tiefer.
- Hecht, Rotauge und Schleie zeigen eine breitere Tiefenverteilung mit Schwerpunkten im Bereich von 0 bis 20 m.
- Kaulbarsche weisen eine breite Tiefenverteilung auf und wurden in Grundnähe über einen grösseren Tiefenbereich hinweg gefangen. Sie konnten 2019 und 2024 in Tiefen >20 m jedoch in benthischen Netzen nicht mehr nachgewiesen werden.
- Trüschen wurden eher in den tiefen Bereichen des Untersees nachgewiesen

Alle Arten

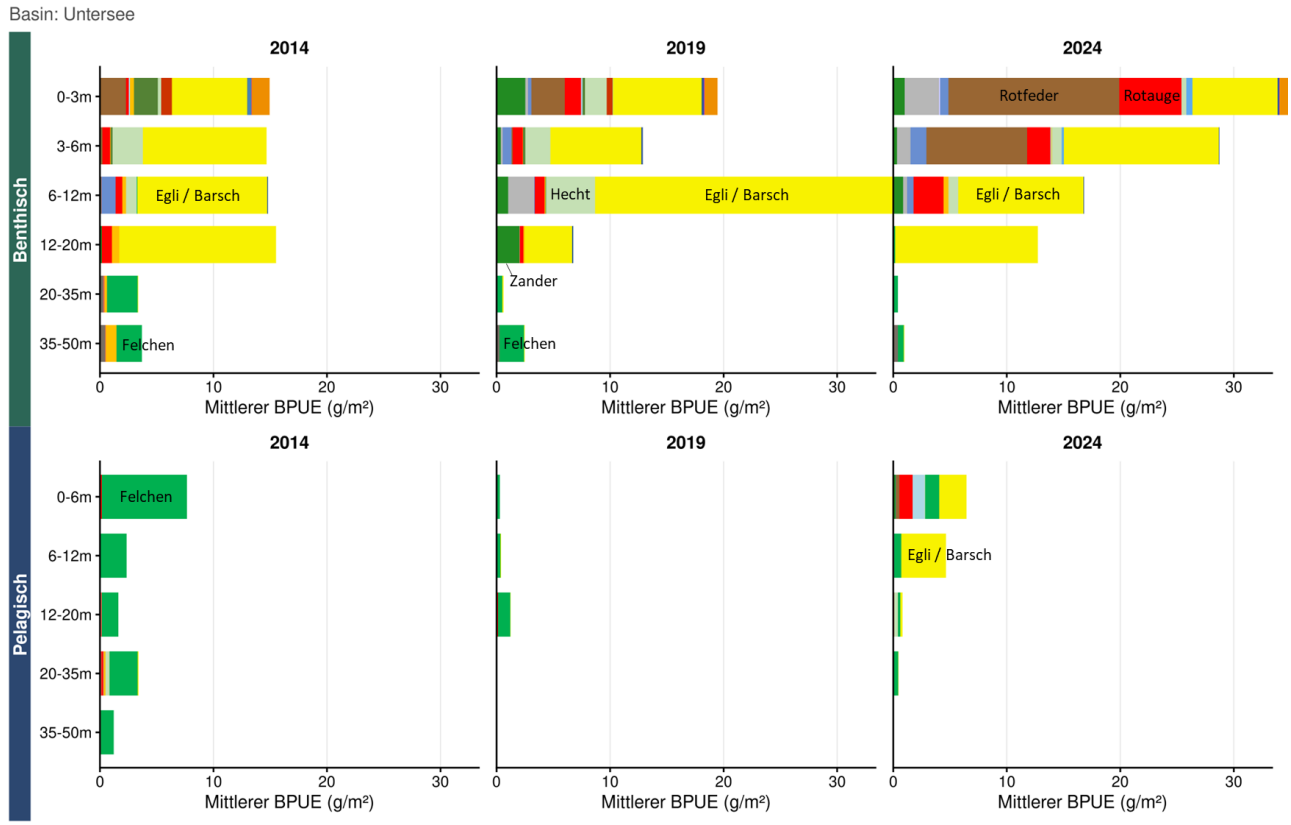


Abbildung 5-12. Mittlere Biomasse der gefangenen Fische pro Tiefenstufe, getrennt nach benthischem (oben) und pelagischem (unten) Habitat. Angegeben ist der Fang pro m² Netzfläche und Nacht (BPUE).

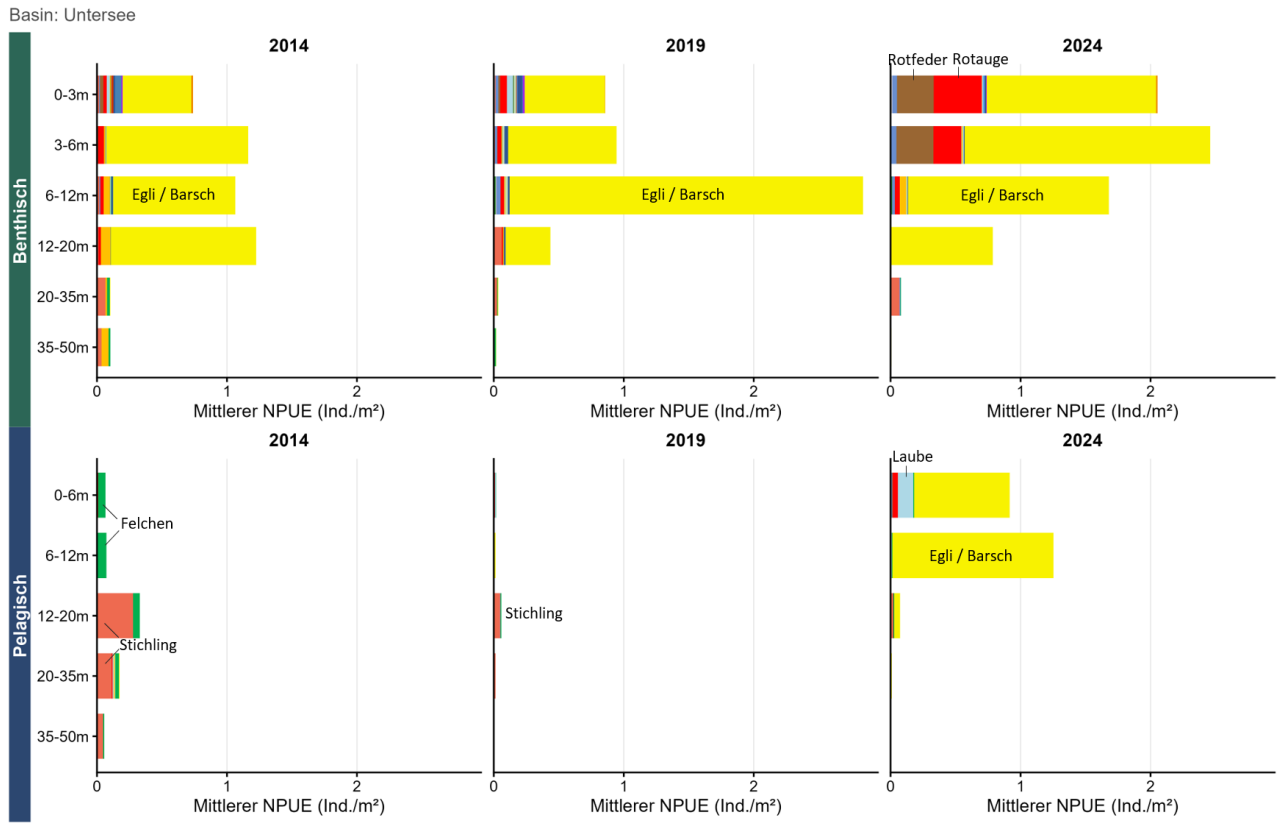


Abbildung 5-13. Mittlere Anzahl der gefangenen Fische pro Tiefenstufe, getrennt nach benthischem (oben) und pelagischem (unten) Habitat. Angegeben ist der Fang pro m² Netzfläche und Nacht (NPUE).

Felchen

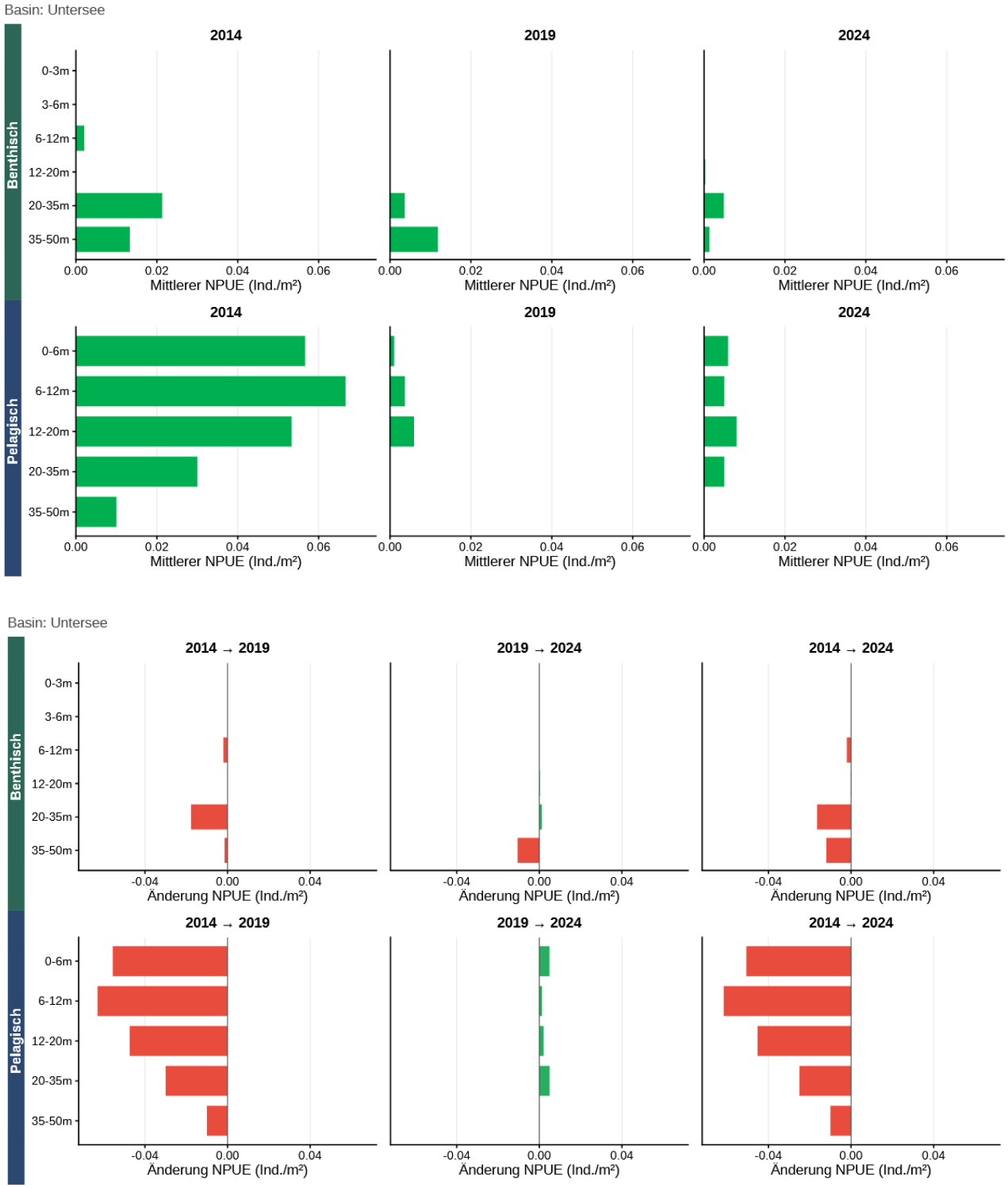


Abbildung 5-14. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Felchen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Barsch

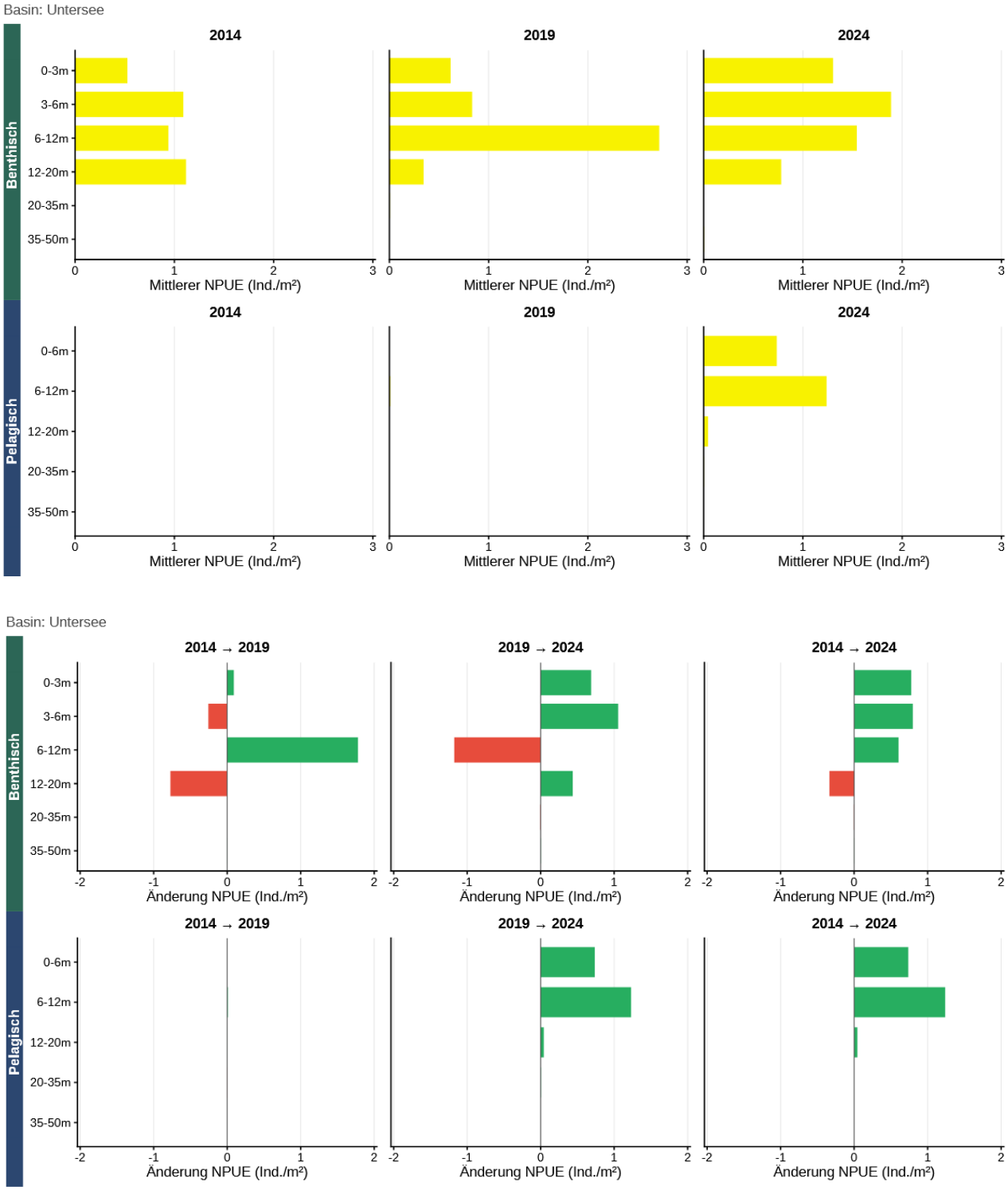


Abbildung 5-15. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Barsche, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Stichling

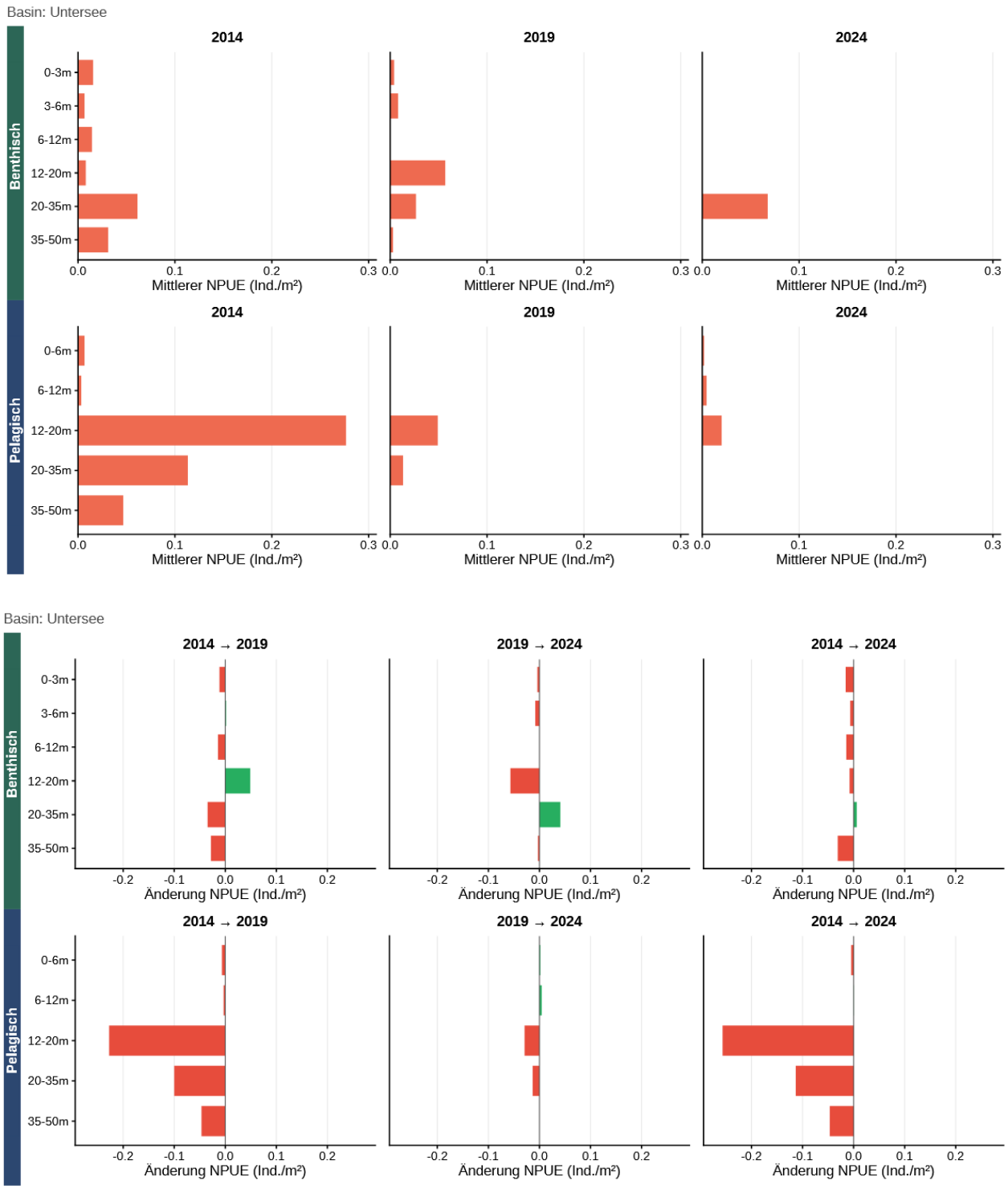


Abbildung 5-16. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Stichlinge, dargestellt für verschiedene Tiefen.

5.4.5 Geografische Verteilung

Die geografische Verteilung der Fänge gibt auch am Untersee einen Überblick darüber, wie die Fische zum Zeitpunkt der Befischungen im See verteilt waren. Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren sollten jedoch auch für diesen Seeteil vorsichtig interpretiert werden, da viele Fischarten eine hohe Mobilität aufweisen und ihre räumliche Verteilung unter anderem von Nahrungsverfügbarkeit, Temperatur oder hydrologischen Bedingungen beeinflusst wird. Zudem unterscheidet sich der Befischungsaufwand zwischen den Jahren, was sich ebenfalls auf die beobachteten Muster auswirken kann.

Insgesamt zeigen die Darstellungen, dass die Fischfauna im Untersee räumlich breit verteilt ist und keine ausgeprägten grossräumigen Verbreitungslücken aufweist (Abbildung 5-17).

Nachfolgend werden einige auffällige Muster einzelner Fischarten dokumentiert. Die Verbreitungskarten weiterer Arten können im Anhang (vgl. Kap. 11.8) eingesehen werden.

Felchen

Felchen wurden 2014 mit Ausnahme der flachsten Seeteile im Osten im gesamten See nachgewiesen und waren im pelagischen und im tiefen benthischen Lebensraum häufig (Abbildung 5-18). Zwischen den Jahren2014 und 2019 ist der klare Rückgang zu erkennen, wobei sich dieser im gesamten See zeigt. Felchen werden aber nach wie vor in verschiedenen Seeteilen festgestellt.

Barsch

Barsche wurden ebenfalls im gesamten See nachgewiesen, mit einer Häufung in Ufernähe (Abbildung 5-19). Dies entspricht ihrer typischen Nutzung des Litorals. Im Vergleich der Jahre ist 2024 auch im Untersee die stärkere Nutzung des Freiwassers zu erkennen, was sich in vermehrten pelagischen Nachweisen widerspiegelt. Insgesamt bleibt die Art jedoch im gesamten See weit verbreitet.

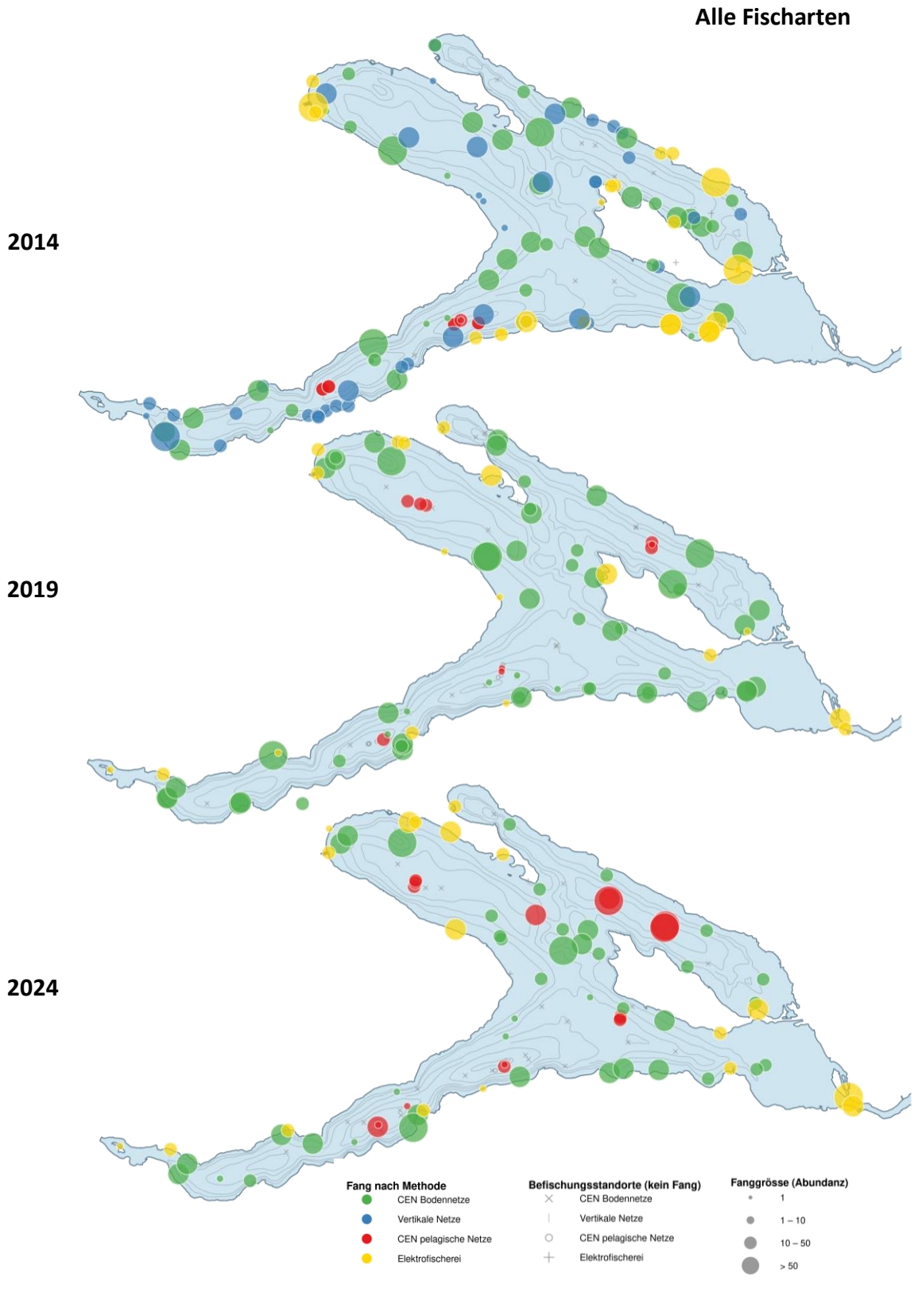


Abbildung 5-17. Geografische Verteilung aller im Bodensee-Untersee gefangener Fische (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

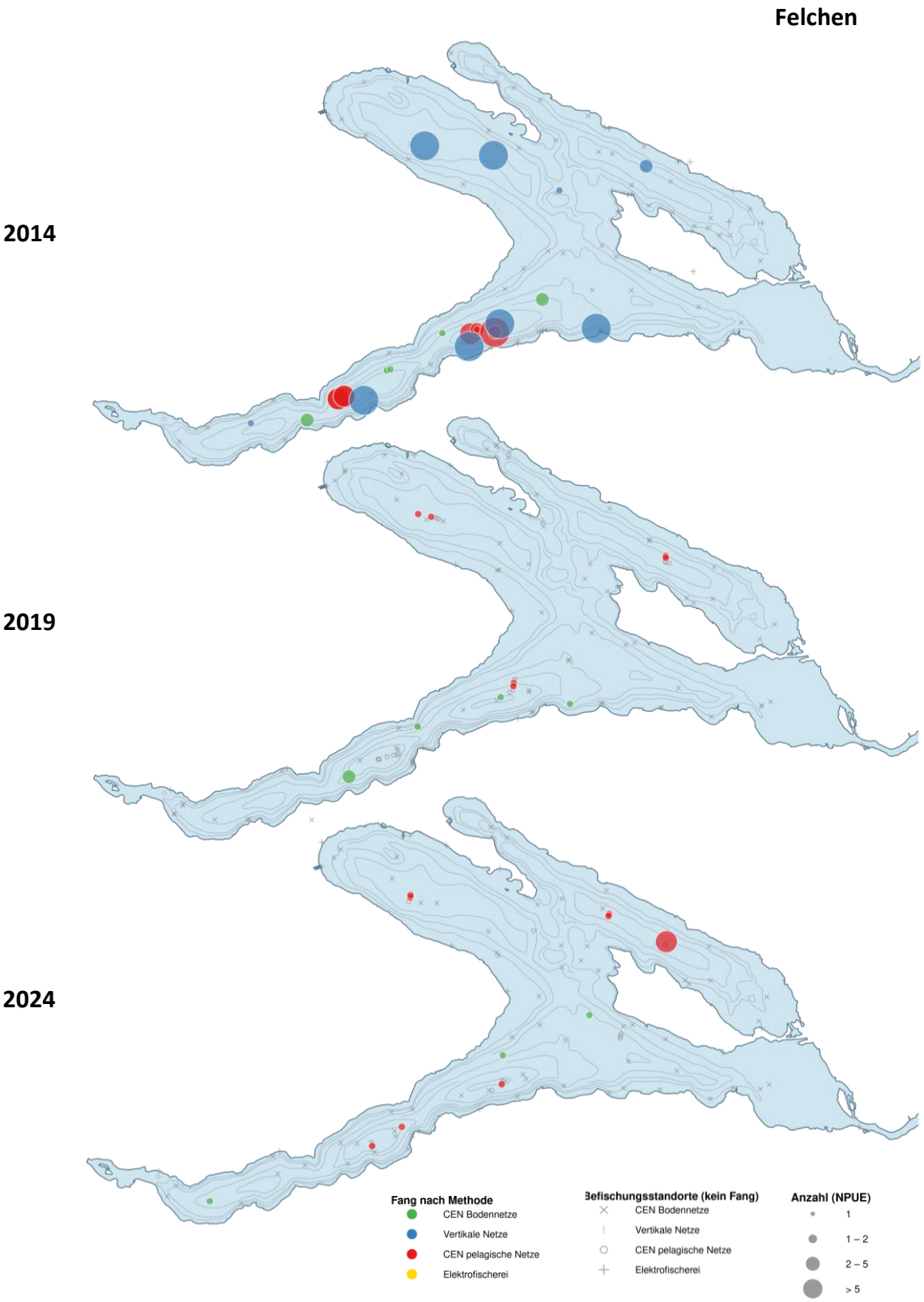


Abbildung 5-18. Geografische Verteilung der im Bodensee-Untersee gefangenen Felchen (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

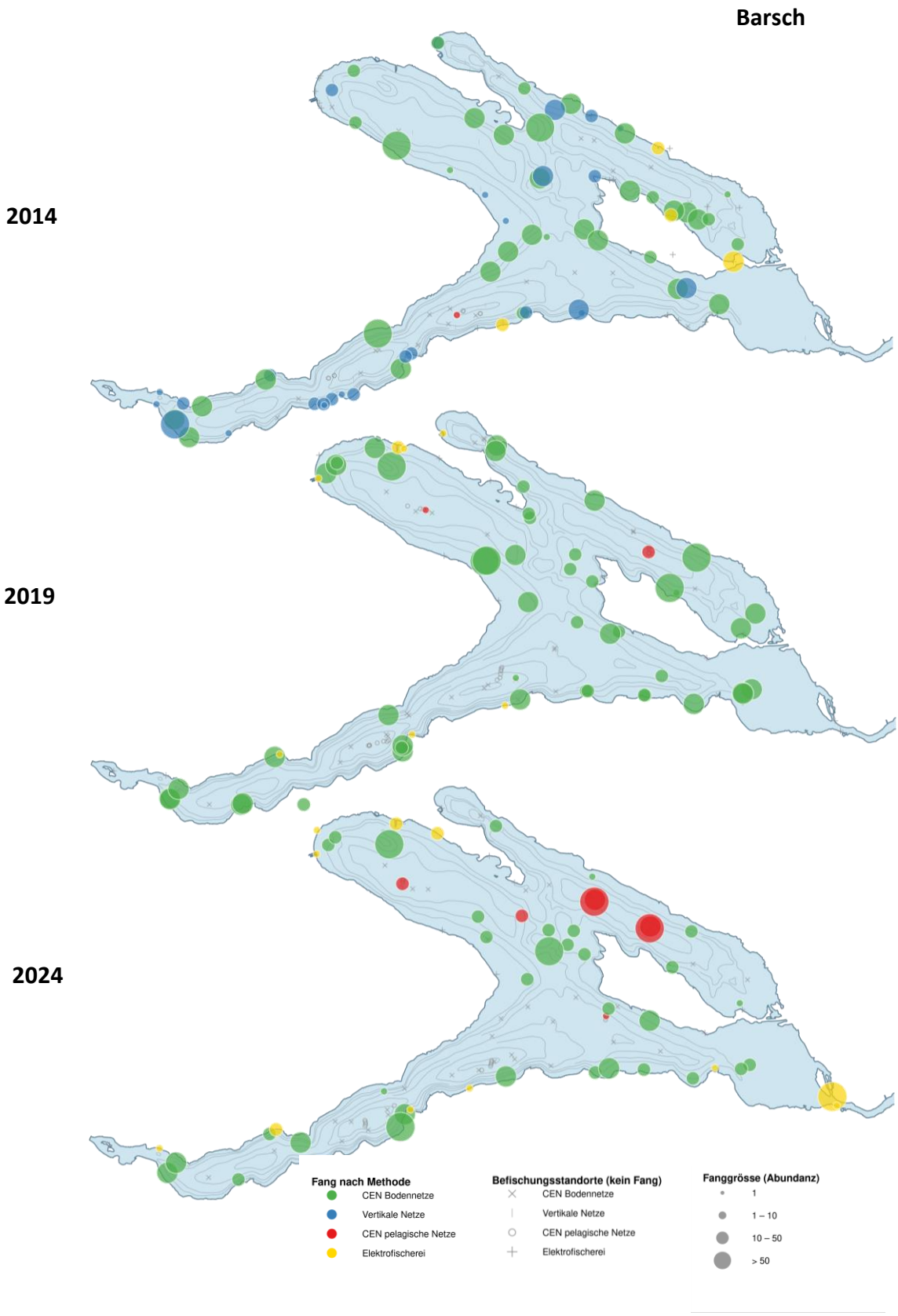


Abbildung 5-19. Geografische Verteilung der im Bodensee-Untersee gefangenen Barsche (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

5.5 Längenverteilung

Die Analyse der Längenverteilungen erlaubt eine Beurteilung der Populationsstruktur ausgewählter Fischarten. Im Folgenden werden die wichtigsten Muster für die dominierenden Arten dargestellt.

Felchen

Die Längenverteilung der Felchen zeigt insbesondere den Dichterückgang zwischen den Jahren (Abbildung 5-20). Ansonsten sind wurden in allen untersuchten Jahren sowohl juvenile Felchen als auch adulte Felchen gefangen. Zu beachten ist hier zudem, dass die Fänge sehr wahrscheinlich drei verschiedene Felchenarten beinhalten.

Felchen

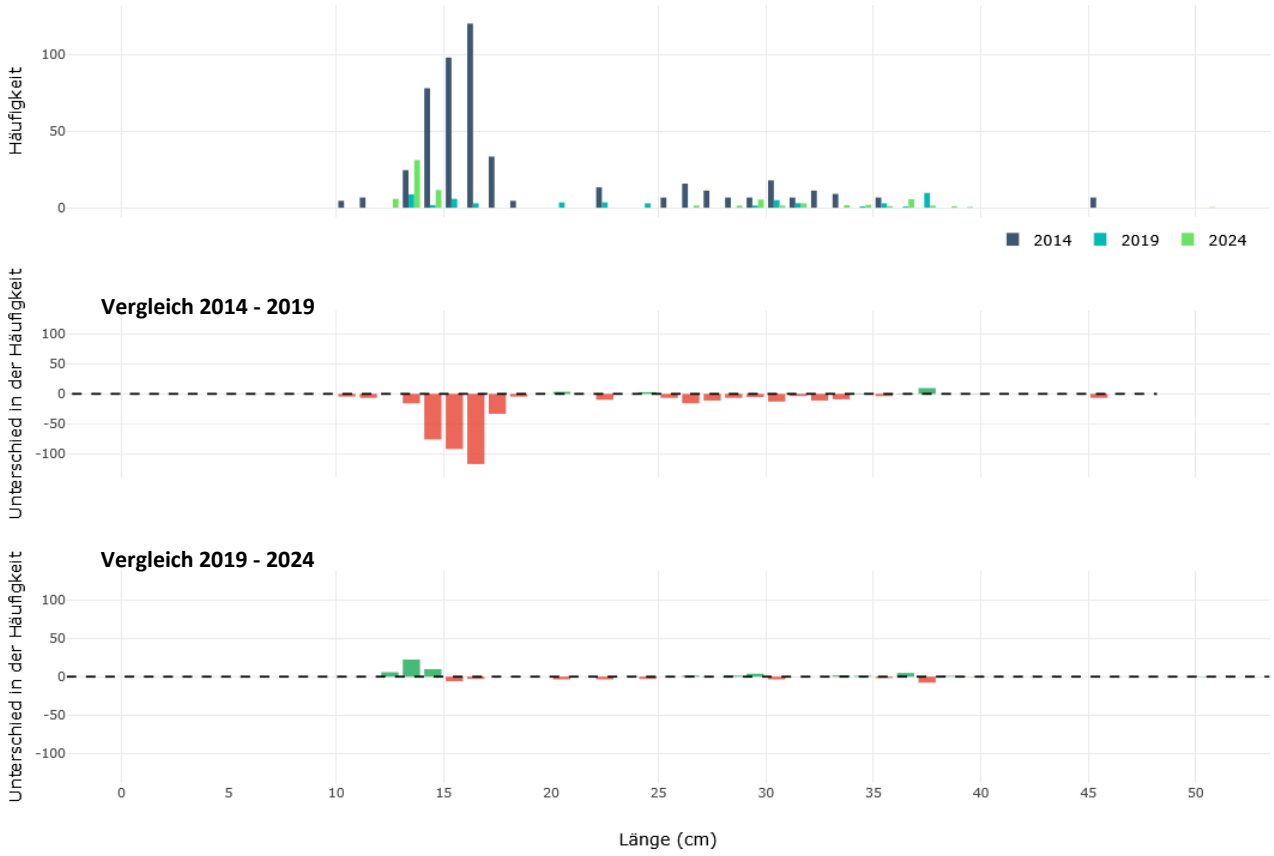


Abbildung 5-20. Längenverteilung der Felchen (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Barsch

Die Längenzusammensetzung des Barschbestands zeigt in allen drei Jahren eine insgesamt ausgewogene Struktur mit einer hohen Dichte sowohl juveniler als auch adulter Individuen (Abbildung 5-21). Besonders hoch ist die Dichte von kleinen Barschen <10 cm. Dies spricht für eine grundsätzlich stabile Population mit funktionierender Reproduktion. Zwischen den Jahren sind jedoch Unterschiede erkennbar. Im Jahr 2024 wurden viele sehr kleine Barsche gefangen (<8 cm), wobei der Grossteil dieser Fänge aus den pelagischen Netzen stammte.

Barsch



Abbildung 5-21. Längenverteilung der Barsche (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Rotauge

Die Längenverteilung der Rotaugen zeigt ebenfalls eine breite Grössenspanne mit Vorkommen von juvenilen bis hin zu adulten Individuen (Abbildung 5-22). In allen Jahren ist eine kontinuierliche Grössenverteilung erkennbar, was auf eine regelmässige Rekrutierung hindeutet. Im Vergleich der Jahre fällt auf, dass 2024 deutlich mehr kleine und mittelgrosse Rotaugen gefangen wurden.

Weitere Arten

Die artspezifischen Darstellungen im Anhang (vgl. Kap. 11.9.1) zeigen, dass die beobachteten Muster je nach Art stark variieren können.

Rotaugen

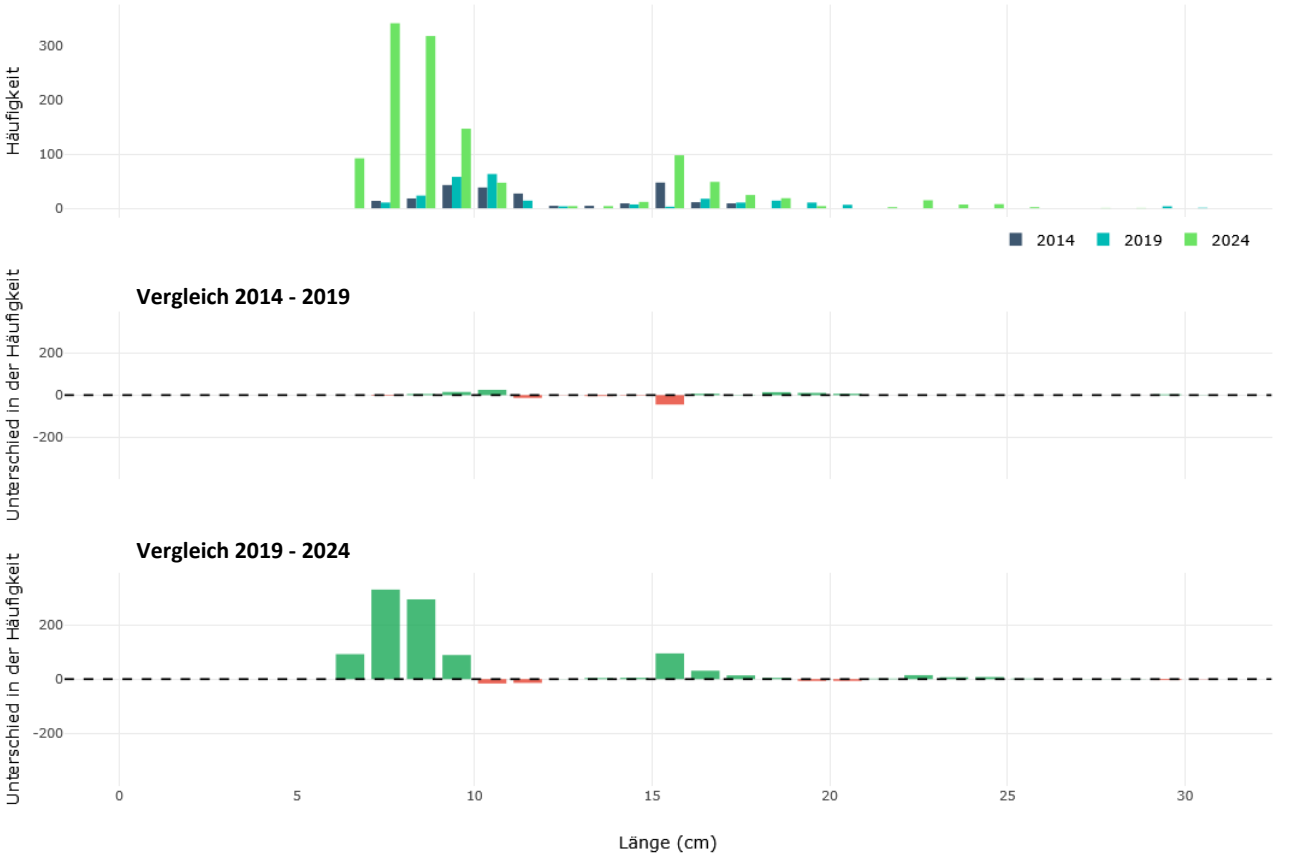


Abbildung 5-22. Längenverteilung der Rotaugen (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

5.6 Körperkondition der Fische

Auch für den Bodensee-Untersees zeigt die Analyse des Fulton-Konditionsfaktors (K) Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren 2014, 2019 und 2024 (Abbildung 5-23).

Bei Rotaugen und Barschen zeigt sich ein sehr ähnliches Muster wie schon im Obersee. Auffallend ist insbesondere, dass der Konditionsfaktor 2019 deutlich und meist signifikant tiefer lag als 2014 und 2024. Zwischen 2014 und 2024 unterschieden sich die Konditionsfaktoren dagegen nur geringfügig, wobei 2024 teilweise leicht höhere Werte erreicht wurden. Damit konnten 2019 nicht nur weniger Fische im See festgestellt werden, sondern die vorhandenen Individuen wiesen gleichzeitig auch eine deutlich schlechtere Kondition auf als in den übrigen Untersuchungsjahren.

Bei den Felchen hängt das Muster von der Grössenklasse ab. Kleine Felchen (10–19.9 cm) folgen demselben Muster wie Rotaugen und Barsche: Der Konditionsfaktor lag 2019 signifikant tiefer als 2014 und erholte sich bis 2024 wieder signifikant. Bei den grossen Felchen (30–39.9 cm) bestanden zwischen 2014 und 2019 dagegen keine signifikanten Unterschiede; 2024 lagen die Werte jedoch signifikant höher als 2019.

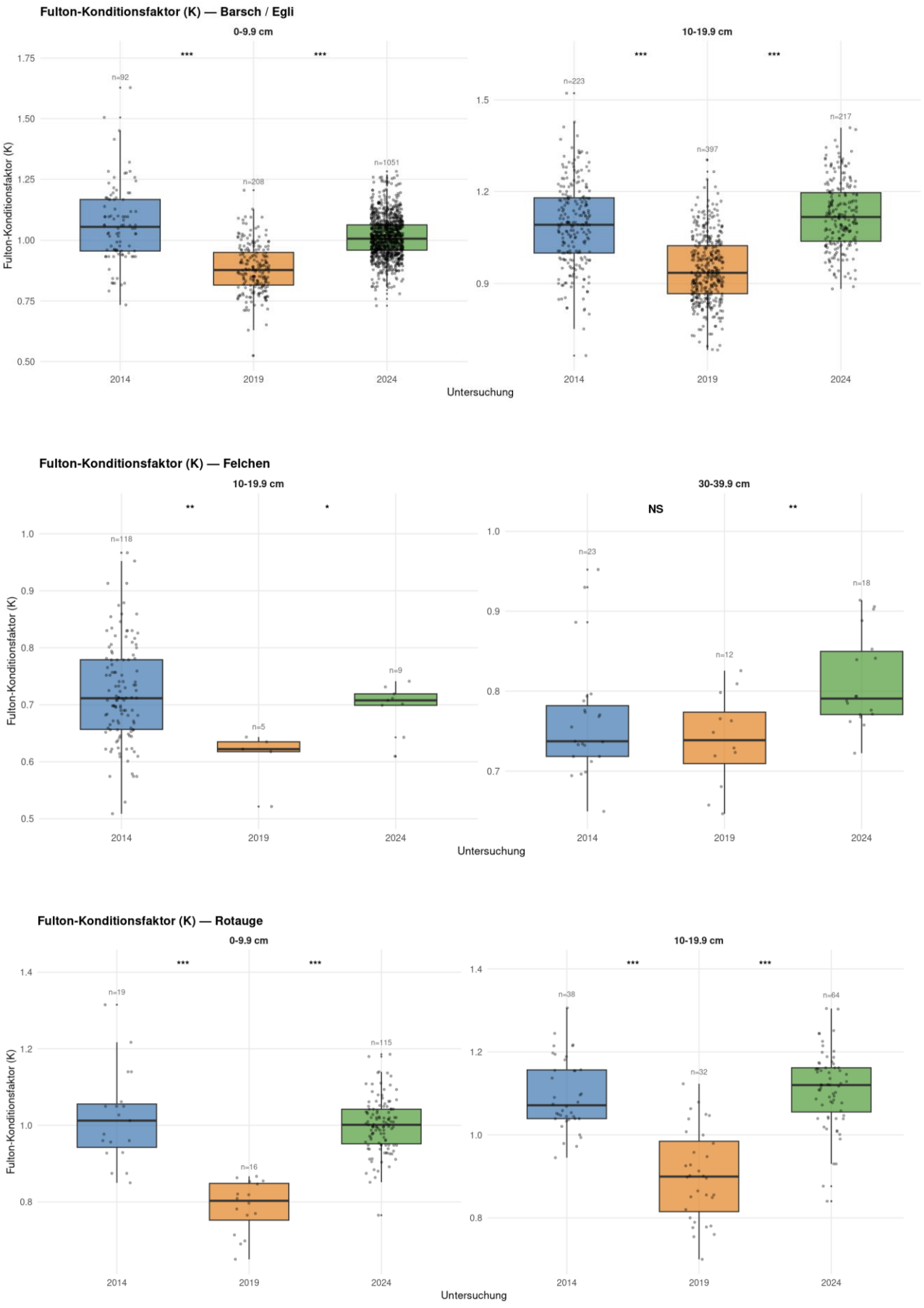


Abbildung 5-23. Vergleich des Konditionsindexes für Barsche, Felchen und Rotaugen im Untersee zwischen 2014, 2019 und 2024 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, NS = nicht signifikant).

5.7 Veränderung fangbarer Fischbestand

Auch für den Untersee wurden in den Analysen nur Fischlängen berücksichtigt, die für die Fischerei direkt relevant sind. Abbildung 5-24 zeigt die Entwicklung des fangbaren Fischbestands für zwei besonders wichtige Arten, den Felchen (>30 cm) und den Barsch (>15 cm). Die gewählten Grössenklassen entsprechen ungefähr den für die Fischerei nutzbaren Grössen und bilden somit gezielt den wirtschaftlich relevanten Anteil der Bestände ab.

Für die Felchen mit einer Grösse von über 30 cm zeigt sich über die beiden betrachteten Lebensräume hinweg ein deutlicher Rückgang des fangbaren Bestands. Sowohl im Gesamtsee als auch im Pelagial nahm die CPUE zwischen 2014 und 2019 signifikant ab. Zwischen 2019 und 2024 blieb sie anschliessend auf tiefem Niveau weitgehend stabil. Dieser Trend entspricht, dem bereits für den Gesamtbestand beobachteten Rückgang und zeigt, dass insbesondere auch der für die Fischerei relevante Anteil grösserer Individuen deutlich abgenommen hat. Im Benthal lagen die CPUE-Werte insgesamt deutlich tiefer und nahmen über den gesamten Zeitraum leicht ab, jedoch ohne signifikanten Trend.

Im Gegensatz dazu zeigen die Ergebnisse für den Barsch keine vergleichbare Entwicklung. Im Gesamtsee blieb die CPUE über den gesamten Zeitraum weitgehend konstant beziehungsweise nahm leicht zu. Im Pelagial wurden keine Barsche >15 cm nachgewiesen. Im Benthal lagen die CPUE-Werte deutlich höher als in den übrigen Lebensräumen und nahmen von 2014 bis 2024 leicht zu, wobei auch dieser Trend nicht signifikant war.

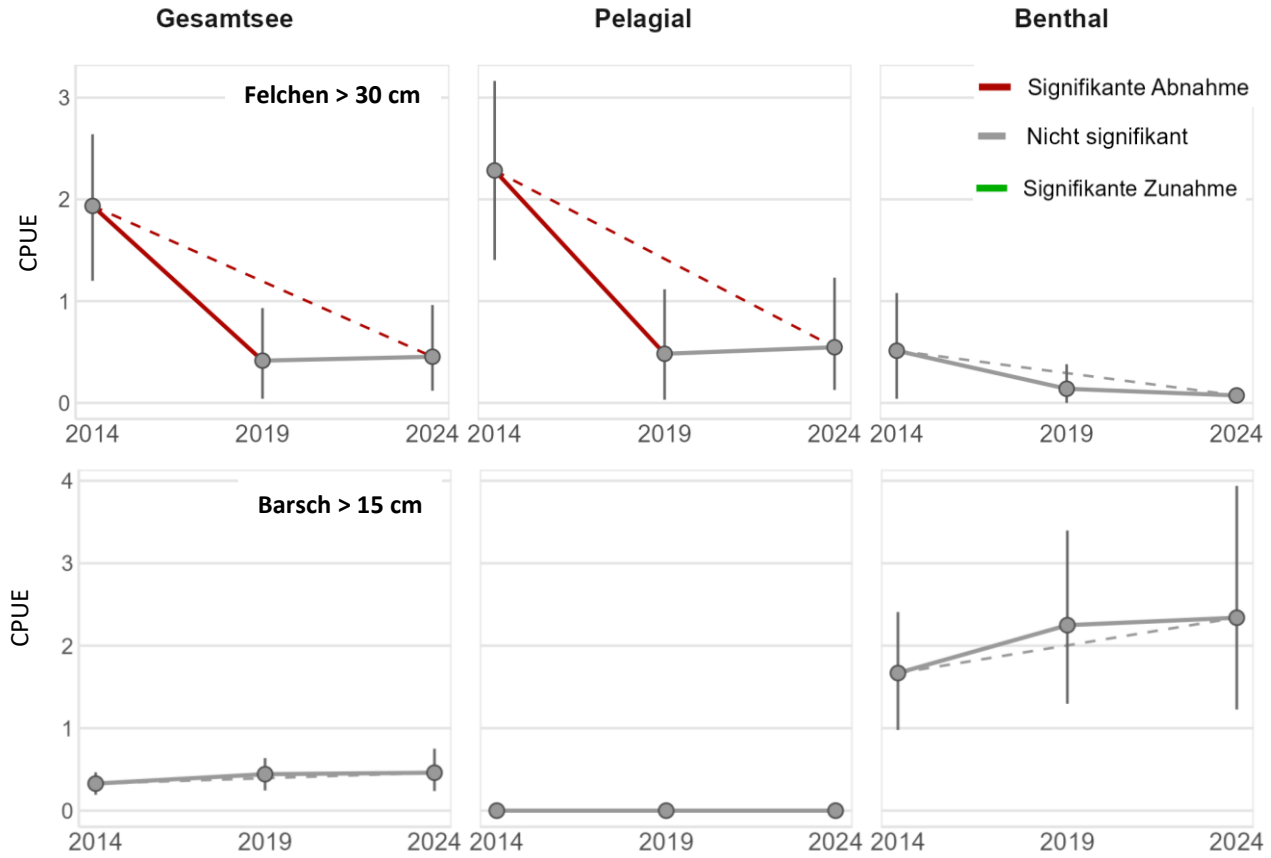


Abbildung 5-24. Biomasse der gefangenen Felchen > 30 cm (oben) und Barsche >15 cm (unten) pro Aufwandseinheit (BPUE) im gesamten See (links), im Pelagial (Mitte) und im Benthal (rechts) für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden anhand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz und Befischungsnacht angegeben.

5.8 Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie

Auch für den Untersee wurde der ökologische Zustand gemäss den Vorgaben der WRRL auf Grundlage der Fischfauna als zentrale biologische Qualitätskomponente bewertet. Die Bewertung erfolgte dabei ausschliesslich mit der deutschen DeLFi-Site Methode.

Nach der DeLFi-Site Methode wird der Untersee aktuell in die Zustandsklasse „gut“ eingestuft. Die Ergebnisse zeigen dabei gewisse Schwankungen zwischen den betrachteten Datensätzen, wobei EQR-Werte von 0.83, 0.78 und 0.72 erreicht wurden (Tabelle 4-7). Unabhängig davon liegen alle Bewertungen innerhalb der Klasse „gut“.

Damit entspricht die aktuelle Einschätzung grundsätzlich auch den Resultaten früherer Untersuchungen, bei denen der Untersee ebenfalls durchgehend als „gut“ klassifiziert wurde. Allerding haben die EQR-Werte über die Zeit abgenommen, was darauf hinweisen könnte, dass sich der ökologische Zustand verschlechtert hat.

Tabelle 5-7. Bewertung des ökologischen Zustands des Untersees nach der deutschen DeLFi-Site-Methode. Die Bewertungen führte die Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg anhand der Daten aus den Befischungen und weiteren Informationen (v. a. Statistik der Berufsfischerei) durch.

Bewertung des ökologischen Zustandes des Sees	
Anzahl der Metrics:	**9**
Gesamtwert:	**39**
EQR:	**0.83**
Ökologische Statusklasse See:	**gut**
Berücksichtigung optionaler Metrics	
Reproduktion:	berücksichtigt
Maximalgewicht Brassen:	berücksichtigt
Anzahl Gastarten/Gruppen:	ausgeschlossen

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		

Bewertung des ökologischen Zustandes des Sees			
		Anzahl der Metrics:	**9**
		Gesamtwert:	**35**
		EQR:	**0.72**
		Ökologische Statusklasse See:	**gut**
Berücksichtigung optionaler Metrics			**ok**
Reproduktion:	berücksichtigt		
Maximalgewicht Brassen:	berücksichtigt		
Anzahl Gastarten/Gruppen:	ausgeschlossen		

6 Vergleich zwischen Seen

6.1 Fischartenzusammensetzung

Wenn die nach Netzfläche und relativem Habitatvolumen gewichteten Fänge betrachtet werden, zeigt sich für den Bodensee eine unterschiedliche Entwicklung der Fischgemeinschaft im Obersee und Untersee (Abbildung 6-1). Im Anhang wird anhand einer Clusteranalyse die stärkere quantitative Ähnlichkeit der Fischgemeinschaft des Bodensees mit jener anderer voralpiner Seen dargestellt (Abbildung 11-89).

Im Obersee dominierte 2014 der Stichling die Fänge nach Anzahl, was den See in seiner Artenzusammensetzung deutlich von anderen voralpinen Seen unterschied (Abbildung 11-89, NPUE: Obersee 2014 und 2019 deutlich abgesetzt von allen übrigen Seen). Mit dem starken Rückgang des Stichlings bis zur Erhebung 2024 unterschied sich die Fischgemeinschaft des Obersees wieder weniger stark von jener anderer voralpiner Seen. Allerdings entspricht die aktuelle Zusammensetzung mit einem abnehmenden Felchenanteil, insbesondere 2024, und einem zunehmenden Barschanteil nur noch eingeschränkt dem typischen Bild eines tiefen voralpinen Sees. Naturnahe Seen wie Walensee, Brienzersee oder Thunersee sind deutlich stärker durch Felchen geprägt .

Der Untersee zeigte 2014 eine Fischgemeinschaft, die – insbesondere biomassebezogen – jener des Obersees ähnlich war, mit einem hohen Felchenanteil. Bereits 2019 vollzog sich jedoch eine Verschiebung hin zu einer barschdominierten Gemeinschaft, begleitet von einem früheren Rückgang des Stichlings als im Obersee. Im Gegensatz zum Obersee blieb die Fischgemeinschaft des Untersees seit 2014 vergleichsweise stabil und ähnelt über alle drei Erhebungen hinweg der von produktiveren Seen.

2024 können demnach beide Seen als Barsch-dominiert eingestuft werden. Natürlicherweise sollten in diesen Seen Felchen den Fischbestand der standardisierten Befischungen dominieren.

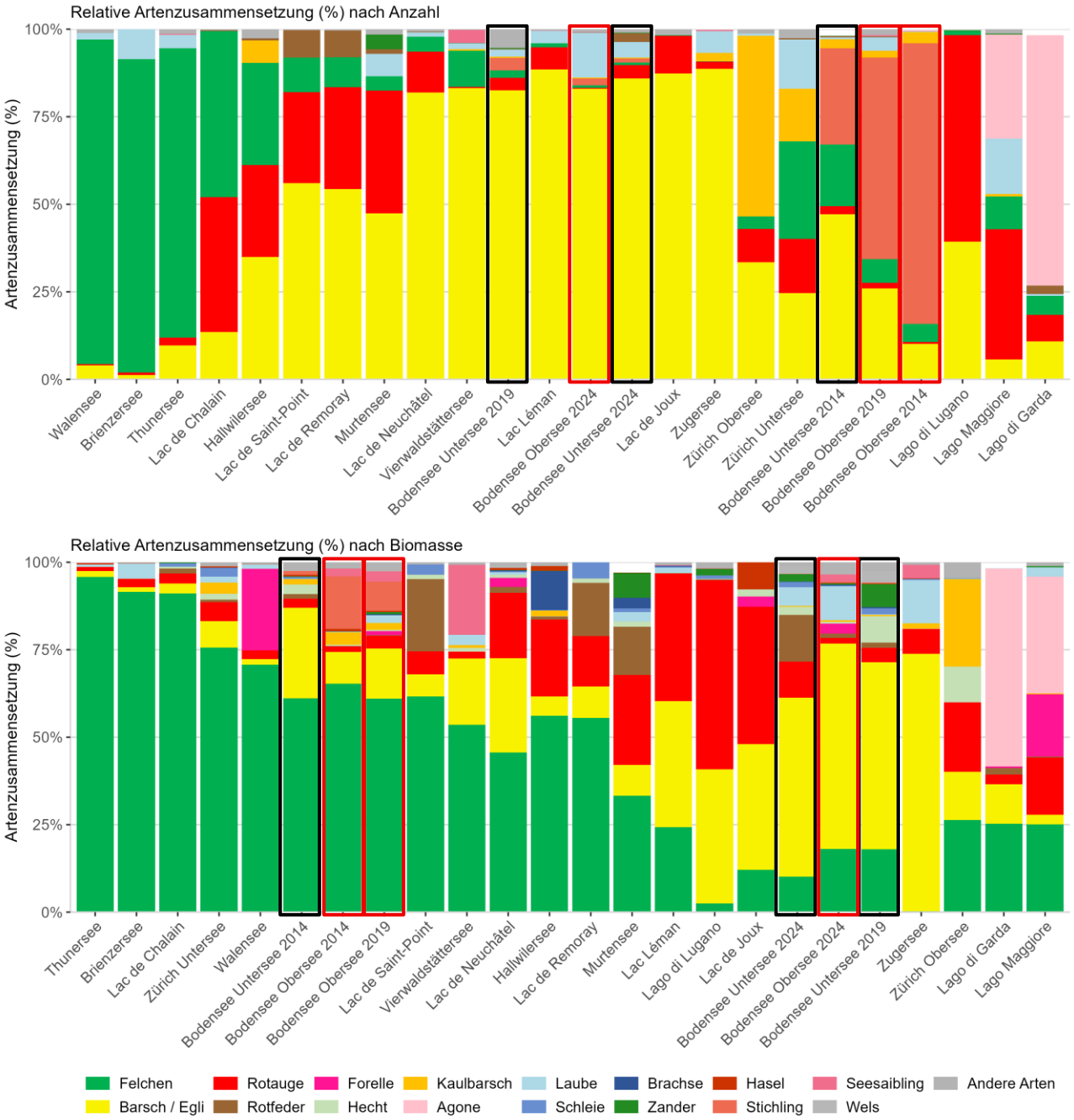


Abbildung 6-1. Vergleich der relativen Häufigkeit (oben) und Biomasse (unten) der Fänge der einzelnen Arten, die in den verschiedenen Seen in CEN-Netze gefangen wurden. Die Daten sind volumenkorrigiert, um zwischen den Seen vergleichen zu können. Der Obersee ist rot umrandet, der Untersee schwarz. Das Befischungsjahr ist für jeden See in Tabelle 11-5 angegeben.

.

6.2 Vergleich Gesamtfischbestand der Seen

Im Vergleich zu den anderen untersuchten Seen und unter Berücksichtigung aller Arten zeigt sich für den Obersee eine andere Entwicklung als im Untersee (Abbildung 6-2). Der Obersee weist im Jahr 2024 im Vergleich zu 2014 zwar eine höhere Individuendichte (NPUE) auf, gleichzeitig bleibt die Biomasse (BPUE) jedoch auf einem relativ niedrigen Niveau und nimmt im Vergleich zu 2014 nur geringfügig zu. Im Vergleich mit den anderen Seen befindet sich der Obersee damit weiterhin im unteren bis mittleren Bereich der untersuchten Systeme.

Der Untersee zeigt hingegen eine Zunahme sowohl der Individuendichte als auch der Biomasse. 2024 liegt der Untersee im oberen Bereich der untersuchten Seen.

Werden ausschliesslich Felchen betrachtet, ergibt sich ein anderes Bild (Abbildung 6-3). Sowohl im Obersee als auch im Untersee nehmen Dichte und Biomasse im Zeitverlauf ab. Besonders im Obersee ist dieser Rückgang deutlich ausgeprägt, wodurch sich der See im Vergleich zu den anderen Seen weiter in Richtung niedriger Felchenbestände verschiebt. Auch der Untersee zeigt eine Abnahme, verbleibt jedoch im Vergleich zu den übrigen Seen im mittleren Bereich.

Für den Barsch zeigt sich hingegen eine umgekehrte Entwicklung (Abbildung 6-3). Sowohl im Obersee als auch im Untersee nehmen Dichte und Biomasse im Zeitverlauf zu. Während der Obersee dabei von einem eher niedrigen Niveau ausgeht und sich in Richtung Mittelfeld entwickelt, erreicht der Untersee 2024 im Vergleich zu den anderen Seen hohe Werte.

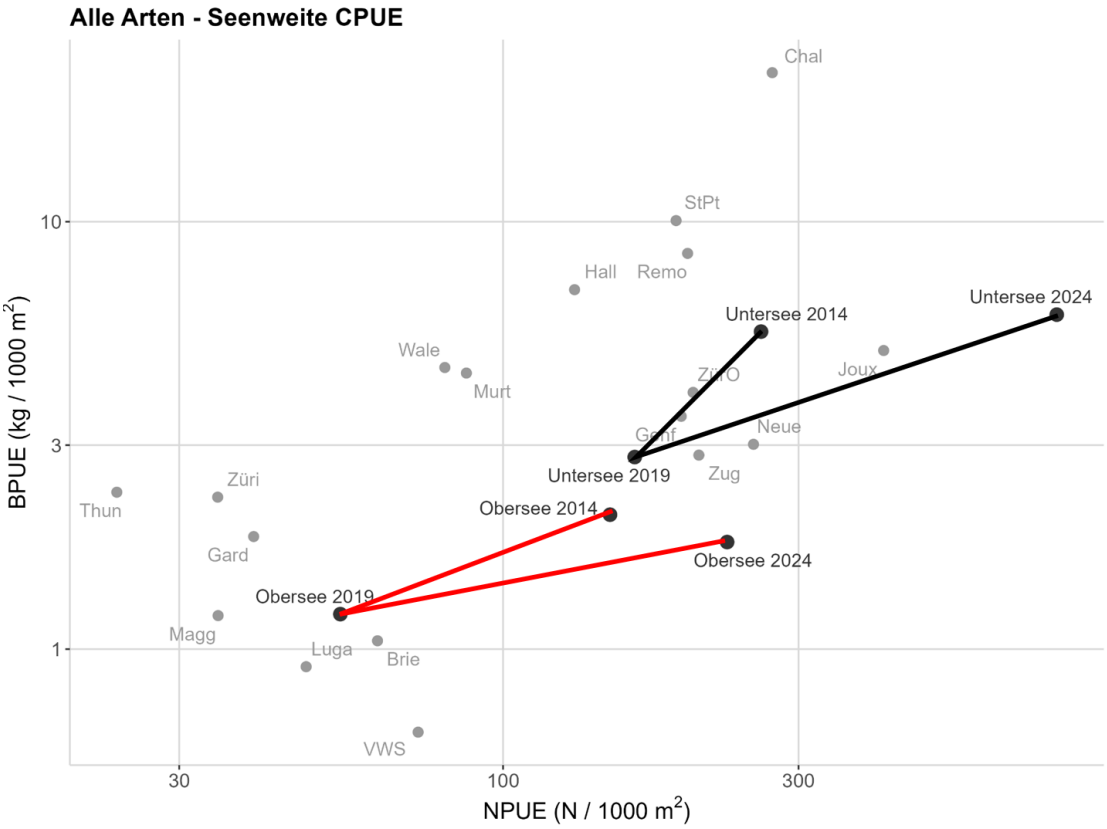


Abbildung 6-2. Darstellung der mittleren Fangzahlen pro Netz für die untersuchten Seen. Auf der x-Achse ist die durchschnittliche Anzahl Individuen pro Netz dargestellt, auf der y-Achse die durchschnittliche Biomasse pro Netz. Jeder Punkt entspricht einem See und für diese Darstellung wurde alle gefangenen Fischarten berücksichtigt.

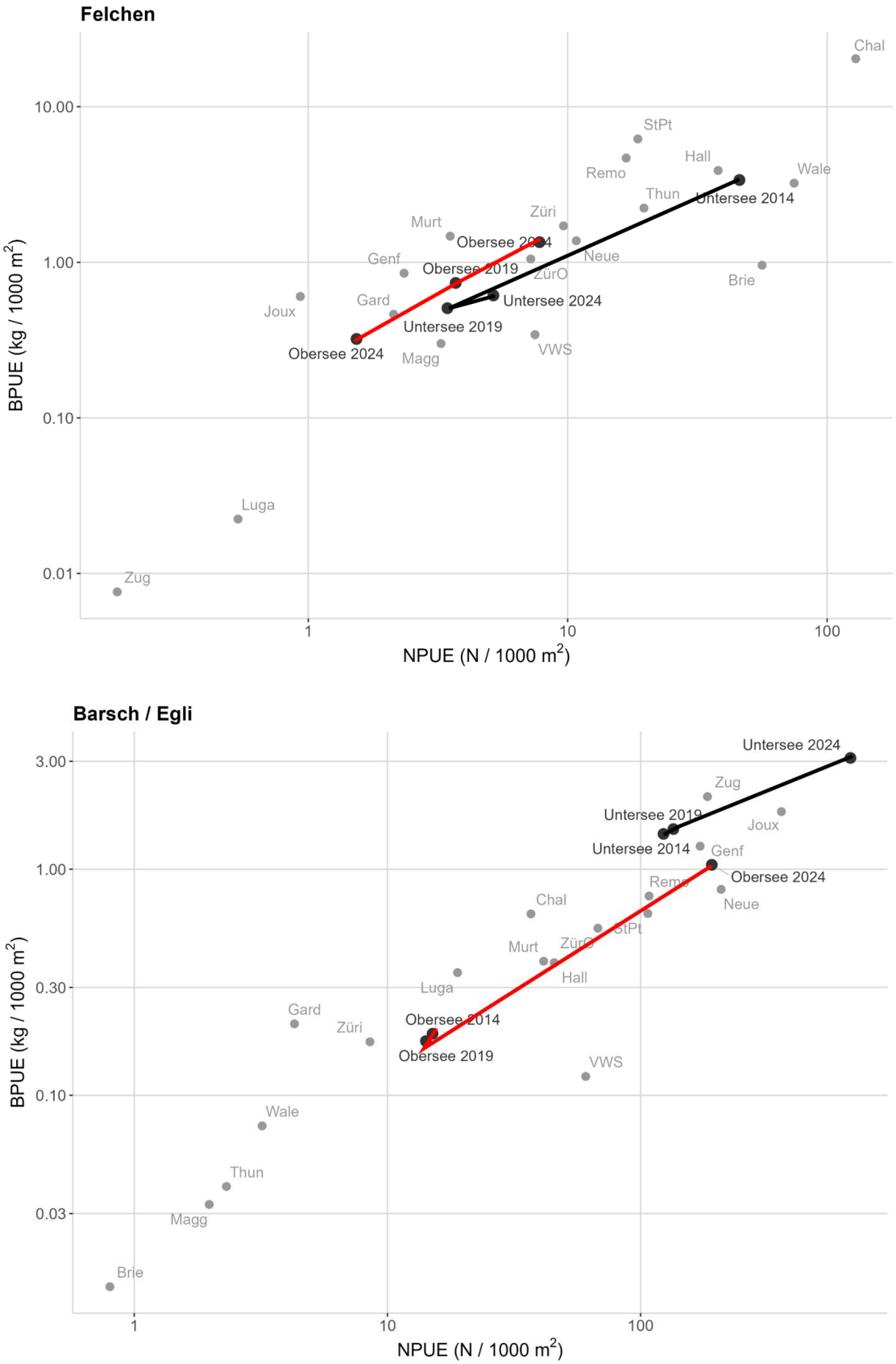


Abbildung 6-3. Darstellung der mittleren Barsch-Fangzahlen pro Netz für die untersuchten Seen. Auf der x-Achse ist die durchschnittliche Anzahl Individuen pro Netz dargestellt, auf der y-Achse die durchschnittliche Biomasse pro Netz. Jeder Punkt entspricht einem See. Oben: Ergebnisse für Felchen; Unten: Ergebnisse für Barsche.

6.3 Vergleich zwischen Seen des Bestands an fangbaren Fischen

Die Dichte oder die Biomasse einer Fischart aus dem standardisierten Monitoring eines Sees sagen nur begrenzt aus, wie gross der tatsächlich fangbare Fischbestand für die Angel- und Berufsfischerei ist. Aus diesem Grund wurden für die vorliegende Analyse ausschliesslich Felchen ab einer Länge von mindestens 30 cm sowie Barsche ab mindestens 15 cm berücksichtigt. Diese Betrachtung liefert ein realistischeres Bild des für die Fischerei nutzbaren Bestands im Herbst eines Jahres, erlaubt jedoch keine Aussagen zur Erneuerungsrate der Bestände.

Bezüglich **der Felchen** zeigt sich für den Bodensee sowohl im Obersee als auch im Untersee ein deutlicher Rückgang des fangbaren Bestands im Vergleich zu 2014 (Abbildung 6-4). Während insbesondere der Untersee im Jahr 2014 im Vergleich zu anderen Seen noch im oberen Bereich lag, befindet er sich im Jahr 2024 nur noch im unteren Mittelfeld. Der Obersee weist über den gesamten Zeitraum hinweg vergleichsweise niedrige Werte auf und verschiebt sich bis 2024 weiter in Richtung des unteren Bereichs der untersuchten Seen. Insgesamt zeigt sich damit für beide Seeteile eine klare Abnahme des für die Fischerei relevanten Felchenbestands.

Für den Barsch ergibt sich ein anderes Bild (Abbildung 6-5). Im Obersee zeigt sich zwischen 2014 und 2024 ein leichter Rückgang des fangbaren Bestands, wobei sich der See in allen drei Kampagnen im oberen Mittelfeld der untersuchten Seen befindet. Im Untersee nimmt der Bestand fangbarer Barsche zwischen 2014 und 2019 zu und liegt 2019 sowie 2024 ebenfalls im oberen Mittelfeld. Insgesamt zählen damit beide Seeteile des Bodensees hinsichtlich dieser Grössenklasse zu den fischereilich attraktiveren Seen, jedoch ohne die hohen Werte von Lago di Garda und Lago di Lugano zu erreichen.

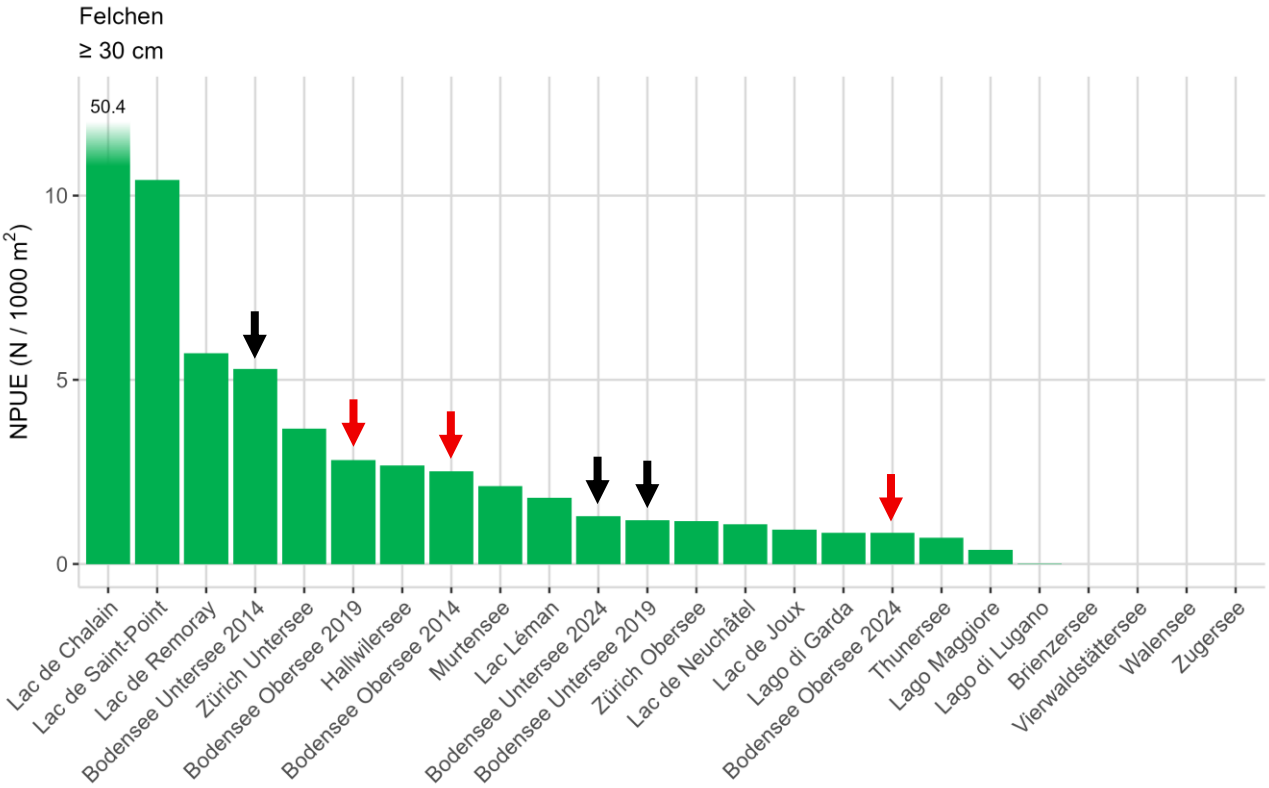


Abbildung 6-4. Fangbarer Felchenbestand (≥ 30 cm) im ganzen See (0-75 m), basierend auf benthischen und pelagischen CEN-Netzfängen mit volumengewichteten Tiefenzonen (NPUE, Anzahl pro 1000 m²). Das Befischungsjahr ist für jeden See in Tabelle 11-5 angegeben.

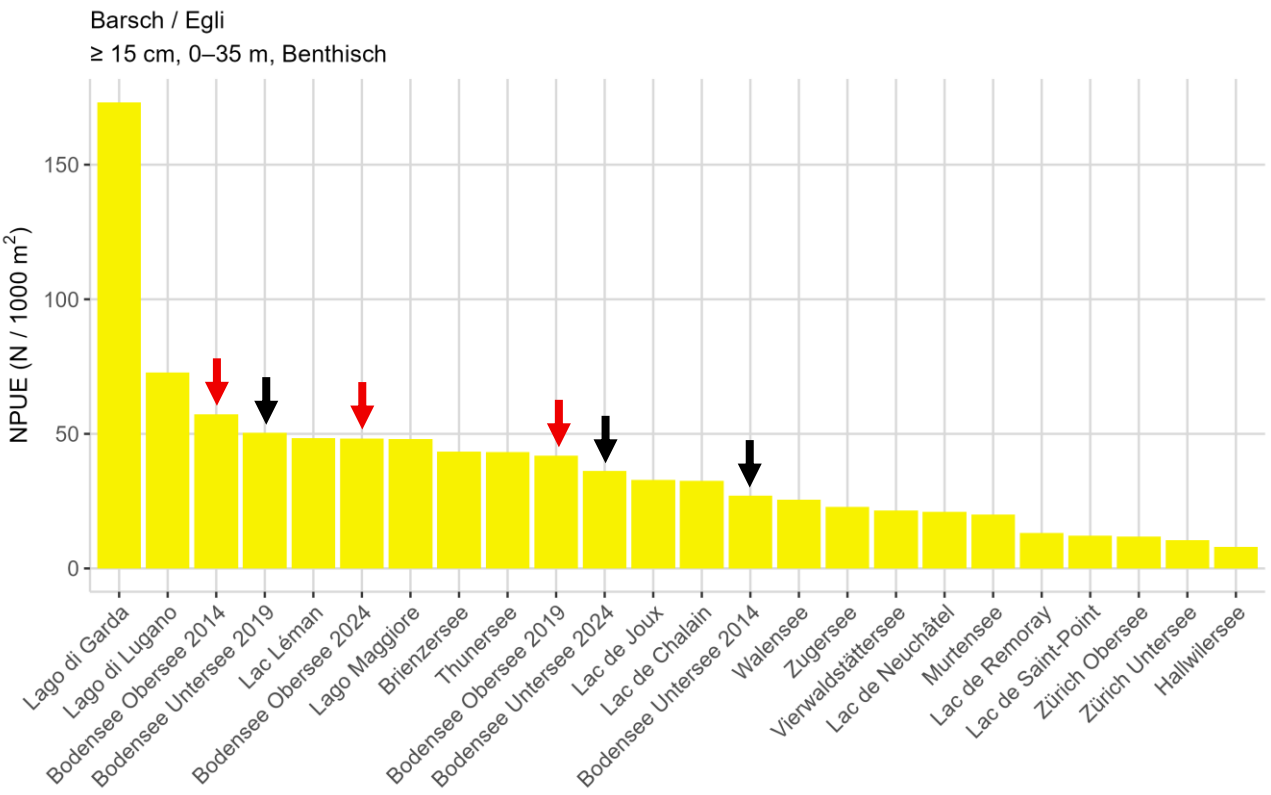


Abbildung 6-5. Fangbarer Barschbestand (≥ 15 cm) in der benthischen Zone (0-35 m) der untersuchten Seen (NPUE, Anzahl pro 1000 m²), basierend auf benthischen CEN-Netzfängen mit flächengewichteten Tiefenzonen. Das Befischungsjahr ist für jeden See in Tabelle 11-5 angegeben.

7 Synthese

7.1 Bodensee-Obersee

7.1.1 Physikalische und chemische Eigenschaften

Der Bodensee-Obersee weist seit über 20 Jahren einen oligotrophen Zustand auf. Nachdem der See während der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark eutrophiert war, gingen die Phosphorkonzentrationen infolge umfangreicher Gewässerschutzmassnahmen deutlich zurück. Die heutigen Gesamtphosphorwerte liegen in einem für grosse tiefe Alpenseen typischen Bereich (5 – 8 µg/l) und blieben in den letzten Jahren relativ stabil.

Die Temperaturmessreihen zeigen eine fortschreitende Erwärmung des Obersees. Dieser Trend betrifft nicht nur die oberflächennahen Wasserschichten, sondern zunehmend auch tiefere Wasserschichten. Während sich im Sommer eine ausgeprägte thermische Schichtung mit einer Sprungschicht in etwa 10 bis 20 m Tiefe ausbildet, wird die winterliche Durchmischung der Wassersäule zunehmend schwächer. Besonders auffällig ist, dass gemäss dem aktuellen Durchmischungsindex seit 2018 keine vollständige Durchmischung mehr stattgefunden hat. Die winterliche Vollzirkulation ist für den Transport von Sauerstoff in die Tiefenzonen sowie für den Nährstoffaustausch innerhalb des Sees wichtig und daher für die Funktion des Ökosystems von zentraler Bedeutung.

Trotz der schwächeren Durchmischung weist der Obersee gegenwärtig weiterhin eine insgesamt gute Sauerstoffversorgung auf. Die Sauerstoffkonzentrationen lagen in den letzten Jahren selbst in grossen Tiefen in der durchgehend deutlich über dem für Fische kritischen Bereich von 4 mg/l. Damit bleiben die tiefen Bereiche des Obersees grundsätzlich als Lebensraum für kälteliebende und tiefenangepasste Fischarten geeignet.

Zusätzlich könnten sich neue ökologische Veränderungen durch die Ausbreitung der Quaggamuschel ergeben. Diese invasive Art wurde inzwischen im Bodensee verbreitet nachgewiesen. Erfahrungen aus anderen Seen zeigen, dass Quaggamuscheln Stoffkreisläufe, Nahrungsnetze und Lebensraumstrukturen erheblich verändern können [32]. Bisher lassen sich im Bodensee allerdings noch keine generellen Rückgänge des Zoo- oder Phytoplanktons feststellen, die auf die Ausbreitung der Quaggamuschel zurückgeführt werden könnten (pers. Mitteilung Piet Spaak). Die langfristigen Auswirkungen auf das pelagische Nahrungsnetz und die Fischgemeinschaften bleiben daher derzeit noch schwierig abzuschätzen.

Insgesamt befindet sich der Obersee heute weiterhin in einem guten limnologischen Zustand. Im Vergleich zu den früheren Untersuchungen treten jedoch die Auswirkungen des Klimawandels zunehmend stärker in den Vordergrund. Besonders die fortschreitende Erwärmung, die schwächere winterliche Durchmischung, und die Invasion der Quaggamuschel stellen potenzielle Risiken für die langfristige Stabilität des Ökosystems dar.

7.1.2 Fischgemeinschaft

7.1.2.1 Artenvielfalt

Im Rahmen der standardisierten Befischungen wurden im Bodensee-Obersee 2024 insgesamt 34 Fischarten nachgewiesen. Damit liegt die Artenzahl leicht über den Ergebnissen von 2014 (31 Arten) und 2019 (30 Arten). Zur höheren Artenzahl 2024 trugen zum einen die genetische Unterscheidung der Felchenarten [24] bei, diese wurden 2019 nicht auf Artniveau bestimmt. Zum anderen wurde der Schneider erstmals bei den Ganzseeuntersuchungen für den Bodensee-Obersee dokumentiert, mit Nachweisen in mehreren Zuflüssen des Sees. Dort zählt er zu den Referenzarten und wird regelmässig bei Fischbestandsuntersuchungen nachgewiesen (pers. Mitteilung N. Schotzko). Die Elritze wurde dagegen bereits früher im Bodensee nachgewiesen, sie kommt aber insbesondere in den Bodensee Zuflüssen häufiger vor. Im Jahr 2024 wurde sie erstmals im Rahmen der standardisierten Ganzseebefischung auch im See erfasst.

Die ursprüngliche Fischfauna des Bodensees ist damit weiterhin grösstenteils vorhanden. Gleichzeitig zeigt sich jedoch, dass mehrere Arten in geringen Dichten vorkommen oder auf bestimmte Lebensräume beschränkt sind und deshalb in standardisierten Befischungen nur unregelmässig nachgewiesen werden. Dazu zählen mehrere typische Fliessgewässerarten wie Äsche, Nase und Barbe, aber auch der Bitterling.

Zusätzlich zu den ursprünglich vorkommenden Arten werden weiterhin mehrere gebietsfremde Fischarten regelmässig nachgewiesen. Besonders auffällig sind dabei Giebel, Regenbogenforelle und Kaulbarsch sowie die invasiven Arten Sonnenbarsch und Blaubandbärbling. Der Stichling ist weiterhin fester Bestandteil der Fischgemeinschaft des Obersees, kommt aber deutlich seltener vor als auch schon.

Positiv hervorzuheben ist, dass mehrere endemische Arten weiterhin nachgewiesen werden konnten. Besonders bemerkenswert bleibt der Nachweis des Tiefseesaiblings, der während der Eutrophierungsphase zeitweise als verschollen galt. Der Kilch hingegen gilt weiterhin als ausgestorben.

7.1.2.2 Abundanz und Biomasse

Die volumenkorrigierten Fänge zeigen für den Bodensee-Obersee zwischen 2014 und 2024 keine signifikante Veränderung der Gesamtfischdichte oder der Gesamtbiomasse. Diese stabilen Gesamtwerte verdecken jedoch deutliche und teilweise statistisch signifikante Verschiebungen innerhalb der Fischgemeinschaft, die vor allem das Pelagial betreffen. Die Werte von 2019 lagen sowohl bei der Anzahl als auch bei der Biomasse tiefer als 2014 und 2024, und gingen einher mit einer reduzierten Körperkondition der meisten häufigen Arten. Bis 2024 hatten sicherreichten die Gesamtfänge wieder auf das Niveau von 2014 verbessert und auch die Körperkondition der meisten Arten hatte sich wieder verbessert. Eine Erklärung, wieso die Körperkondition 2019 deutlich schlechter war als in den anderen Untersuchungsjahren liegt nicht vor.

Die deutlichsten Veränderungen betreffen das Pelagial. Bereits in den Berichten von 2014 und 2019 wurde hervorgehoben, dass die pelagische Fischgemeinschaft des Obersees ungewöhnlich stark durch den Stichling geprägt war. Bis 2024 ist der Stichling im Pelagial weitgehend zurückgegangen, womit diese Sonderstellung des Obersees offenbar aufgehoben ist. Gleichzeitig haben aber auch die Felchen im Pelagial deutlich abgenommen, während der Anteil des Barsches stark zugenommen hat. Damit hat sich die pelagische Fischgemeinschaft innerhalb eines Jahrzehnts grundlegend verändert: von einer stichlings- und felchengeprägten zu einer barschdominierten Gemeinschaft. Der Rückgang der Felchen ist aus fischereiwirtschaftlicher Sicht besonders bedeutsam. Der gleiche Trend wird auch mit weiteren Datengrundlagen beobachtet, namentlich das Blau-

felchen-Monitoring sowie die Fangstatistik der Berufsfischerei. Bemerkenswert ist zudem, dass die Felchen 2019, als ihre pelagischen Fänge tiefer lagen, vermehrt in der benthischen Zone nachgewiesen wurden - ein Hinweis auf eine Verlagerung weg vom Mittelbereich des Sees in Richtung Seerandzonen.

In der benthischen Zone war die Fischgemeinschaft im Vergleich zum Pelagial relativ stabil: Die wichtigsten Arten — insbesondere Barsch, Kaulbarsch und Rotauge — bleiben über alle drei Erhebungen hinweg die prägenden Arten. Veränderungen sind aber auch für diesen Seebereich erkennbar — Schleien, Rotfedern und der Tiefseesaibling haben zugenommen, Trüschen in der Dichte abgenommen. Diese Veränderungen fallen aber gegenüber den Verschiebungen im Pelagial geringer aus. Auffällig ist allerdings, dass mit dem Kaulbarsch und dem Stichling zwei der dominanten gebietsfremden Arten in der benthischen Zone über den gesamten Zeitraum kontinuierlich zurückgegangen sind. Erfreulich ist der Anstieg des Tiefseesaiblings, einer ursprünglich endemischen Art, die während der Eutrophierungsphase zeitweise als verschollen galt.

Als Ursache für die beobachteten Veränderungen kommen mit grosser Wahrscheinlichkeit mehrere interagierende Faktoren in Frage, die sich aus den vorliegenden Daten jedoch nicht ableiten lassen. Ein wichtiger Faktor könnte die fortschreitende Erwärmung des Sees darstellen. Von dieser Erwärmung sind nicht nur die oberflächennahen Schichten betroffen, sondern mittlerweile auch tiefere Wasserschichten. Die Erwärmung des Wassers kann sich direkt über Stoffwechselraten oder auch indirekt über phänologische Verschiebungen, etwa zwischen dem Schlupf von Fischlarven und dem Aufkommen ihrer Beuteorganismen, auf die Fischbestände auswirken.

Auch die fortschreitende Ausbreitung der Quaggamuschel könnte eine Rolle bei den beobachteten Artenverschiebungen spielen. Auf welche Art und Weise dies geschieht ist allerdings noch unklar, insbesondere da derzeit noch keine offensichtlichen Veränderungen beim Phyto- und Zooplankton beobachtet werden können [17]. Auch das verbreitete Auftreten kleiner Barsche im Pelagial spricht dafür, dass dort weiterhin höhere Dichten grösserer Zooplankter vorhanden sind.

Zusätzlich können sich Veränderungen der Konkurrenz- und Prädationsverhältnisse zwischen Arten innerhalb der Fischgemeinschaft sowie der Befischungsdruck auf einzelne Arten auswirken.

Allerdings stellen alle diese Vermutungen zum jetzigen Zeitpunkt nur spekulative Hypothesen dar. Gezielte Studien können dazu beitragen, die Ursachen der beobachteten Veränderungen aufzuklären, während die laufenden Monitorings — die standardisierten Ganzseebefischungen und das bestehende Barsch- und Felchenmonitoring — die weitere Entwicklung der Fischgemeinschaft dokumentieren und allfällige neue Veränderungen erkennen lassen. Der Grosse Vorteil des Ganzseemonitorings liegt dabei in der Tatsache, dass damit nicht nur die fischereilich attraktiven und wichtigen Fischarten wie Felchen oder Barsche dokumentiert werden, sondern auch andere wirtschaftliche weniger wichtige Fischarten, die in gezielten Monitoring s oder in den Fangstatistiken kaum Beachtung finden.

7.1.3 Bewertung des Zustands der Fischgemeinschaft

Aus Sicht der WRRL wird der ökologische Zustand des Bodensee-Obersees anhand des Indikators Fische 2024 weiterhin als gut beziehungsweise sehr gut eingestuft.

Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen zeigen jedoch, dass diese Bewertung die tiefgreifenden Veränderungen innerhalb der Fischgemeinschaft nicht abbildet. Insbesondere die starke Abnahme der Felchen, die vorübergehende Dominanz des Stichlings in früheren Befischungen, aber auch sowie die zunehmende Dominanz des Barsches im Pelagial stellen aus fischökologischer Sicht eine deutliche Abweichung vom ursprünglichen Leitbild eines oligotrophen, felchengeprägten Alpensees dar. Die Fischartengemeinschaft des Obersees wird deshalb heute von den Autoren dieses Berichts als beeinträchtigt eingestuft.

7.2 Bodensee-Untersee

7.2.1 Physikalische und chemische Eigenschaften

Der Bodensee-Untersee unterscheidet sich limnologisch deutlich vom Obersee. Aufgrund seiner geringeren Tiefe und seines stärkeren Einflusses durch lokale Stoffeinträge weist er insgesamt produktivere und wärmere Bedingungen auf. Auch innerhalb des Untersees bestehen ausgeprägte Unterschiede zwischen den Teilbecken: Im Zellersee werden — insbesondere durch Phosphorfreisetzung aus den Sedimenten — deutlich höhere Phosphorkonzentrationen gemessen als im Rheinsee, der durch seine stärkere Durchströmung andere Verhältnisse aufweist.

Die Temperaturprofile zeigen auch im Untersee eine fortschreitende Erwärmung der Wassersäule, die sich aufgrund der geringeren Tiefe im Sommer stärker auswirkt als im Obersee. Daraus resultieren stabile sommerliche Schichtungen, die zusammen mit der höheren biologischen Produktion zu einer verstärkten Sauerstoffzehrung in der Tiefe führen. Besonders in den tieferen Bereichen des Zeller- und Gnadensees entstehen dadurch regelmässig sauerstoffarme Zonen mit Werten teilweise nahe 0 mg/L, während der Rheinsee dank stärkerer Durchströmung ganzjährig besser mit Sauerstoff versorgt bleibt — ohne jedoch frei von Sauerstoffdefiziten zu sein. Diese Sauerstoffsituation besteht im Untersee bereits seit den 1970er-Jahren und schränkt den Lebensraum für sauerstoffempfindliche und tiefenangepasste Fischarten zeitweise ein.

Die Kombination aus fortschreitender Erwärmung, zunehmender Stabilität der sommerlichen Schichtung und periodischem Sauerstoffmangel beeinflusst die ökologischen Bedingungen zunehmend, insbesondere zulasten kälteliebender und sauerstoffempfindlicher Arten. Künftig könnte zudem die Ausbreitung der Quaggamuschel die Stoffkreisläufe und Nahrungsketten weiter verändern.

7.2.2 Fischgemeinschaft

7.2.2.1 Artenvielfalt

Im Rahmen der standardisierten Befischungen wurden im Bodensee-Untersee 2024 insgesamt 19 einheimische Fischarten — einschliesslich der drei genetisch nachgewiesenen Felchenarten — sowie vier gebietsfremde Arten nachgewiesen. Die Artenliste des Untersees ist damit kürzer als jene des Obersees, was unter anderem mit der kleineren Fläche und dem geringeren Volumen sowie mit den limnologischen Beeinträchtigungen einzelner Teilbecken zusammenhängen könnte.

Eine Reihe historisch dokumentierter oder im Untersee zu erwartender Arten konnte in keiner der drei Erhebungskampagnen nachgewiesen werden. Dazu zählen unter anderem Karausche, Bitterling und Seesaibling. Hinzu kommen mehrere typische Fliessgewässerarten wie Nase, Gründling und Äsche. Diese Arten kommen entweder nicht mehr im Untersee vor oder treten nur noch in so geringen Dichten auf, dass sie in den standardisierten Befischungen nicht erfasst werden. Besonders bemerkenswert ist, dass die Forelle und die Groppe zwar 2014 noch in den Ganzseebefischungen nachgewiesen wurden, in den Erhebungen von 2019 und 2024 jedoch nicht mehr.

Demgegenüber wurden mehrere gebietsfremde Arten regelmässig nachgewiesen, namentlich Sonnenbarsch, Stichling, Kaulbarsch und Giebel sowie der bereits vor 1900 eingeführte und damit langjährig etablierte Zander. Weitere Arten, die im Untersee bereits nachgewiesen wurden oder deren Vorkommen im See grundsätzlich möglich ist, wurden in keiner der drei Kampagnen erfasst.

Insgesamt zeigt sich somit eine etwas reduzierte einheimische Fischfauna im Bodensee-Untersee, ergänzt durch einige etablierte gebietsfremde Arten.

Mehrere historisch dokumentierte einheimische sowie gebietsfremde Arten konnten in den standardisierten Befischungen nicht nachgewiesen werden, was auf ein lokales Verschwinden oder auf stark reduzierte Bestände mit entsprechend geringer Nachweiswahrscheinlichkeit hindeuten kann.

7.2.2.2 Abundanz und Biomasse

Die Ganzsee-Fänge zeigen für den Bodensee-Untersee zwischen 2014 und 2024 eine signifikante Zunahme sowohl der Gesamtfischdichte als auch der Gesamtbiomasse. Der Verlauf ist allerdings nicht linear: 2019 lagen die Fänge sowohl bei der Anzahl als auch bei der Biomasse signifikant tiefer als 2014, bevor sie bis 2024 wieder deutlich zunahmen und das Niveau von 2014 schliesslich überschritten. Diese Gesamtveränderungen verdecken – wie auch im Obersee – deutliche Verschiebungen innerhalb der Fischgemeinschaft, die sich sowohl im Pelagial als auch in der benthischen Zone zeigen.

Die deutlichsten Veränderungen betreffen erneut das Pelagial. Bereits in den früheren Untersuchungen wurde festgestellt, dass die pelagische Fischgemeinschaft des Untersees stark durch Felchen und den nicht einheimischen Stichling geprägt war. Bis 2019 waren beide Arten im Freiwasser weitgehend zusammengebrochen — die Felchen mit einer signifikanten Abnahme der Dichte und Biomasse, die Stichlinge mit einer ebenso deutlichen Abnahme. Bis 2024 zeigte das Pelagial eine ausgeprägte, vom Barsch und in geringerem Mass von der Laube getragene Erholung der Anzahl und Biomasse. Felchen blieben dagegen auf tiefem Niveau und haben sich im Pelagial nicht erholt. Damit hat sich die pelagische Fischgemeinschaft auch im Untersee innerhalb eines Jahrzehnts grundlegend umgestaltet — von einer felchen- und stichlingsgeprägten zu einer barschdominierten Gemeinschaft. Der Rückgang der Felchen im Pelagial entspricht dem im Obersee beobachteten Muster, allerdings hat er sich im Untersee bereits fünf Jahre früher und in noch deutlicherer Form vollzogen.

In der benthischen sind die Veränderungen auf Artniveau ausgeprägter als im Obersee. Mehrere wärmeliebende Arten haben in der benthischen Zone signifikant zugenommen, namentlich Schleie, Giebel, Rotfeder, Hecht und Wels. Demgegenüber sind der der wenig sensible Kaulbarsch sowie die Laube in der benthischen Zone signifikant zurückgegangen. Die Trüsche zeigt eine Abnahme, die jedoch aufgrund der geringen Fangzahlen statistisch nicht abgesichert ist. Insgesamt deutet sich damit eine kohärente Verschiebung der benthischen Fischgemeinschaft hin zu wärmeliebenderen Arten an.

Die räumliche Verteilung der Fische im Untersee zeigt weiterhin eine Konzentration auf die oberflächennahen Wasserschichten, wobei in den tiefsten Bereichen 2024 deutlich weniger Fische nachgewiesen wurden als in den vorgängigen Aufnahmen. Dies dürfte zumindest teilweise mit den regelmässig auftretenden Sauerstoffdefiziten in den tieferen Wasserschichten zusammenhängen, die insbesondere im Zellersee und Gnadensee bestehen. Felchen wurden in grösseren Tiefen vor allem im Rheinsee nachgewiesen, wo die Sauerstoffversorgung dank stärkerer Durchströmung besser ist.

Die mutmasslichen Ursachen sind auch für den Untersee bisher nicht bekannt. Dürften aber ähnliche gelagert sein wie im Obersee. Die fortschreitende Erwärmung, die Ausbreitung der Quaggamuschel sowie Veränderungen in den Konkurrenz- und Prädationsverhältnissen innerhalb der Fischgemeinschaft sind auch hier als wahrscheinliche Ursachen zu nennen. Im Untersee dürfte zusätzlich der periodische Sauerstoffmangel in den tieferen Bereichen einzelner Teilbecken eine wichtige Rolle spielen, insbesondere für die Verfügbarkeit geeigneter Tiefenlebensräume für sauerstoffempfindliche Arten wie Felchen und Trüsche.

Auch für den Untersee gilt, dass gezielte Studien in Kombination mit Fischmonitorings dazu beitragen könnten, die Ursachen der beobachteten Veränderungen besser einzugrenzen.

7.2.3 Bewertung des Zustands der Fischgemeinschaft

Aus Sicht der WRRL wird der ökologische Zustand des Bodensee-Untersees anhand des Indikators Fische 2024 weiterhin als gut eingestuft. Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen zeigen jedoch, dass auch diese Bewertung die deutlichen Veränderungen innerhalb der Fischgemeinschaft sowie die limnologischen Defizite einzelner Seebecken nicht widerspiegelt. Insbesondere der Rückgang der Felchen und Stichlinge im Pelagial sowie die zunehmende Dominanz des Barsches stellen aus fischökologischer Sicht eine deutliche Abweichung vom ursprünglichen Leitbild eines durch Felchen oder Lauben geprägten Voralpensees dar. Zusätzlich weisen die regelmässig auftretenden Sauerstoffdefizite in den Tiefenzonen auf eine Beeinträchtigung wichtiger Lebensräume hin. Die Fischartengemeinschaft des Untersees wird deshalb heute von den Autoren dieses Berichts ebenfalls als beeinträchtigt eingestuft.

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die verschiedenen im Bodensee durchgeführten Monitorings zeigen insgesamt ein konsistentes Bild der Entwicklung der Fischbestände. Sowohl die standardisierten Ganzseebefischungen als auch das Felchenmonitoring sowie die CPUE-Daten der Fangstatistiken weisen auf ähnliche Entwicklungen der Felchenbestände hin. Insbesondere der deutliche Rückgang der Felchen seit den frühen 2010er-Jahren wird durch sämtliche Datengrundlagen belegt. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die beobachteten Trends der standardisierten Gesamtseebefischung die tatsächliche Entwicklung der Fischbestände grundsätzlich gut widerspiegeln.

Gleichzeitig zeigen die Resultate der standardisierten Ganzseebefischungen, dass sich nicht nur die Felchenbestände, sondern die gesamte Fischgemeinschaft der beiden Seen verändert hat. Besonders auffällig sind die deutlichen Verschiebungen innerhalb der pelagischen Fischgemeinschaft, die heute zunehmend durch Barsche geprägt wird, während Felchen und Stichlinge deutlich seltener auftreten als noch vor wenigen Jahren. Die standardisierten Ganzseebefischungen besitzen einen entscheidenden Vorteil gegenüber fischereibasierten Datengrundlagen, da sie Veränderungen der gesamten Fischgemeinschaft und aller Lebensräume erfassen und nicht nur der genutzten Arten und Grössenklassen. So zeigen die Ganzseeauswertungen beispielsweise nicht nur den Rückgang von Felchen und Stichlingen sowie die Zunahme der Barsche, sondern auch Bestandszunahmen von Rotfedern, Schleien, Giebeln und Welsen sowie Rückgänge von Hasel, Kaulbarsch und Trüsche. Dadurch werden Veränderungen innerhalb der gesamten Fischgemeinschaft sichtbar, die anhand von Fangstatistiken der Fischerei oft nicht oder nur unvollständig erkannt werden können.

Die Ursachen der beobachteten Veränderungen bleiben derzeit jedoch weitgehend unklar. Zwar zeigen sich im Bodensee limnologische Veränderungen wie die Erwärmung des Sees, die schwächere winterliche Durchmischung sowie im Untersee Sauerstoffdefizite in den Tiefenzonen. Diese Entwicklungen erklären die massiven Veränderungen der Fischgemeinschaft bestenfalls nur teilweise. Besonders auffällig ist, dass sich die Nahrungsgrundlage im Pelagial gemäss den verfügbaren Daten nicht grundlegend verändert hat [17], obwohl sich die Fischgemeinschaft des Freiwassers stark verändert hat. Klar ist, dass weiterhin grosse Wissenslücken bezüglich der trophischen Zusammenhänge bestehen.

Besondere Aufmerksamkeit verdient diesbezüglich die Quaggamuschel. In zahlreichen Seen Europas und Nordamerikas wurden nach der Ausbreitung der Quaggamuschel markante Veränderungen der Fischgemeinschaften beobachtet, häufig begleitet von einem Rückgang der Coregonenbestände. Der Einfluss der Quaggamuschel auf die Felchenbestände im Bodensee sollten deshalb künftig vertieft untersucht werden.

Gleichzeitig wird es interessant sein zu beobachten, wie sich die Felchenbestände in den kommenden Jahren entwickeln werden, nachdem die fischereiliche Nutzung deutlich eingeschränkt wurde. Erste Daten aus dem Blaufelchen-Monitoring deuten darauf hin, dass die Häufigkeit der grossen Felchen zunimmt. Es ist jedoch noch zu früh, um zu sagen, ob sich auch der Juvenilbestand verbessert hat und wie sich dies auf die langfristige Entwicklung des Bestandes auswirkt.

Auf Grundlage der vorliegenden Resultate werden folgende Empfehlungen formuliert:

Monitoring

Die standardisierten Ganzseebefischungen sollten in beiden Seen weitergeführt werden. Aufgrund der starken Veränderungen im Pelagial sollten dabei periodisch zusätzlich Vertikalnetze eingesetzt werden, um die pelagische Fischgemeinschaft besser erfassen zu können.

Um die Entwicklung der Felchenbestände in beiden Seen konsistent verfolgen zu können, sollte das be-

stehende Felchenmonitoring im Obersee und Untersee fortgeführt werden. Gleichzeitig wird empfohlen, die Daten des Unterseemonitorings zu den Felchen, sowie des Barschmonitorings, auszuwerten.

Daten zum Fischereiaufwand sollten – soweit möglich – sowohl für die Berufsfischerei als auch für die Angelfischerei in allen Teilen des Sees erhoben werden. Bei der Aufwanderfassung der Berufsfischerfänge sollte der artspezifische Fang nach Netztyp aufgeführt werden, gemäss dem Beispiel des Kantons St. Gallen. Dadurch könnte die Aussagekraft der Fangdaten bezüglich der tatsächlichen Bestandsentwicklung der verschiedenen Arten deutlich verbessert werden.

Ufer revitalisieren

Ufer- und Flachwasserlebensräume sollten in beiden Seen weiterhin aufgewertet und geschützt werden. Besonders die Gewässerdeltas besitzen als strukturreiche Lebensräume und Biodiversitätshotspots eine hohe Bedeutung für zahlreiche Fischarten und deren frühe Entwicklungsstadien [26].

Forschung

Die Zusammenhänge wie sich limnologischen Veränderungen auf die Nahrungsnetze im See und insbesondere die Fischbestände auswirken, wird derzeit noch unzureichend verstanden. Deshalb besteht ein grosser Bedarf an Grundlagenforschung, insbesondere zu den trophischen Wechselwirkungen im See sowie zum Einfluss der Quaggamuschel oder des Klimawandels auf die Felchenbestände und die pelagische Fischgemeinschaft insgesamt.

9 Glossar

Benthal/benthisch: Das Benthal ist der Lebensbereich (Biotop) am, auf und im Boden eines Gewässers.

BPUE: Beim BPUE (Biomass per unit effort) wird die Biomasse der gefangenen Fische mit dem Fangaufwand in Beziehung gesetzt.

CPUE: Englische Abkürzung für "Catch per unit effort". Im deutschen wird damit der Fang pro Aufwandeinheit verstanden.

Einheimisch: Im Kontext der Artenvielfalt bedeutet „einheimisch“ (oder „heimisch“), dass eine Art natürlicherweise in einem bestimmten Gebiet vorkommt – also ohne menschliche Einführung

Endemisch/Endemiten: Als Endemiten werden in der Biologie Pflanzen oder Tiere bezeichnet, die im Gegensatz zu den Kosmopoliten nur in einer bestimmten, räumlich abgegrenzten Umgebung vorkommen. Diese sind in diesem Gebiet endemisch.

Epilimnion: Das Epilimnion (Epilimnial) nennt man in der physikalischen Limnologie die obere erwärmte und stark bewegte Wasserschicht in einem geschichteten stehenden Gewässer. Das Epilimnion ist durch die Sprungschicht, das Metalimnion, von der unteren Wasserschicht, dem Hypolimnion getrennt.

Eutroph/Eutrophierung: Als eutroph wird der gute Ernährungszustand von Organismen und der sie nährenden Umgebung bezeichnet. Der Begriff hat jedoch mehrere, leicht voneinander abweichende Bedeutungen. In der Limnologie bedeutet Eutrophierung die Anreicherung eines vorher gering versorgten Lebensraums mit Nährstoffen. Dadurch kommt es oft zu einem für den gesamten Lebensraum schädlichen Überangebot an Nährstoffen, der zu schwerwiegenden Nachteilen, wie zum Beispiel anoxischen Verhältnissen (Sauerstoffschwund) in Gewässern, führen kann.

Homothermie: Zustand eines Gewässers, bei dem die Wassertemperatur über die gesamte Tiefe nahezu gleich ist. Dieser tritt typischerweise im Winter auf und ermöglicht einen vertikalen Austausch von Sauerstoff und Nährstoffen innerhalb der Wassersäule.

Hypolimnion: Das Hypolimnion (Hypolimnial) ist die untere, nur durch interne Wellen und deren Ausgleichsströmungen bewegte und ca. 3,98 °C homogen kalte Wasserschicht in einem geschichteten stehenden Gewässer. Das Hypolimnion ist durch die Sprungschicht, das Metalimnion, von der oberen Wasserschicht, dem Epilimnion, getrennt.

Konfidenzintervall: Ein Konfidenzintervall (auch Vertrauensintervall, Vertrauensbereich und Erwartungsbereich genannt) ist ein Intervall aus der Statistik das die Präzision der Lageschätzung eines Parameters (zum Beispiel eines Mittelwerts) angeben soll. Das Konfidenzintervall gibt den Bereich an, der bei unendlicher Wiederholung eines Zufallsexperiments mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit (dem Konfidenzniveau) die wahre Lage des Parameters einschliesst.

Korrelation: Eine Korrelation beschreibt eine Beziehung zwischen zwei oder mehreren Merkmalen, Ereignissen, Zuständen oder Funktionen. Die Beziehung muss keine kausale Beziehung sein: Manche Elemente eines Systems beeinflussen sich gegenseitig nicht, oder es besteht eine stochastische, also vom Zufall beeinflusste Beziehung zwischen ihnen.

Korrelationskoeffizient: Der Korrelationskoeffizient ist ein dimensionsloses Mass für den Grad des Zusammenhangs zwischen zwei mindestens intervallskalierten Merkmalen. Er kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Bei einem Wert von +1 bzw. -1 besteht ein vollständig positiver (bzw. negativer) Zusammenhang zwischen den betrachteten Merkmalen. Wenn der Korrelationskoeffizient den Wert 0 aufweist, hängen die beiden Merkmale überhaupt nicht voneinander ab.

Meromixis: Dieser Begriff bezeichnet den Zustand eines Sees, bei dem sich das gesamte Wasservolumen über viele Jahre oder dauerhaft nicht vollständig durchmischt. Im Gegensatz zu holomiktischen Seen bleibt die tiefste Wasserschicht dauerhaft von den oberen Wasserschichten getrennt.

Mesotroph: Mesotroph werden Gewässer genannt, die sich in einem Übergangsstadium von der Oligotrophie zur Eutrophie befinden. Der Nährstoffgehalt ist höher und Licht kann noch in tiefere Wasserschichten eindringen. Mit zunehmender Dichte des Phytoplanktons ändert sich die Eindringtiefe des Lichtes.

Metalimnion: Das Metalimnion (Metalimnial), auch Sprungschicht genannt, ist die Übergangswasserschicht in einem geschichteten stehenden Gewässer. Das Metalimnion bildet den Übergang zwischen der oberen Wasserschicht, dem Epilimnion und der unteren, dem Hypolimnion.

NPUE: Beim NPUE (Number per unit effort) wird die Anzahl der gefangenen Fische mit dem Fangaufwand in Beziehung gesetzt.

Litoral: Litoral ist bezeichnet die Uferregion eines Sees.

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

Pelagial: Das Pelagial ist bei Seen der uferferne Freiwasserbereich oberhalb der Bodenzone (Benthal). Bei Seen reicht es von der Seemitte zum Ufer hin, bis zu den ersten wurzelnden Wasserpflanzen.

Primärproduktion: Der Begriff Primärproduktion bezeichnet in der Ökologie die Produktion von Biomasse durch die Produzenten, also Pflanzen, Algen, Cyanobakterien und andere autotrophe Bakterien, mithilfe von Licht oder chemischer Energie aus anorganischen Substanzen.

Profundal: Als Profundal wird in der Ökologie der Lebensraum der Tiefenzone von stehenden Gewässern bezeichnet.

Resampling: Statistisches Verfahren, bei dem aus vorhandenen Daten wiederholt neue Stichproben (mit oder ohne Zurücklegen) gezogen werden, um die Variabilität von Kennwerten (z. B. Mittelwerte, CPUE) abzuschätzen. Es wird verwendet, um Unsicherheiten zu quantifizieren und statistische Tests oder Konfidenzintervalle zu berechnen, ohne zusätzliche Daten erheben zu müssen.

Signifikanz: Statistisch signifikant wird das Ergebnis eines statistischen Tests genannt, wenn Stichprobendaten so stark von einer vorher festgelegten Annahme (der Nullhypothese) abweichen, dass diese Annahme nach einer vorher festgelegten Regel verworfen werden muss.

Standortfremd: Standortfremde Arten sind Arten, die in einer grösseren Region (z. B. der Schweiz) zwar einheimisch sind, jedoch an einem konkreten Standort oder in einem bestimmten Gewässer nicht zum natürlichen Artenspektrum gehören und dort ursprünglich nicht vorkommen.

Stochastisch: Als stochastisch werden Ereignisse oder Ergebnisse bezeichnet, die bei Wiederholung desselben Vorgangs nicht immer, sondern nur manchmal eintreten, und deren Eintreten für den Einzelfall nicht vorhersagbar ist.

Thermokline: Schicht in einem stehenden Gewässer (z.B. See), in der die Wassertemperatur mit zunehmender Tiefe stark und relativ rasch abnimmt. Sie trennt das warme, gut durchmischte Oberflächenwasser (Epilimnion) vom kälteren Tiefenwasser (Hypolimnion).

Trophiegrad: Der Trophiegrad charakterisiert die Nährstoffbedingungen für Pflanzen in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen. Er umfasst die Zustandsstufen oligotroph (nährstoffarm), mesotroph (Standorte mit mittlerer Nährstoffversorgung), eutroph (nährstoffreich) und hypertroph (übermässig nährstoffreich).

Ultraoligotrophie: Ultraoligotrophie bezeichnet den extrem nährstoffarmen Zustand eines Gewässers (< 5 µg P/L Gesamtphosphor). Es handelt sich um die niedrigste Stufe im Trophiesystem von Seen und beschreibt Gewässer mit besonders geringen Konzentrationen an Phosphor, Stickstoff und Algenbiomasse.

10 Literaturverzeichnis

1. Tickner, David, Jeffrey J Opperman, Robin Abell, Mike Acreman, Angela H Arthington, Stuart E Bunn, Steven J Cooke, et al. 2020. Bending the Curve of Global Freshwater Biodiversity Loss: An Emergency Recovery Plan. *BioScience* 70: 330–342. https://doi.org/10.1093/biosci/biaa002.
2. BAFU (Hrsg.). 2022. *Gewässer in der Schweiz. Zustand und Massnahmen*. Umwelt-Zustand Nr. 2207. Bern: Bundesamt für Umwelt.
3. Geist, Juergen. 2011. Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. *Ecological Indicators* 11. Elsevier: 1507–1516.
4. Ritterbusch, D., and U. Brämick. 2015. *Verfahrensvorschlag zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Seen anhand der Fische*. Potsdam: Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow (IfB).
5. Luger, Martin, Barbara Kammerlander, Barbara Pamminger-Lahnsteiner, Daniela Achleitner, and Hubert Gassner. 2025. Die Fischgemeinschaften in Österreichischen Seen> 50 ha: Erhebung und Bewertung nach EU-WRRL und ALFI (Austrian Lake Fish Index). *Österreichische Wasser-und Abfallwirtschaft* 77. Springer: 289–296.
6. Bader, S., B. Scholz, P. Vonlanthen, and A. Brinker. 2021. *Seewandel Projekt L12 - Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erfassung der Fischbestände im Bodensee - Darstellung der Befischungsergebnisse und Bewertung des ökologischen Zustands*. Bericht für die IBKF. Langenargen: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Fachbereich 4: Fischerei.
7. Vonlanthen, P., and G. Périat. 2021. *Projet Lac - Methodenbericht - Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erfassung des Fischbestands in stehenden Gewässern*. Cordast: Aquabios GmbH, Teleos Suisse sàrl.
8. DIN EN 14757. 2015. *Wasserbeschaffenheit - Probenahme von Fischen mittels Multi-Maschen-Kiemennetzen; Deutsche Fassung EN 14757:2015*. DIN - Normausschuss Wasserwesen (NAW).
9. Bader, Steffen, Julia Gaye-Siessegger, Barbara Scholz, Mário Mota-Ferreira, and Alexander Brinker. 2024. Obtaining accurate population estimates with reduced workload and lower fish mortality in multi-mesh gillnet sampling of a large pre-alpine lake. *PLOS ONE* 19. Public Library of Science: 1–30. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299774.
10. Appelberg, M., B. Berquist, and E. Degerman. 2000. Using fish to assess environmental disturbance of Swedish lakes and streams - a preliminary approach. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Agewandte Limnologie*: 311–315.
11. Alexander, T. J., P. Vonlanthen, G. Périat, J. C. Raymond, F. Degiorgi, and O. Seehausen. 2016. *Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Bodensee*. Projet Lac. Kastanienbaum: EAWAG.
12. Degiorgi, F. 1994. Etude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. **Besançon**: Université de Franche-Comté.
13. Vonlanthen, P., and G. Périat. 2021. *Methodik zur standardisierten Befischung von Stehgewässern der Schweiz*. Cordast: Aquabios GmbH, Teleos Suisse sàrl.
14. Vonlanthen, P., T. Kreienbühl, and G. Périat. 2019. *Standardisierte Befischung Sempachersee - Resultate der Erhebungen vom September 2018*. Auftraggeber: Kanton Luzern, Dienststelle Landwirtschaft Und Wald, Sursee. Aquabios GmbH.
15. Balk, H., and T. Lindem. 2014. *Sonar4 and Sonar5 post processing systems, Operator manual version 6.0.3*. Oslo: CageEye A/S.
16. Love, Richard H. 1971. Dorsal-aspect target strength of an individual fish. *The Journal of the Acoustical Society of America* 49. Acoustical Society of America: 816–823.
17. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB). 2024. *Limnologischer Bericht Bodensee*. Bericht. IGKB.
18. Eckmann, Reiner. 1987. A comparative study on the temperature dependence of embryogenesis in three coregonids (Coregonus spp.) from Lake Constance. *Swiss journal of hydrology* 49: 353–362. https://doi.org/10.1007/BF02538295.
19. Davis, John C. 1975. Minimal Dissolved Oxygen Requirements of Aquatic Life with Emphasis on Canadian Species: a Review. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32: 2295–2332. https://doi.org/10.1139/f75-268.

20. Alexander, T. J., P. Vonlanthen, G. Périat, F. Degiorgi, J. C. Raymond, and O. Seehausen. 2015. Estimating whole-lake fish catch per unit effort. *Fisheries Research* 172: 287–302.
21. Treiber, Petra, Fritz Bauer, Hans-Ruedi Bürgi, Heinz Ehmann, Hans Güde, Walter Sieger, Oliver Stenzel, and Lucia Walser. 2009. *Limnologische Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees*. 55. IGKB Blaue Berichte. Augsburg: Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB).
22. Eckmann, R., Rösch, R. 1998. Lake Constance fisheries and fish ecology. *Advanc. Limnol.* 53: 285–301.
23. Chai, Min J, Nina G Bogutskaya, Susanne Reier, Rok Friedrich, Hans Rund, Sabine Wanzenböck, Josef Wanzenböck, et al. 2026. Data collected in a citizen scientist study uncover a new species record of Phoxinus minnow for Austria. *Environmental Monitoring and Assessment* 198. Springer: 319.
24. Jacobs, Arne, Samuel Roch, Barnaby Roberts, Maria Capstick, and Alexander Brinker. 2026. Revisiting the genetics of Lake Constance Coregonids using lake-wide whole genome sequencing. *bioRxiv*. Cold Spring Harbor Laboratory: 2026–01.
25. Zaugg, B., P. Stucki, J. C. Pedroli, and A. Kirchhofer. 2003. *Fauna Helvetica - Pisces Atlas*. Neuchâtel: CSCF/SZKF.
26. Alexander, T., and O. Seehausen. 2021. *Diversity, distribution and community composition of fish in perialpine lakes - "Projet Lac" synthesis report*. Kastanienbaum: Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
27. Palandačić, Anja, Alexander Naseka, David Ramler, and Harald Ahnelt. 2017. Contrasting morphology with molecular data: an approach to revision of species complexes based on the example of European Phoxinus (Cyprinidae). *BMC evolutionary biology* 17. Springer: 184.
28. Calegari, Bárbara B, Jörg Freyhof, Conor Waldock, Bernhard Wegscheider, Dario Josi, Lukas Rüber, and Ole Seehausen. 2025. Two new species of stone loaches of the genus Barbatula (Cypriniformes: Nemacheilidae) from Europe with a neotype designation of B. barbatula (Teleostei: Nemacheilidae). *Journal of Fish Biology* 107. Wiley Online Library: 1364–1397.
29. Frei, David. 2018. Whole-genome sequencing of an extinct whitefish species reveals extensive introgression after speciation reversal. MsC, Bern: Universität Bern.
30. Frei, D., R. De-Kayne, O. Selz, O. Seehausen, and P.G.D. Feulner. 2022. Genomic variation from an extinct species is retained in the extant radiation following speciation reversal. *Nature Ecology & Evolution* 6: 461–468.
31. Frei, D., P. Reichlin, O. Seehausen, and P.G.D. Feulner. 2022. Introgression from extinct species facilitates adaptation to its vacated niche. *Molecular Ecology* 32: 841–853. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/mec.16791.
32. Madenjian, Charles P, David B Bunnell, David M Warner, Steven A Pothoven, Gary L Fahnenstiel, Thomas F Nalepa, Henry A Vanderploeg, Iyob Tsehaye, Randall M Claramunt, and Richard D Clark Jr. 2015. Changes in the Lake Michigan food web following dreissenid mussel invasions: a synthesis. *Journal of Great Lakes Research* 41. Elsevier: 217–231.

11 Anhang

11.1 Standorte der Befischungen

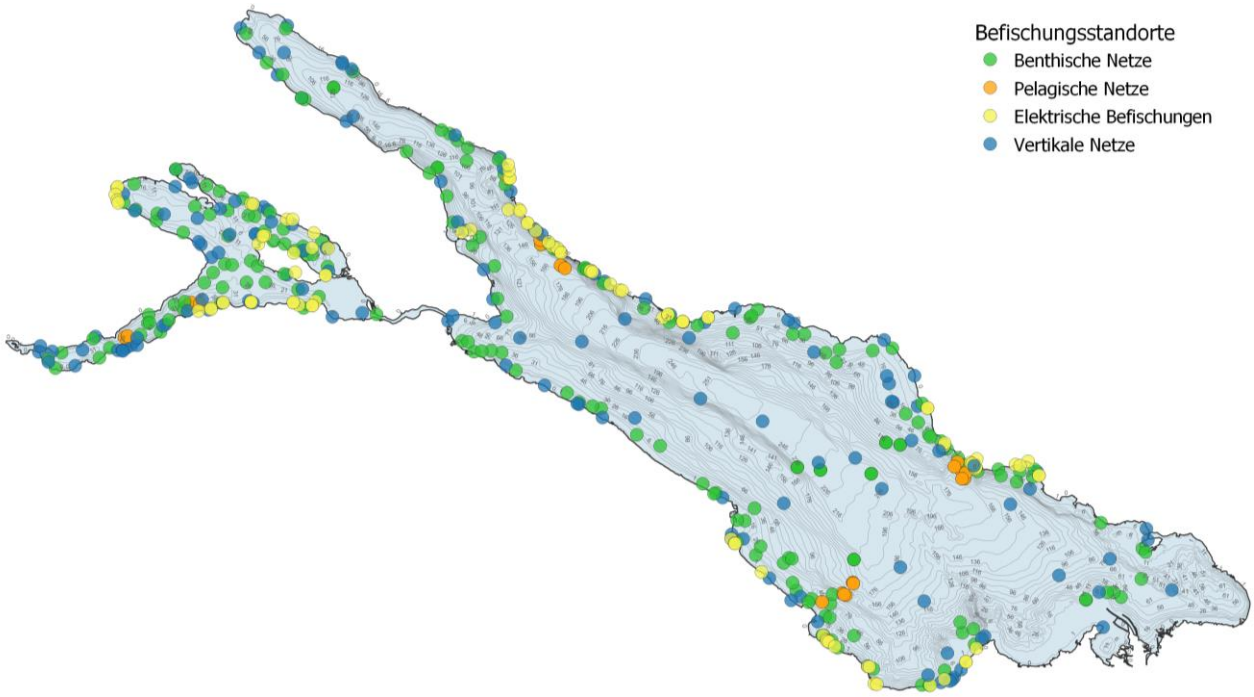


Abbildung 11-1. Standorte der Befischungen im Bodensee von 2014 (alle Protokolle).

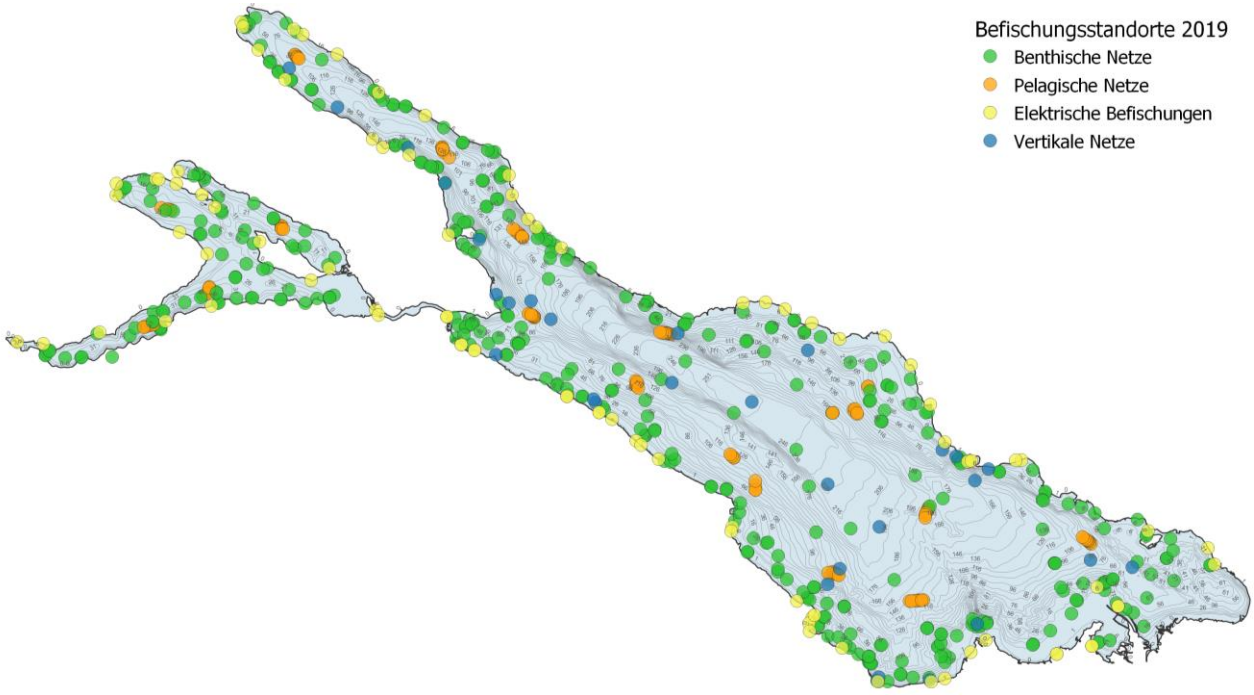


Abbildung 11-2. Standorte der Befischungen im Bodensee von 2019 (alle Protokolle).

11.2 Rohfangdaten

11.2.1 Rohfangdaten Bodensee Obersee 2014

Tabelle 11-1. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der 2014 im Obersee gefangenen Fische pro Art und für die verschiedenen Fangmethoden. Unterschiede zu den früheren Tabellen können durch minimale Fehler in Daten erklärt werden, die nun behoben wurden.

Fischart		Anzahl Individuen					
		Benthisch	Pelagisch	Elektrisch	Vertikal		Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_net	CEN_pelagic_net	Electrofishing	Vertical_benthic_net	Vertical_pelagic_battery	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	4846	3	79	358	355	5641
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	1019	1002	4	8	430	2463
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	1538	-	2	87	59	1686
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	102	-	270	112	4	488
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	253	-	49	81	8	391
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	134	-	155	60	10	359
Güster/ Blicke	*Blicca bjoerkna*	68	-	48	27	-	143
Felchen	*Coregonus spp.*	14	39	-	-	62	115
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	40	-	50	4	5	99
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	21	-	37	30	-	88
Schmerle	*Barbatula barbatula*	30	-	22	-	-	52
Zander	*Sander lucioperca*	22	-	-	3	1	26
Brachse / Blei	*Abramis brama*	8	-	12	4	1	25
Hecht	*Esox lucius*	8	-	10	3	-	21
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	20	-	-	20
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	7	-	-	8	-	15
Schleie	*Tinca tinca*	2	-	8	1	-	11
Gründling	*Gobio spp.*	1	-	9	-	-	10
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	4	1	-	-	5	10
Groppe / Mühlkoppe	*Cottus gobio*	3	-	5	-	-	8
Atlantische Forelle	*Salmo trutta*	-	-	3	-	3	6
Karpfen	*Cyprinus carpio*	1	-	1	2	-	4
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	3	-	-	-	-	3
Giebel	*Carassius gibelio*	-	-	-	2	-	2
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	-	-	1	-	-	1
Regenbogenforelle	*Oncorhynchus mykiss*	-	-	-	-	1	1
Wels	*Silurus glanis*	-	-	1	-	-	1
Total		**8124**	**1045**	**786**	**790**	**944**	**11689**
Anzahl Arten	27	21	4	20	16	13	27

Fischart		Biomasse (kg)					
		Benthisch	Pelagisch	Elektrisch	Vertikal		Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_net	CEN_pelagic_net	Electrofishing	Vertical_benthic_net	Vertical_pelagic_battery	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	61.57	0.02	1.02	5.59	3.01	71.21
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	4.84	2.52	0.00	0.05	2.05	9.46
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	23.51	-	0.01	1.72	1.23	26.47
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	5.05	-	0.64	4.41	0.16	10.26
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	10.18	-	0.08	4.07	0.15	14.48
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	1.23	-	0.08	0.84	0.12	2.26
Güster/ Blicke	*Blicca bjoerkna*	3.38	-	0.05	3.45	-	6.88
Felchen	*Coregonus spp.*	1.18	6.37	-	-	6.88	14.43
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	4.15	-	0.55	0.14	0.38	5.21
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	8.17	-	4.59	21.69	-	34.45
Schmerle	*Barbatula barbatula*	0.13	-	0.08	-	-	0.21
Zander	*Sander lucioperca*	0.68	-	-	0.17	7.50	8.34
Brachse / Blei	*Abramis brama*	0.22	-	0.07	0.06	0.00	0.35
Hecht	*Esox lucius*	2.52	-	0.14	0.38	-	3.04
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	3.80	-	-	3.80
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	0.16	-	-	0.15	-	0.32
Schleie	*Tinca tinca*	0.40	-	0.04	0.30	-	0.73
Gründling	*Gobio spp.*	0.01	-	0.00	-	-	0.01
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	0.56	0.17	-	-	0.55	1.29
Groppe / Mühlkoppe	*Cottus gobio*	0.01	-	0.03	-	-	0.04
Atlantische Forelle	*Salmo trutta*	-	-	0.46	-	1.64	2.10
Karpfen	*Cyprinus carpio*	2.94	-	3.17	7.00	-	13.12
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	0.23	-	-	-	-	0.23
Giebel	*Carassius gibelio*	-	-	-	1.97	-	1.97
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	-	-	0.05	-	-	0.05
Regenbogenforelle	*Oncorhynchus mykiss*	-	-	-	-	1.28	1.28
Wels	*Silurus glanis*	-	-	0.03	-	-	0.03
Total		**131.11**	**9.09**	**14.88**	**51.96**	**24.96**	**232.00**
Anzahl Arten	27	21	4	20	16	13	27

11.2.2 Rohfangdaten Bodensee Obersee 2019

Tabelle 11-2. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der 2019 im Obersee gefangenen Fische pro Art und für die verschiedenen Fangmethoden. Unterschiede zu den früheren Tabellen können durch minimale Fehler in Daten erklärt werden, die nun behoben wurden.

Fischart		Anzahl Individuen							
		Benthisch		Pelagisch		Elektrisch	Vertikal		Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_MOD_A	CEN_benthic_net	CEN_pelagic_MOD_A	CEN_pelagic_net	Electric_fishing_foot	Vertical_benthic_net	Vertical_pelagic_battery_CH	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	3644	2656	3	1	546	70	51	6971
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	138	67	18	-	2623	22	64	2932
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	301	74	187	284	4	2	254	1106
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	49	12	-	-	790	-	2	853
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	411	108	1	-	294	9	6	829
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	63	5	-	-	657	-	-	725
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	416	157	-	-	1	-	36	610
Schmerle	*Barbatula barbatula*	18	22	-	-	236	-	-	276
Brachse / Blei	*Abramis brama*	71	23	-	-	167	-	-	261
Felchen	*Coregonus sp*	61	17	73	13	-	-	39	203
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	33	28	-	-	77	-	-	138
Güster / Blicke	*Blicca bjoerkna*	104	30	-	-	-	-	-	134
Schleie	*Tinca tinca*	7	5	-	-	87	-	1	100
Wels	*Silurus glanis*	9	2	-	-	55	-	-	66
Zander	*Sander lucioperca*	38	5	-	-	-	-	-	43
Giebel	*Carassius gibelio*	7	-	-	-	32	-	-	39
Hecht	*Esox lucius*	19	2	-	-	18	-	-	39
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	-	-	28	-	-	28
Karpfen	*Cyprinus carpio*	5	1	-	-	20	-	-	26
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	19	1	-	-	4	-	-	24
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	9	7	2	-	-	-	-	18
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	-	15	-	-	15
Kamberkrebs	*Orconectes limosus*	3	5	-	-	6	1	-	15
Groppe / Mühlkoppe	*Cottus gobio*	3	1	-	-	6	-	3	13
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	4	4	1	-	-	-	-	9
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	2	1	-	-	5	-	-	8
Gründling	*Gobio gobio*	-	-	-	-	7	-	-	7
Seesaibling	*Salvelinus sp*	-	-	-	-	-	-	3	3
Blaubandbärbling	*Pseudorasbora parva*	1	-	-	-	-	-	-	1
Bitterling	*Rhodeus amarus*	-	-	-	-	1	-	-	1
Atlantische Forelle	*Salmo trutta*	-	-	1	-	-	-	-	1
Total		**5435**	**3233**	**286**	**298**	**5679**	**104**	**459**	**15494**
Anzahl Arten	31	25	23	8	3	23	5	10	31

Fischart		Biomasse (kg)							
		Benthisch		Pelagisch		Elektrisch	Vertikal		Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_MOD_A	CEN_benthic_net	CEN_pelagic_MOD_A	CEN_pelagic_net	Electric_fishing_foot	Vertical_benthic_net	Vertical_pelagic_battery_CH	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	70.70	37.23	0.04	0.02	2.92	2.87	0.58	114.36
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	1.20	0.49	0.30	-	1.83	0.24	0.74	4.81
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	1.15	0.25	0.58	0.97	0.00	0.01	0.98	3.94
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	2.48	0.66	-	-	1.93	-	0.08	5.15
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	32.82	3.93	0.05	-	0.15	0.36	2.18	39.49
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	24.51	1.33	-	-	3.02	-	-	28.85
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	9.97	3.79	-	-	-	-	0.80	14.56
Schmerle	*Barbatula barbatula*	0.06	0.05	-	-	0.92	-	-	1.03
Brachse / Blei	*Abramis brama*	5.57	0.03	-	-	0.10	-	-	5.70
Felchen	*Coregonus sp*	10.80	3.51	15.73	2.62	-	-	8.61	41.25
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	3.96	0.82	-	-	0.01	-	-	4.78
Güster / Blicke	*Blicca bjoerkna*	14.34	2.74	-	-	-	-	-	17.08
Schleie	*Tinca tinca*	0.55	0.03	-	-	6.42	-	0.09	7.09
Wels	*Silurus glanis*	3.16	0.89	-	-	15.03	-	-	19.08
Zander	*Sander lucioperca*	16.96	2.71	-	-	-	-	-	19.67
Giebel	*Carassius gibelio*	1.11	-	-	-	0.27	-	-	1.38
Hecht	*Esox lucius*	14.56	1.69	-	-	2.40	-	-	18.65
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	-	-	7.34	-	-	7.34
Karpfen	*Cyprinus carpio*	2.08	0.01	-	-	42.90	-	-	45.00
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	4.36	0.16	-	-	0.23	-	-	4.75
Seesaibling	*Salvelinus umbla*	1.79	1.19	0.36	-	-	-	-	3.34
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	-	0.01	-	-	0.01
Kamberkrebs	*Orconectes limosus*	0.09	0.14	-	-	-	0.03	-	0.26
Groppe / Mühlkoppe	*Cottus gobio*	0.01	0.00	-	-	0.00	-	0.02	0.03
Tiefseesaibling	*Salvelinus profundus*	0.14	0.12	0.01	-	-	-	-	0.27
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	0.11	0.04	-	-	0.21	-	-	0.35
Gründling	*Gobio gobio*	-	-	-	-	0.00	-	-	0.00
Seesaibling	*Salvelinus sp*	-	-	-	-	-	-	0.23	0.23
Blaubandbärbling	*Pseudorasbora parva*	0.00	-	-	-	-	-	-	0.00
Bitterling	*Rhodeus amarus*	-	-	-	-	0.00	-	-	0.00
Atlantische Forelle	*Salmo trutta*	-	-	0.93	-	-	-	-	0.93
Total		**222.48**	**61.79**	**18.00**	**3.61**	**85.70**	**3.52**	**14.30**	**409.40**
Anzahl Arten	31	25	23	8	3	21	5	10	31

11.2.3 Rohfangdaten Bodensee Untersee 2014

Tabelle 11-3. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der 2014 im Untersee gefangenen Fische pro Art und für die verschiedenen Fangmethoden. Unterschiede zu den früheren Tabellen können durch minimale Fehler in Daten erklärt werden, die nun behoben wurden. So wurde beispielsweise ein 2014 als Groppe erfasstes Individuum aufgrund einer später festgestellten Dateneingabefehlers als Alet (Squalius cephalus) korrigiert.

Fischart		Anzahl Individuen					
		Benthisch	Pelagisch	Elektrisch	Vertikal		Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_net	CEN_pelagic_net	Electrofishing	Vertical_benthic_net	Vertical_pelagic_battery	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	1444	1	19	64	145	1673
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	95	134	18	2	-	249
Felchen	*Coregonus spp.*	12	65	-	-	132	209
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	7	-	127	13	-	147
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	76	2	-	3	13	94
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	45	4	-	14	24	87
Brachse / Blei	*Abramis brama*	12	-	52	5	-	69
Schmerle	*Barbatula barbatula*	42	-	17	-	-	59
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	13	-	30	5	1	49
Güster / Blicke	*Blicca bjoerkna*	26	-	15	-	-	41
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	11	3	13	4	1	32
Schleie	*Tinca tinca*	12	-	11	6	-	29
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	4	-	17	-	5	26
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	7	-	7	10	-	24
Karpfen	*Cyprinus carpio*	3	-	16	1	-	20
Hecht	*Esox lucius*	6	1	6	1	1	15
Atlantische Forelle	*Salmo trutta*	-	-	4	-	-	4
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	3	-	-	3
Wels	*Silurus glanis*	-	-	3	-	-	3
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	-	-	2	-	-	2
Zander	*Sander lucioperca*	2	-	-	-	-	2
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	1	-	1
Total		**1817**	**210**	**360**	**129**	**322**	**2838**
Anzahl Arten	22	17	7	17	13	8	22

Fischart		Biomasse (kg)					
		Benthisch	Pelagisch	Elektrisch	Vertikal		Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_net	CEN_pelagic_net	Electrofishing	Vertical_benthic_net	Vertical_pelagic_battery	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	17.03	0.02	0.37	0.74	1.37	19.52
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	0.13	0.12	0.02	0.01	-	0.27
Felchen	*Coregonus spp.*	1.55	4.47	-	-	7.62	13.64
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	0.72	-	1.16	6.09	-	7.97
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	0.89	0.05	-	0.04	0.42	1.40
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	0.94	0.10	-	0.67	0.46	2.16
Brachse / Blei	*Abramis brama*	0.05	-	0.00	0.02	-	0.08
Schmerle	*Barbatula barbatula*	0.03	-	0.04	-	-	0.07
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	1.08	-	0.27	0.32	0.03	1.70
Güster / Blicke	*Blicca bjoerkna*	0.15	-	0.05	-	-	0.20
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	0.05	0.01	0.01	0.06	0.01	0.13
Schleie	*Tinca tinca*	0.62	-	0.23	3.27	-	4.12
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	0.23	-	1.23	-	0.32	1.78
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	0.42	-	0.02	0.75	-	1.19
Karpfen	*Cyprinus carpio*	1.00	-	4.70	0.00	-	5.70
Hecht	*Esox lucius*	1.39	0.10	0.45	0.09	0.10	2.14
Atlantische Forelle	*Salmo trutta*	-	-	0.45	-	-	0.45
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	0.77	-	-	0.77
Wels	*Silurus glanis*	-	-	0.05	-	-	0.05
Sonnenbarsch	*Lepomis gibbosus*	-	-	0.03	-	-	0.03
Zander	*Sander lucioperca*	0.10	-	-	-	-	0.10
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	2.93	-	2.93
Total		**26.36**	**4.87**	**9.85**	**14.98**	**10.33**	**66.39**
Anzahl Arten	22	17	7	17	13	8	22

11.2.4 Rohfangdaten Bodensee Untersee 2019

Tabelle 11-4. Zusammenstellung der Anzahl und der Biomasse der 2019 im Untersee gefangenen Fische pro Art und für die verschiedenen Fangmethoden. Unterschiede zu den früheren Tabellen können durch minimale Fehler in Daten erklärt werden, die nun behoben wurden.

Fischart		Anzahl Individuen					
		Benthisch		Pelagisch		Elektrisch	Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_MOD_A	CEN_benthic_net	CEN_pelagic_MOD_A	CEN_pelagic_net	Electric_fishing_foot	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	1015	612	2	7	35	1671
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	34	16	2	3	397	452
Brachse / Blei	*Abramis brama*	13	18	-	-	328	359
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	9	5	2	-	153	169
Schleie	*Tinca tinca*	15	14	2	-	80	111
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	20	12	2	63	-	97
Schmerle	*Barbatula barbatula*	3	1	-	-	56	60
Hecht	*Esox lucius*	22	7	-	-	4	33
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	1	2	-	-	23	26
Karpfen	*Cyprinus carpio*	8	-	-	-	16	24
Felchen	*Coregonus sp*	6	2	10	3	-	21
Wels	*Silurus glanis*	8	-	-	-	12	20
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	6	-	-	-	14	20
Zander	*Sander lucioperca*	9	7	-	-	-	16
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	-	12	12
Kamberkrebs	*Orconectes limosus*	4	3	-	-	5	12
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	7	3	-	-	-	10
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	-	-	8	8
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	4	3	-	-	-	7
Giebel	*Carassius gibelio*	1	-	-	-	5	6
Güster / Blicke	*Blicca bjoerkna*	2	1	-	-	-	3
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	1	-	-	-	1	2
Total		**1188**	**706**	**20**	**76**	**1149**	**3139**
Anzahl Arten	22	20	15	6	4	16	22

Fischart		Biomasse (kg)					
		Benthisch		Pelagisch		Elektrisch	Total
Detusch	Lateinisch	CEN_benthic_MOD_A	CEN_benthic_net	CEN_pelagic_MOD_A	CEN_pelagic_net	Electric_fishing_foot	
Barsch / Flussbarsch	*Perca fluviatilis*	15.38	6.65	0.02	0.05	0.37	22.47
Rotauge / Plötze	*Rutilus rutilus*	1.69	0.54	0.01	0.13	-	2.37
Brachse / Blei	*Abramis brama*	0.07	0.09	-	-	0.34	0.50
Ukelei / Laube	*Alburnus alburnus*	0.03	0.02	0.00	-	0.13	0.18
Schleie	*Tinca tinca*	1.57	0.06	0.00	-	0.53	2.16
Dreistachliger Stichling	*Gasterosteus aculeatus*	0.02	0.01	0.00	0.07	-	0.11
Schmerle	*Barbatula barbatula*	0.01	0.00	-	-	0.16	0.17
Hecht	*Esox lucius*	4.05	1.51	-	-	1.16	6.72
Hasel	*Leuciscus leuciscus*	0.08	0.18	-	-	0.02	0.28
Karpfen	*Cyprinus carpio*	0.73	-	-	-	30.46	31.20
Felchen	*Coregonus sp*	0.89	0.55	2.31	0.42	-	4.17
Wels	*Silurus glanis*	3.62	-	-	-	1.49	5.11
Döbel / Alet	*Squalius cephalus*	2.87	-	-	-	8.37	11.23
Zander	*Sander lucioperca*	4.47	1.05	-	-	-	5.52
Barbe	*Barbus barbus*	-	-	-	-	4.38	4.38
Kamberkrebs	*Orconectes limosus*	0.02	0.03	-	-	-	0.05
Rotfeder	*Scardinius erythrophthalmus*	1.51	0.91	-	-	-	2.41
Aal	*Anguilla anguilla*	-	-	-	-	1.43	1.43
Kaulbarsch	*Gymnocephalus cernua*	0.06	0.04	-	-	-	0.10
Giebel	*Carassius gibelio*	0.01	-	-	-	0.18	0.18
Güster / Blicke	*Blicca bjoerkna*	0.01	0.00	-	-	-	0.01
Quappe / Trüsche	*Lota lota*	0.18	-	-	-	-	0.18
Total		**37.24**	**11.64**	**2.35**	**0.67**	**49.03**	**100.93**
Anzahl Arten	22	20	15	6	4	13	22

11.3 Artspezifische Veränderungen für den gesamten See

11.3.1 Bodensee-Obersee

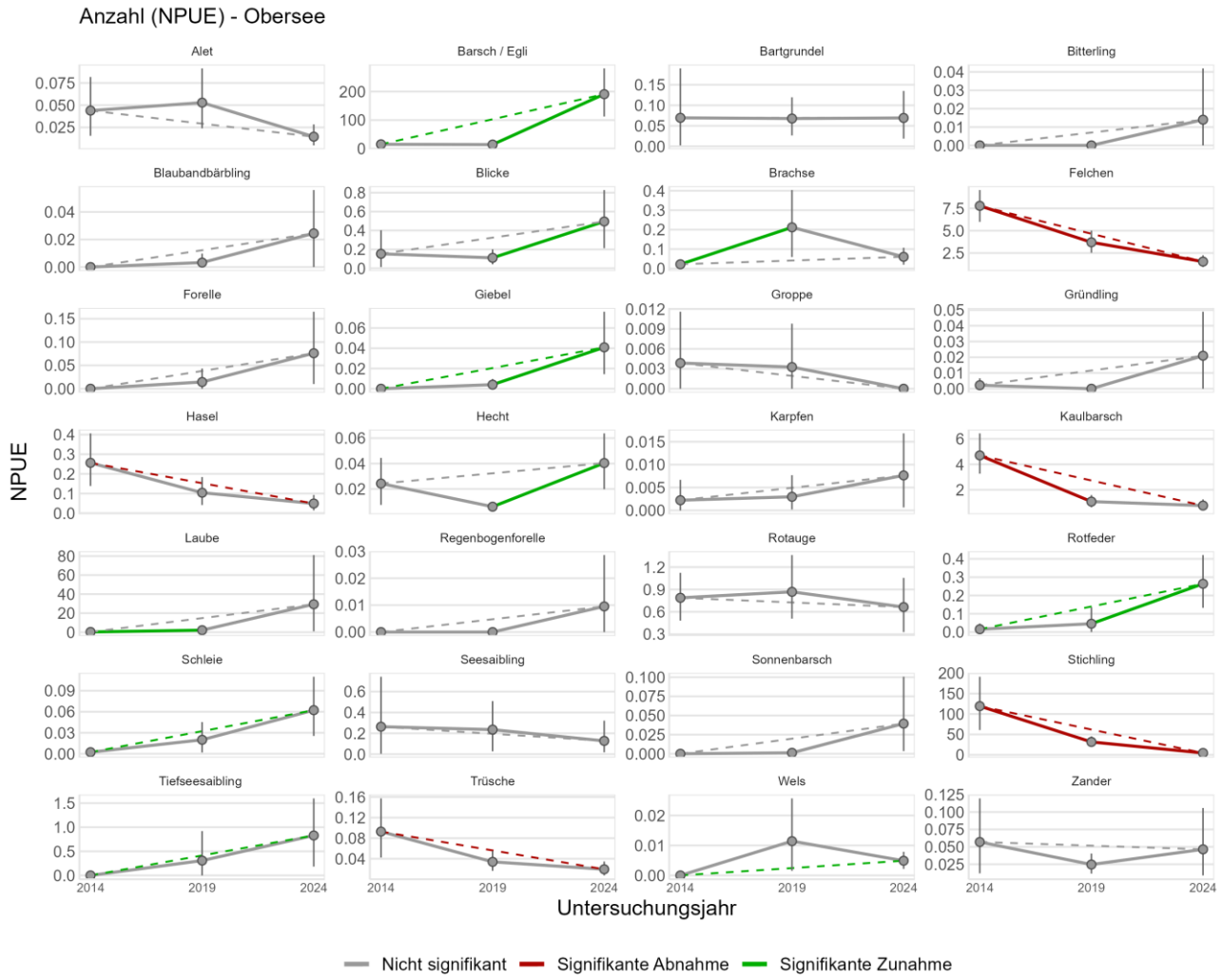


Abbildung 11-3. Fang pro Aufwandseinheit (Dichte) für alle im gesamten Bodensee-Obersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben. Das Ergebnis wird bei gewissen Fischarten stark von den pelagischen Fängen geprägt, da der pelagische Lebensraum ein grosser Anteil am gesamten Volumen des Obersees ausmacht.

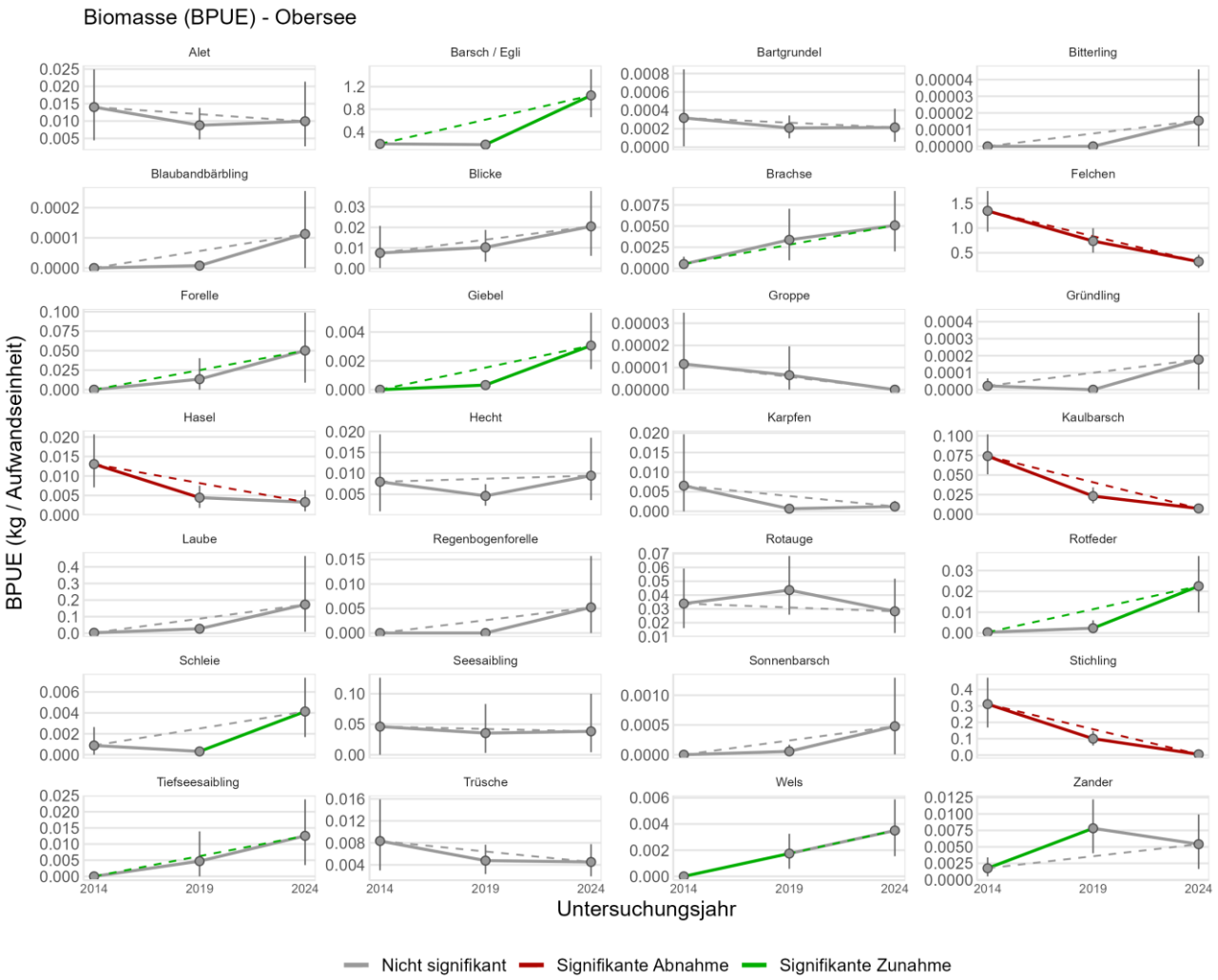


Abbildung 11-4. Fang pro Aufwandseinheit (Biomasse) für alle im gesamten Bodensee-Obersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben. Das Ergebnis wird bei gewissen Fischarten stark von den pelagischen Fängen geprägt, da der pelagische Lebensraum ein grosser Anteil am gesamten Volumen des Obersees ausmacht.

11.3.2 Bodensee-Untersee

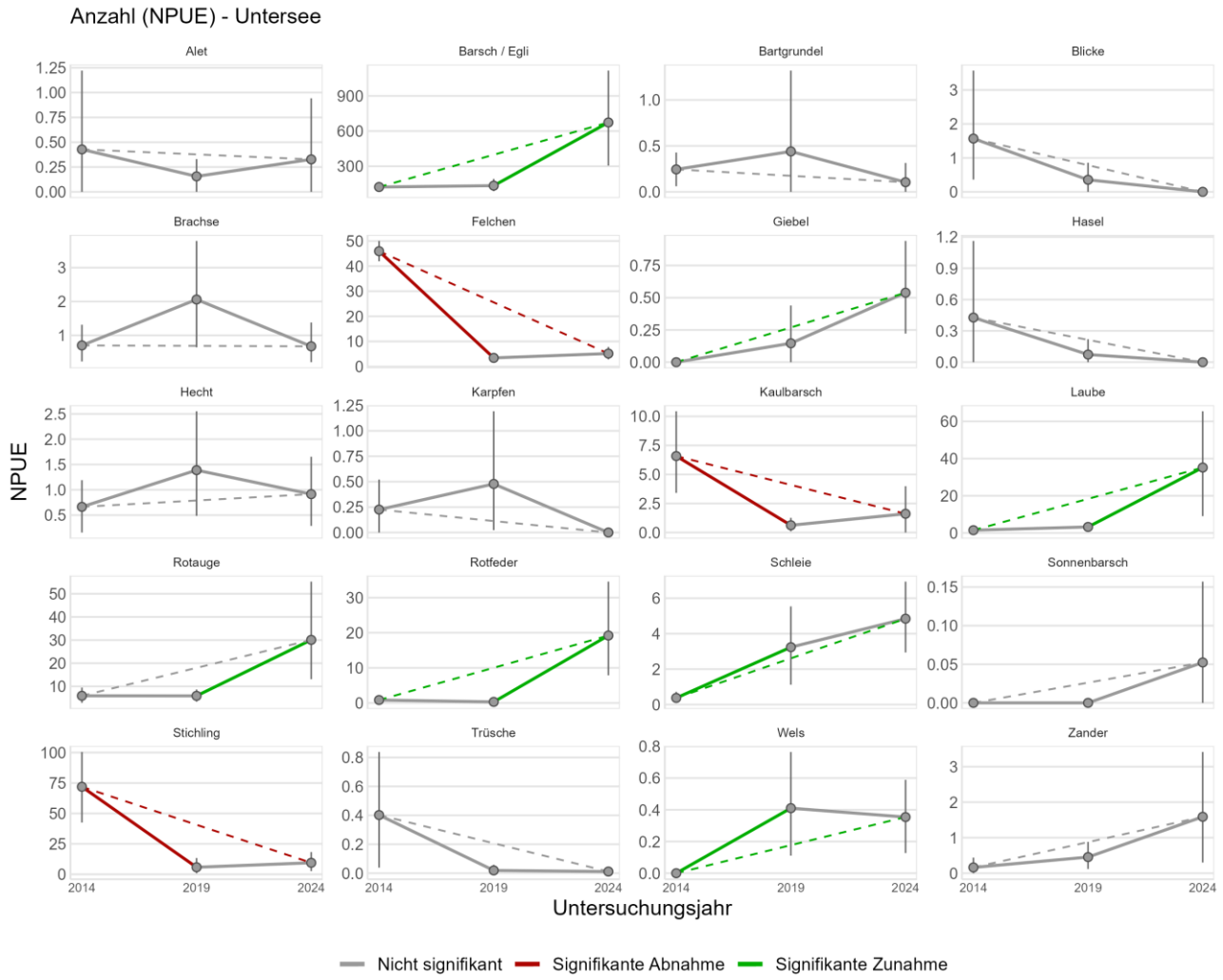


Abbildung 11-5. Fang pro Aufwandseinheit (Dichte) für alle im gesamten Bodensee-Untersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben. Das Ergebnis wird bei gewissen Fischarten stark von den pelagischen Fängen geprägt, da der pelagische Lebensraum ein grosser Anteil am gesamten Volumen des Obersees ausmacht.

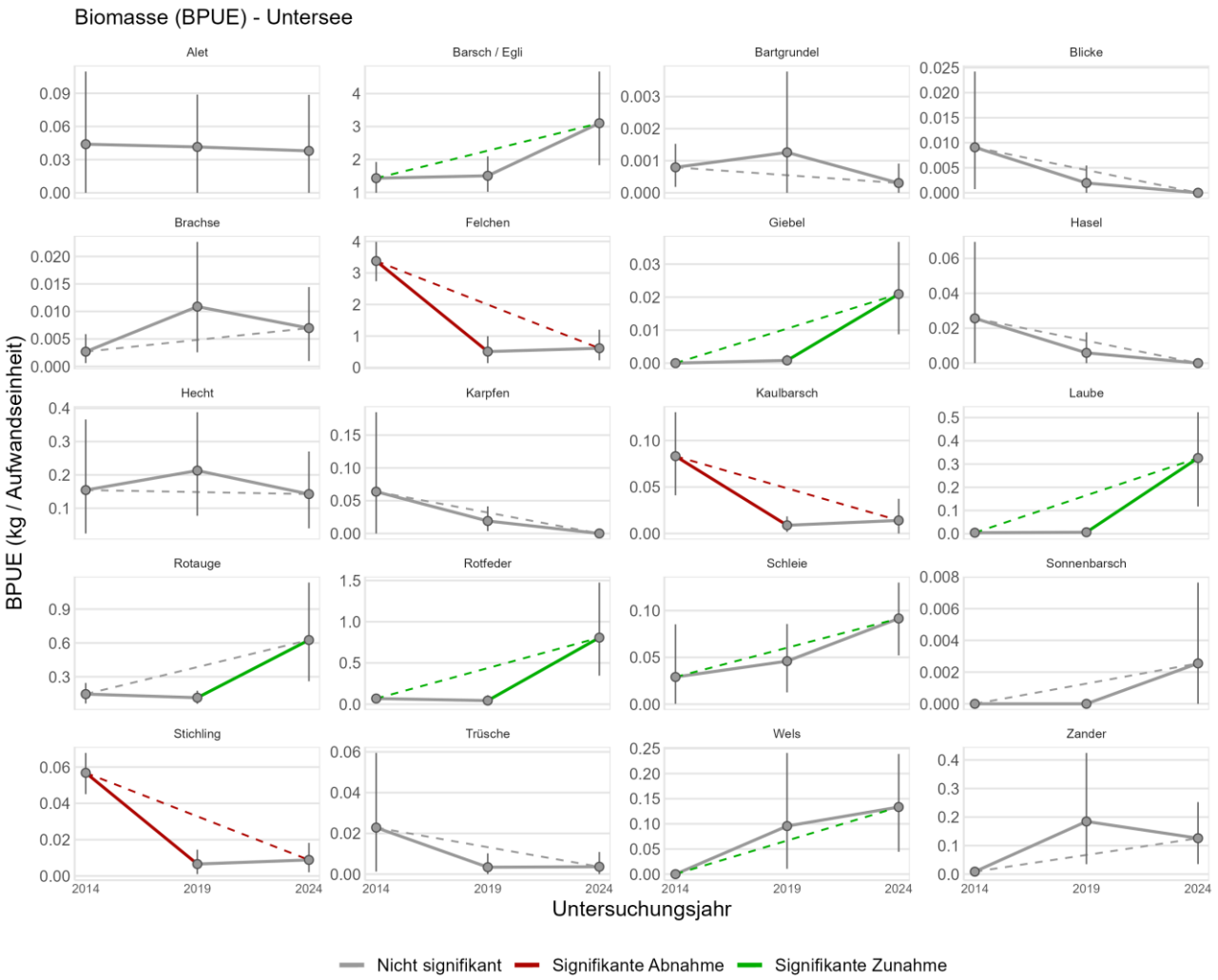


Abbildung 11-6. Fang pro Aufwandseinheit (Biomasse) für alle im gesamten Bodensee-Untersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von pelagischen und benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben. Das Ergebnis wird bei gewissen Fischarten stark von den pelagischen Fängen geprägt, da der pelagische Lebensraum ein grosser Anteil am gesamten Volumen des Obersees ausmacht.

11.4 Artspezifische Veränderungen in benthischen CEN-Netzen

11.4.1 Obersee

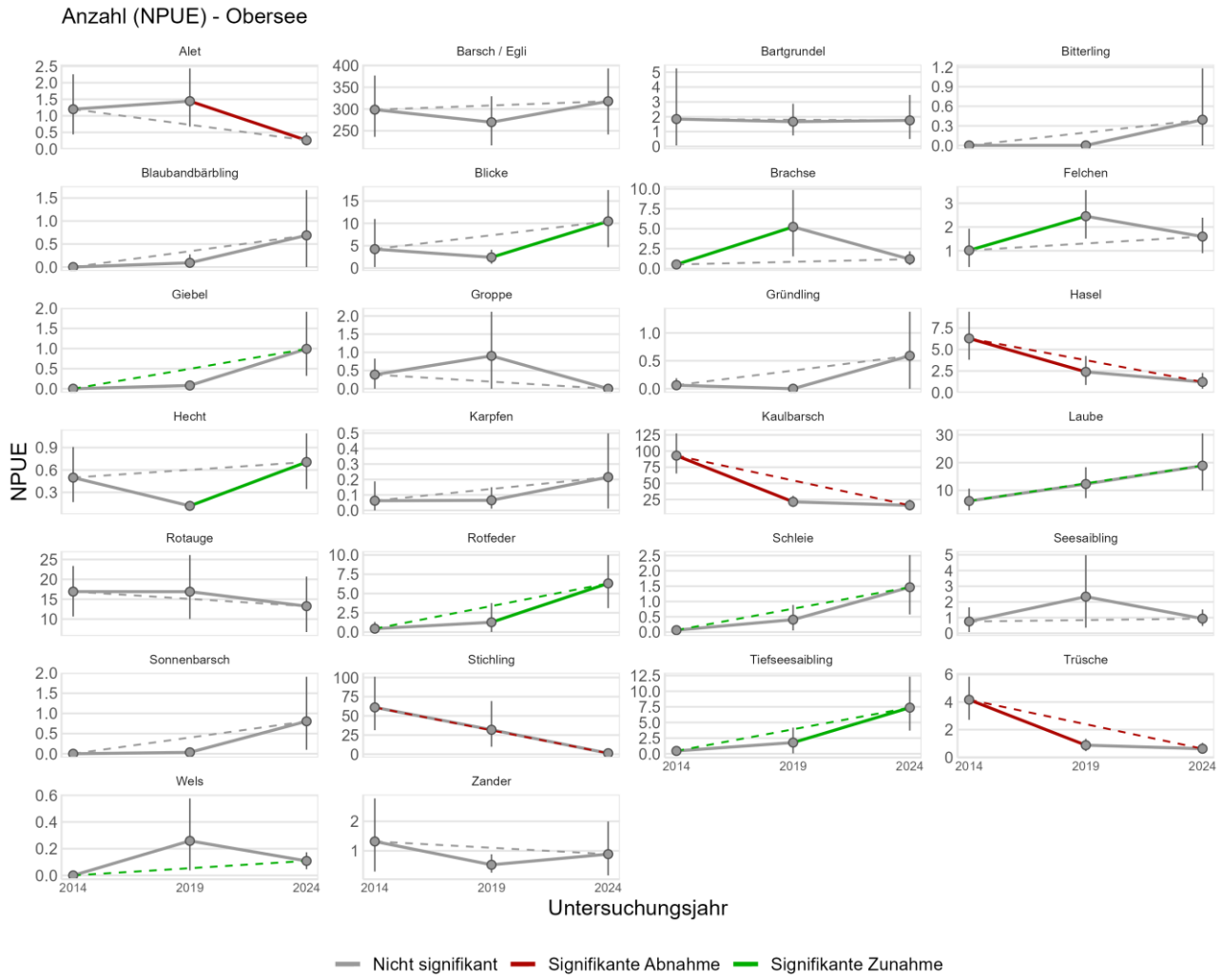


Abbildung 11-7. Fang pro Aufwandseinheit (Dichte) für alle im gesamten Bodensee-Obersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben.

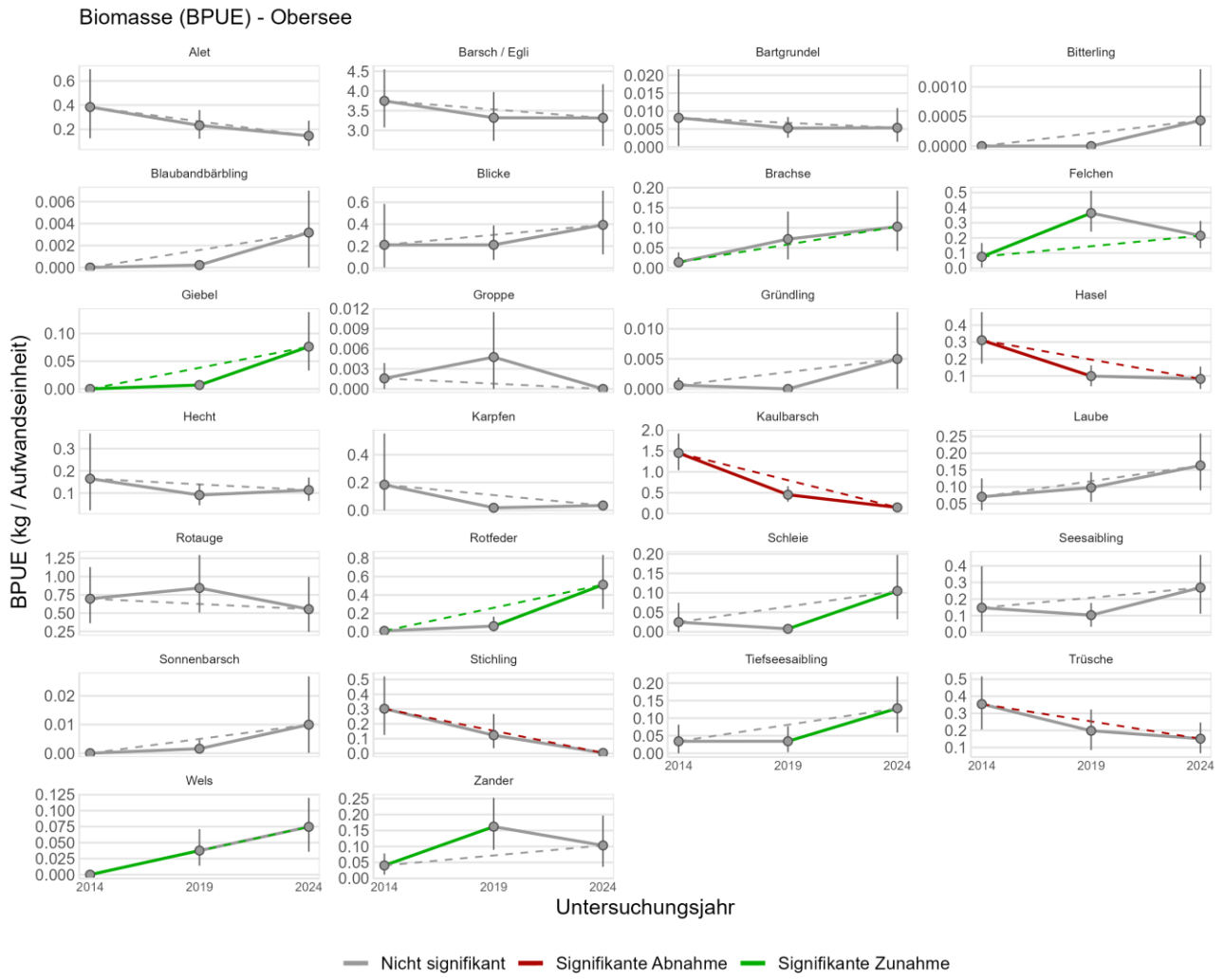


Abbildung 11-8. Fang pro Aufwandseinheit (Biomasse) für alle im gesamten Bodensee-Obersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemennetz angegeben.

11.4.2 Untersee

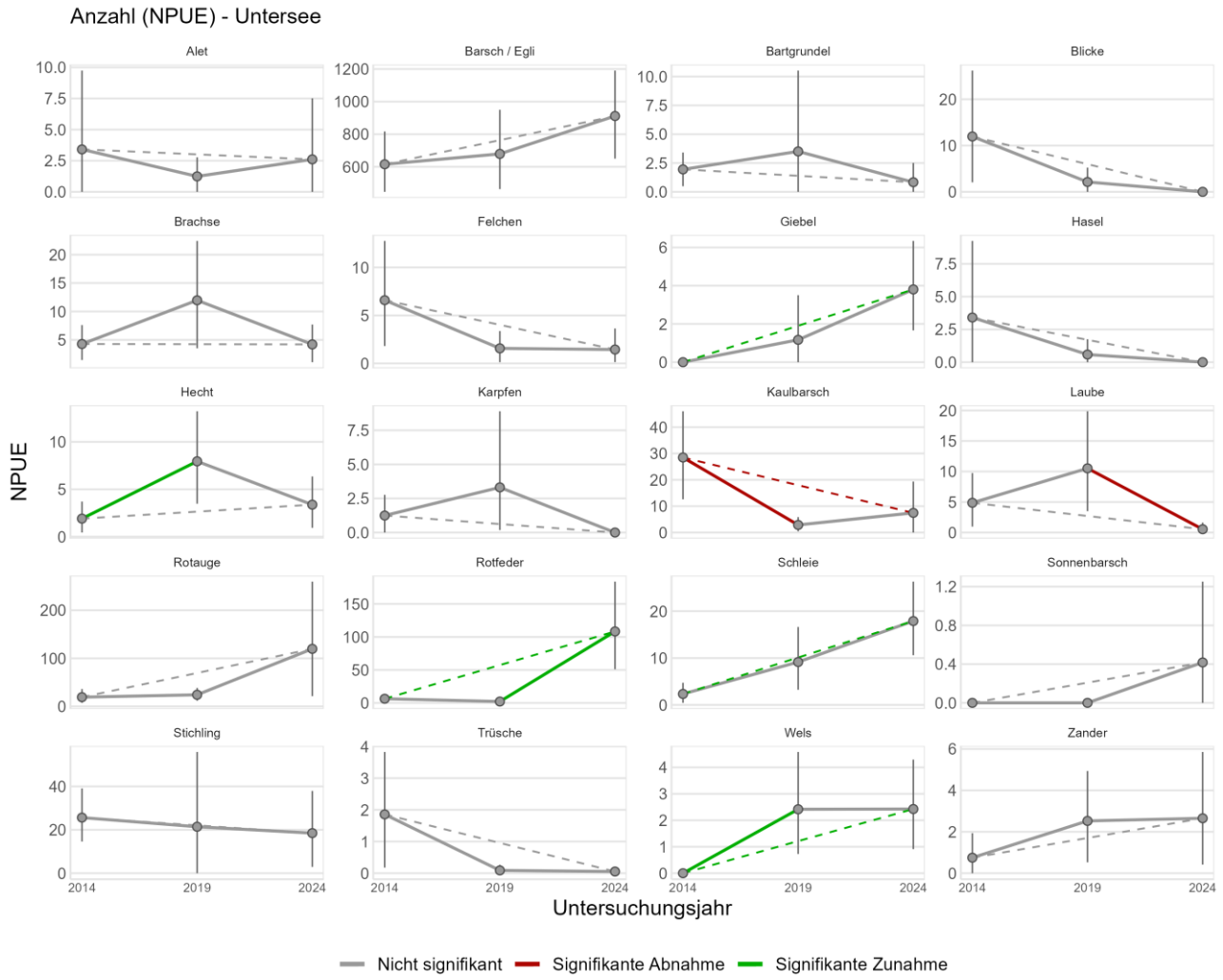


Abbildung 11-9. Fang pro Aufwandseinheit (Dichte) für alle im gesamten Bodensee-Untersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemen-netz angegeben.

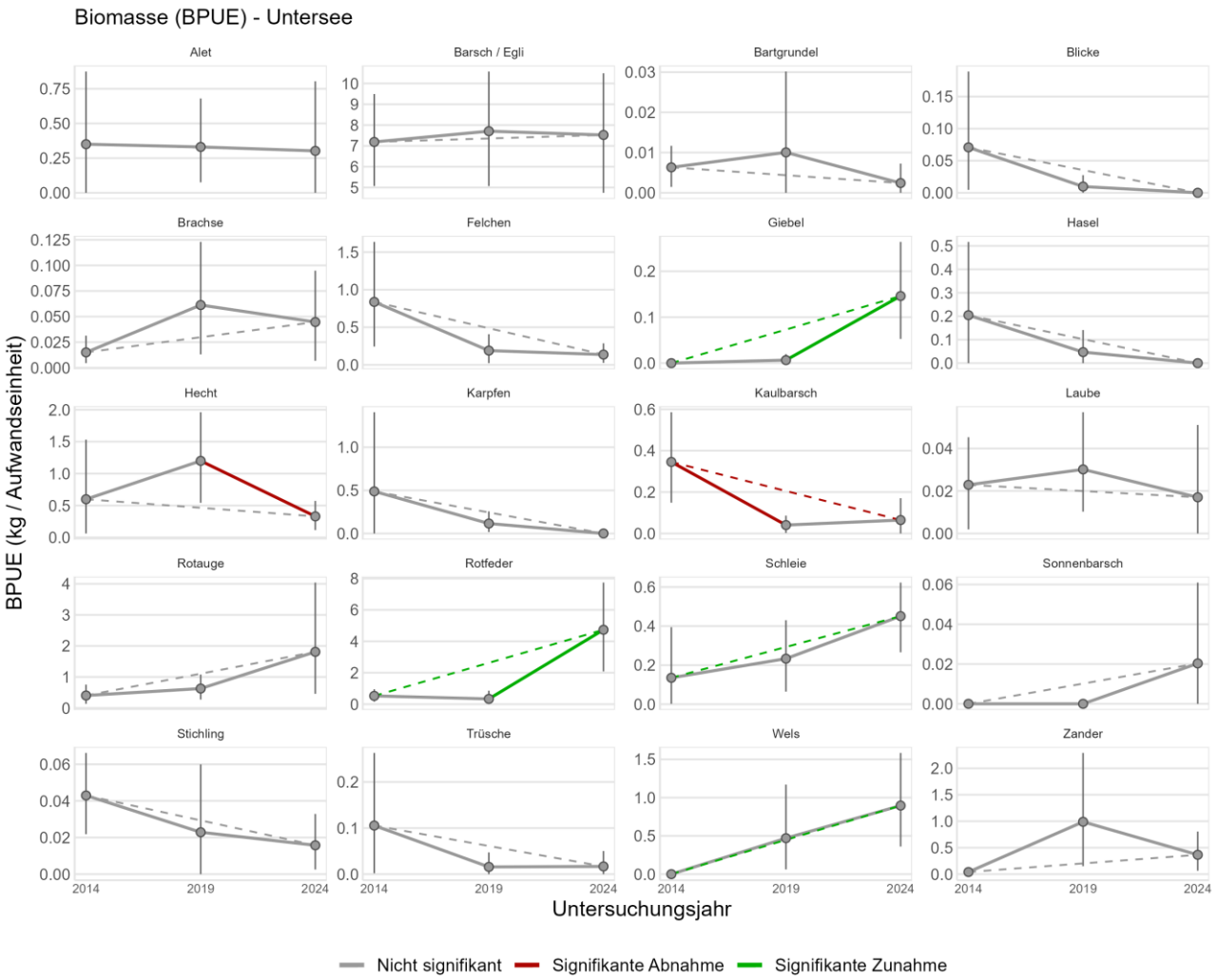


Abbildung 11-10. Fang pro Aufwandseinheit (Biomasse) für alle im gesamten Bodensee-Untersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von benthischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemen-netz angegeben.

11.5 Artspezifische Veränderungen in pelagischen CEN-Netzen

11.5.1 Obersee

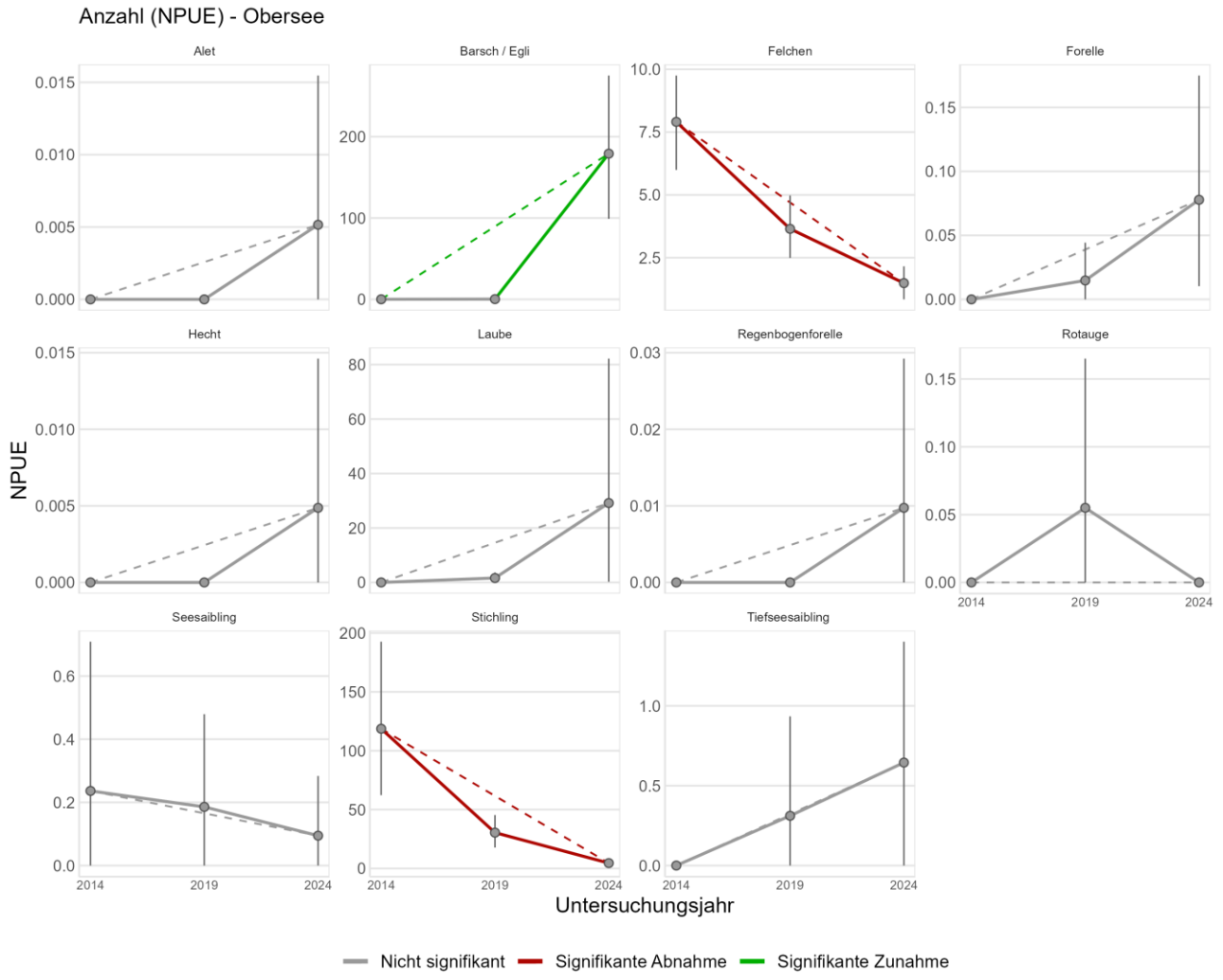


Abbildung 11-11. Fang pro Aufwandseinheit (Dichte) für alle im gesamten Bodensee-Obersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von pelagischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemen-netz angegeben.

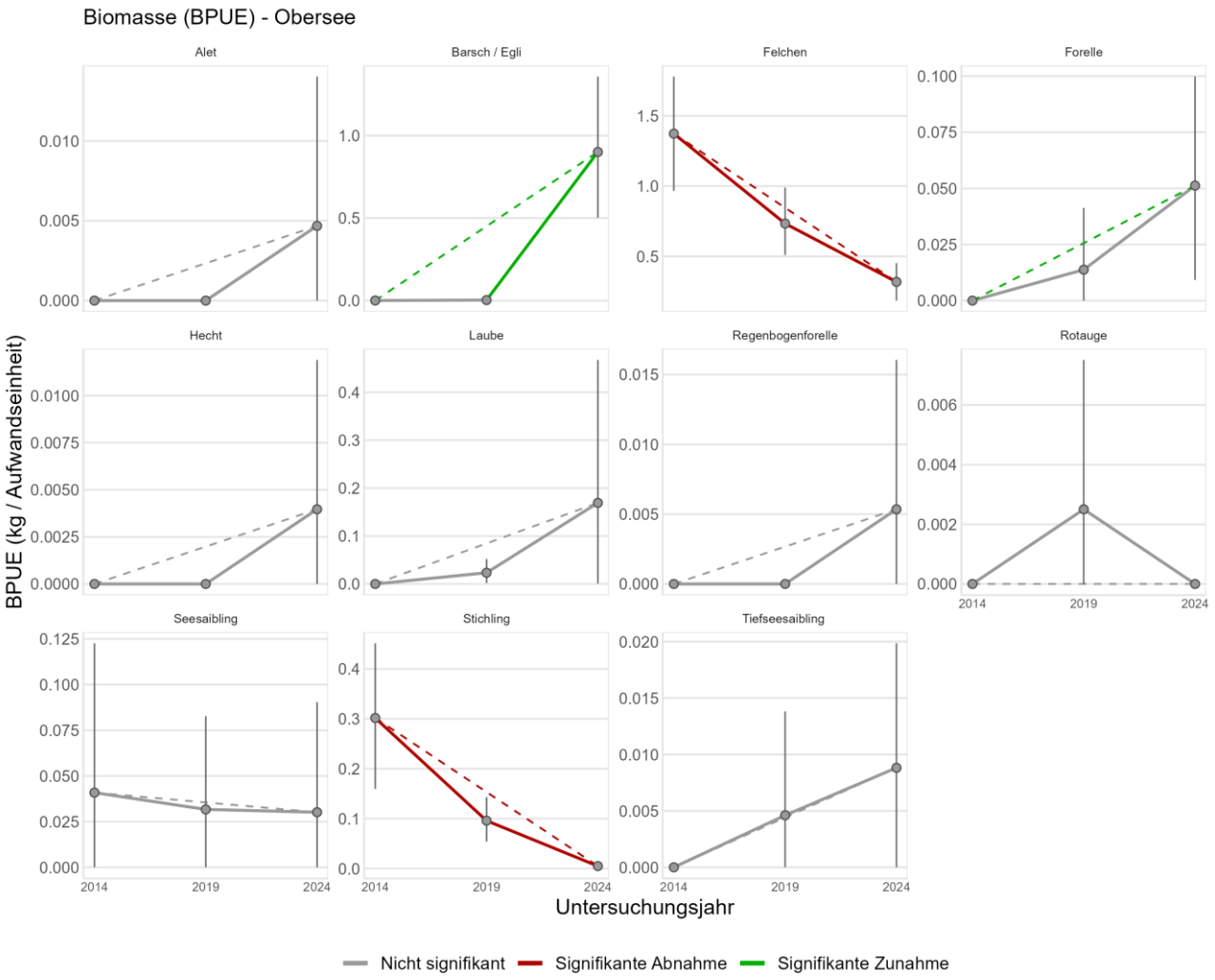


Abbildung 11-12. Fang pro Aufwandseinheit (Biomasse) für alle im gesamten Bodensee-Obersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von pelagischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemen-netz angegeben.

11.5.2 Untersee

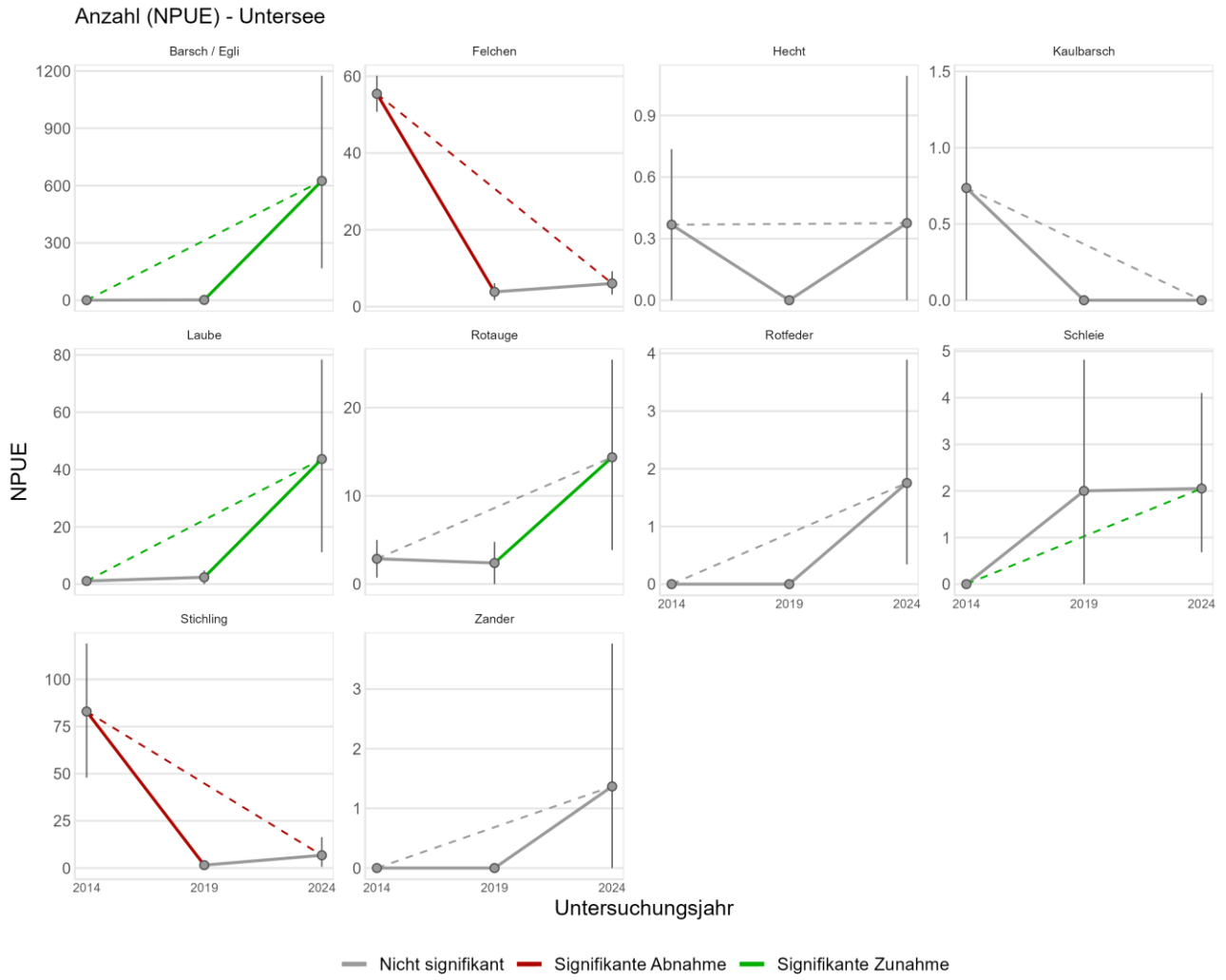


Abbildung 11-13. Fang pro Aufwandseinheit (Dichte) für alle im gesamten Bodensee-Untersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von pelagischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemen-netz angegeben.

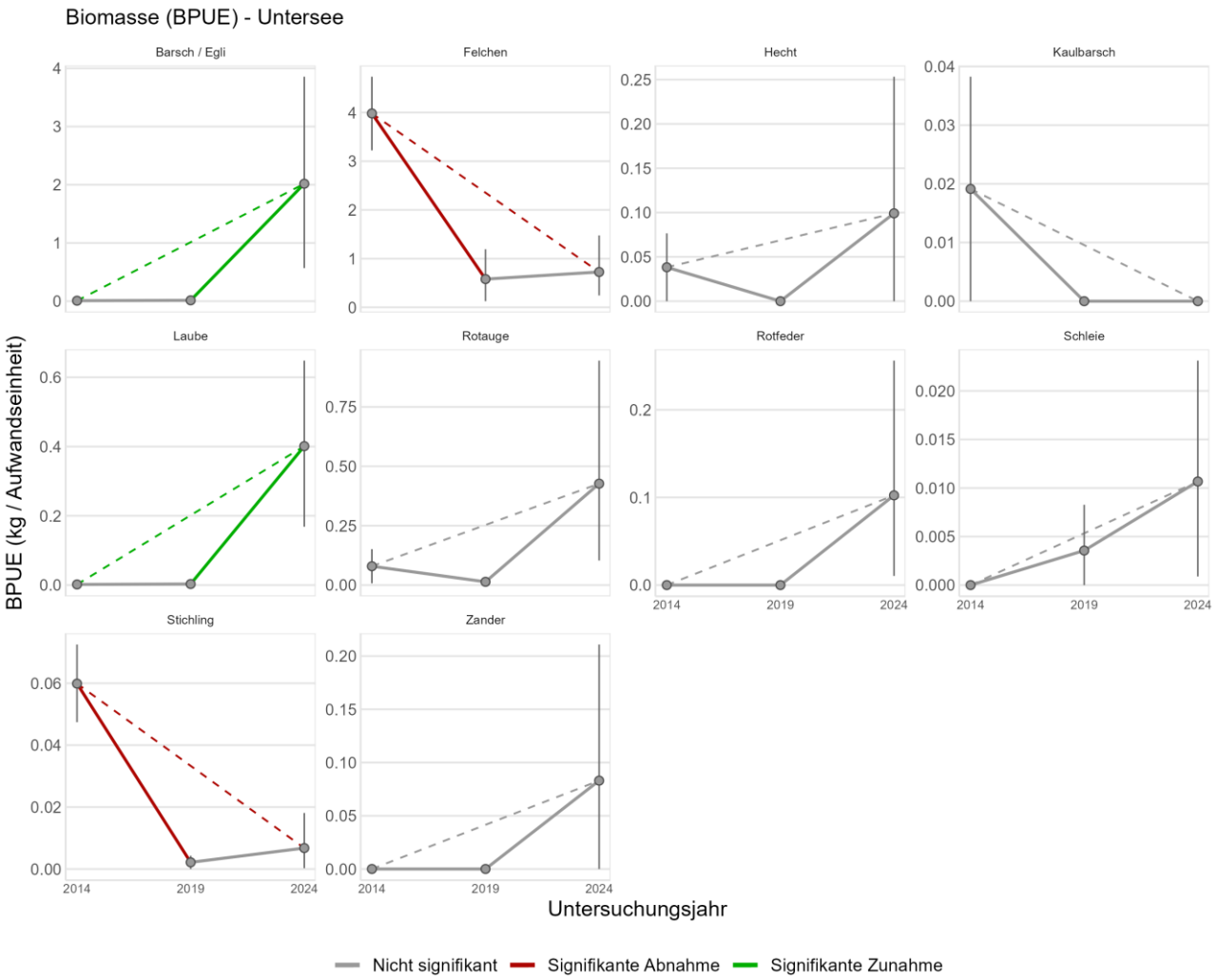


Abbildung 11-14. Fang pro Aufwandseinheit (Biomasse) für alle im gesamten Bodensee-Untersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von pelagischen CEN-Netzen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² Kiemen-netz angegeben.

11.6 Artspezifische Veränderungen bei elektrischen Uferbefischungen

11.6.1 Bodensee Obersee

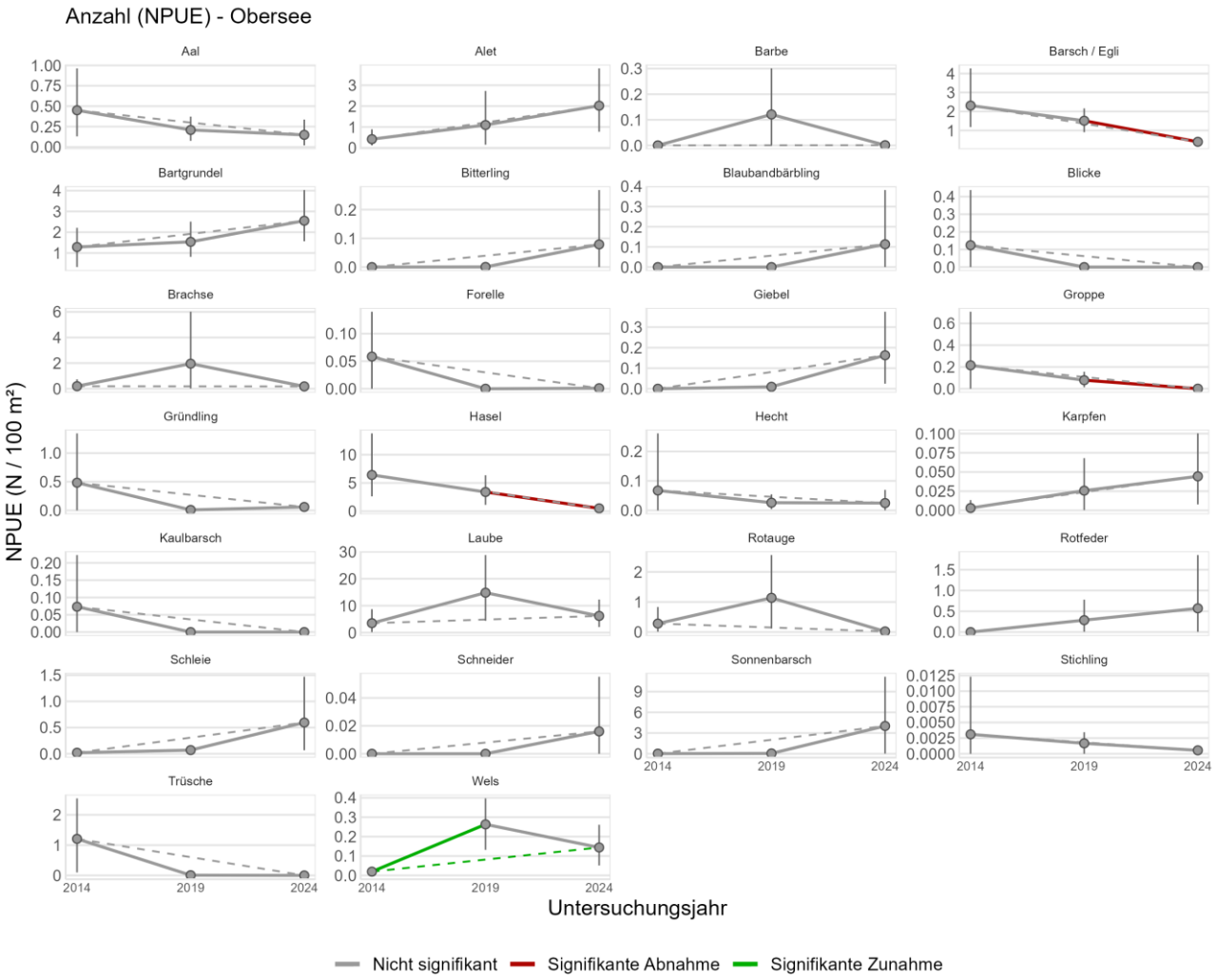


Abbildung 11-15. Fang pro Aufwandseinheit (Dichte) für alle im gesamten Bodensee-Obersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von elektrischen Uferbefischungen berechnet. Der Aufwand wird pro 100 m² befischte Fläche angegeben.

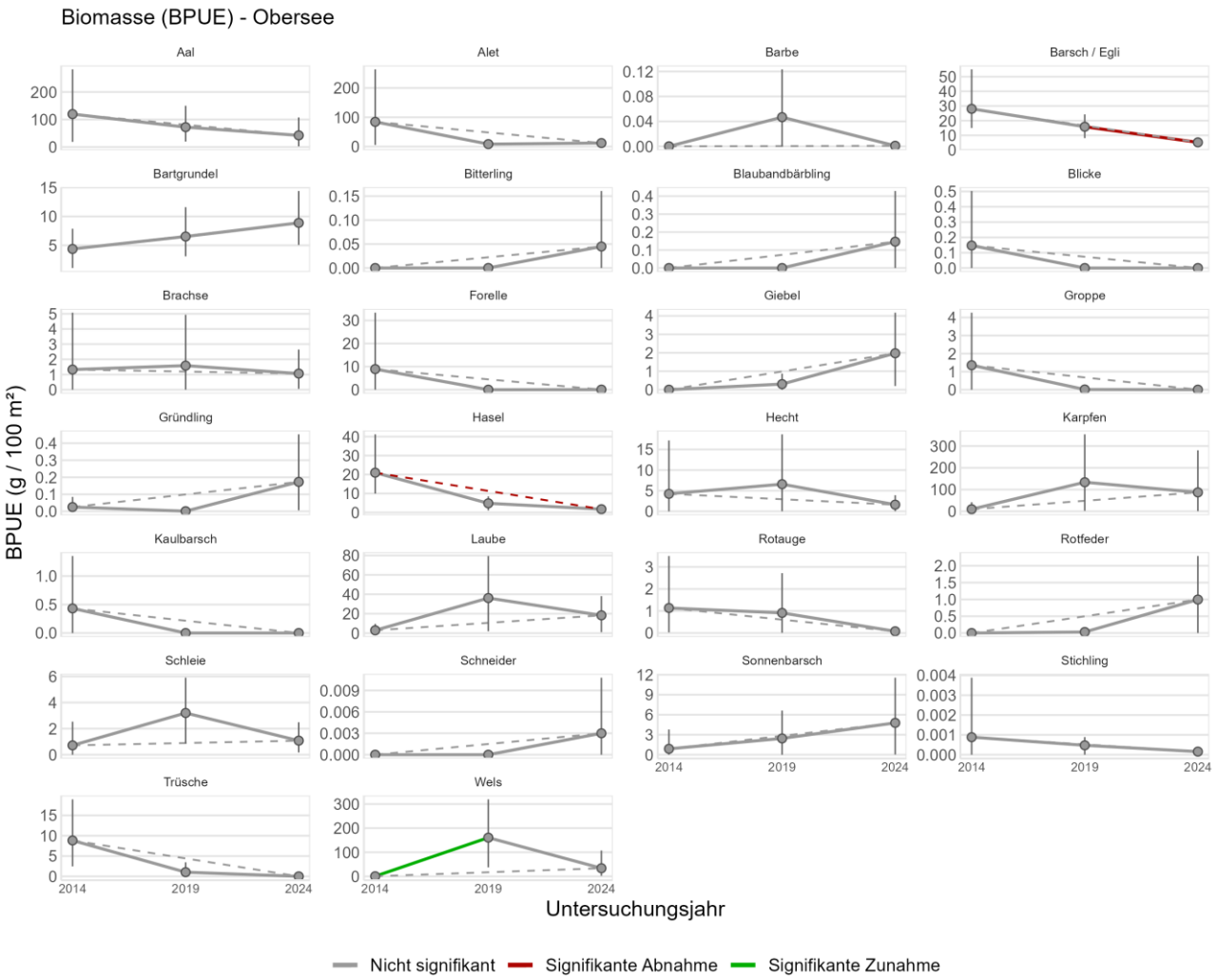


Abbildung 11-16. Fang pro Aufwandseinheit (Biomasse) für alle im gesamten Bodensee-Obersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von elektrischen Uferbefischungen berechnet. Der Aufwand wird pro 100 m² befischte Fläche angegeben.

11.6.2 Bodensee Untersee

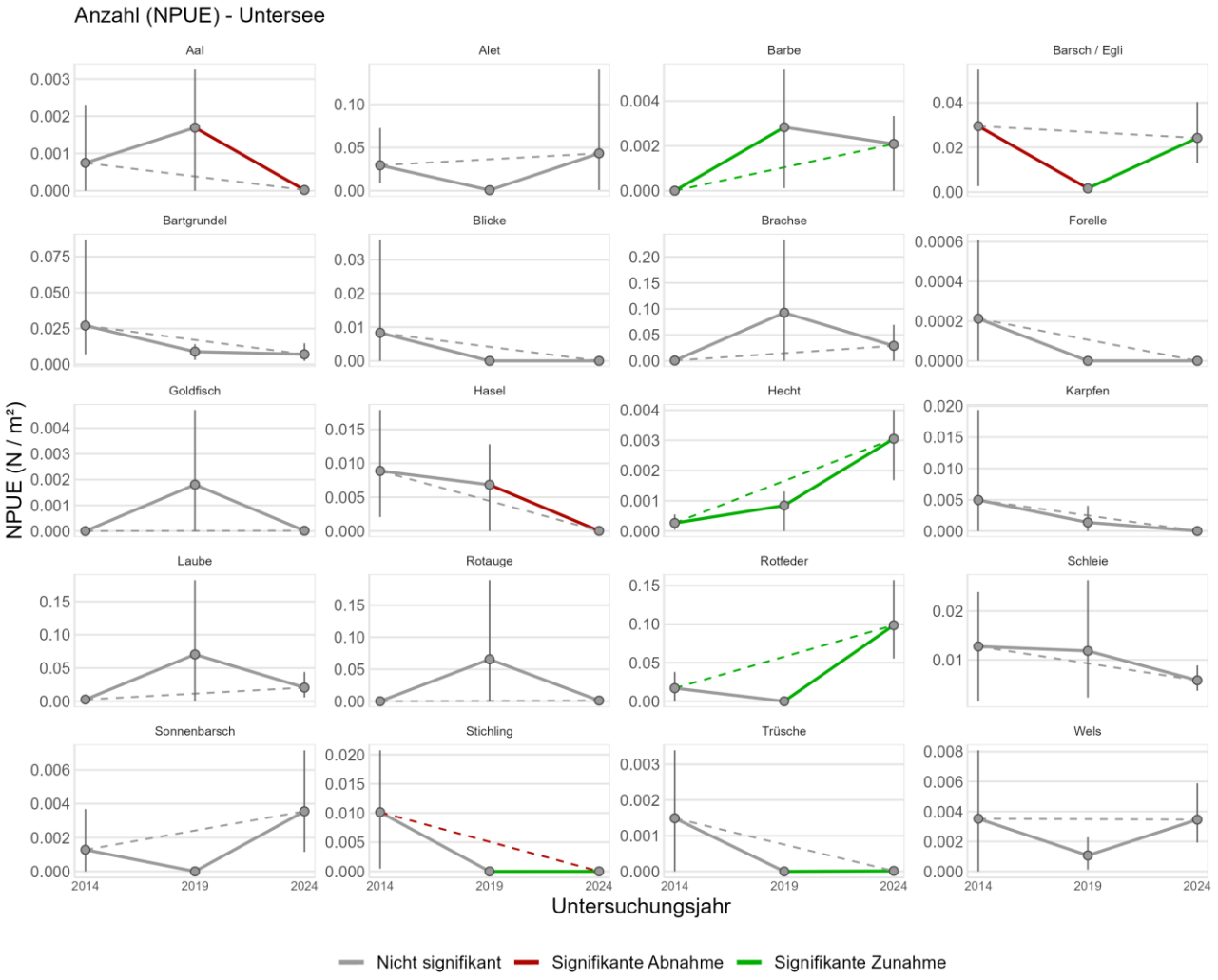


Abbildung 11-17. Fang pro Aufwandseinheit (Dichte) für alle im gesamten Bodensee-Untersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von elektrischen Uferbefischungen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² befischte Fläche angegeben.

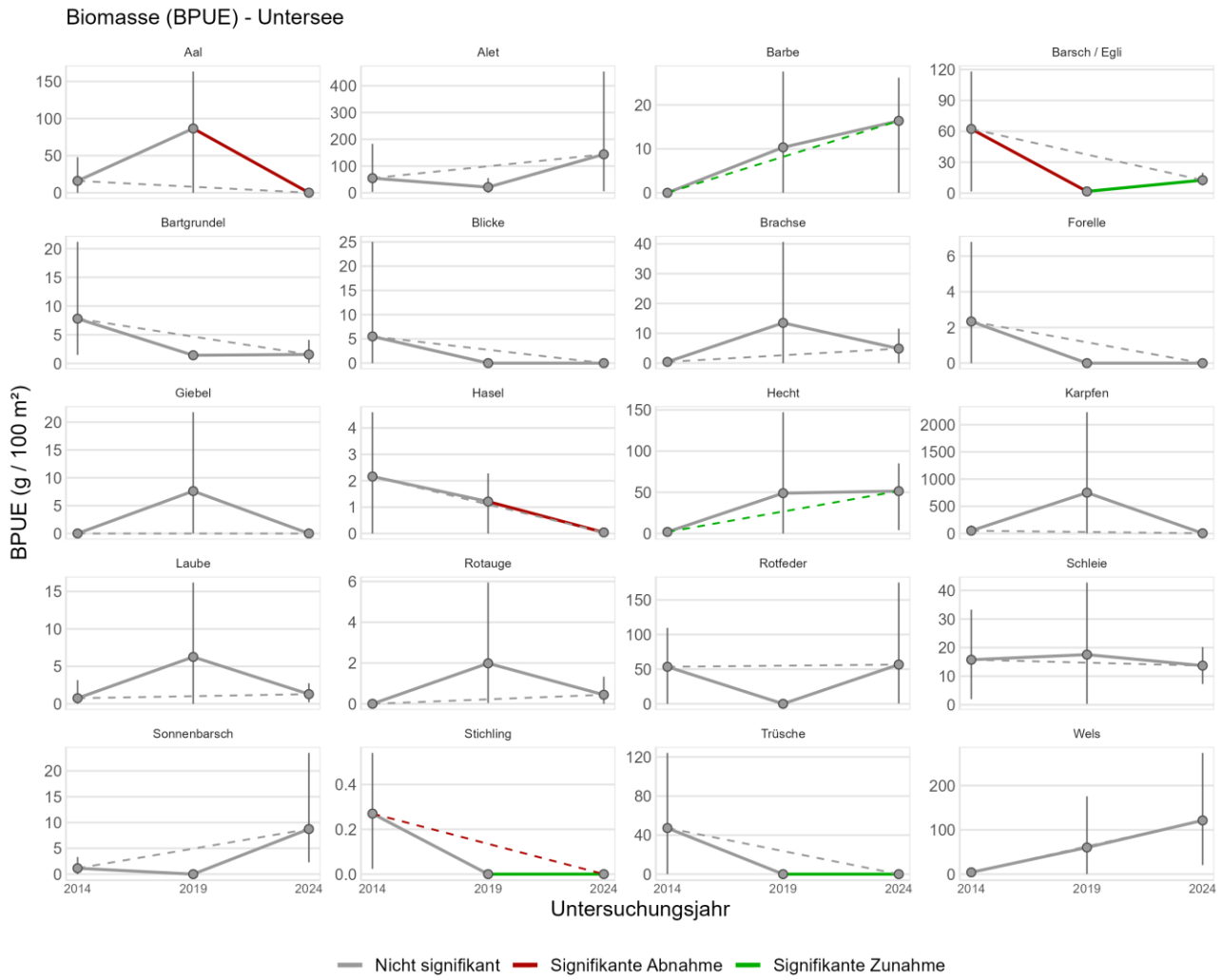


Abbildung 11-18. Fang pro Aufwandseinheit (Biomasse) für alle im gesamten Bodensee-Untersee gefangenen Fischarten für die Erhebungsjahre 2014, 2019 und 2024. Die Fänge werden an-hand von elektrischen Uferbefischungen berechnet. Der Aufwand wird pro 1000 m² befischte Fläche angegeben.

11.7 Tiefenverteilung der Fänge

11.7.1 Obersee

Alle Fischarten

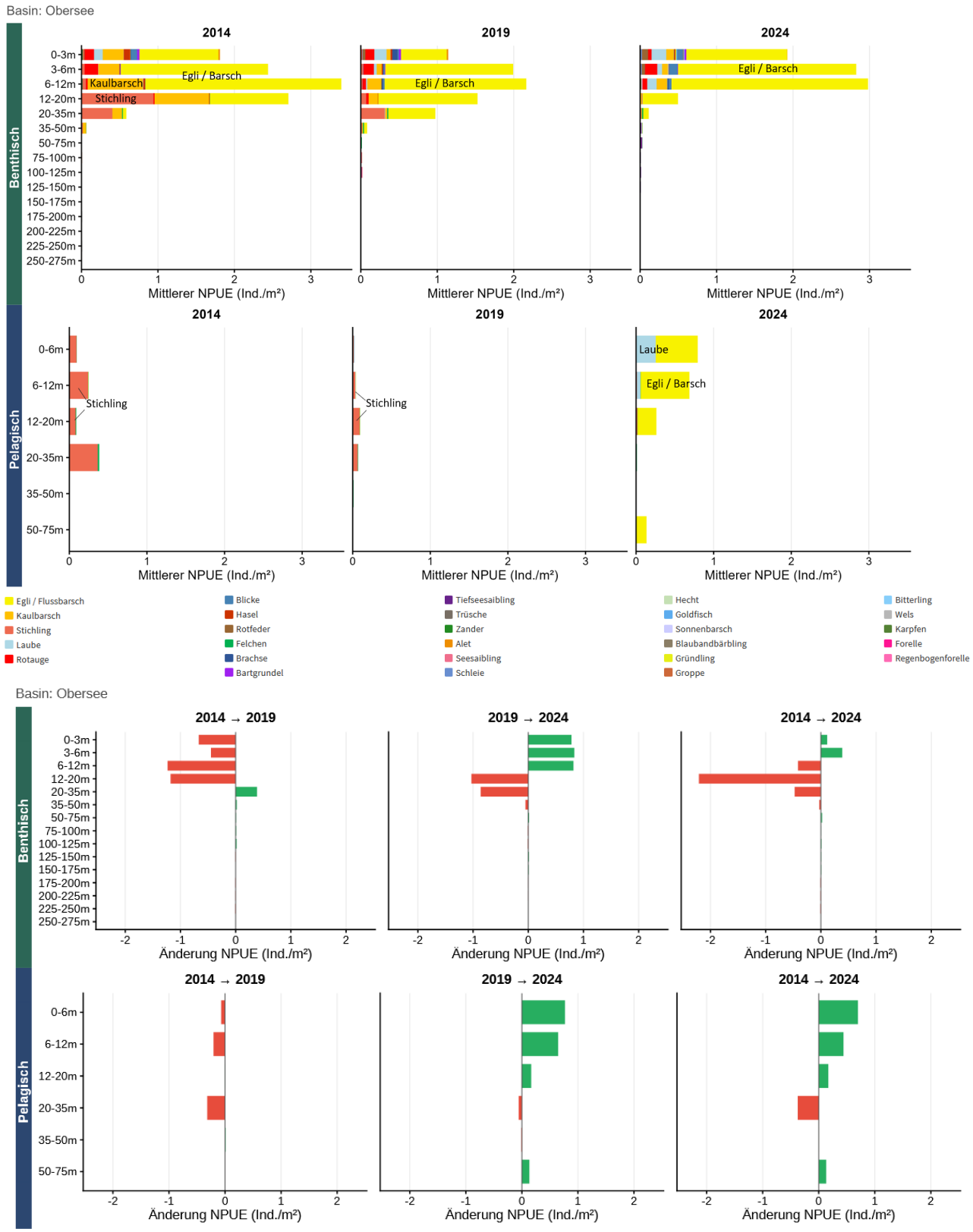


Abbildung 11-19. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Fischen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Alet

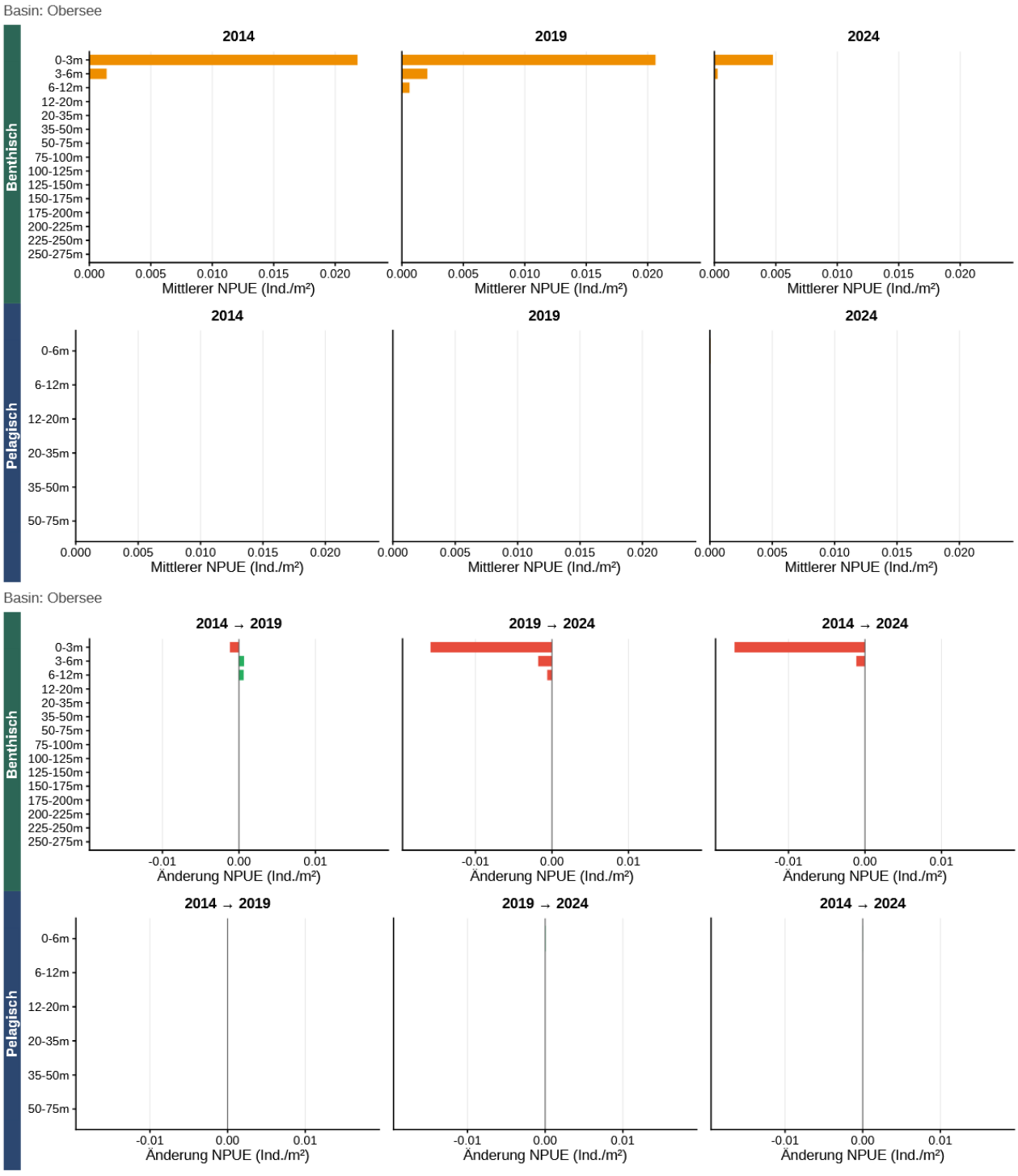


Abbildung 11-20. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Alet, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Bartgrundel/Schmerle

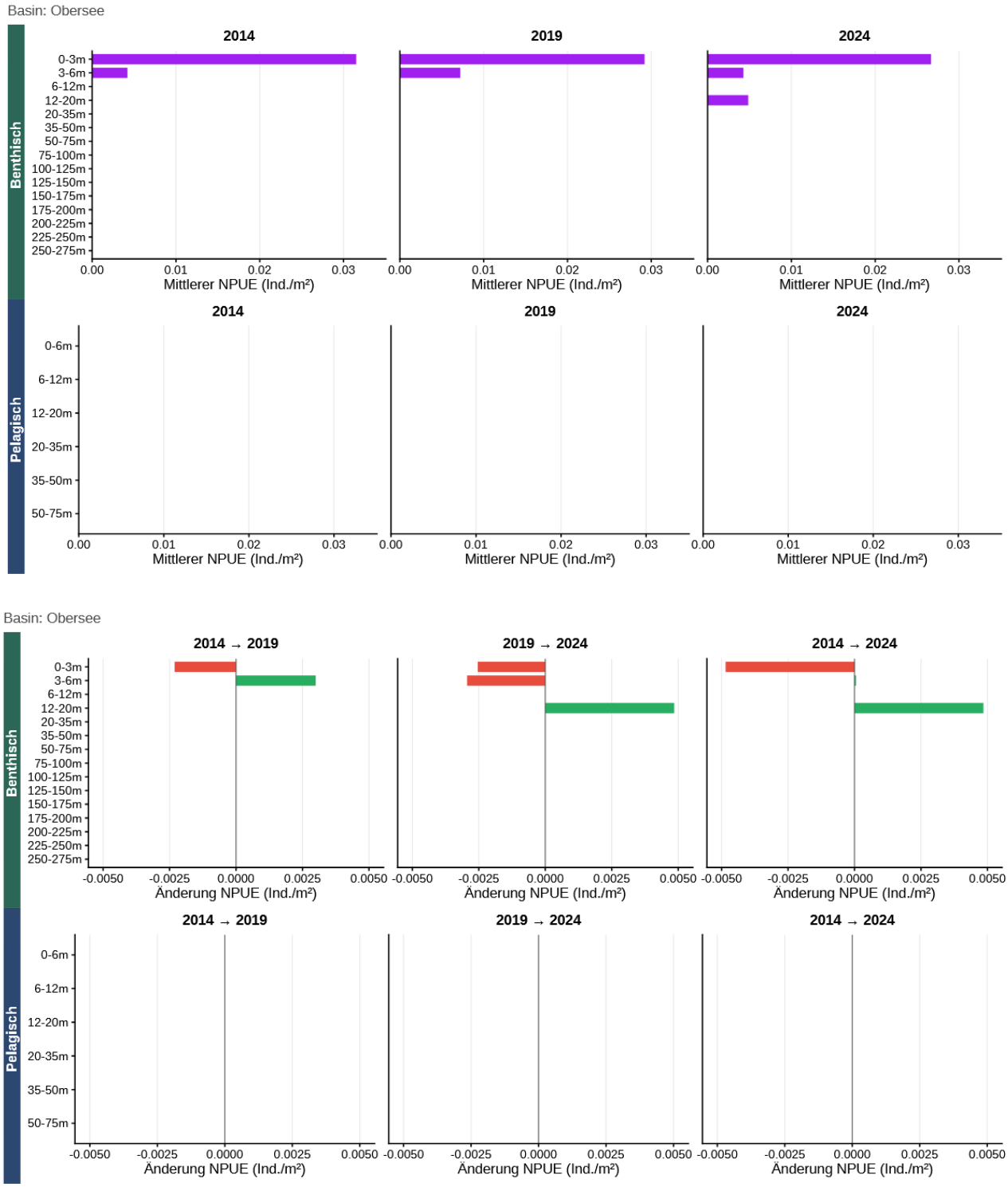
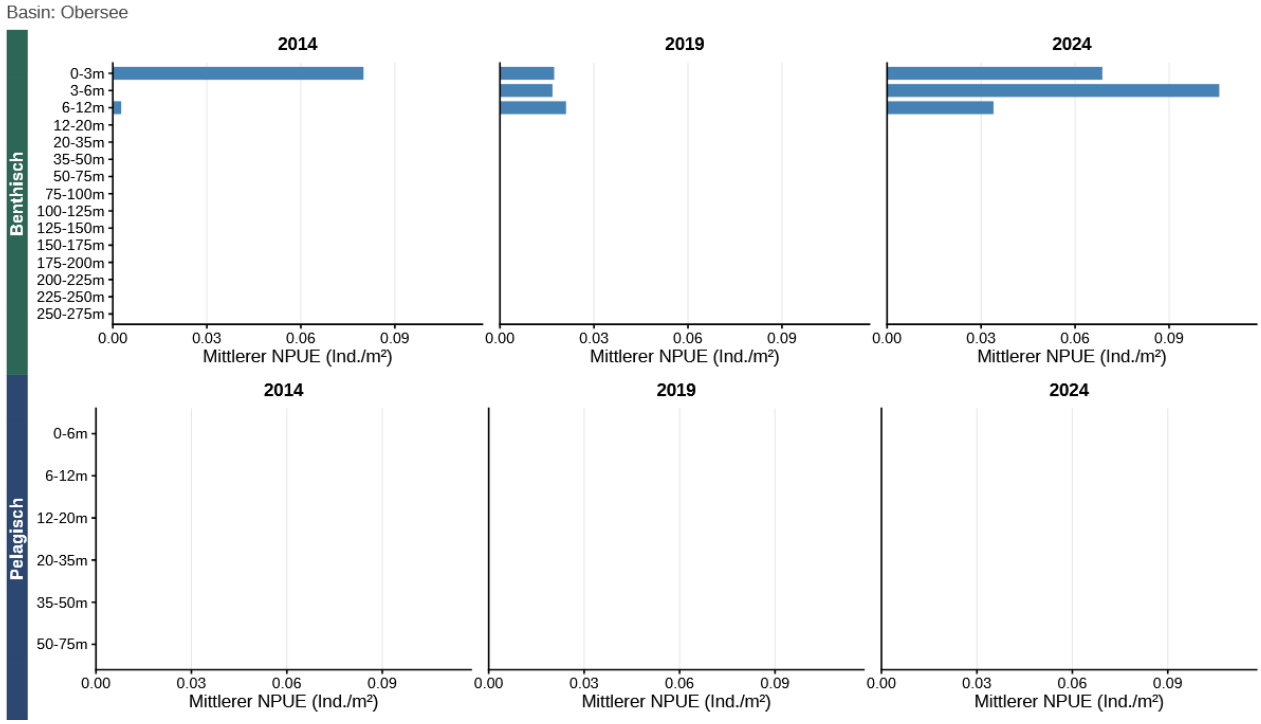


Abbildung 11-21. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Schmerlen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Blicke



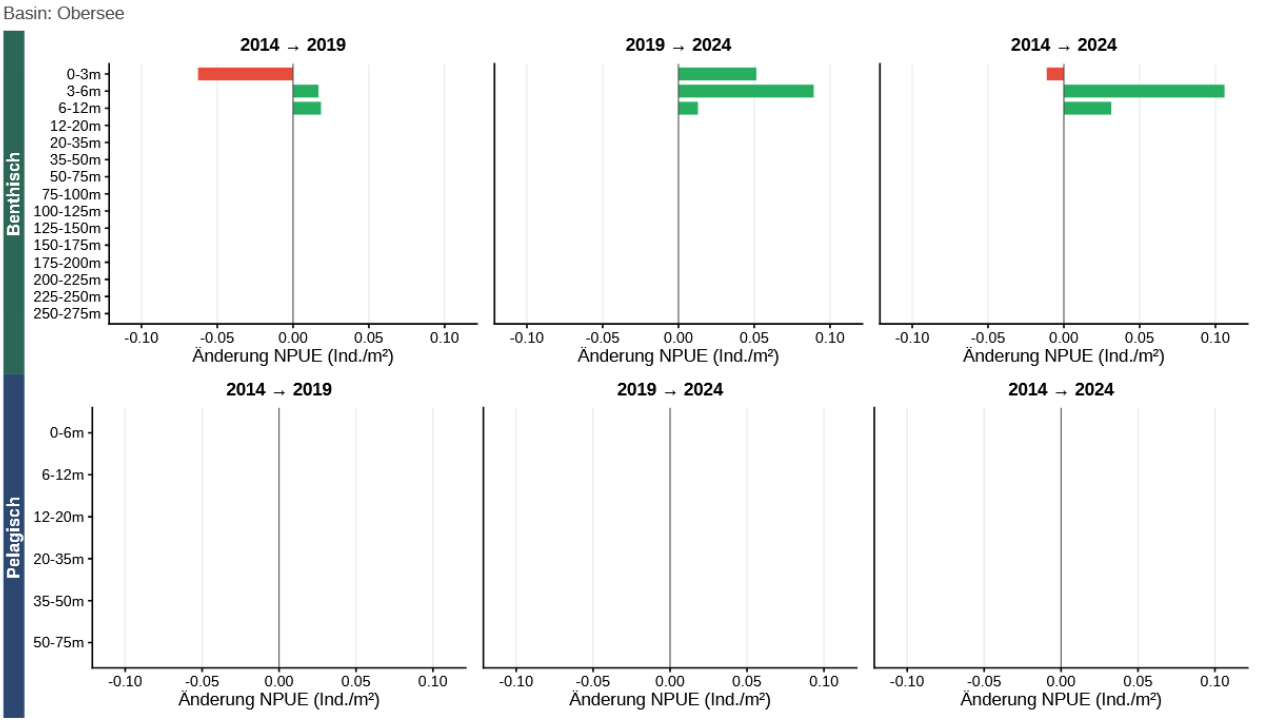


Abbildung 11-22. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Blicken, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Brachse

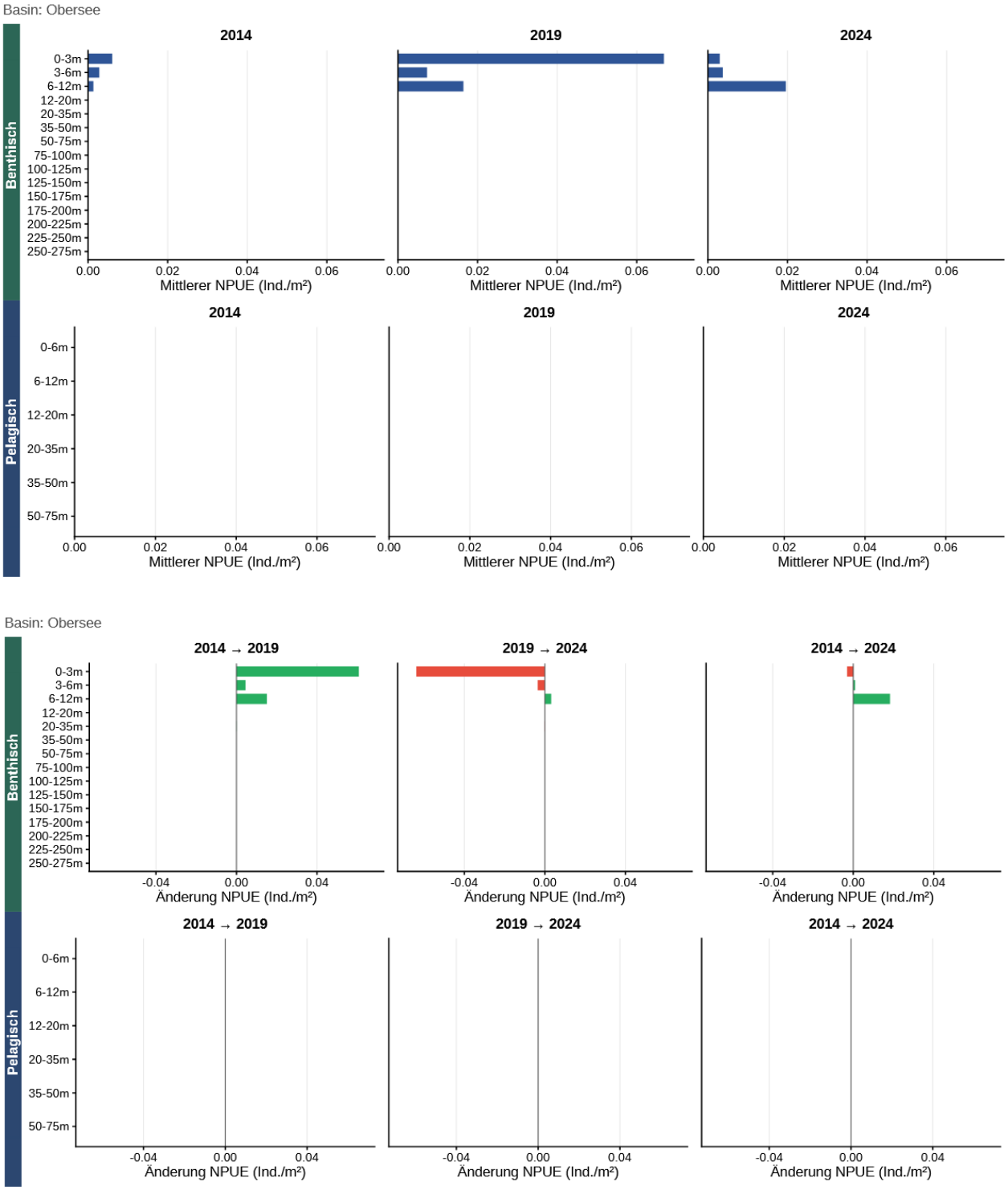


Abbildung 11-23. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Brachsen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Forelle

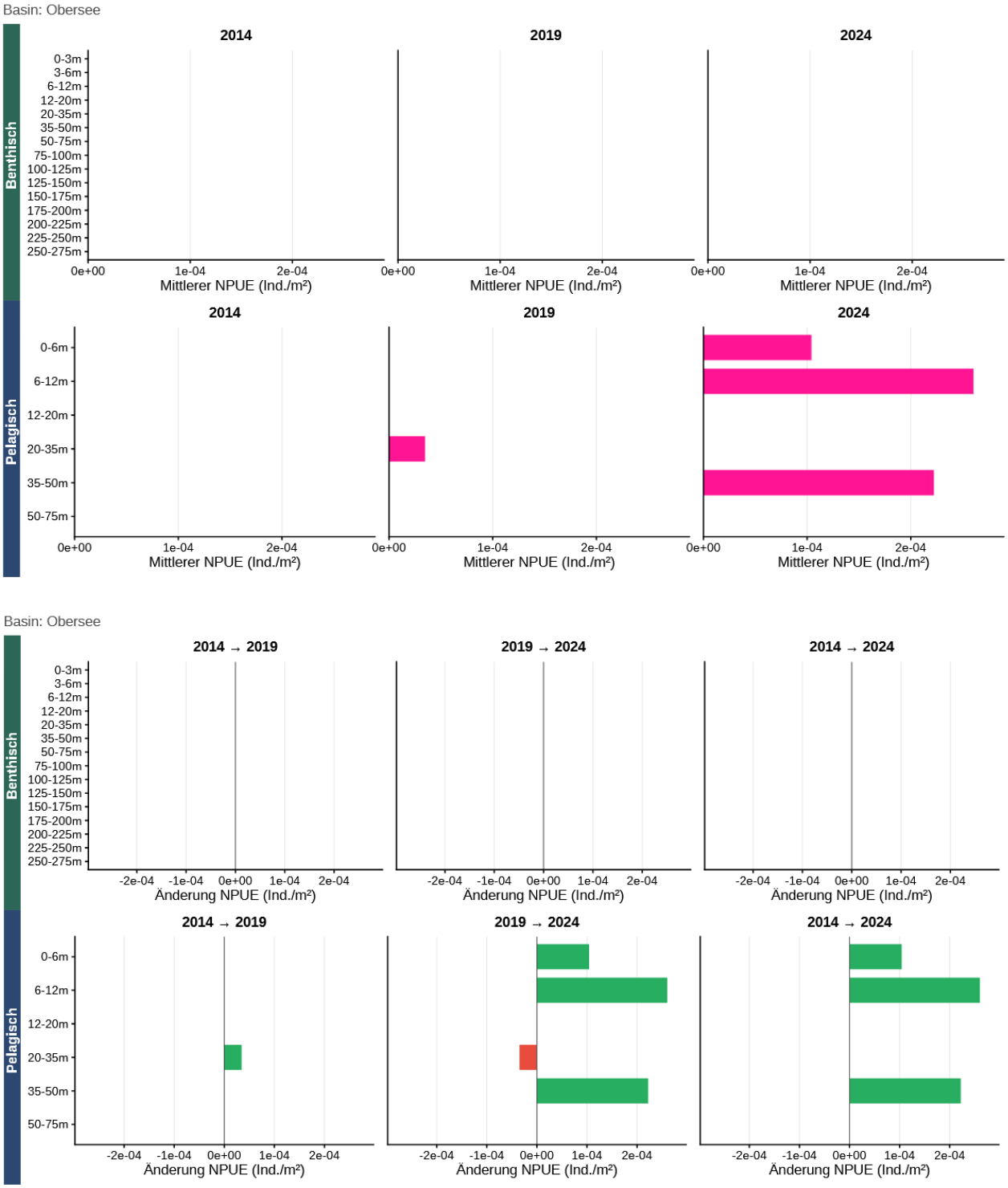


Abbildung 11-24. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Forellen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Giebel

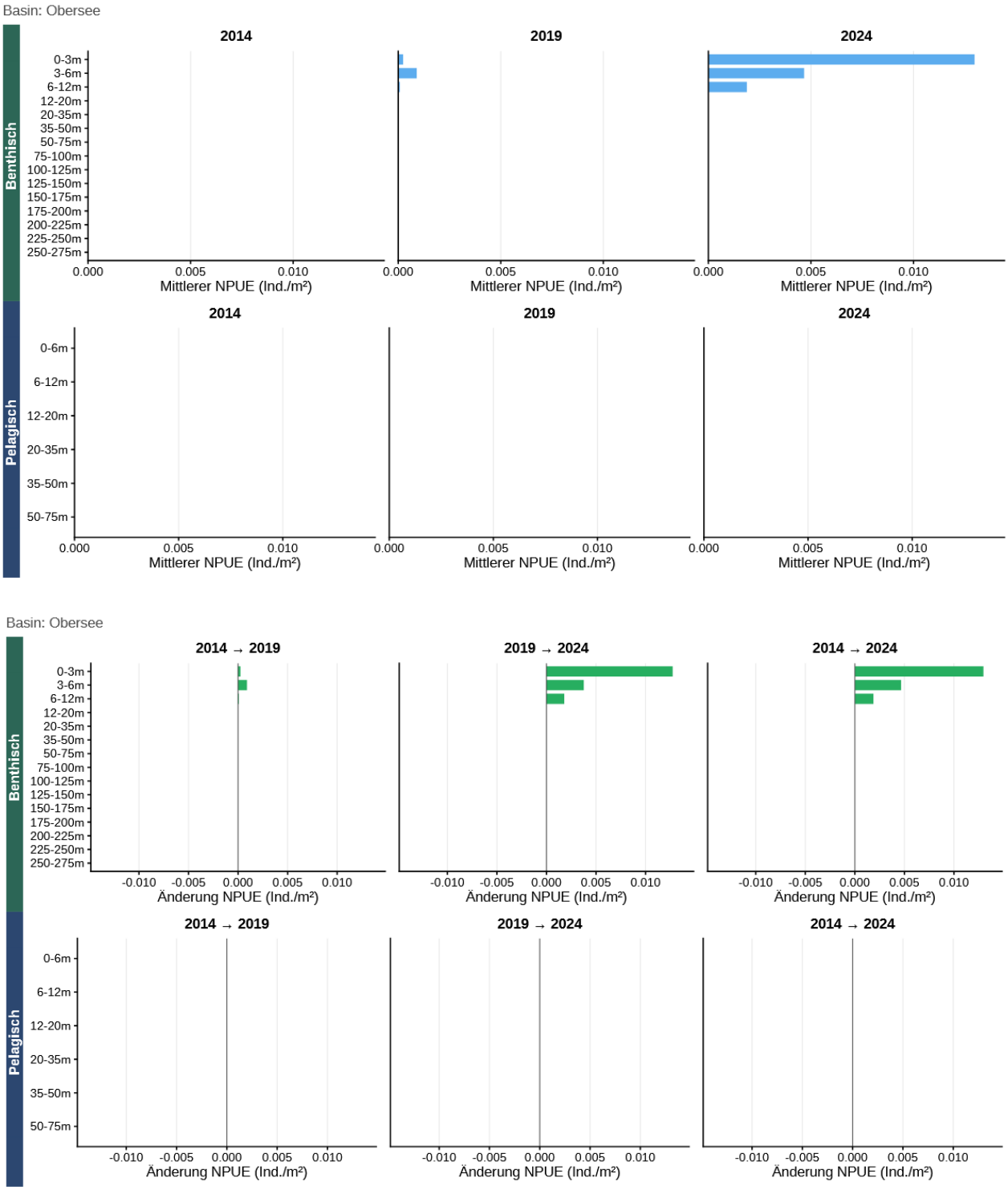


Abbildung 11-25. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Giebel, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Groppe

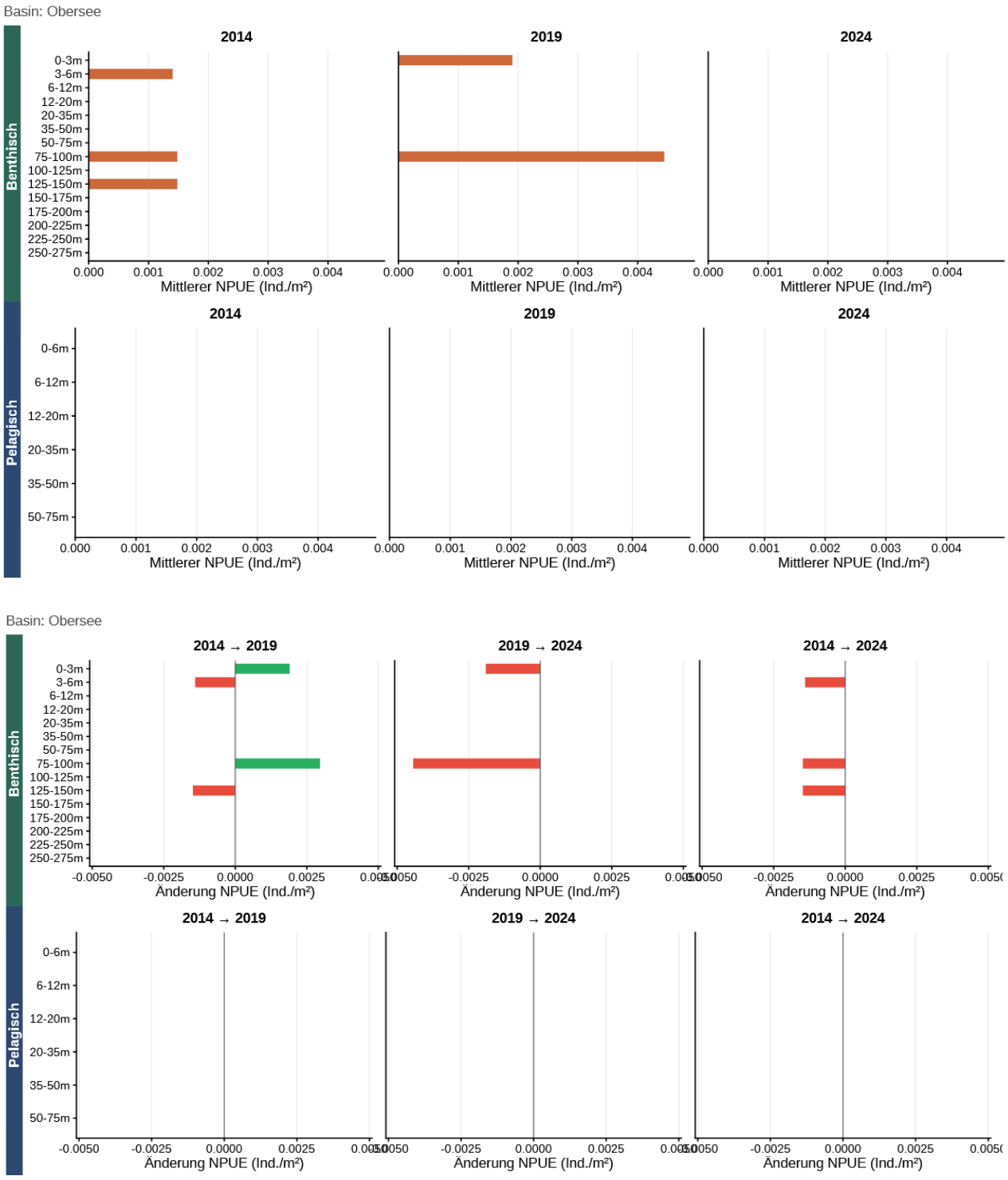


Abbildung 11-26. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Groppen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Gründling

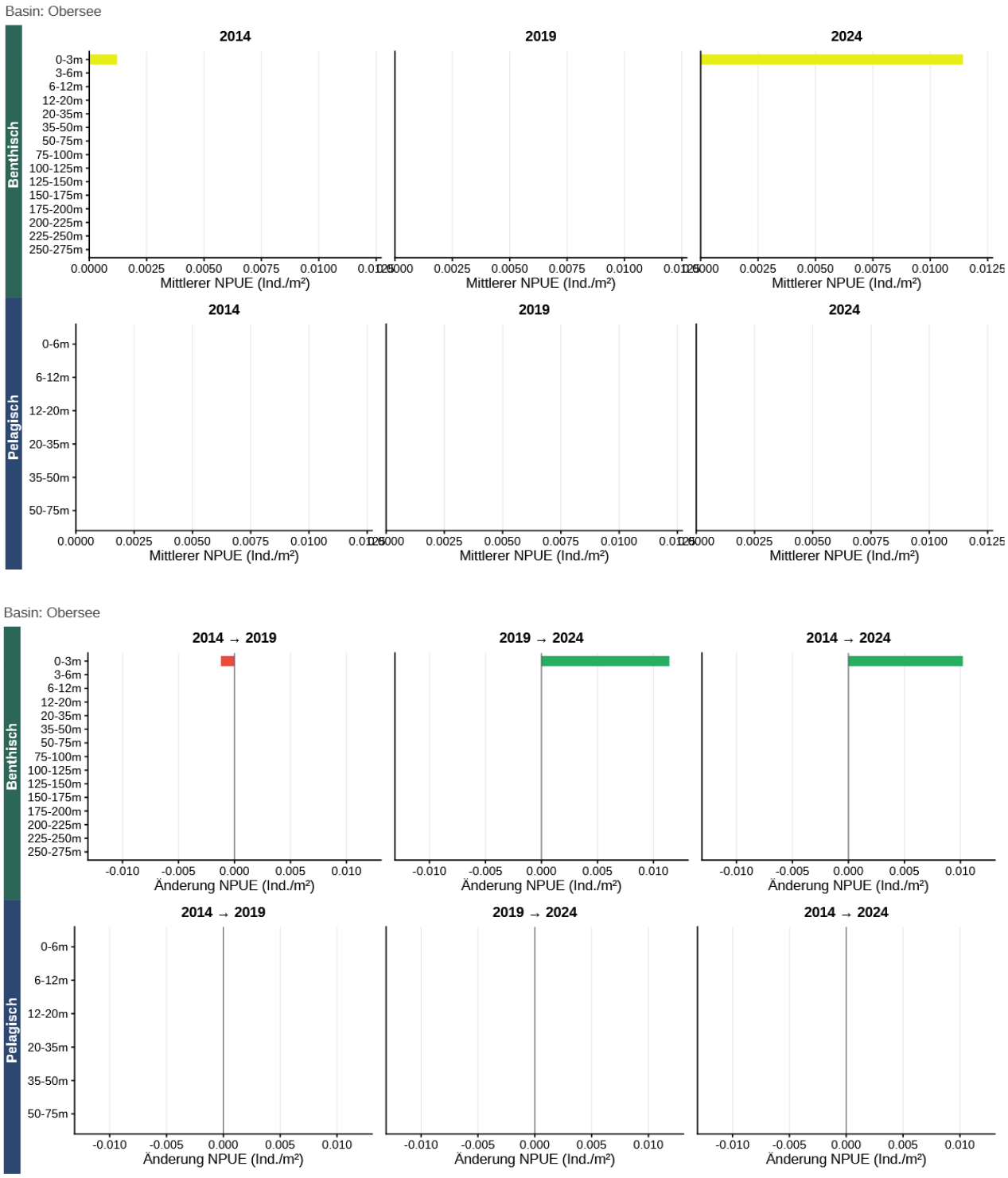


Abbildung 11-27. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Gründlinge, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Hasel

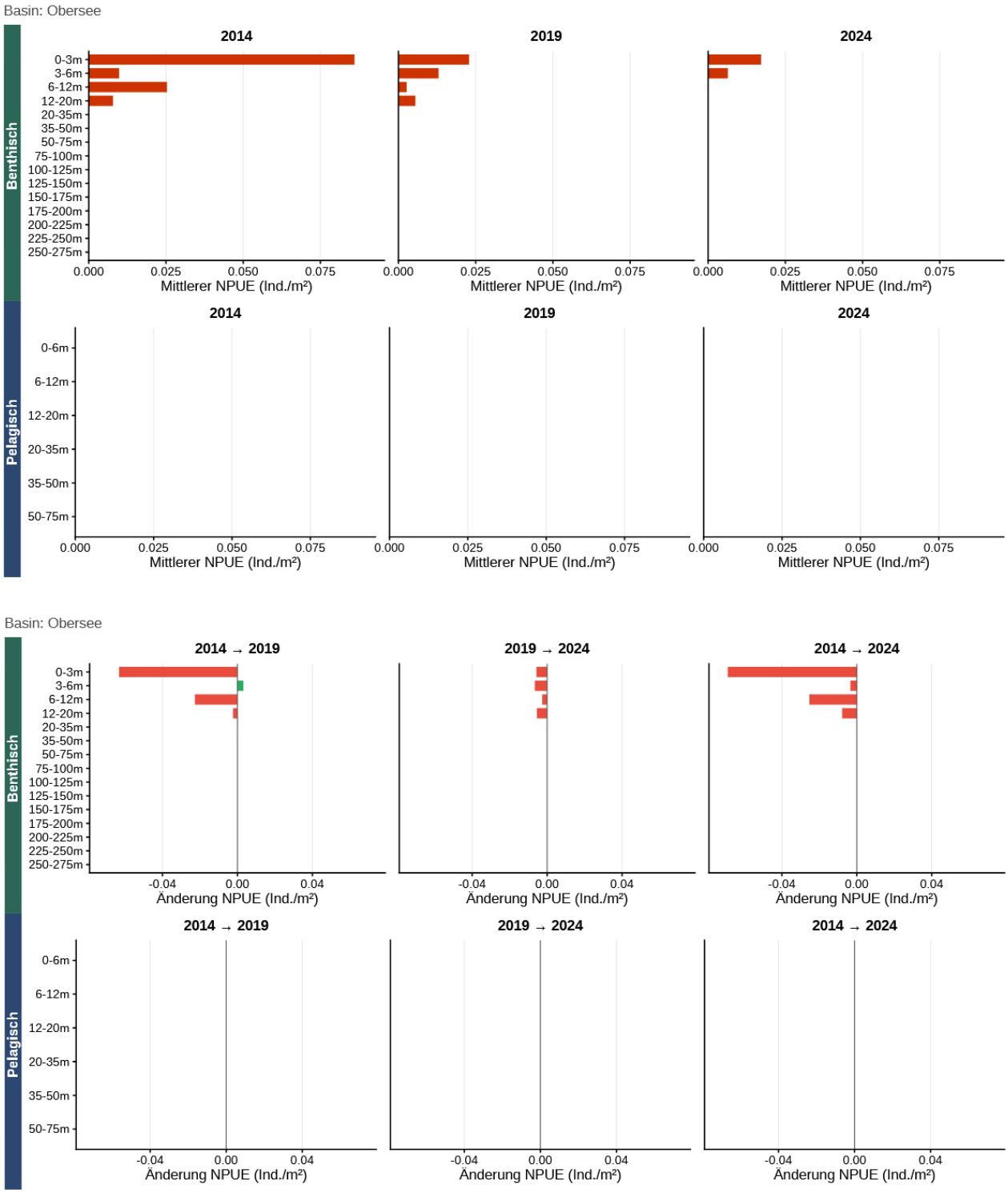


Abbildung 11-28. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Hasel, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Hecht

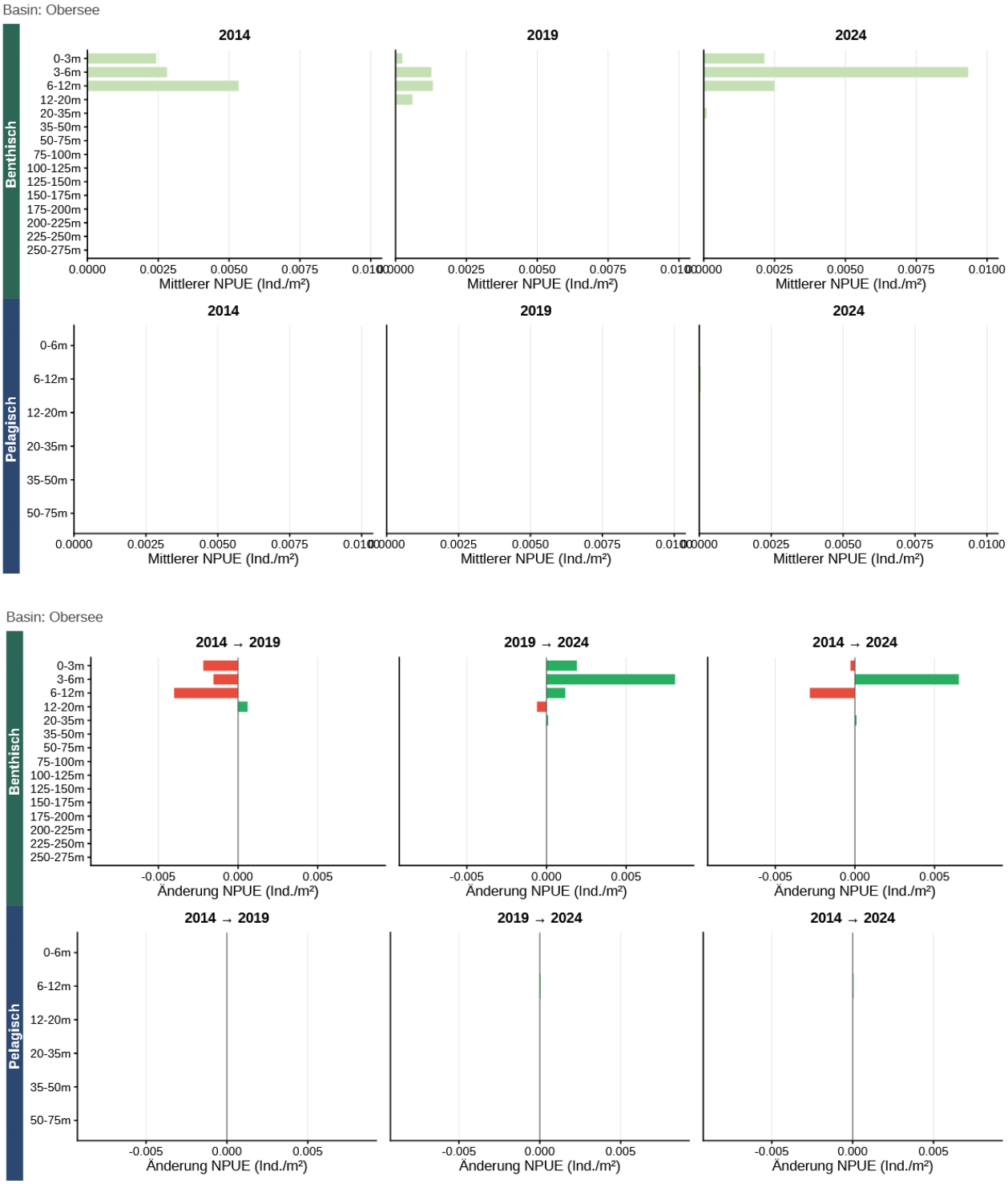


Abbildung 11-29. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Hechte, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Karpfen

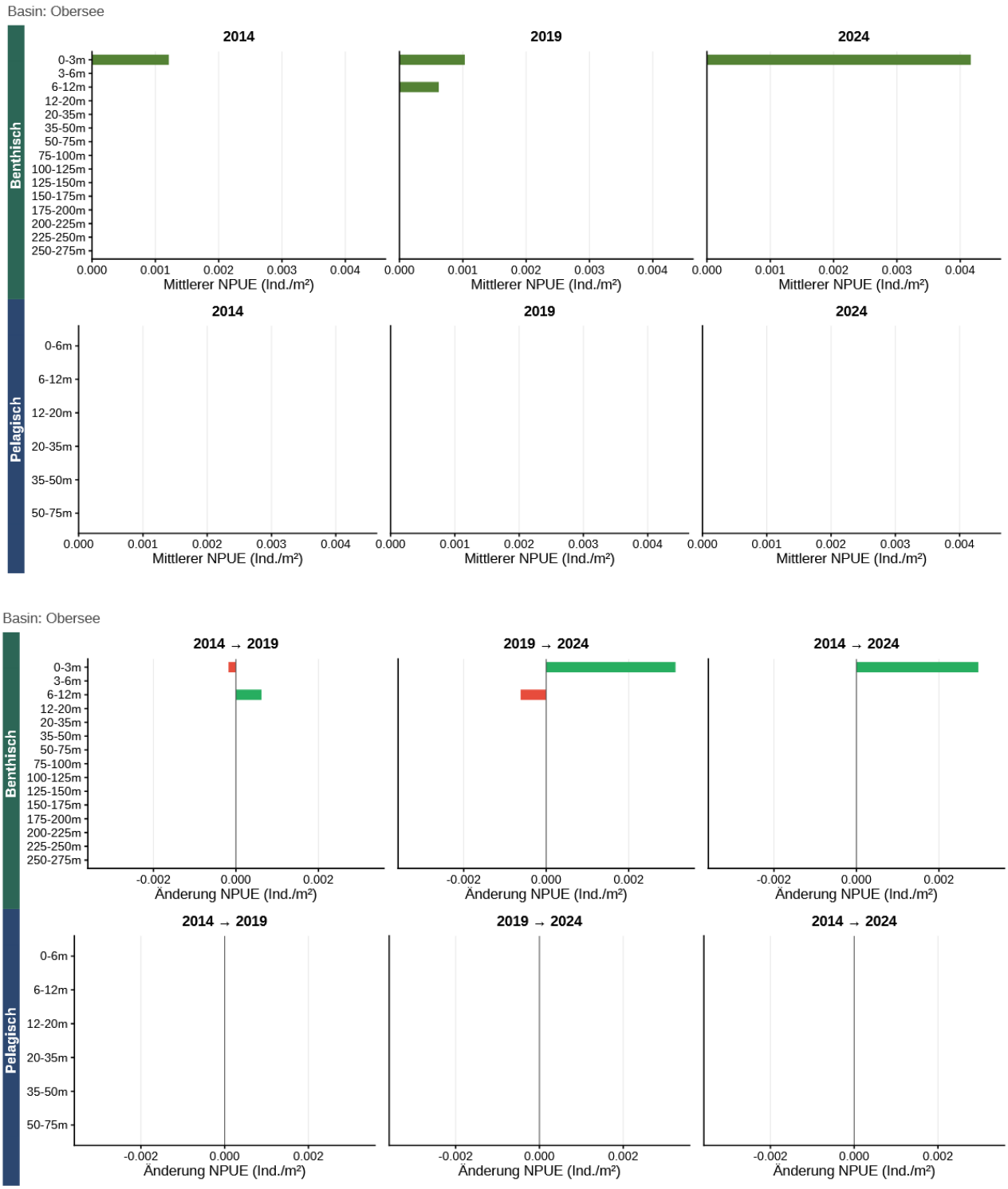


Abbildung 11-30. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Karpfen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Kaulbarsch

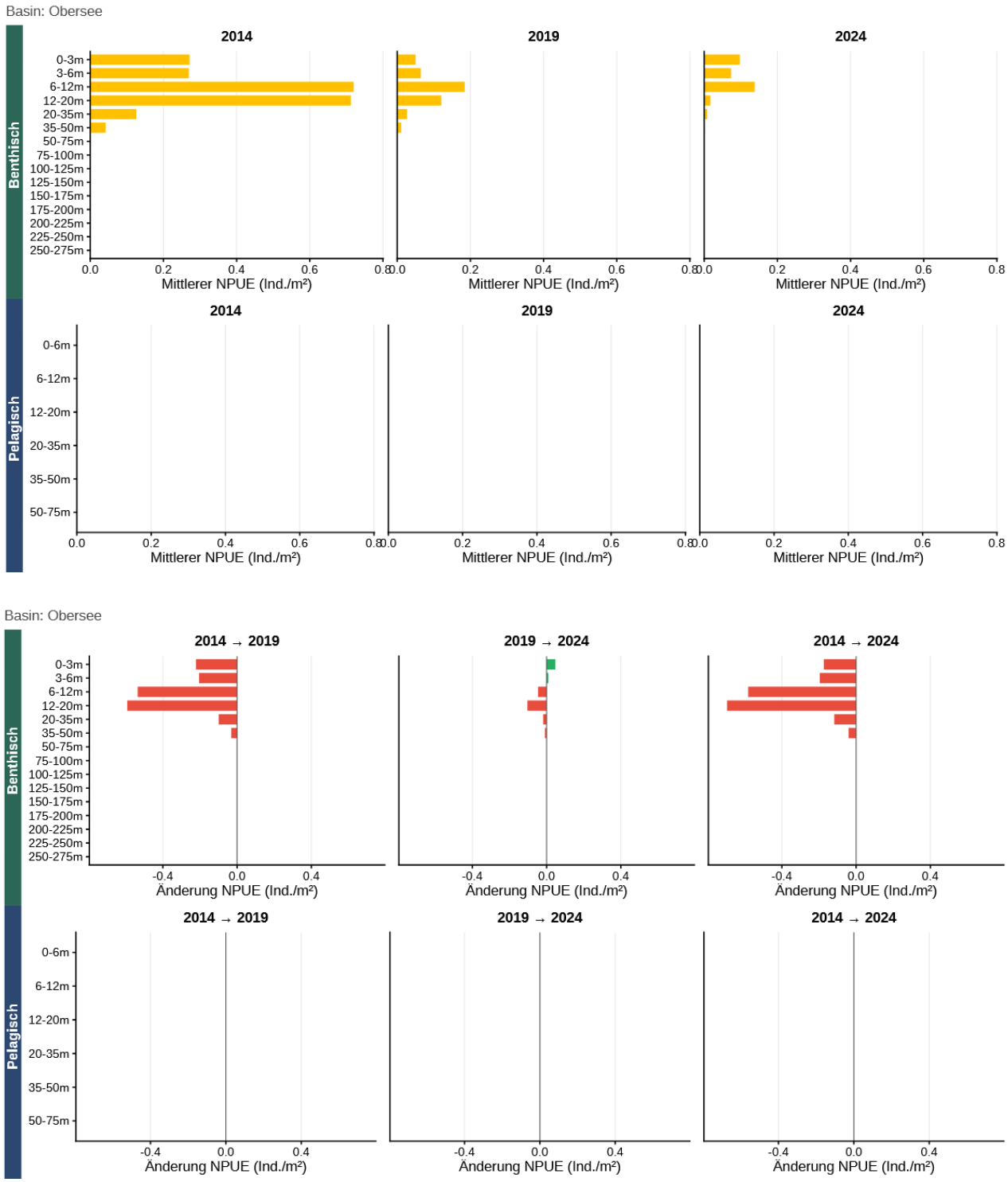


Abbildung 11-31 Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Kaulbarsche, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Laube

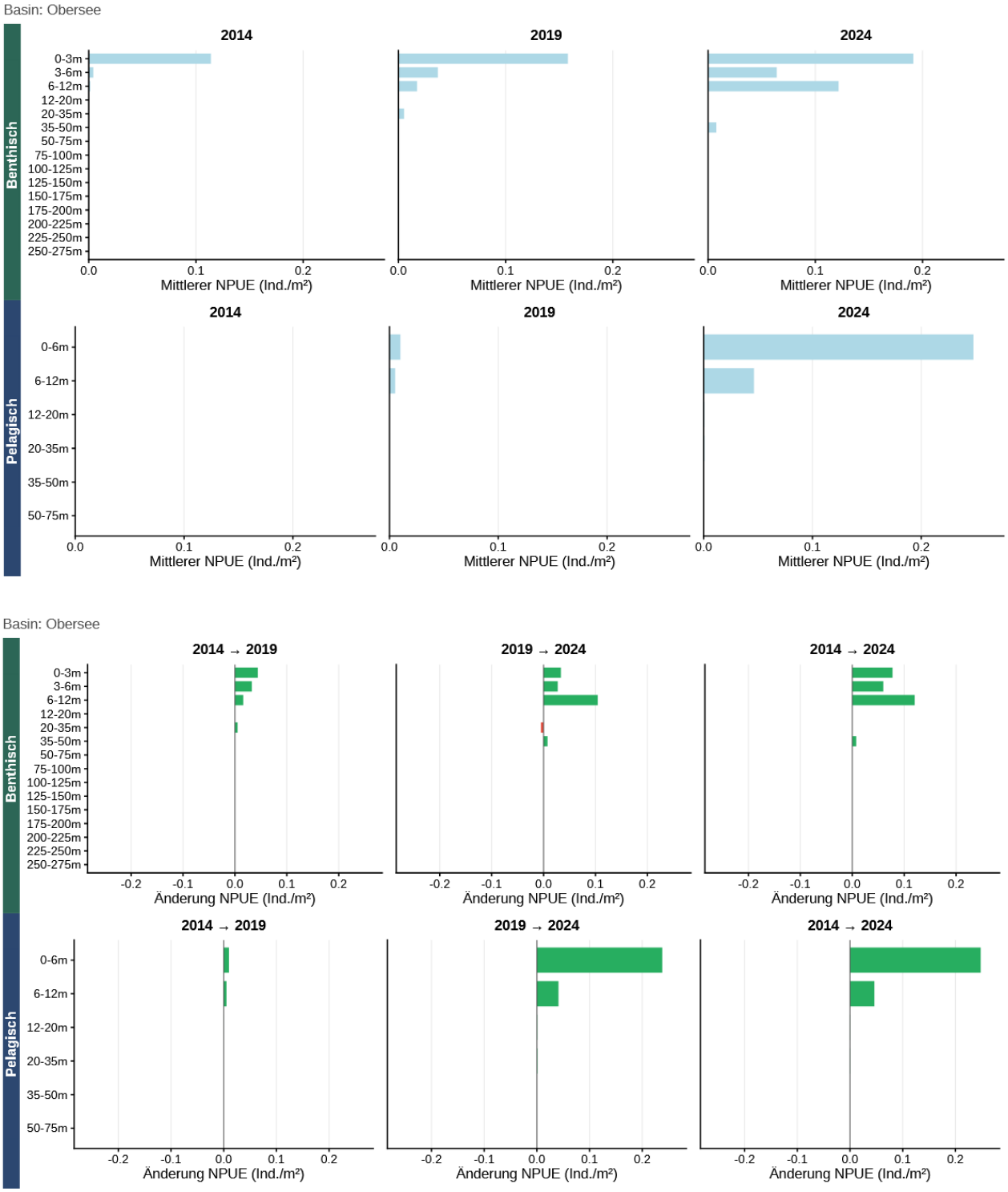


Abbildung 11-32. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Lauben, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Rotauge

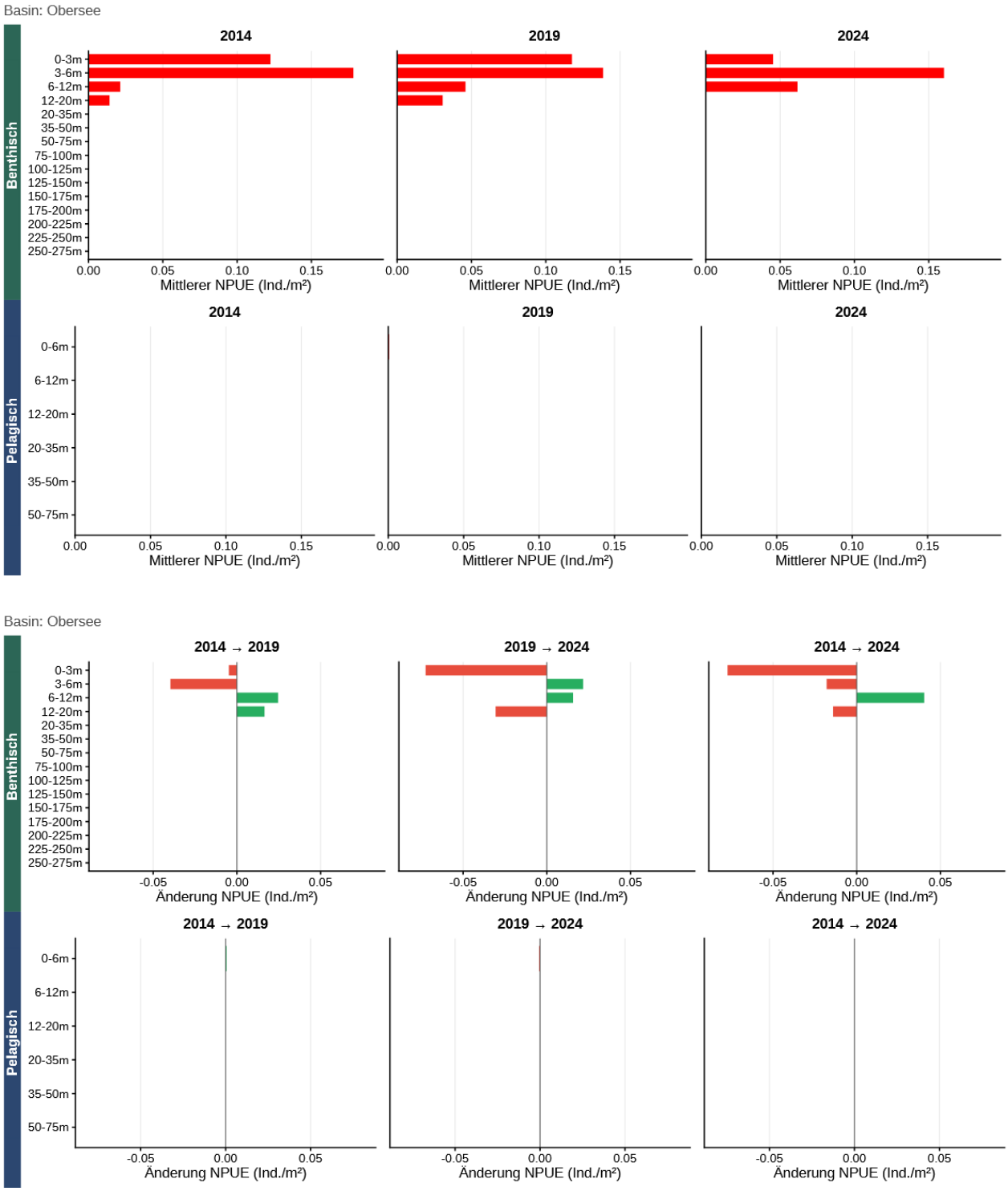


Abbildung 11-33 Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Rotaugen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Rotfeder

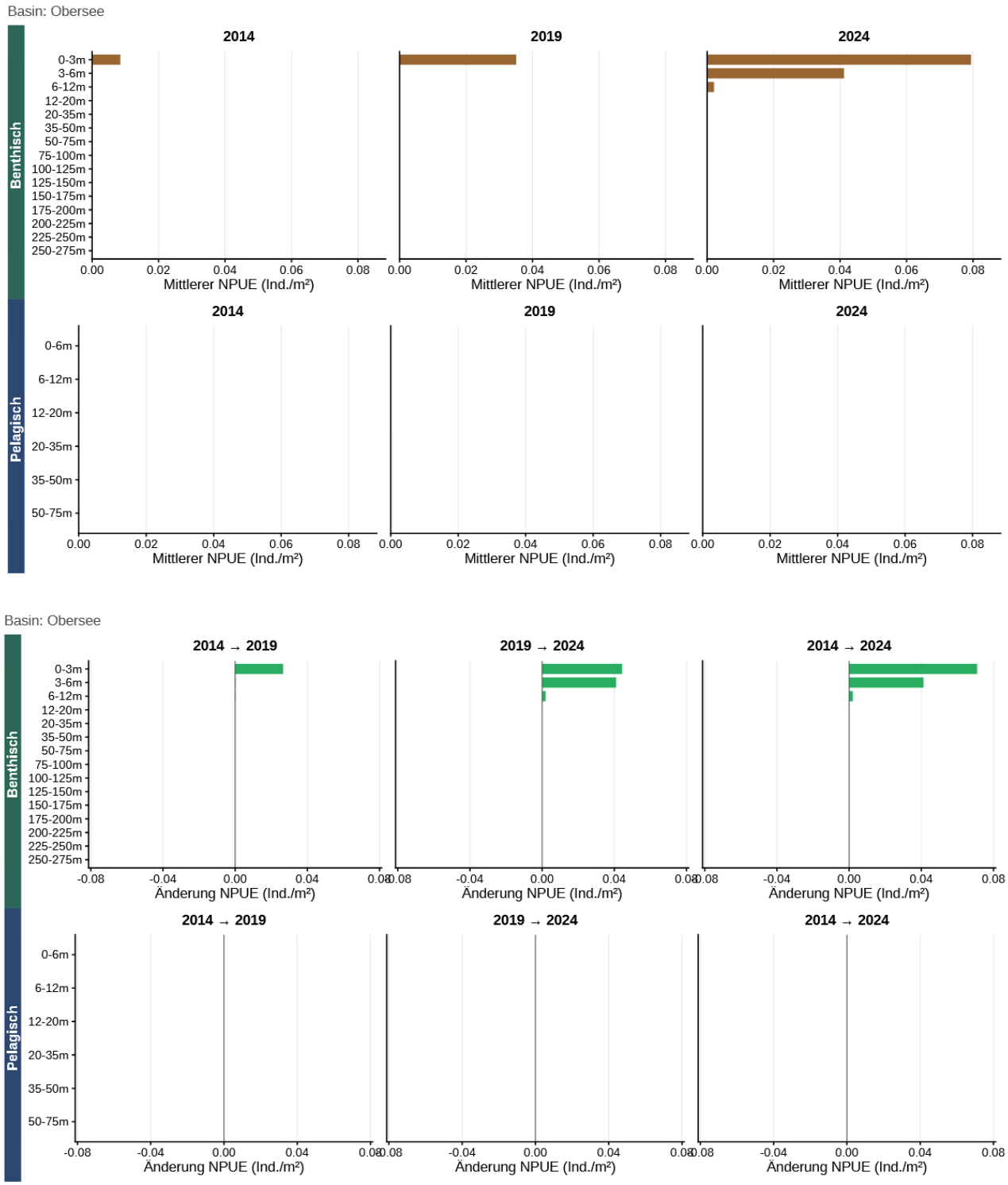


Abbildung 11-34. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Rotfedern, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Schleie

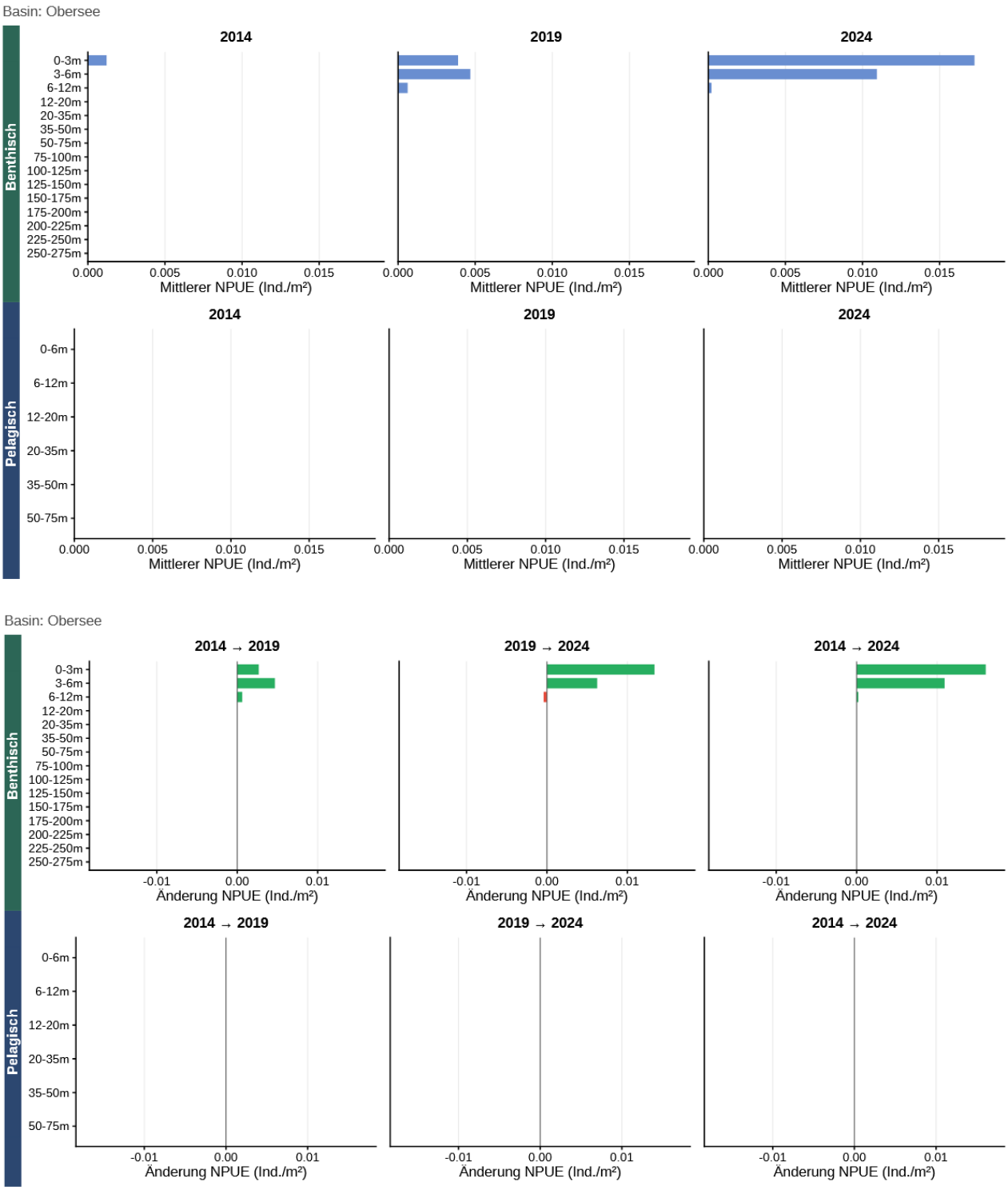


Abbildung 11-35. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Schleien, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Seesaibling

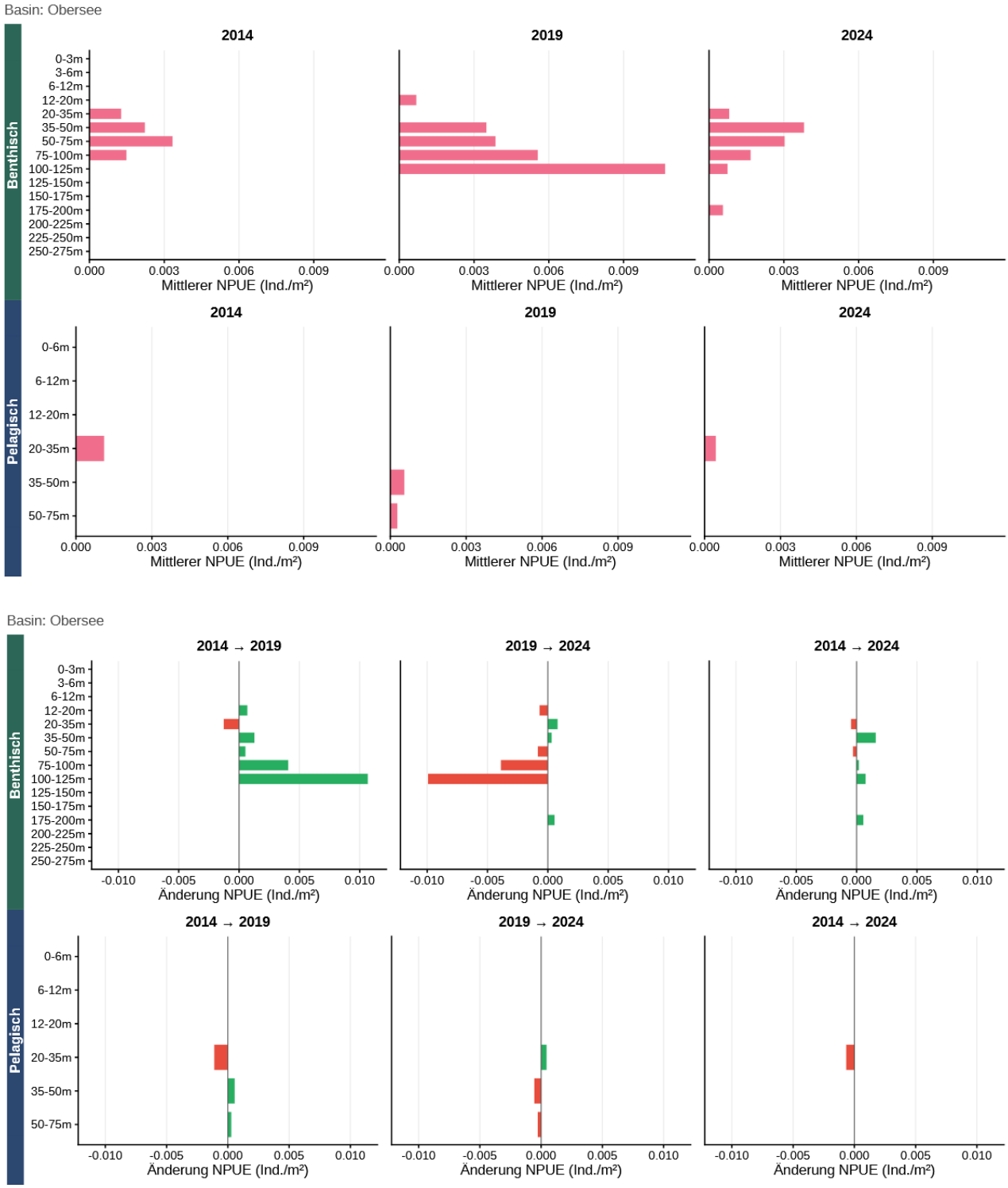


Abbildung 11-36. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Seesaiblinge, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Sonnenbarsch

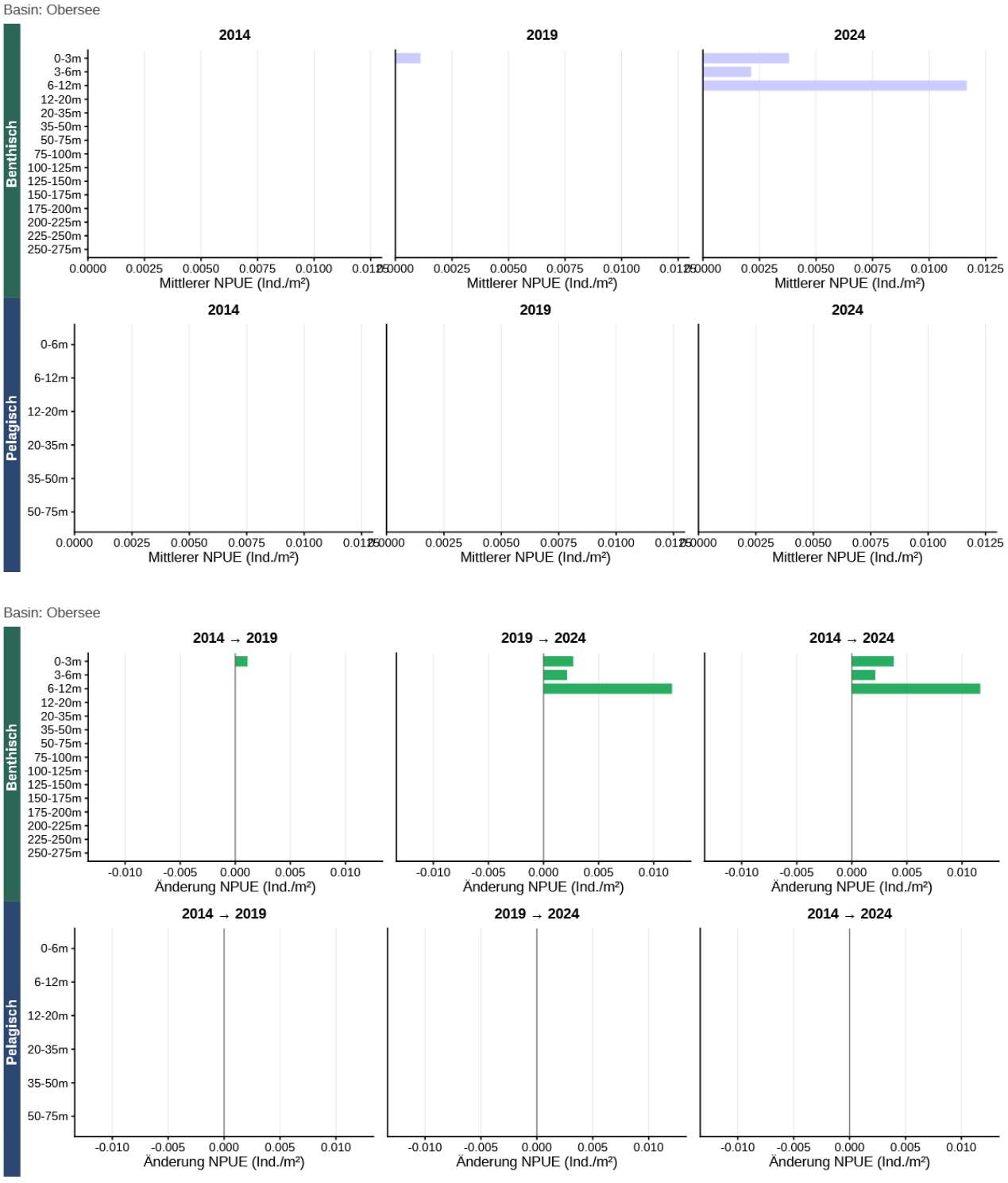


Abbildung 11-37. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Sonnenbarsche, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Trüsche

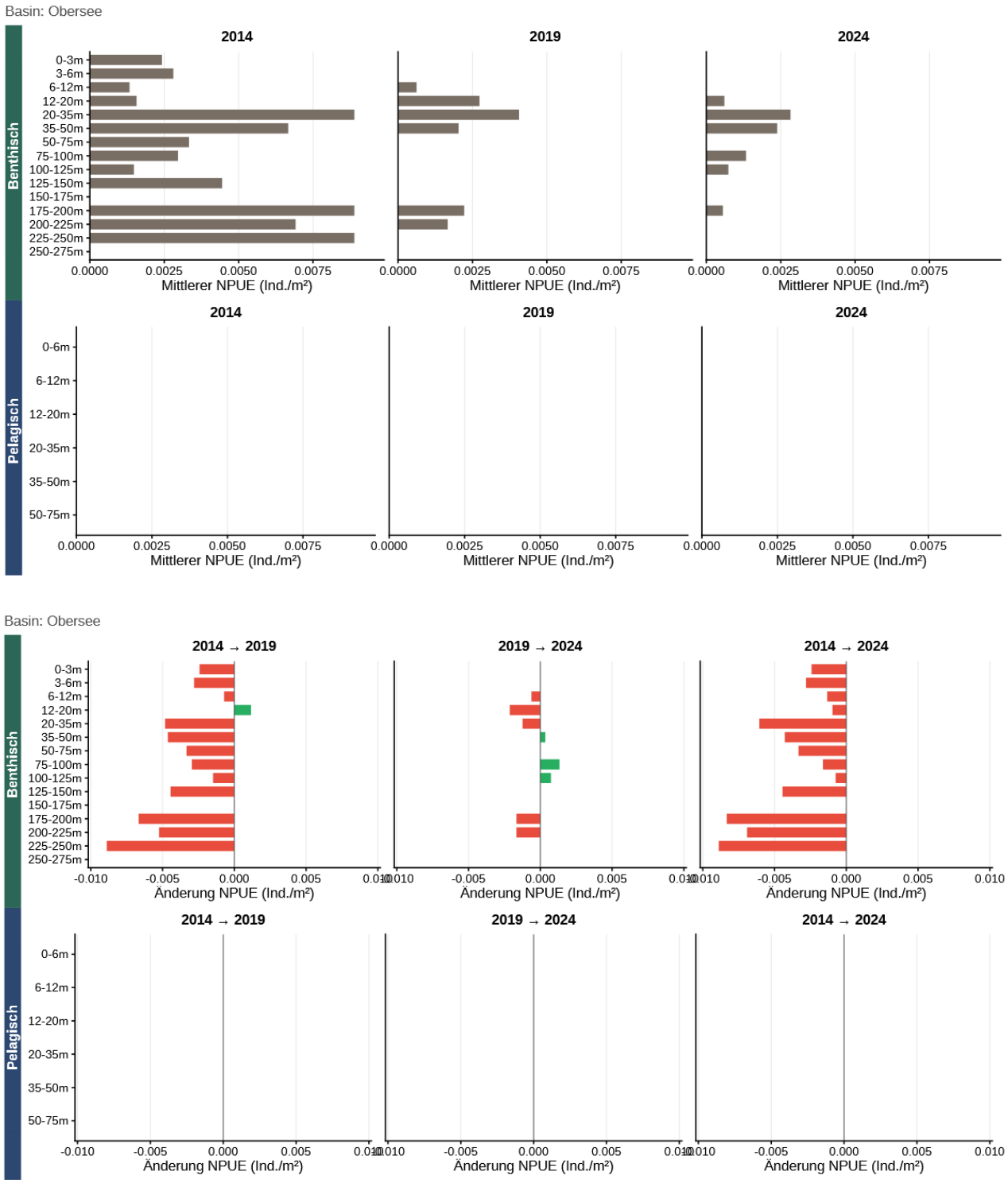


Abbildung 11-38. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Trüschen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Wels

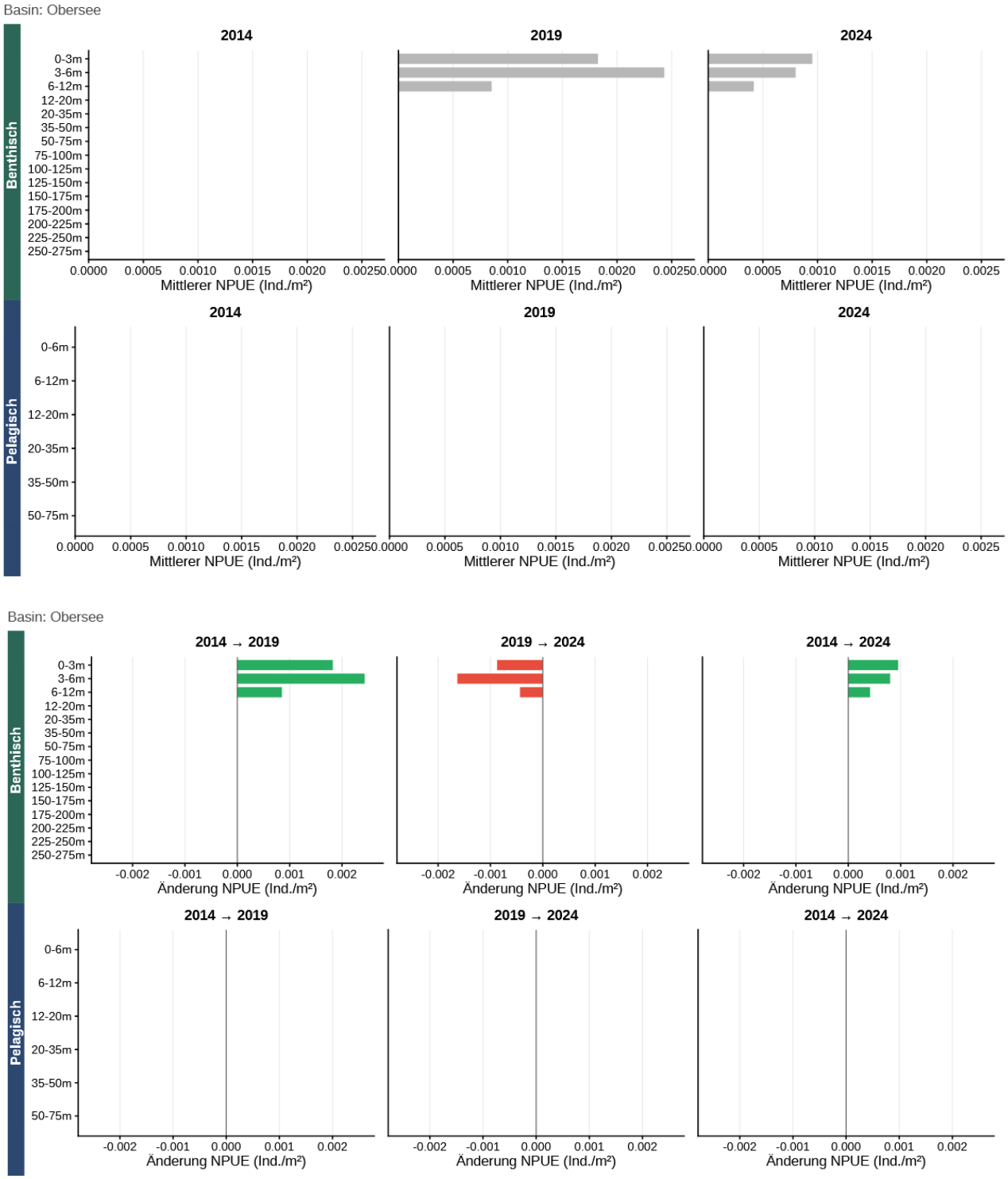
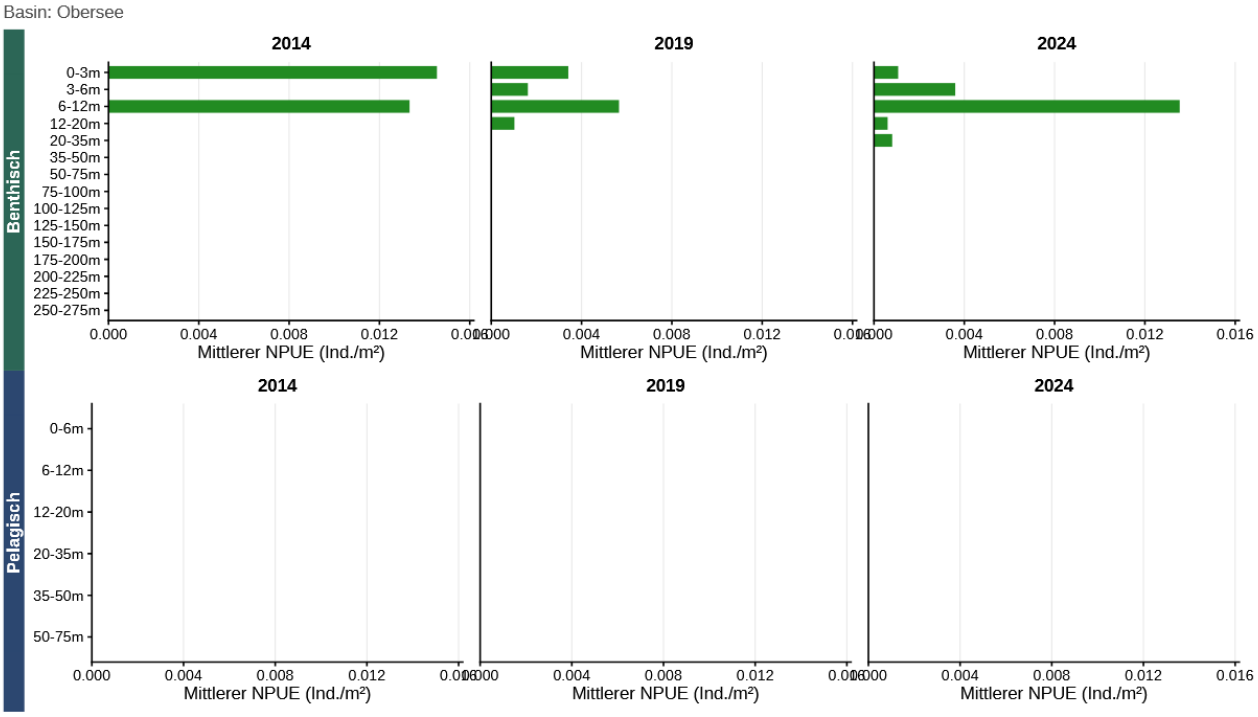


Abbildung 11-39. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Welse, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Zander



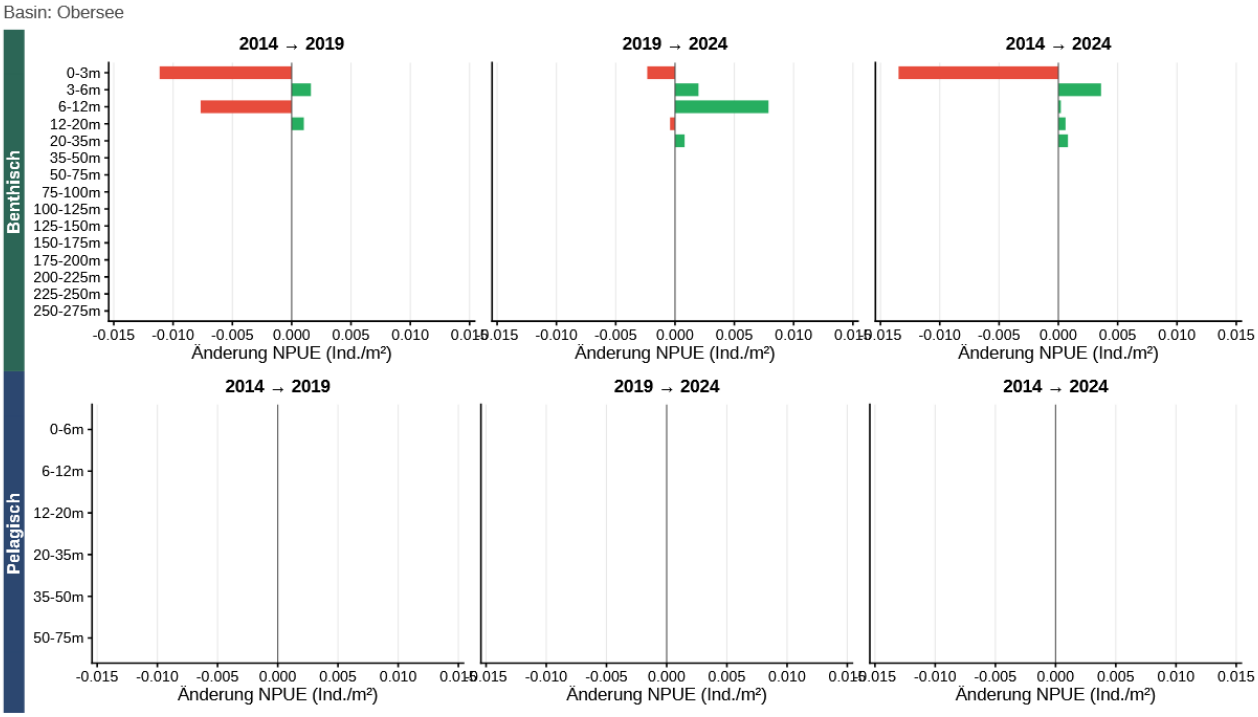


Abbildung 11-40. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Obersee gefangenen Zander, dargestellt für verschiedene Tiefen.

11.7.2 Untersee

Alle Fischarten

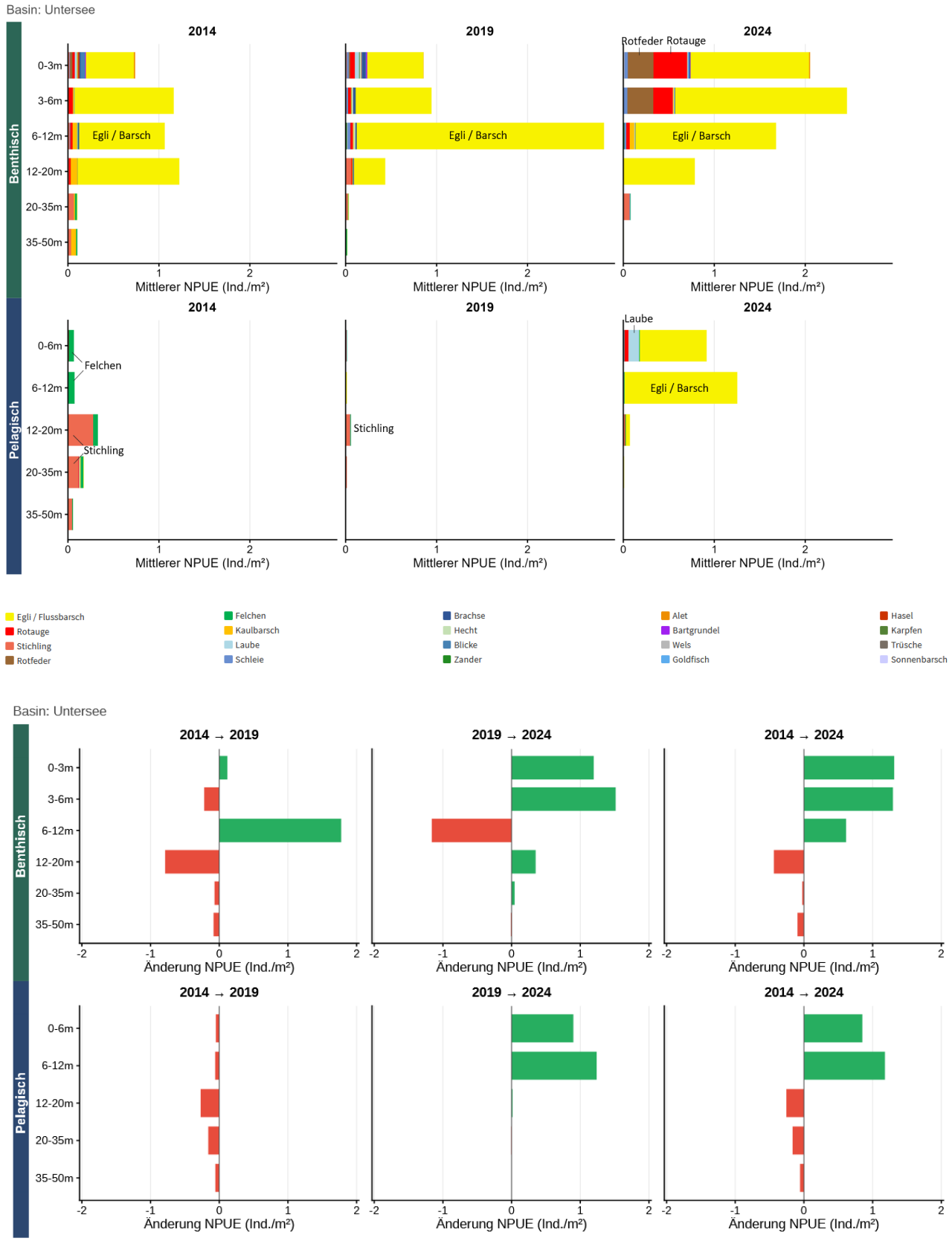


Abbildung 11-41. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Fischen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Alet



Abbildung 11-42. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Alet, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Blicke

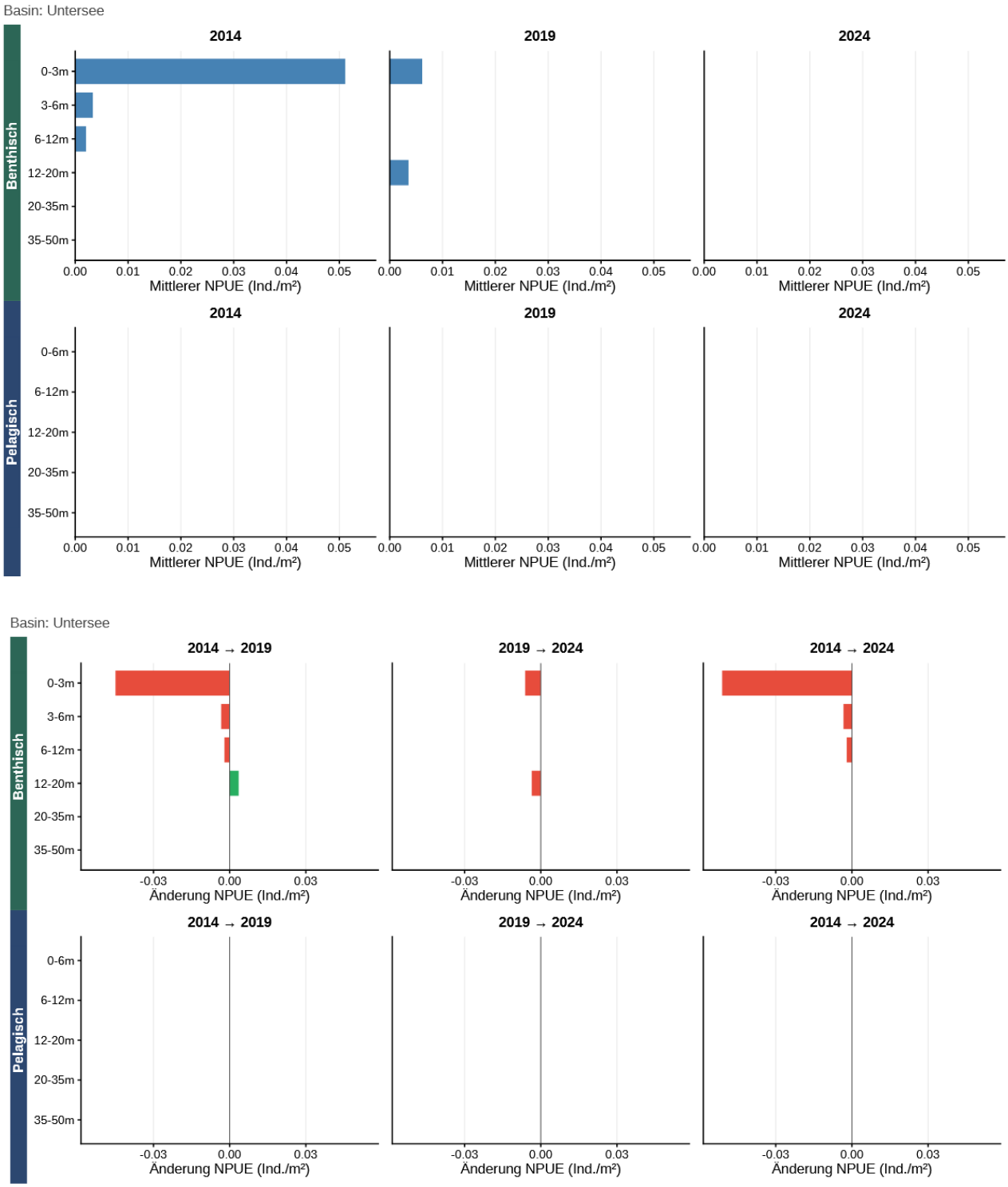


Abbildung 11-43. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Blicken, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Brachse

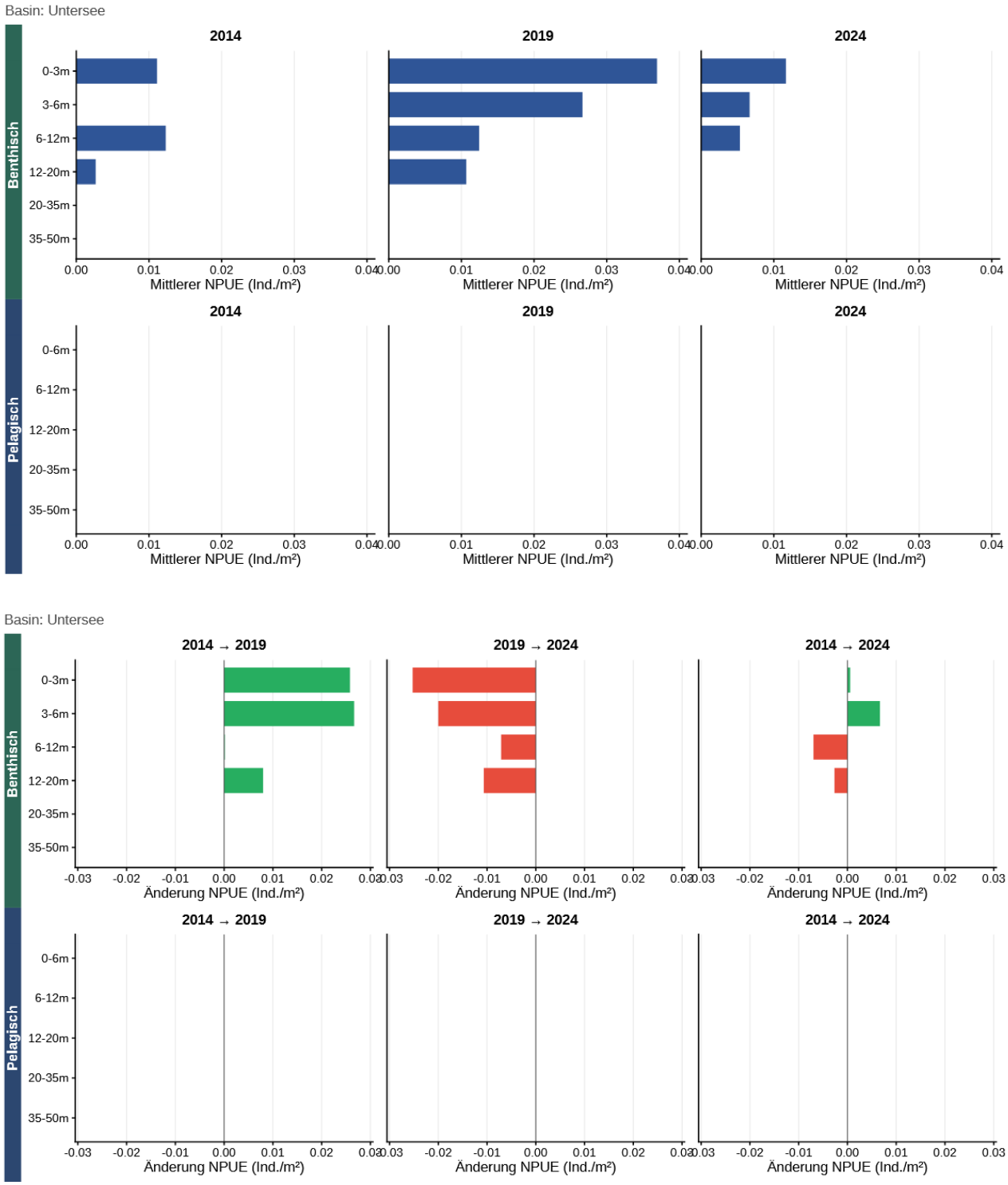


Abbildung 11-44. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Brachsen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Giebel

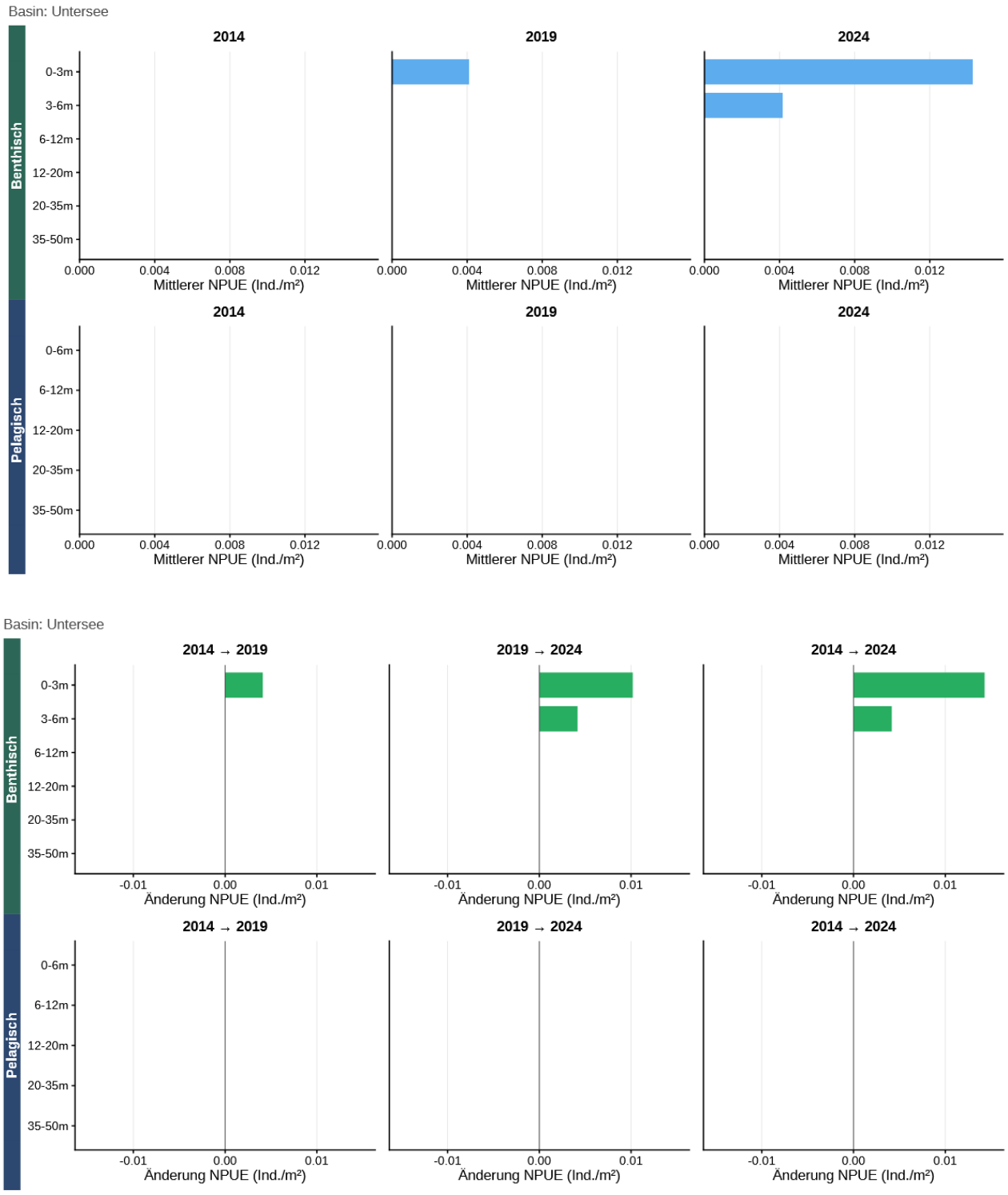
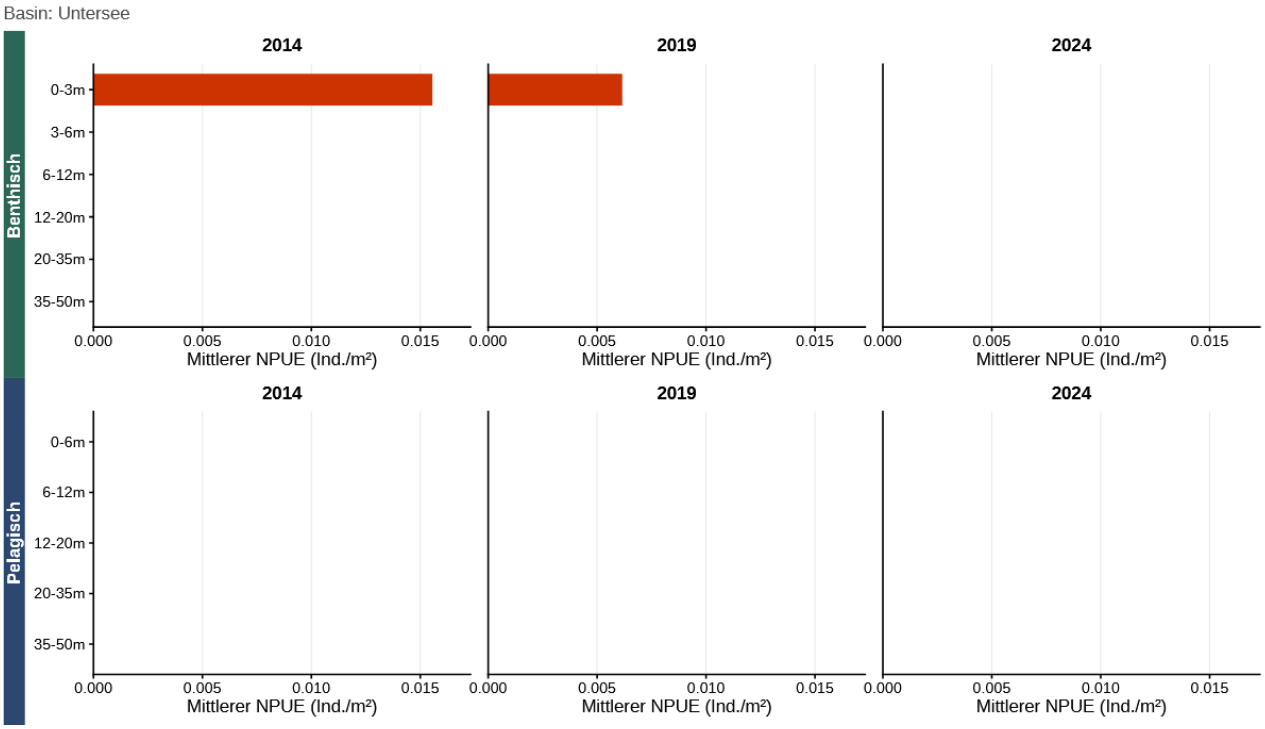


Abbildung 11-45. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Giebel, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Hasel



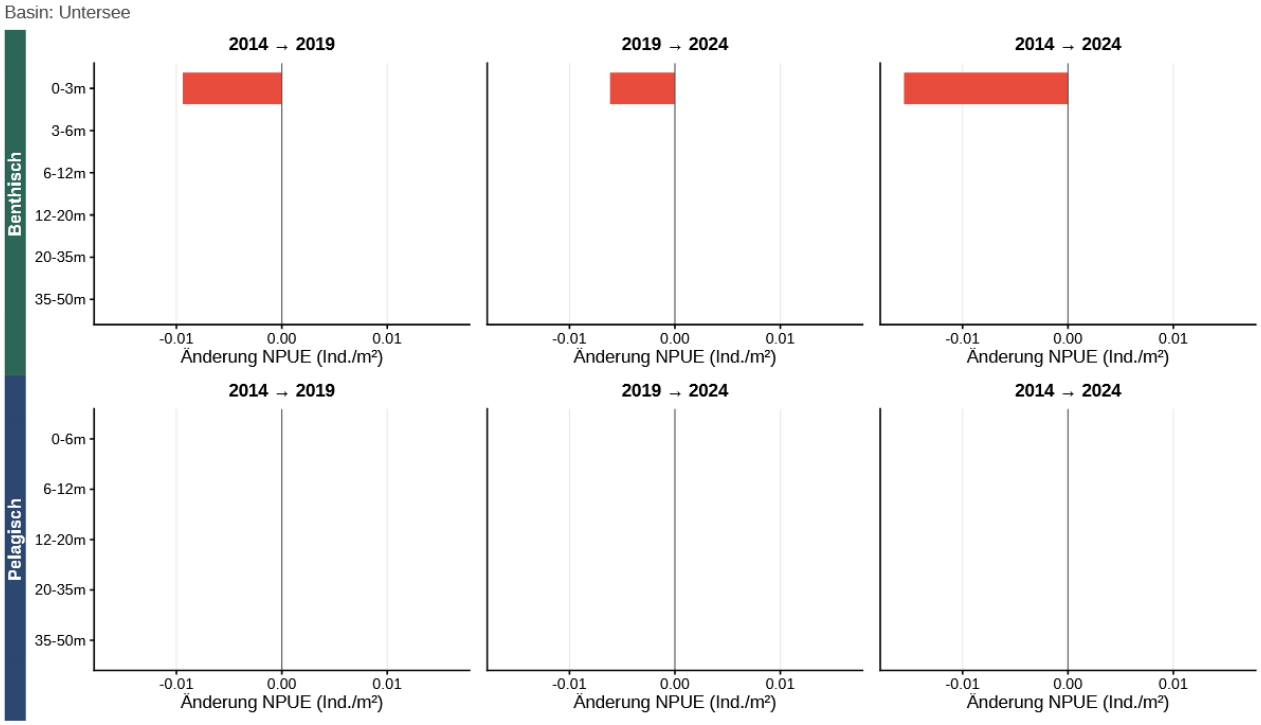


Abbildung 11-46. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Hasel, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Hecht

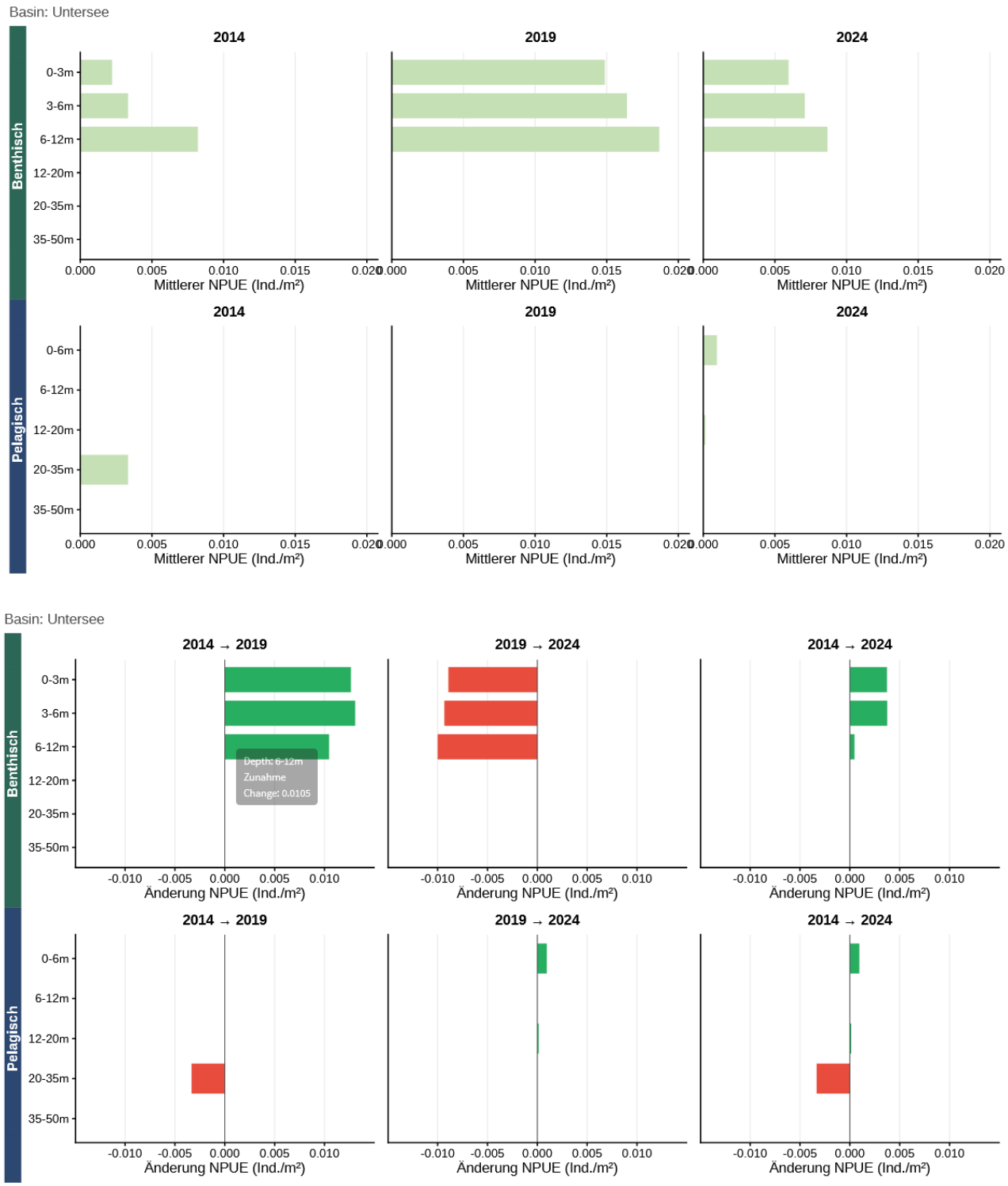
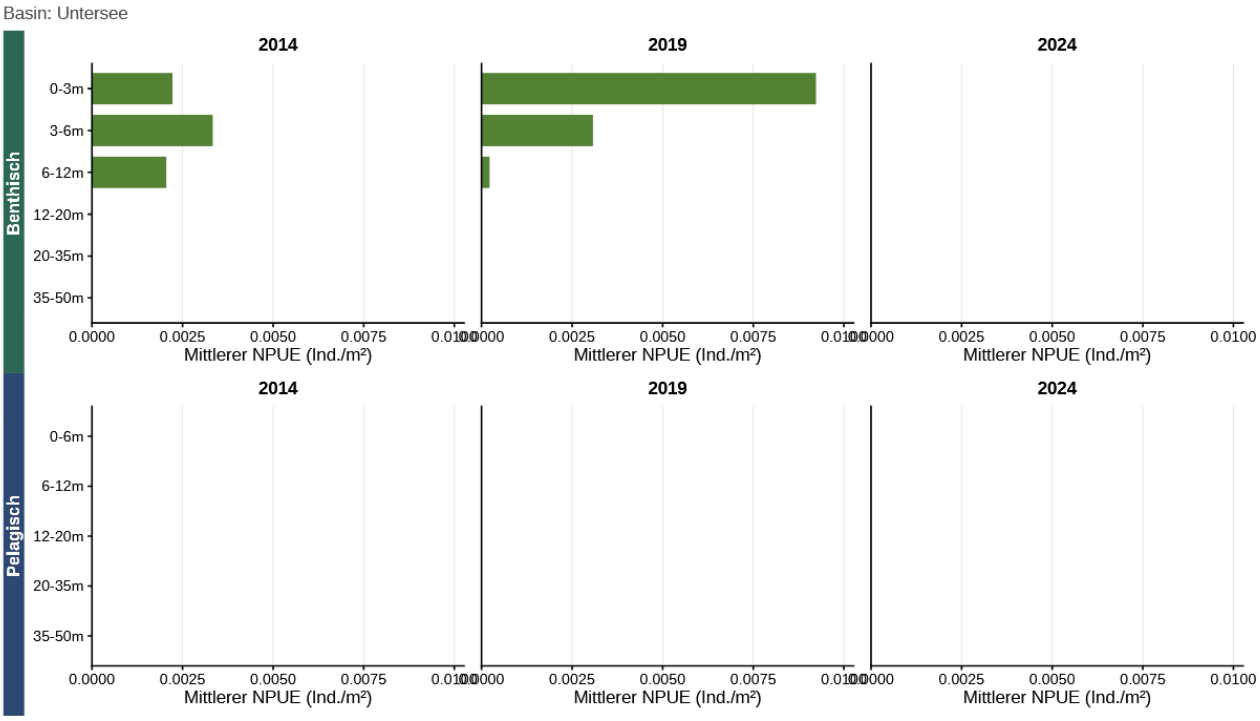


Abbildung 11-47. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Hechte, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Karpfen



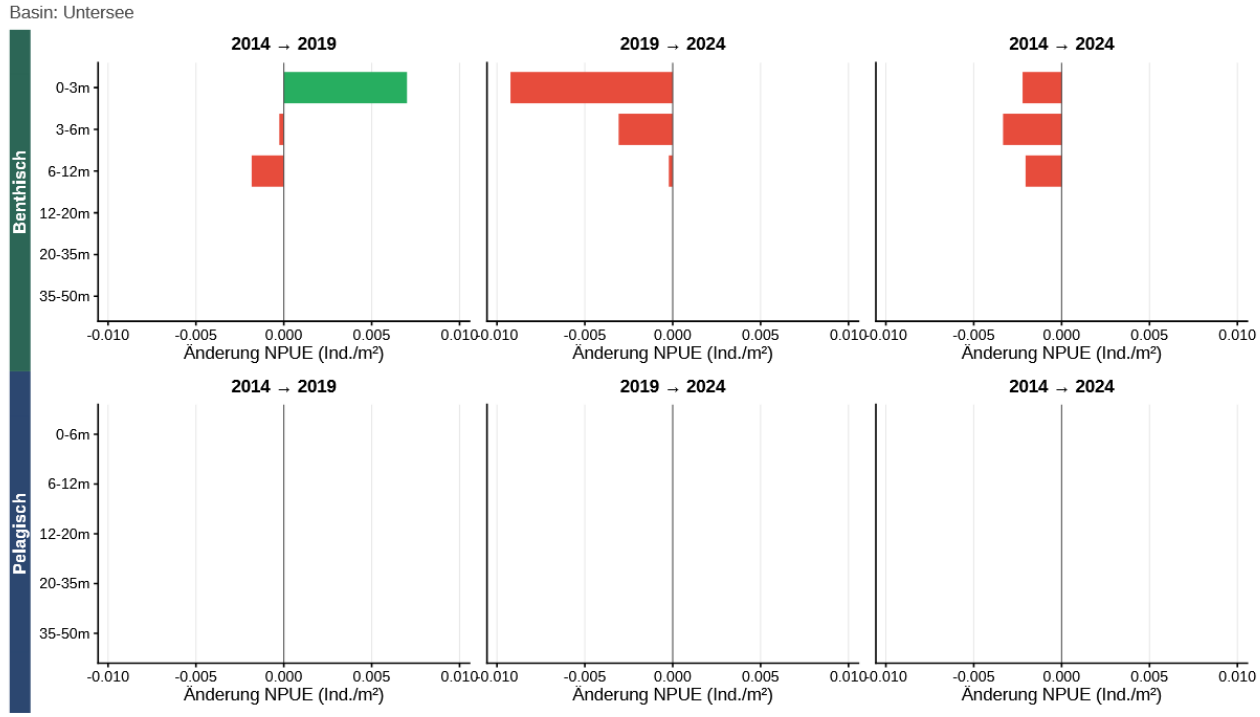


Abbildung 11-48. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Karpfen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Kaulbarsch

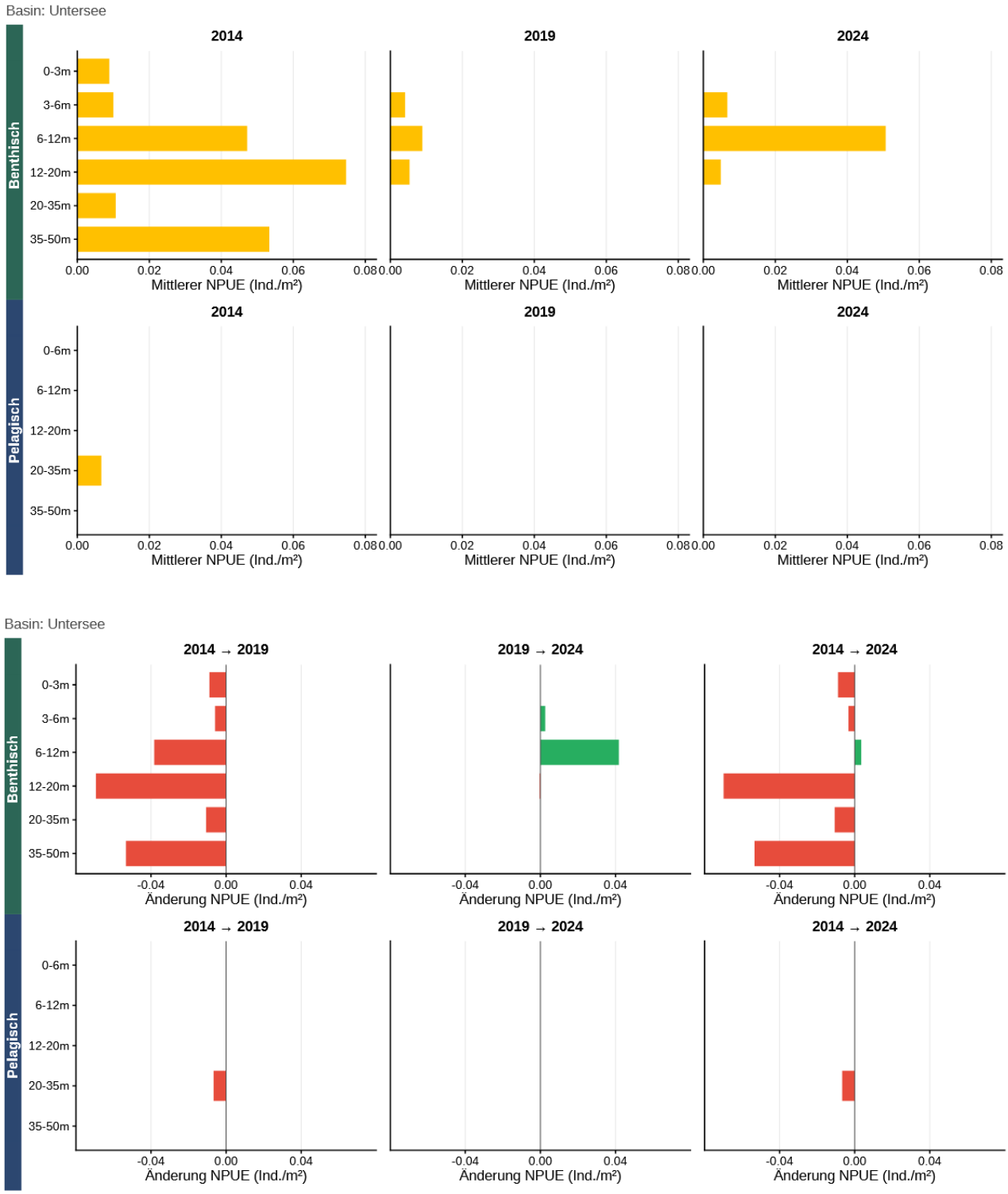
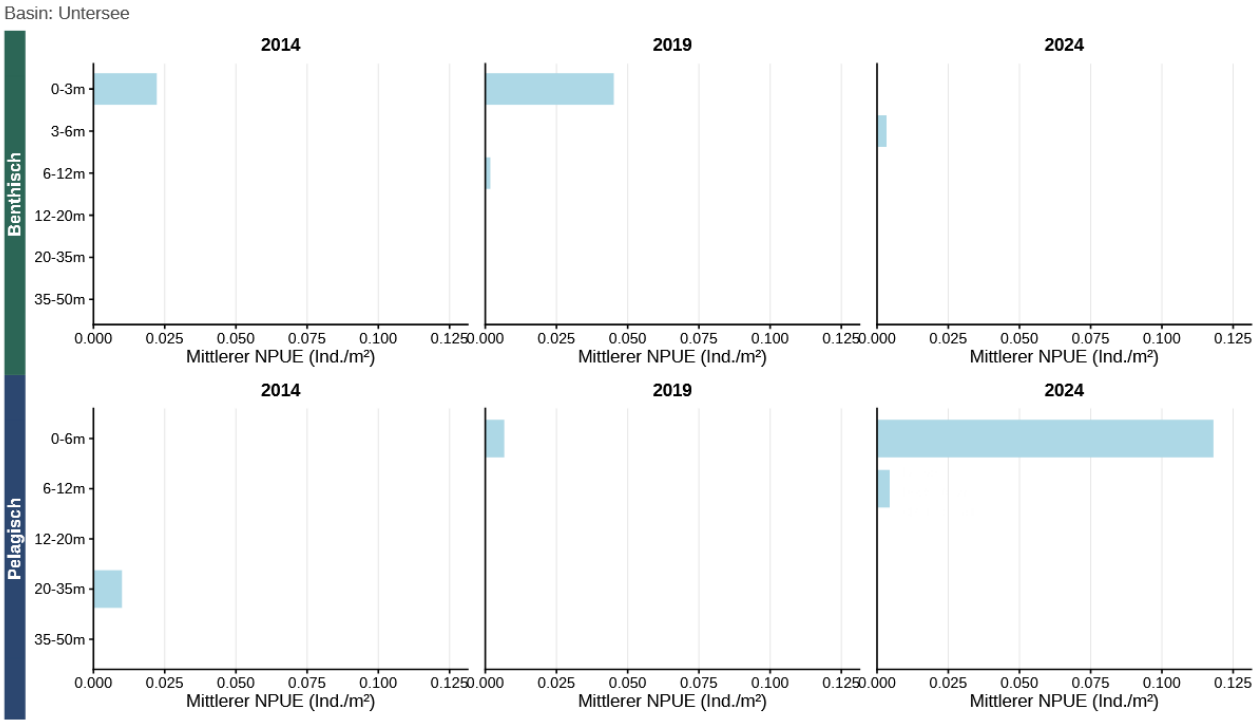


Abbildung 11-49. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Kaulbarsche, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Laube



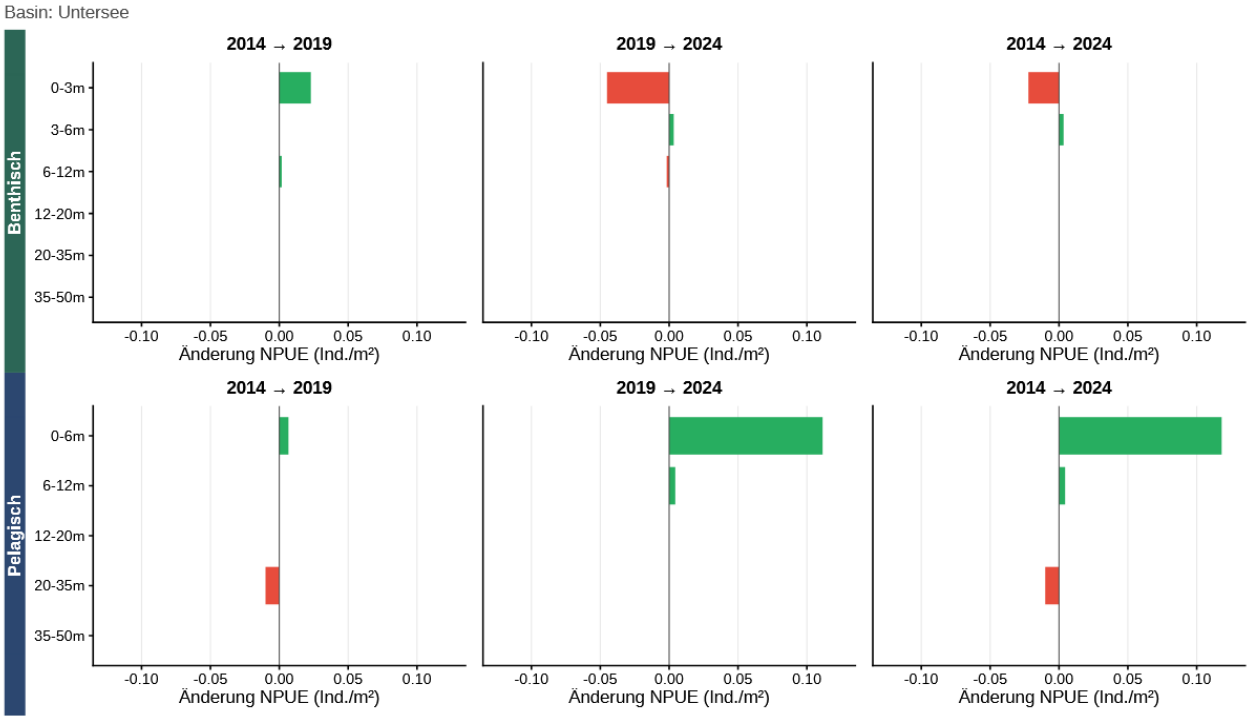


Abbildung 11-50. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Lauben, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Rotauge

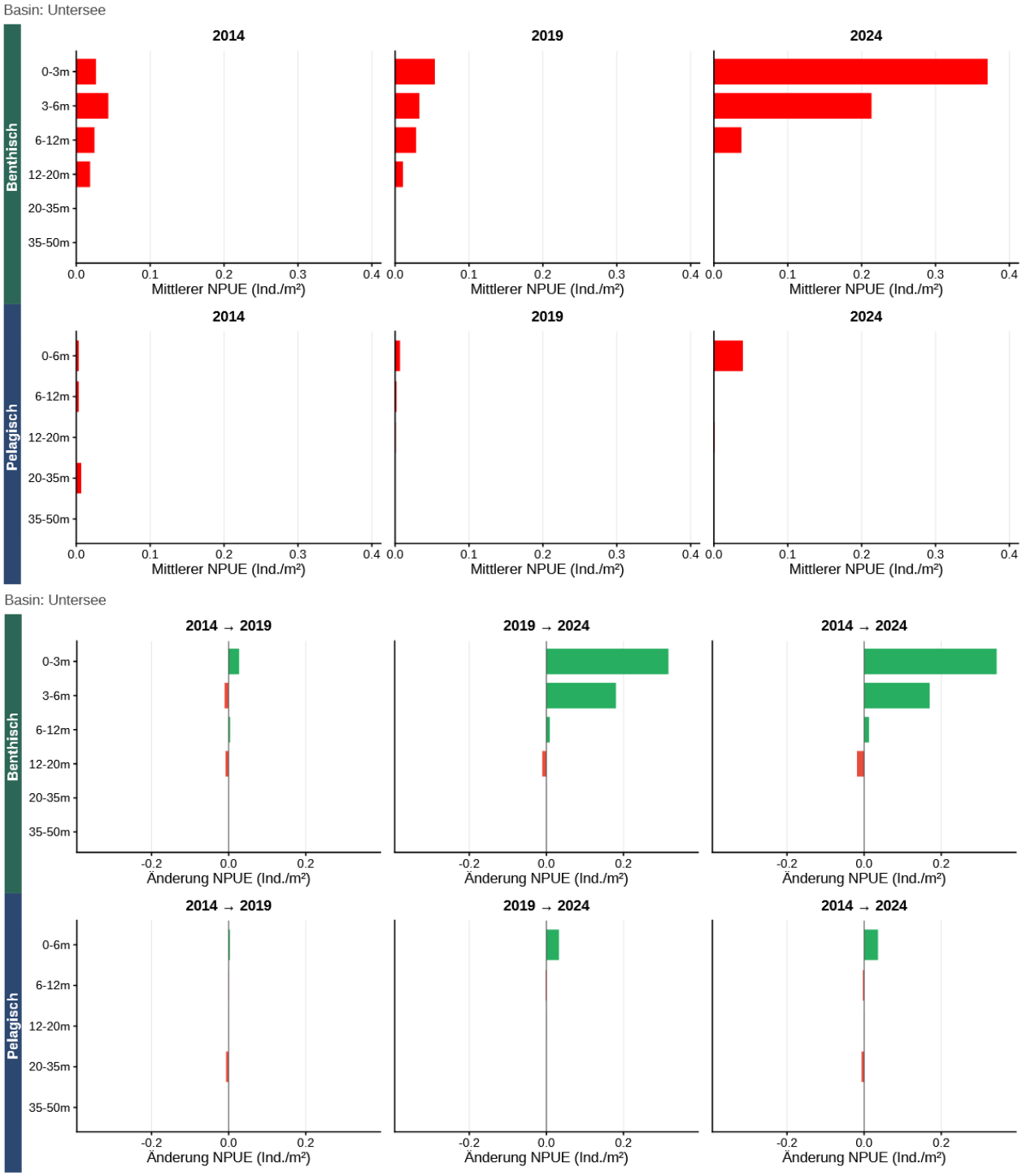


Abbildung 11-51. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Rotaugen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Rotfeder

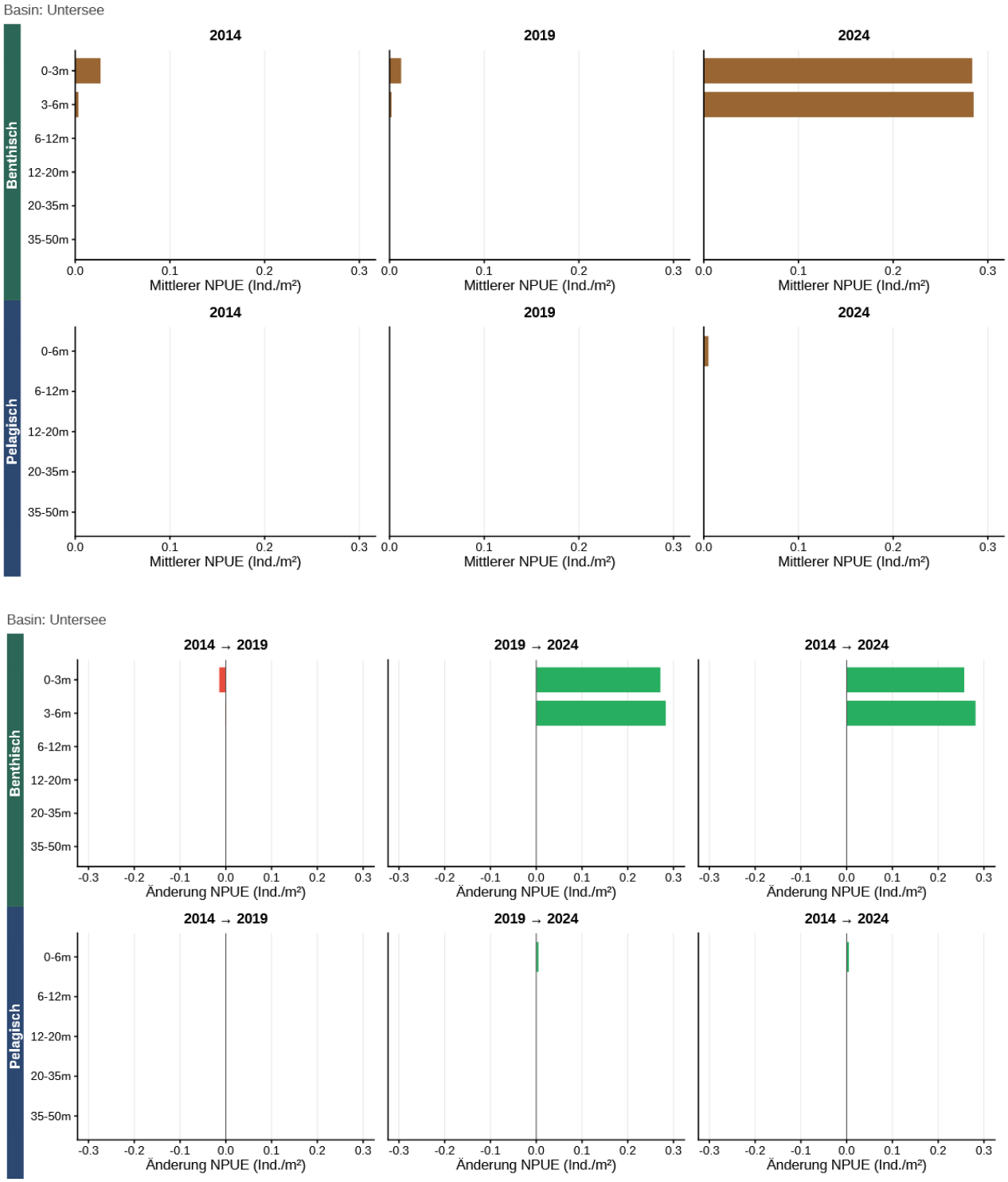


Abbildung 11-52. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Rotfedern, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Schleie

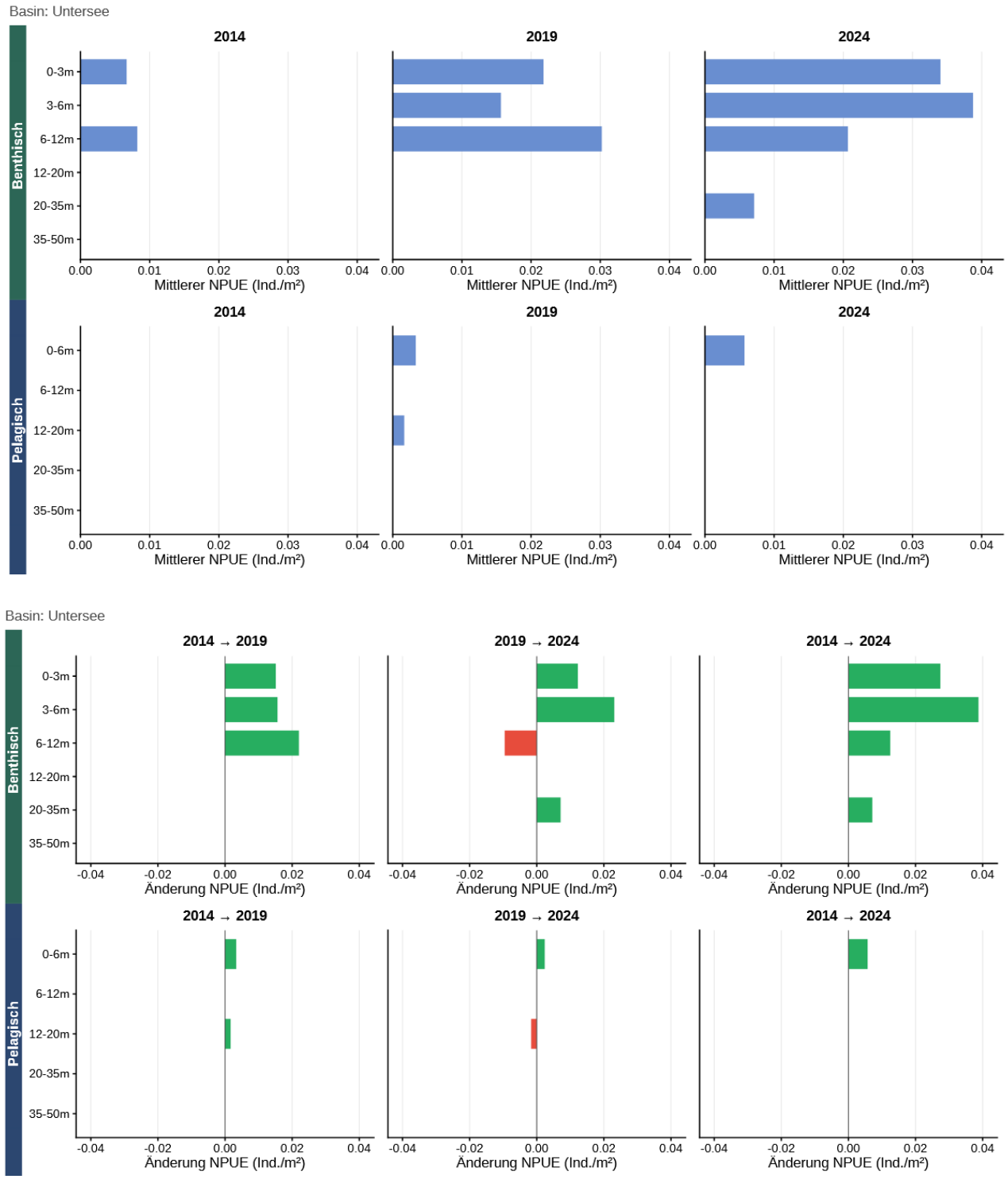


Abbildung 11-53. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Schleien, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Sonnenbarsch

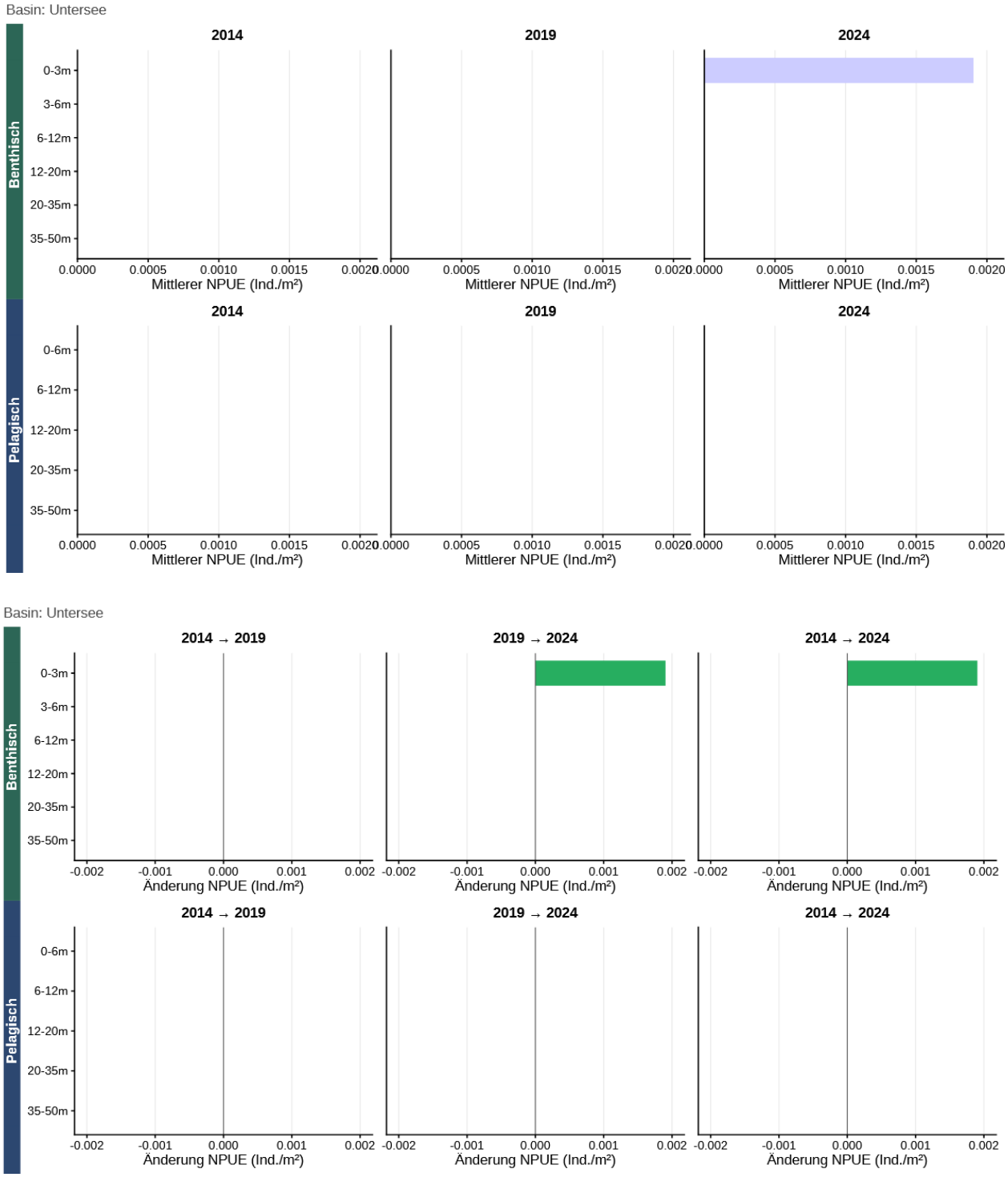


Abbildung 11-54. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Sonnenbarsche, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Trüsche

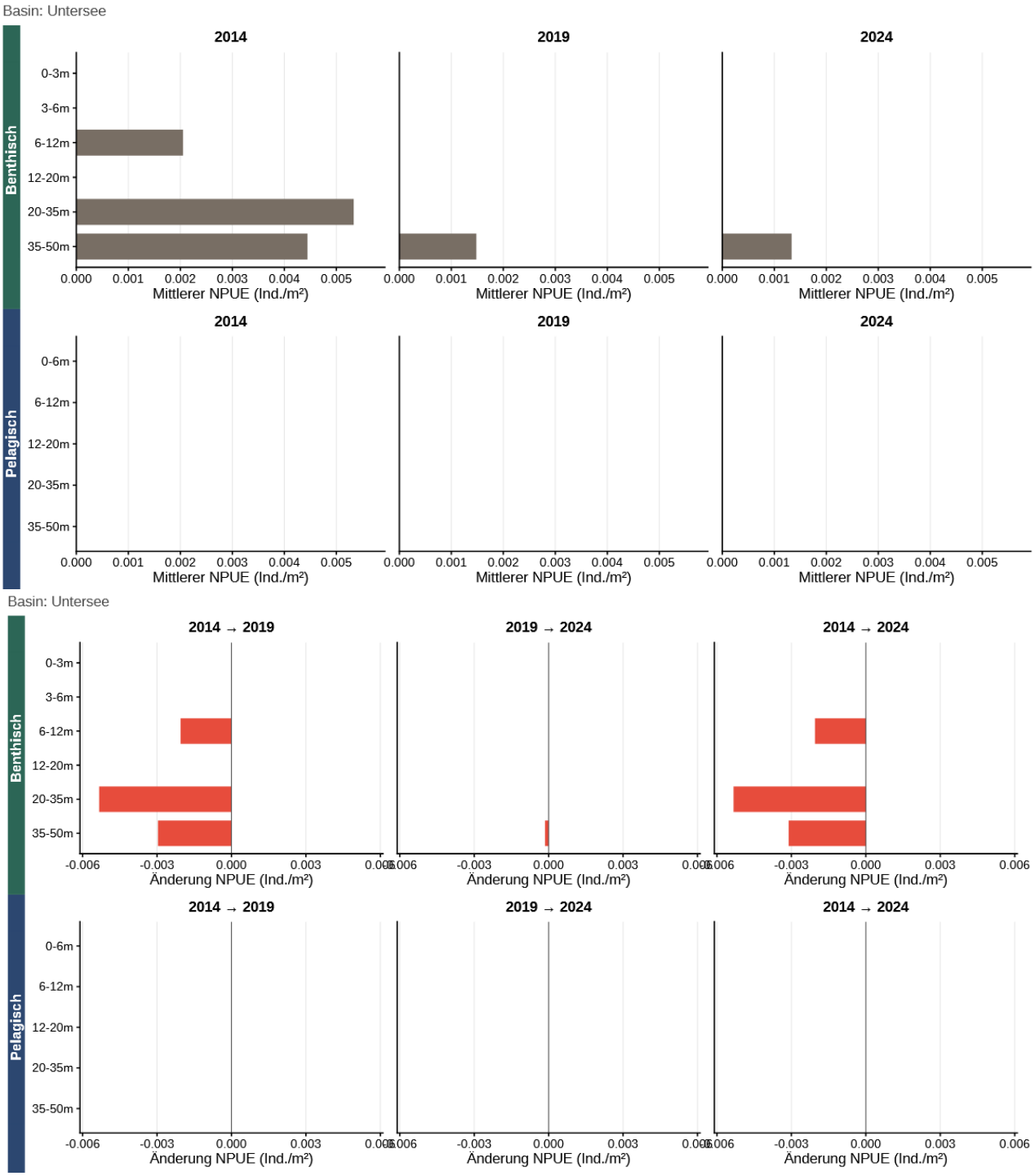


Abbildung 11-55. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Trüschen, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Wels

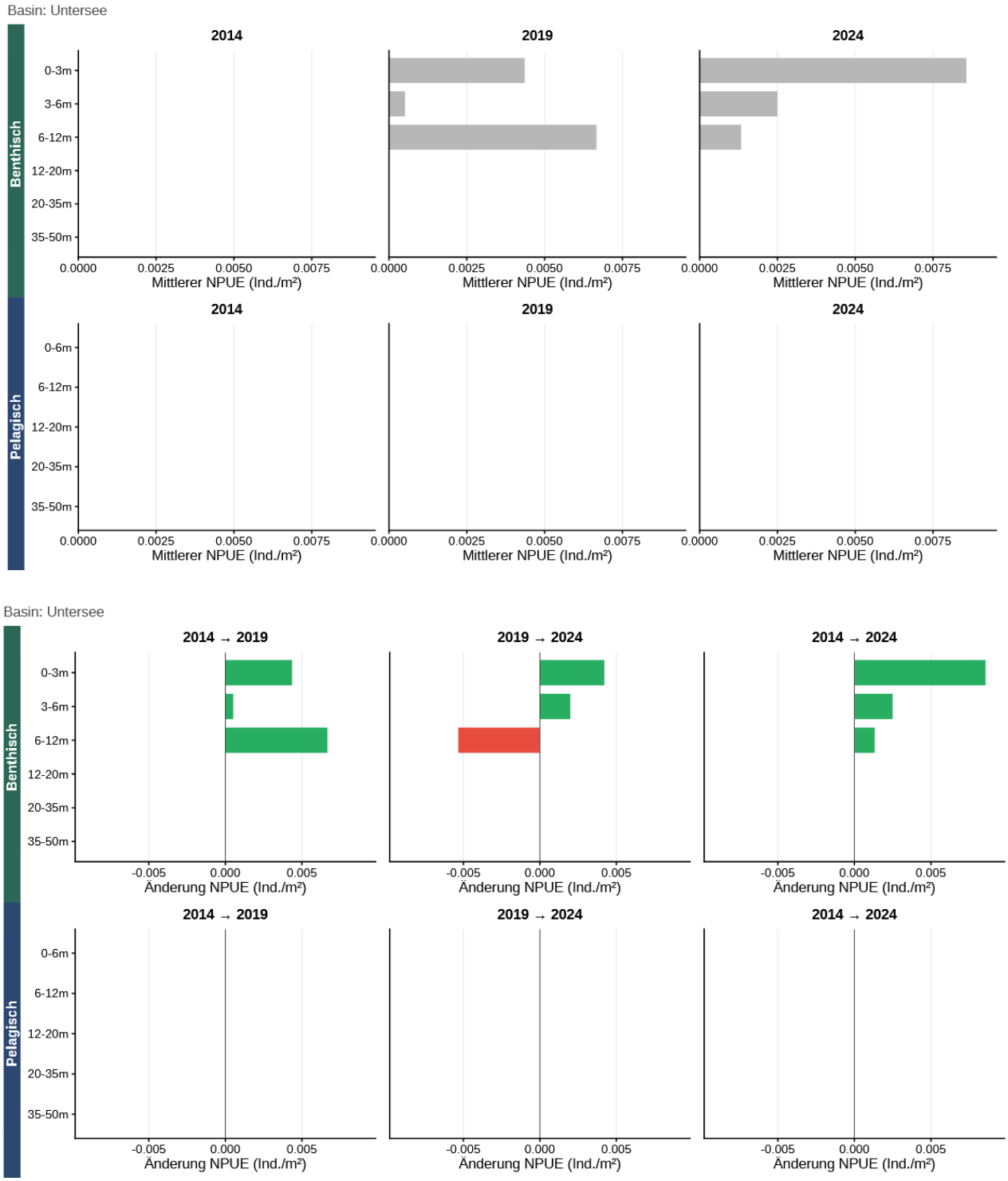
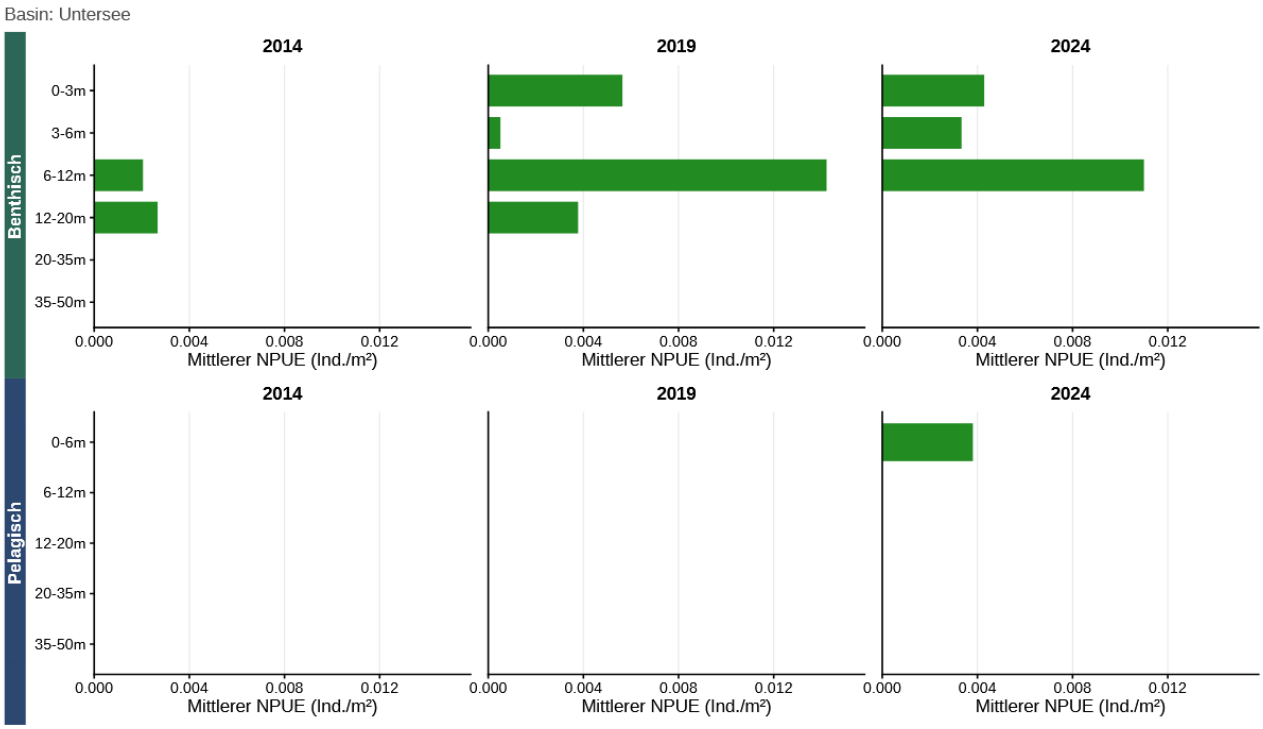


Abbildung 11-56. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Welse, dargestellt für verschiedene Tiefen.

Zander



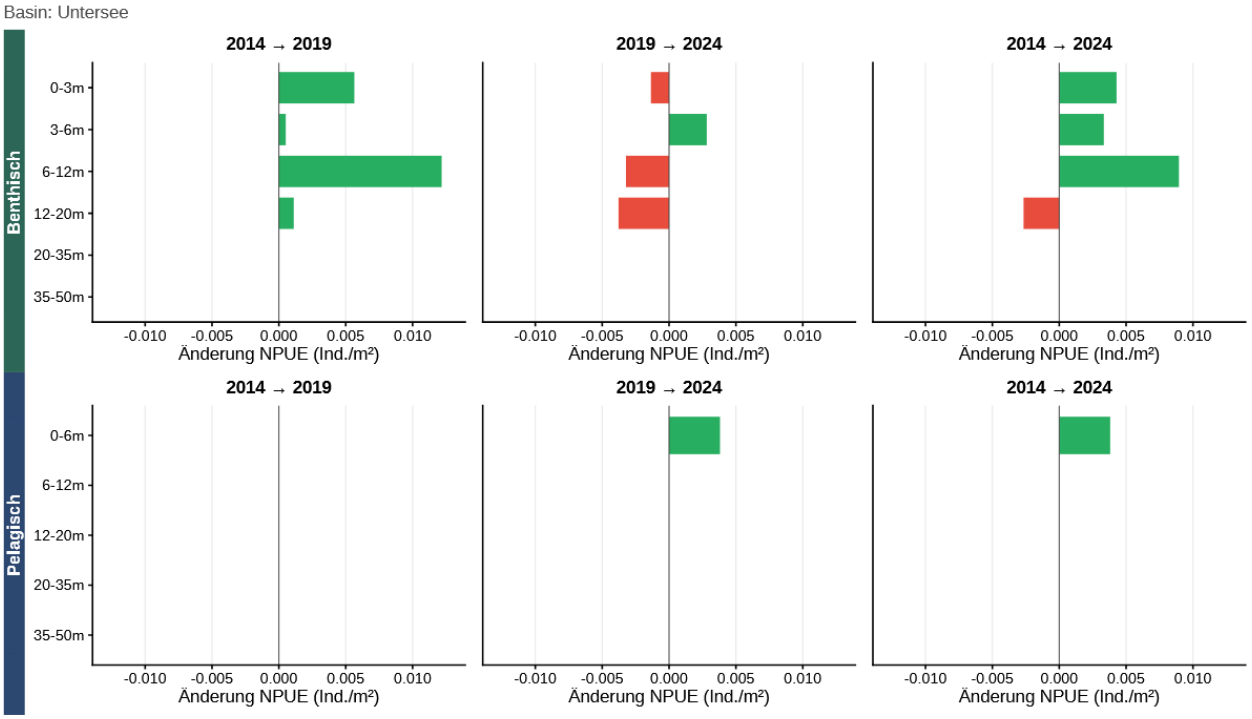


Abbildung 11-57. Die Anzahl (oben) und die Veränderung (unten) der im Untersee gefangenen Zander, dargestellt für verschiedene Tiefen.

11.8 Geografische Verteilung der Fänge (NPUE) Obersee und Untersee

11.8.1 Aal

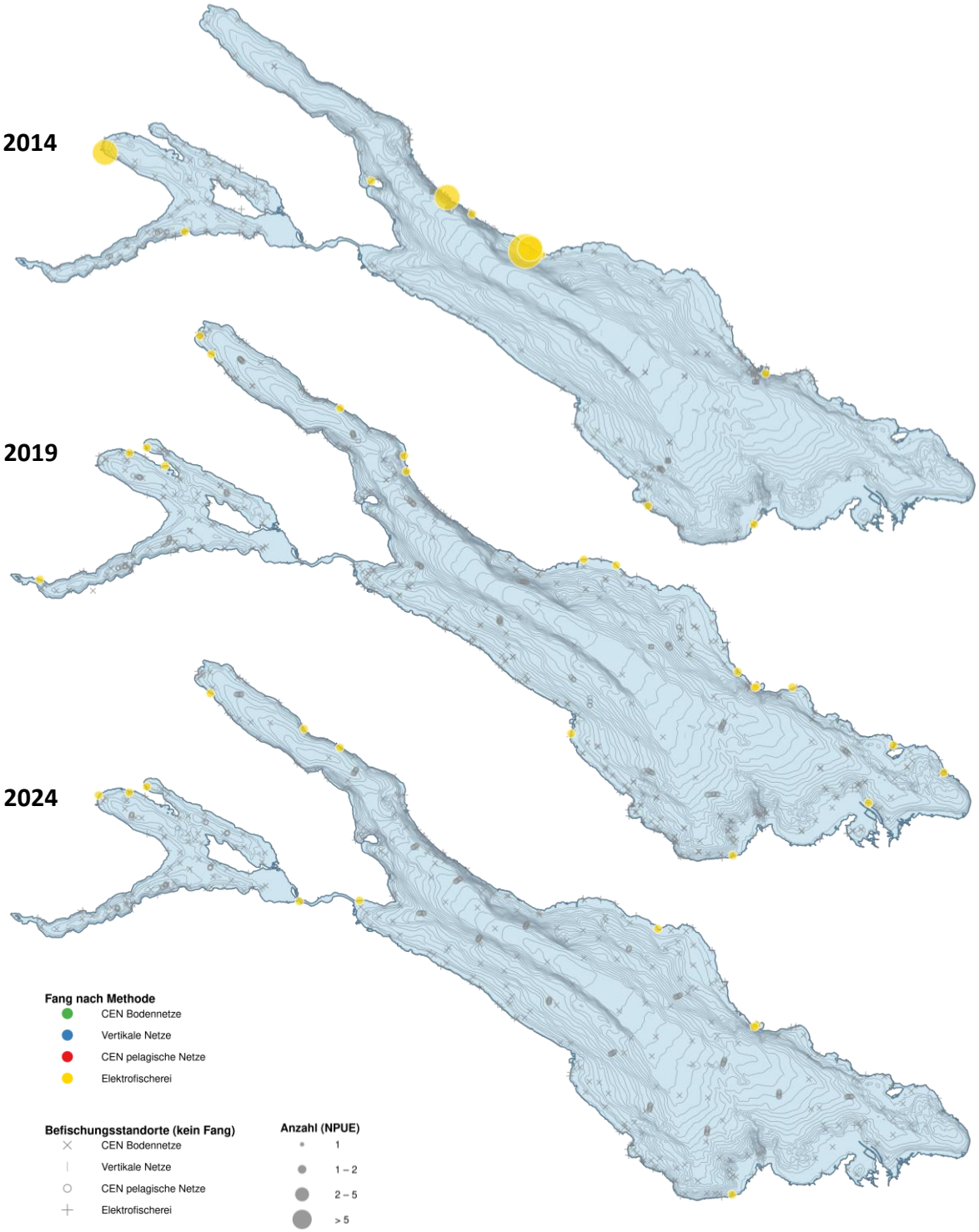


Abbildung 11-58. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Aale (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.2 Alet

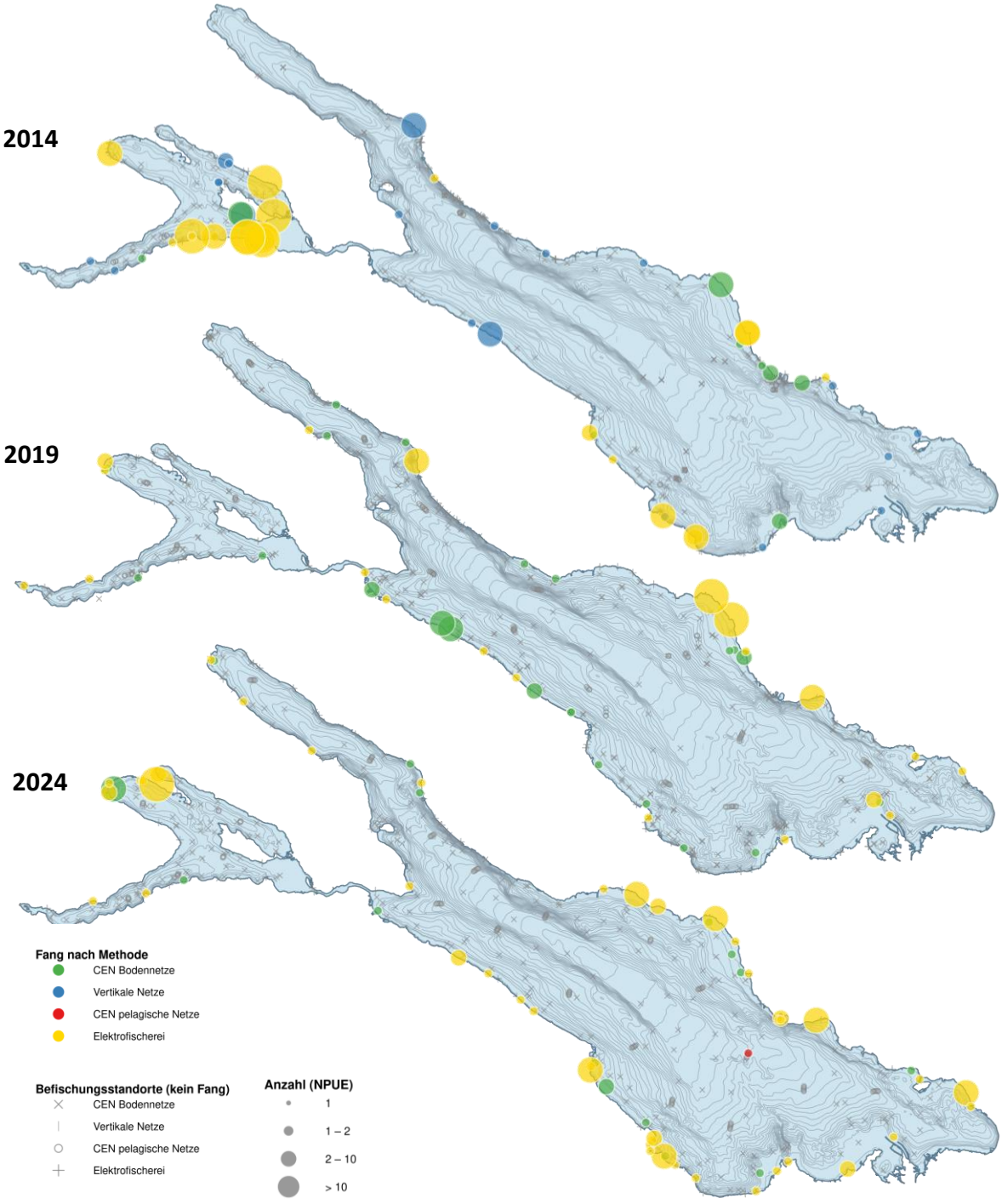


Abbildung 11-59. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Alet (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.3 Blicke

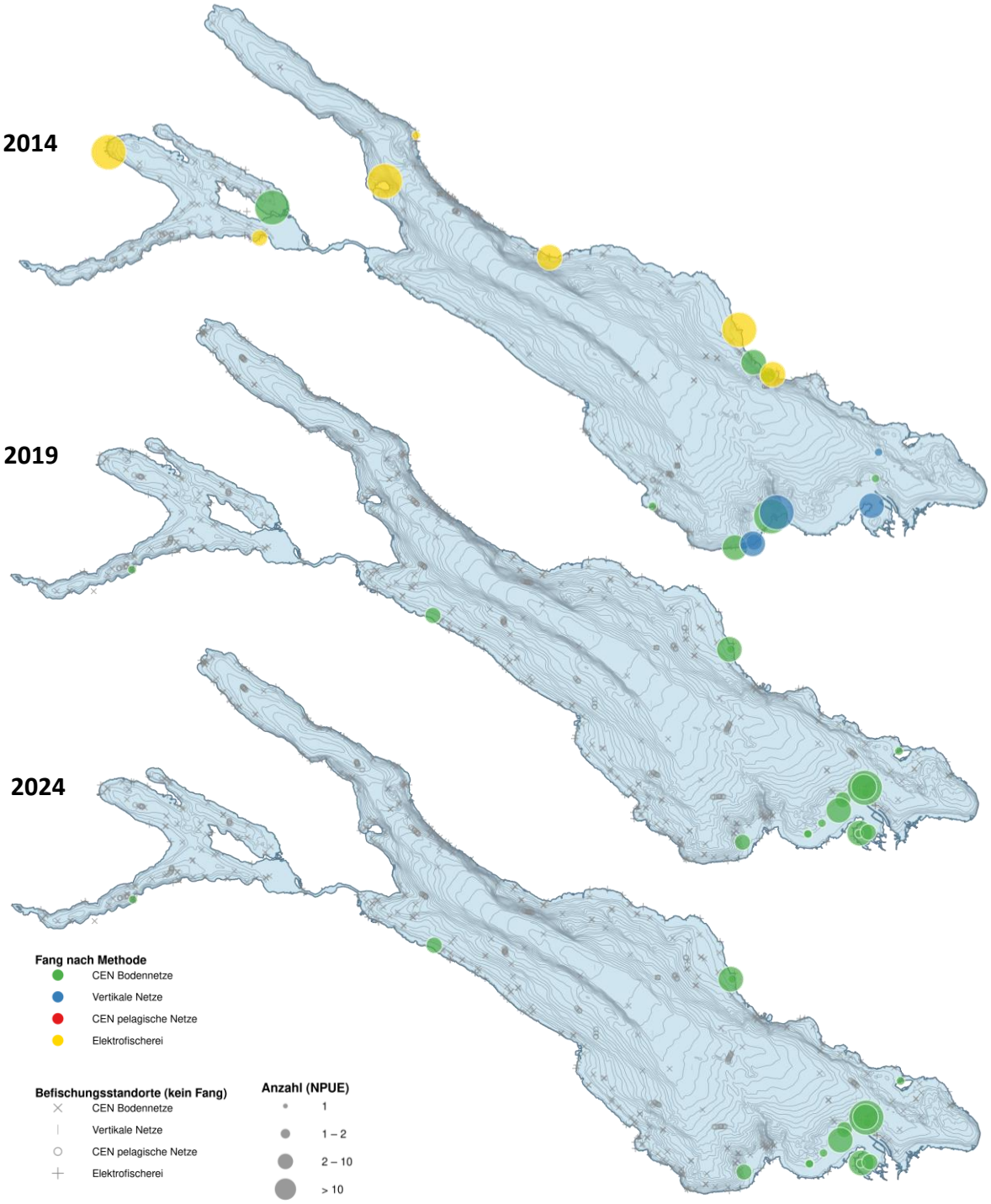


Abbildung 11-60. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Blicken (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.4 Brachse

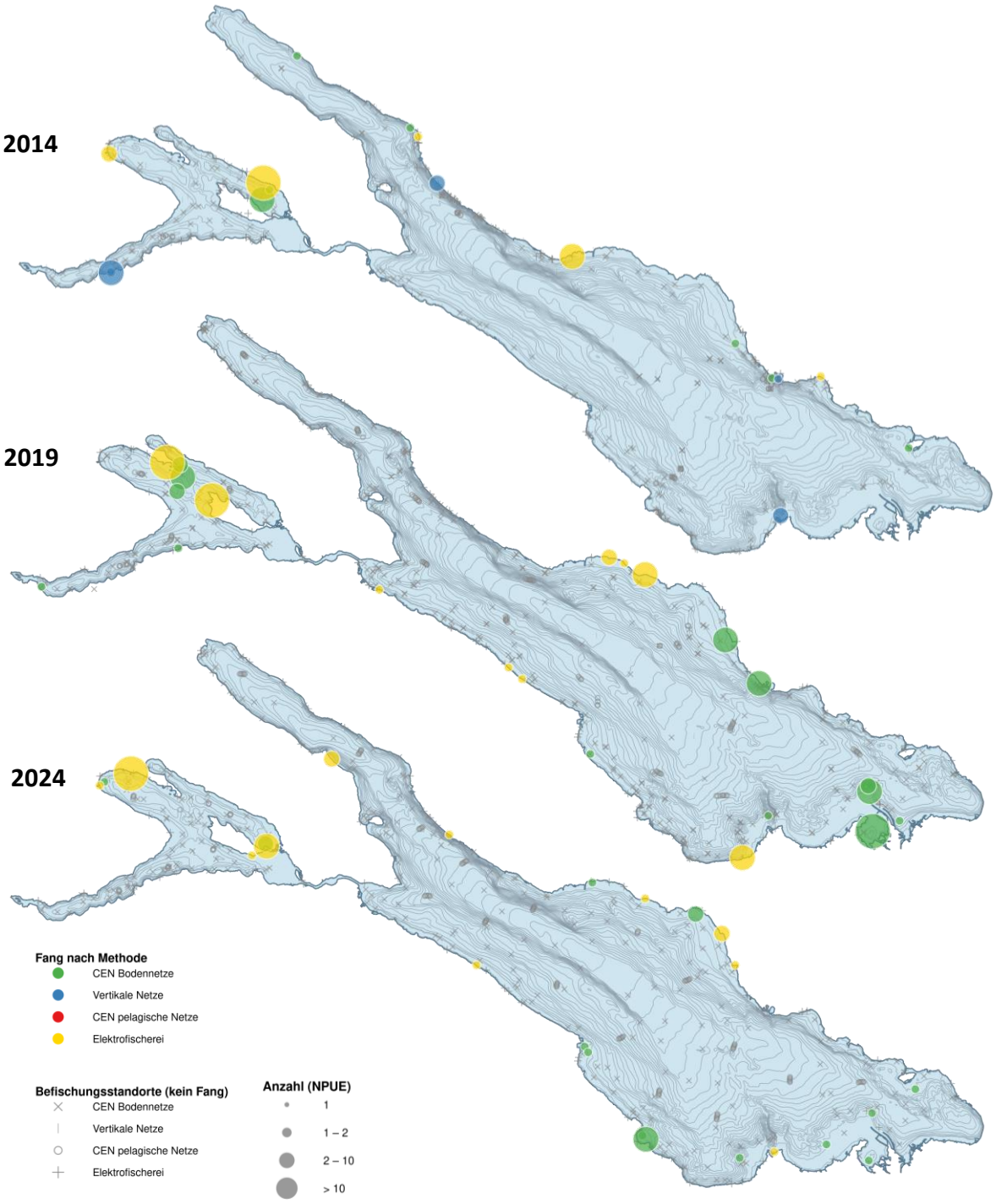


Abbildung 11-61. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Brachsen (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.5 Hasel

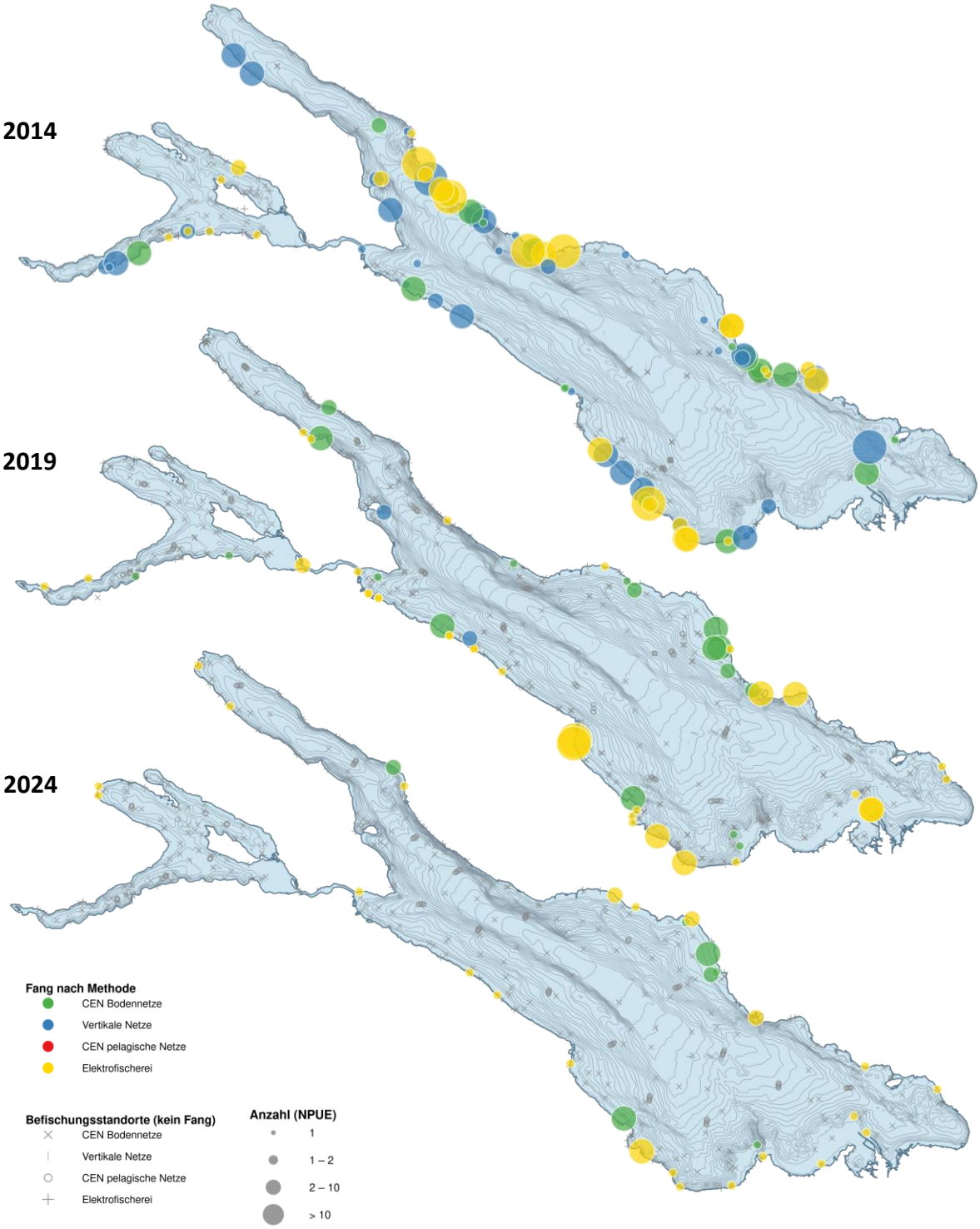


Abbildung 11-62. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Hasel (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.6 Hecht

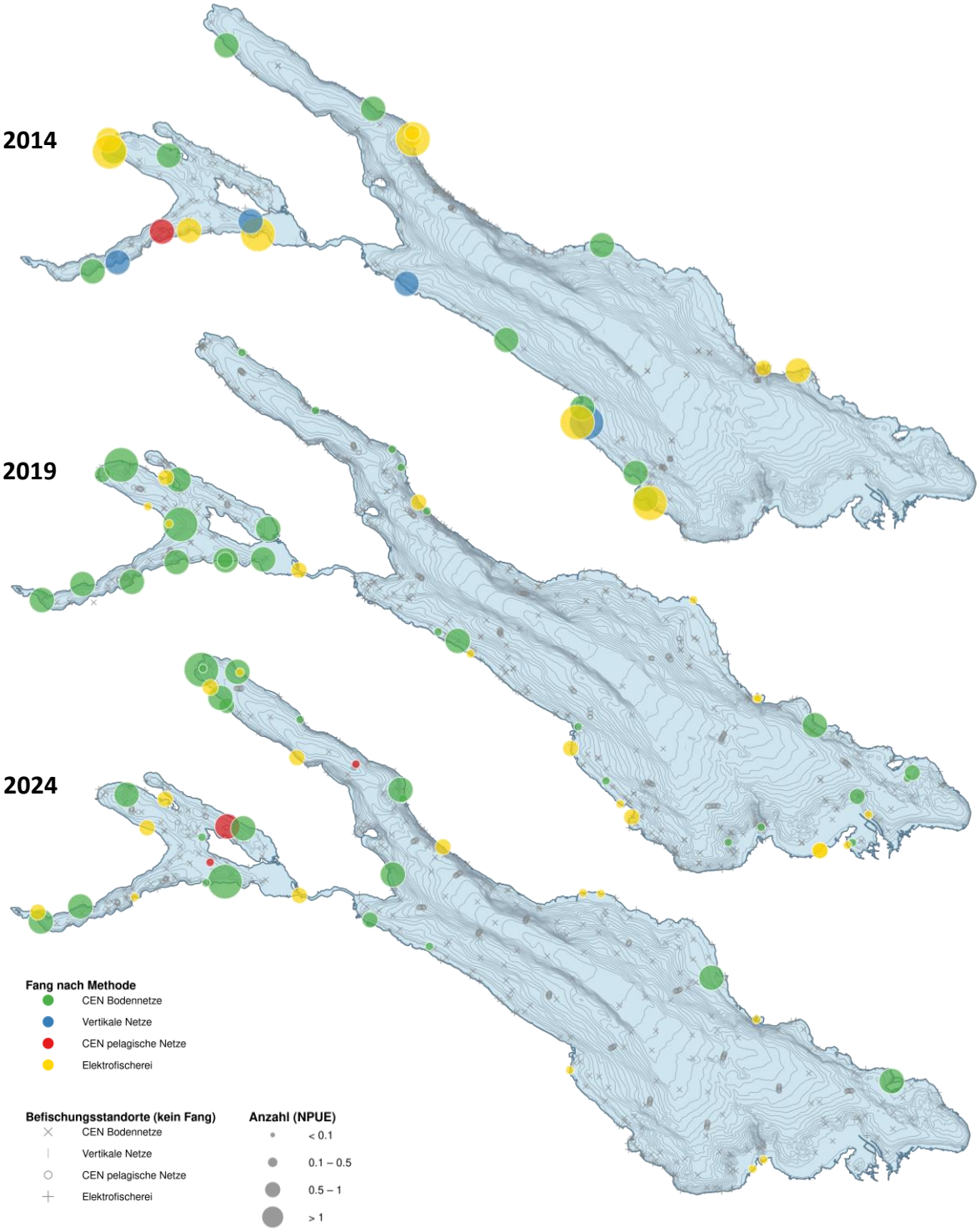


Abbildung 11-63. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Hechte (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.7 Kaulbarsch

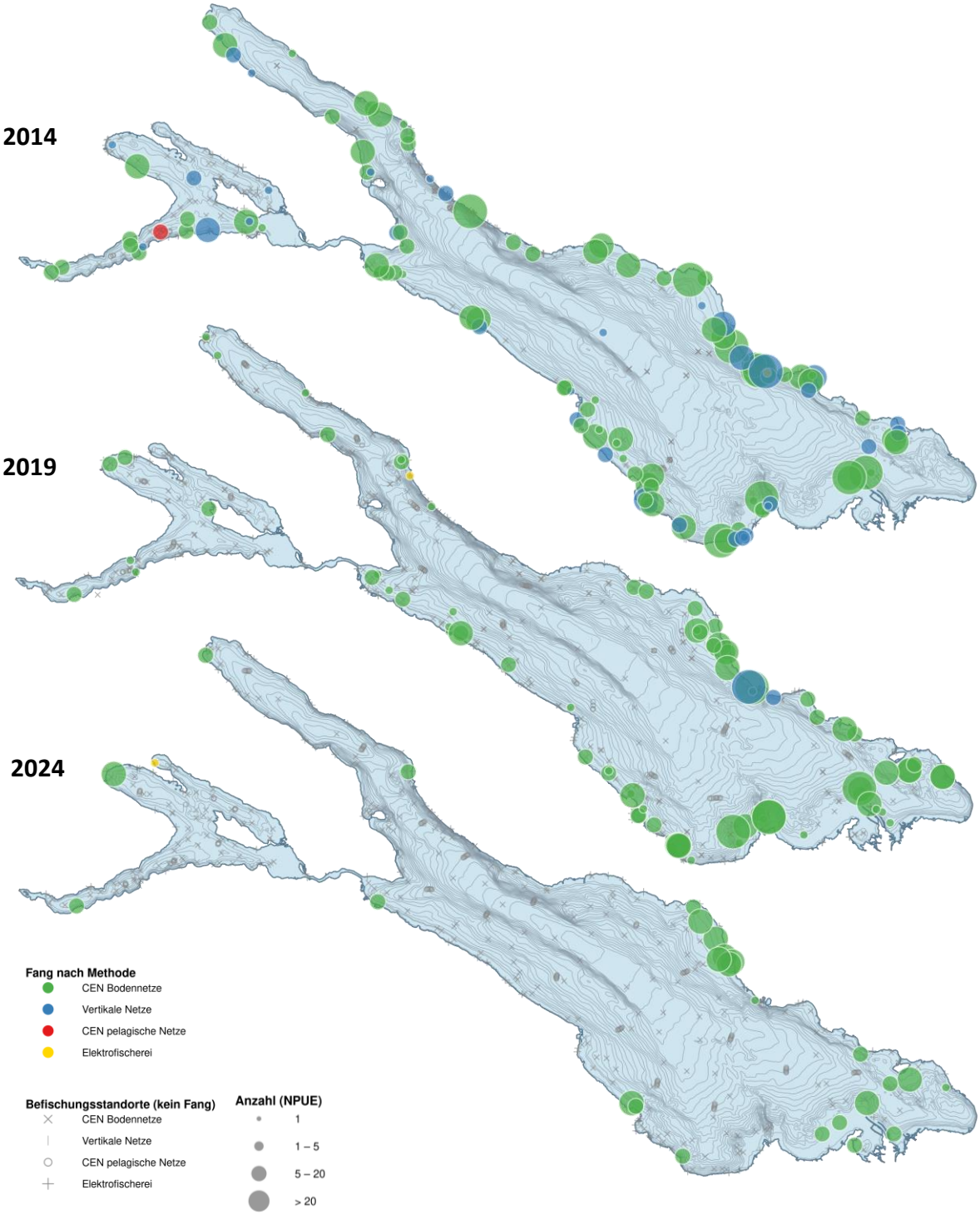


Abbildung 11-64. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Kaulbarsche (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.8 Laube

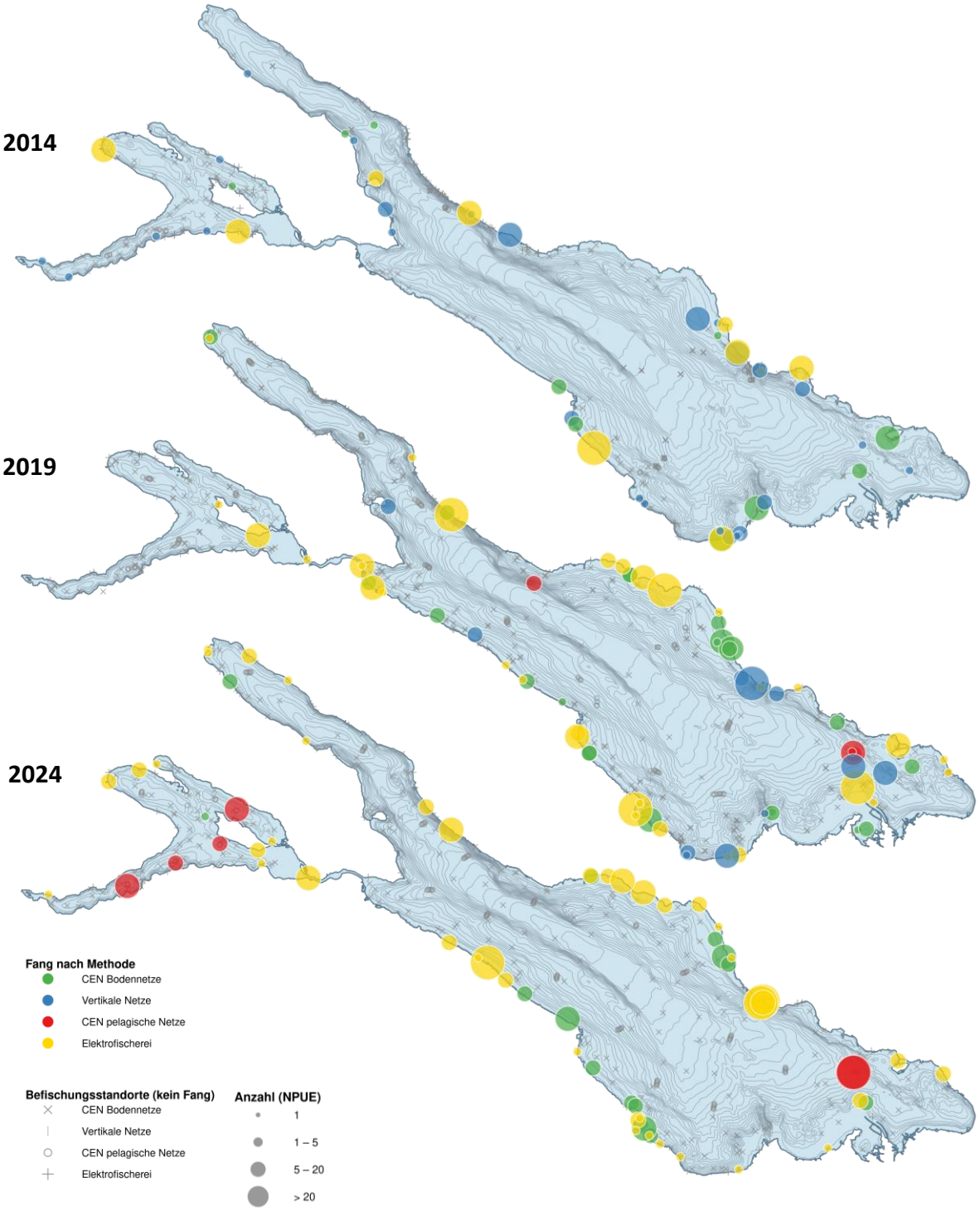


Abbildung 11-65. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Lauben (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.9 Rotauge

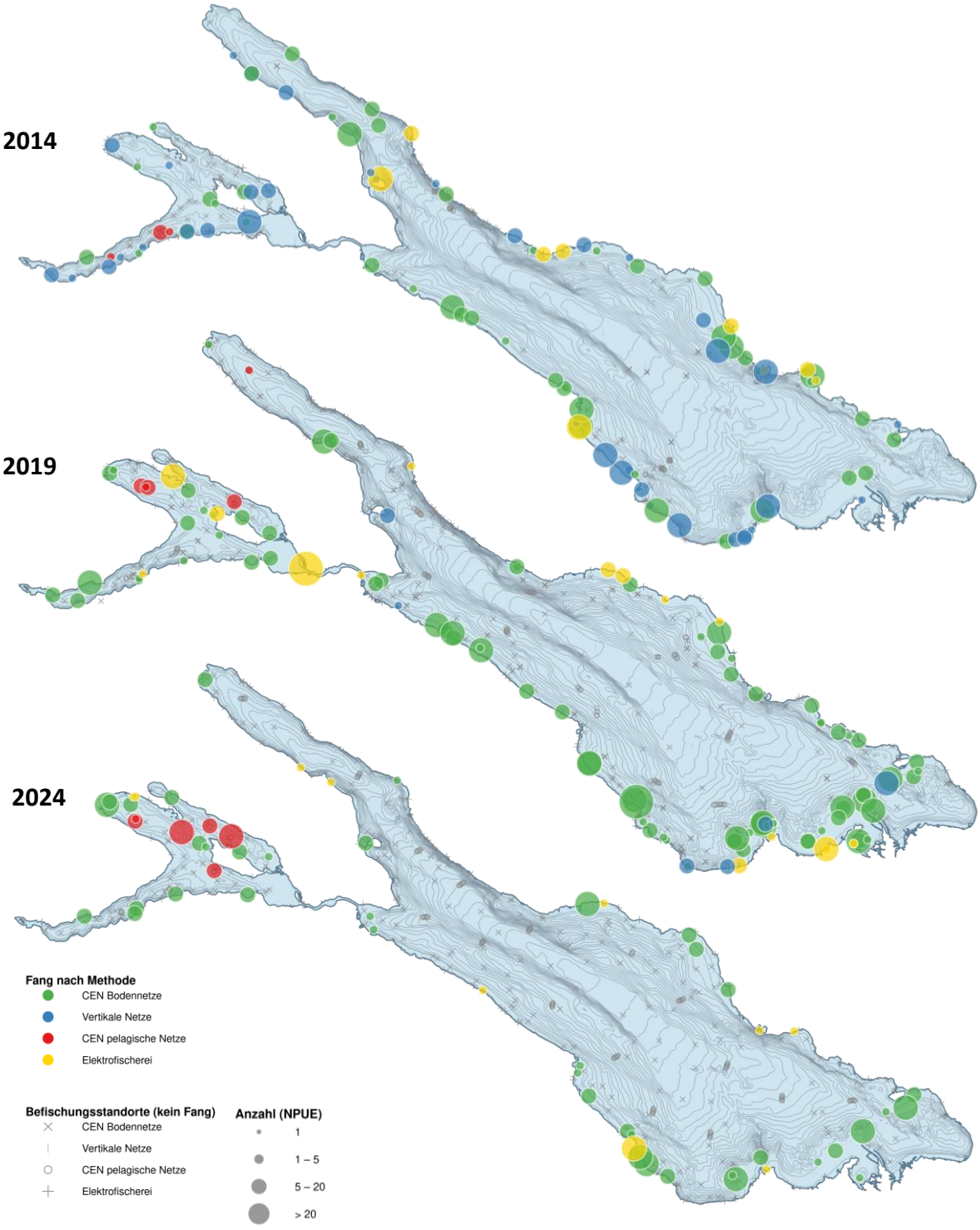


Abbildung 11-66. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Rotaugen (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.10 Rotfeder

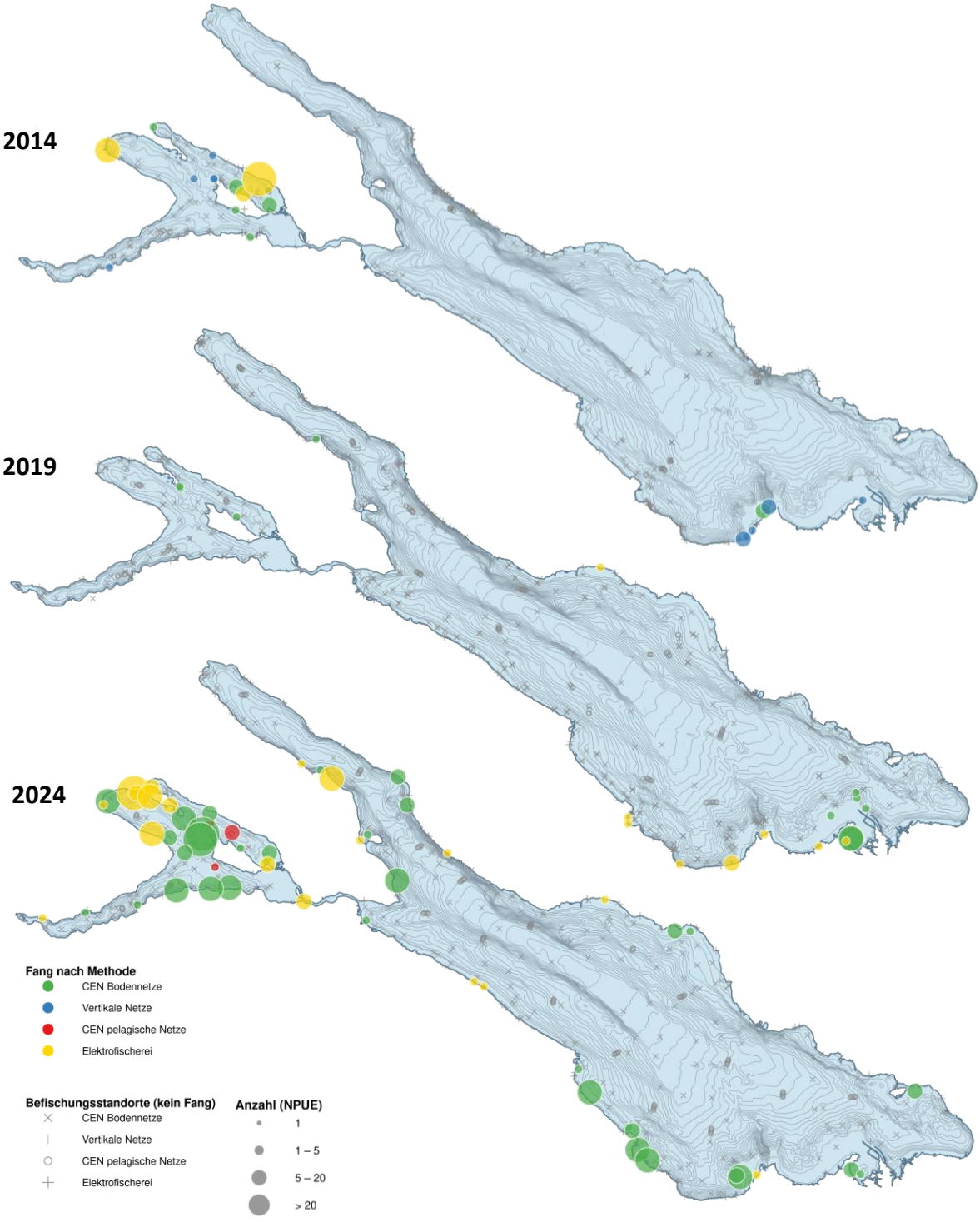


Abbildung 11-67. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Rotfedern (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.11 Sonnenbarsch

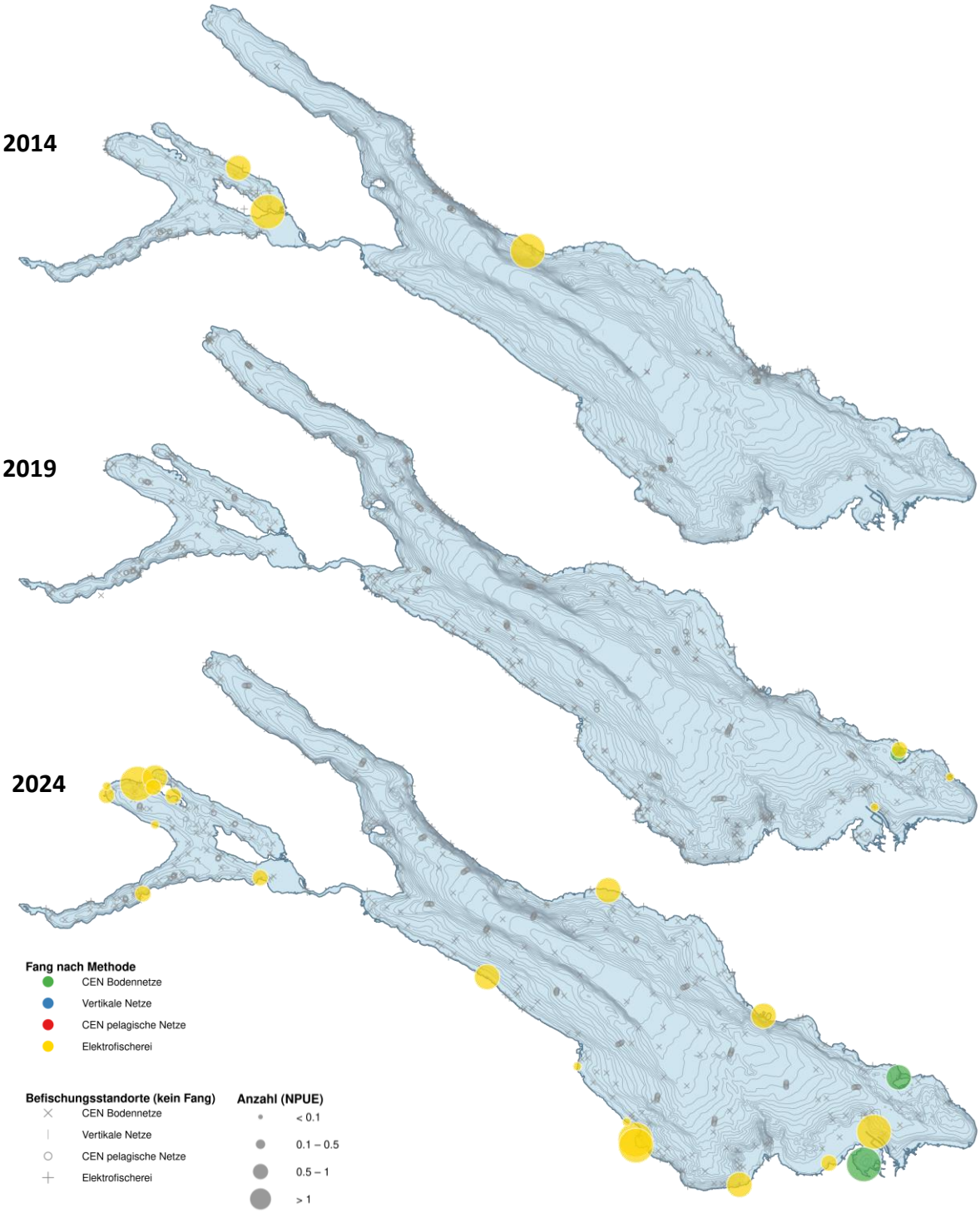


Abbildung 11-68. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Sonnenbarsche (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.12 Tiefseesaibling

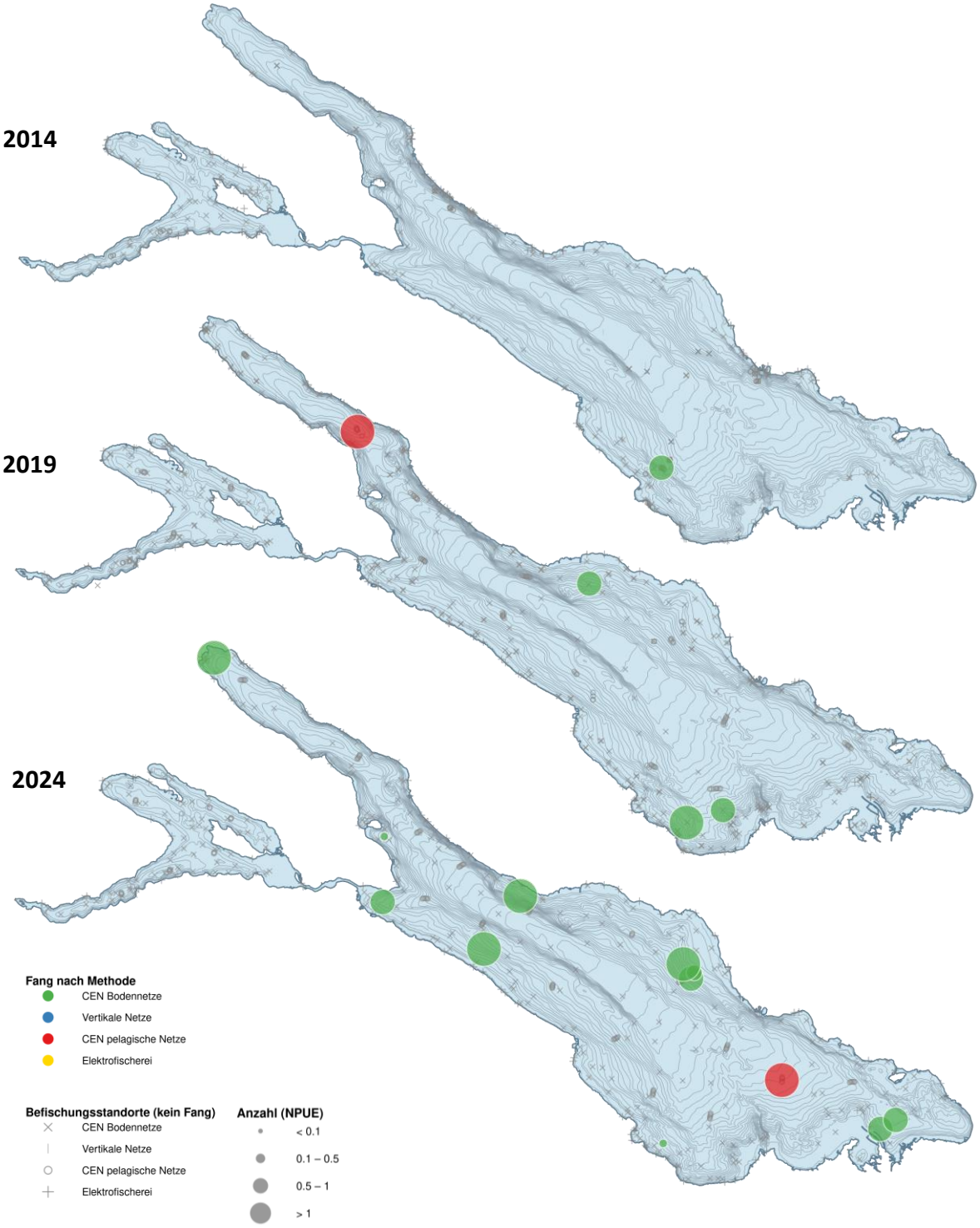


Abbildung 11-69. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Tiefseesaiblinge (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.13 Trüsche

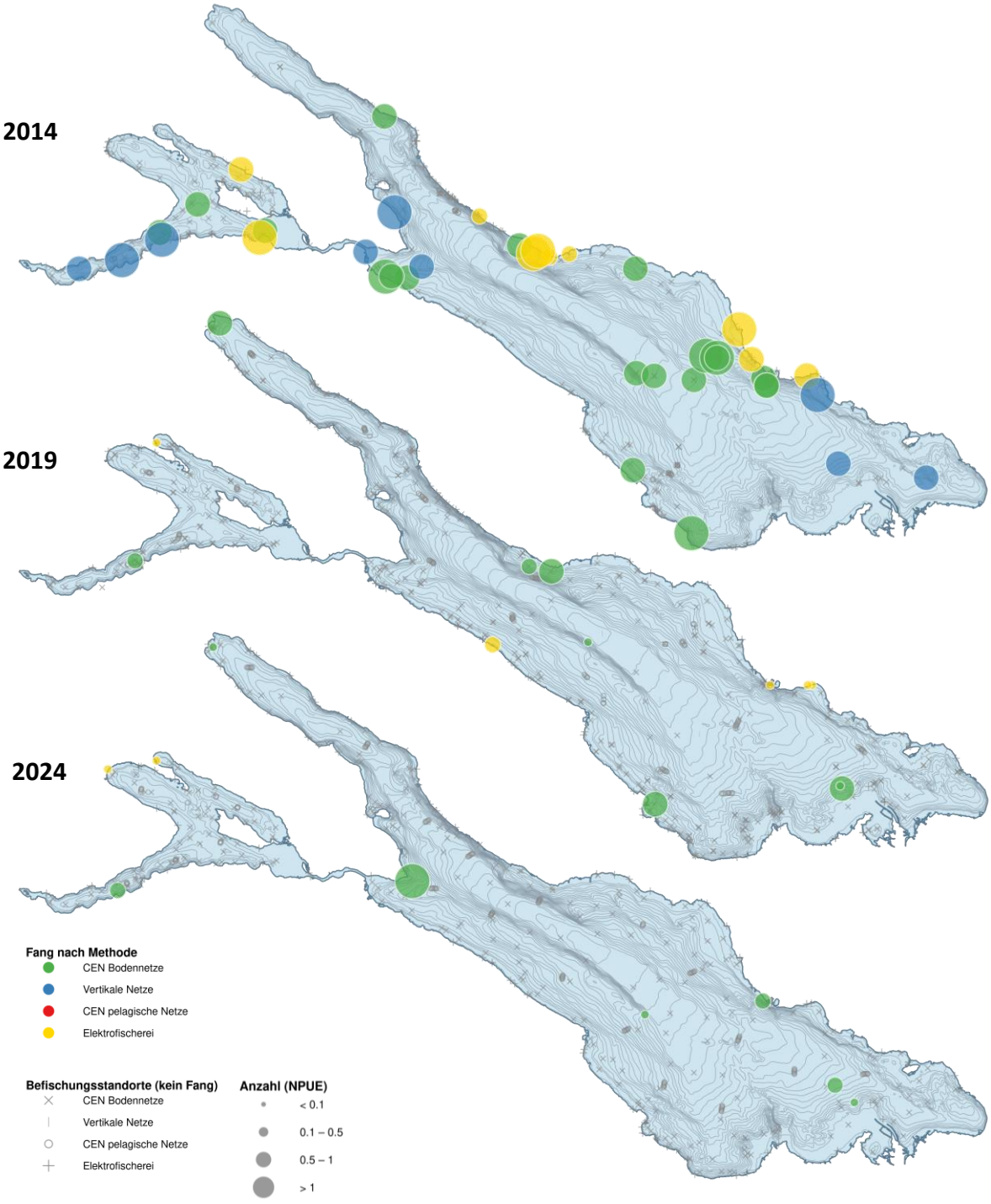


Abbildung 11-70. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Trüschen (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.14 Wels

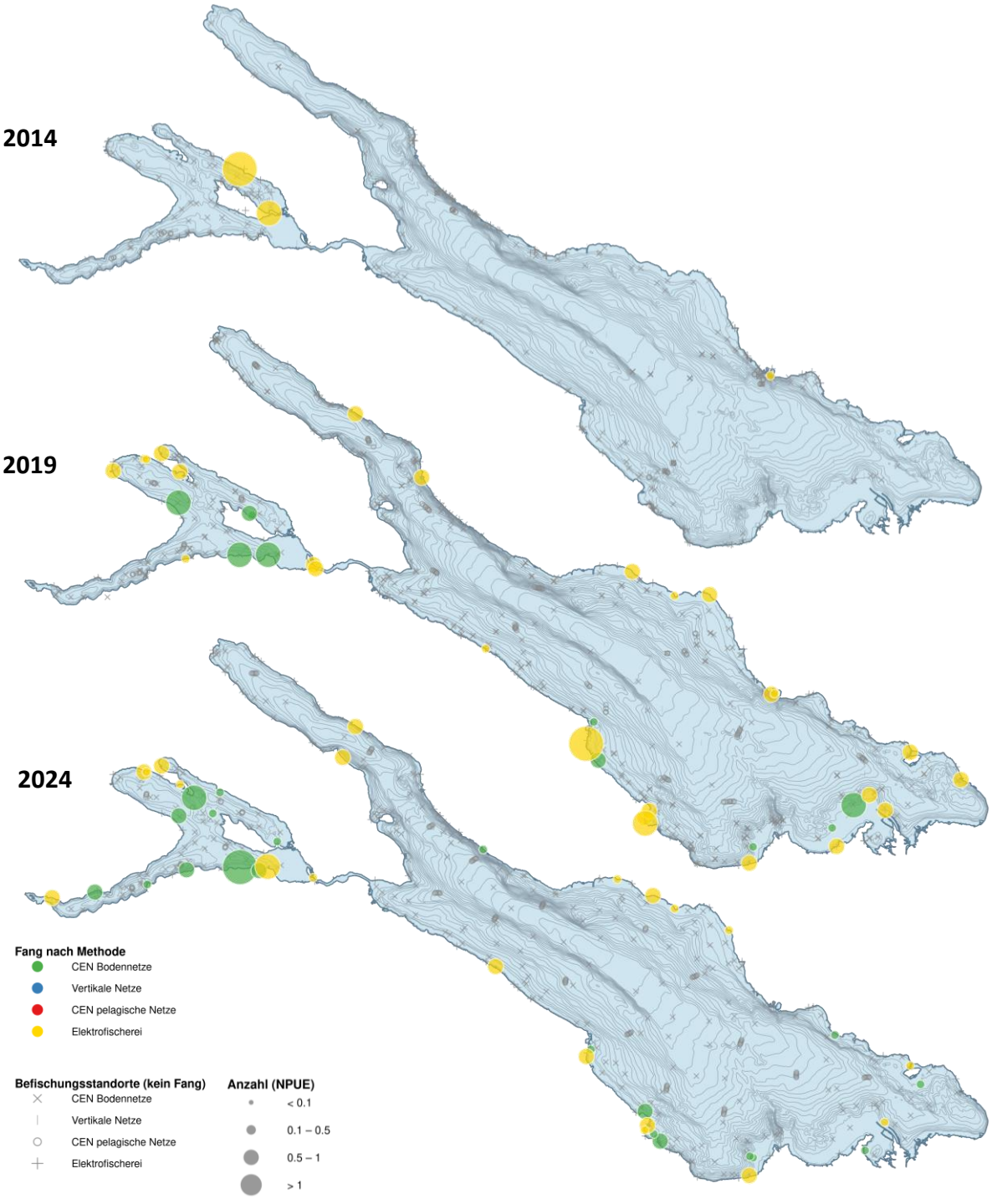


Abbildung 11-71. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Welse (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.8.15 Zander

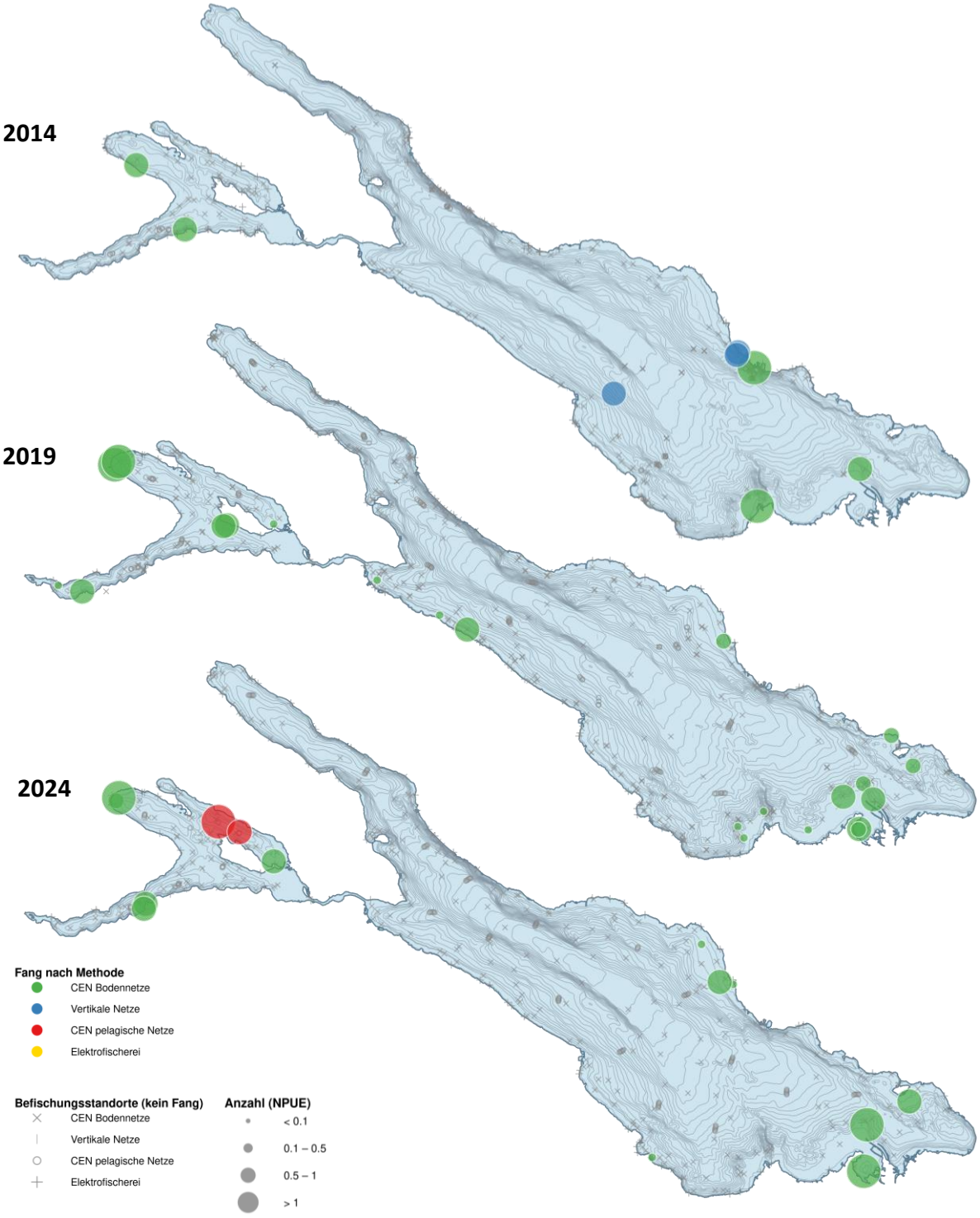


Abbildung 11-72. Geografische Verteilung der im Bodensee Obersee gefangener Zander (alle Protokolle) in den Jahren 2014, 2019 und 2024.

11.9 Längenverteilung der gefangenen Fische (ausgewählte Arten)

11.9.1 Obersee

Alet

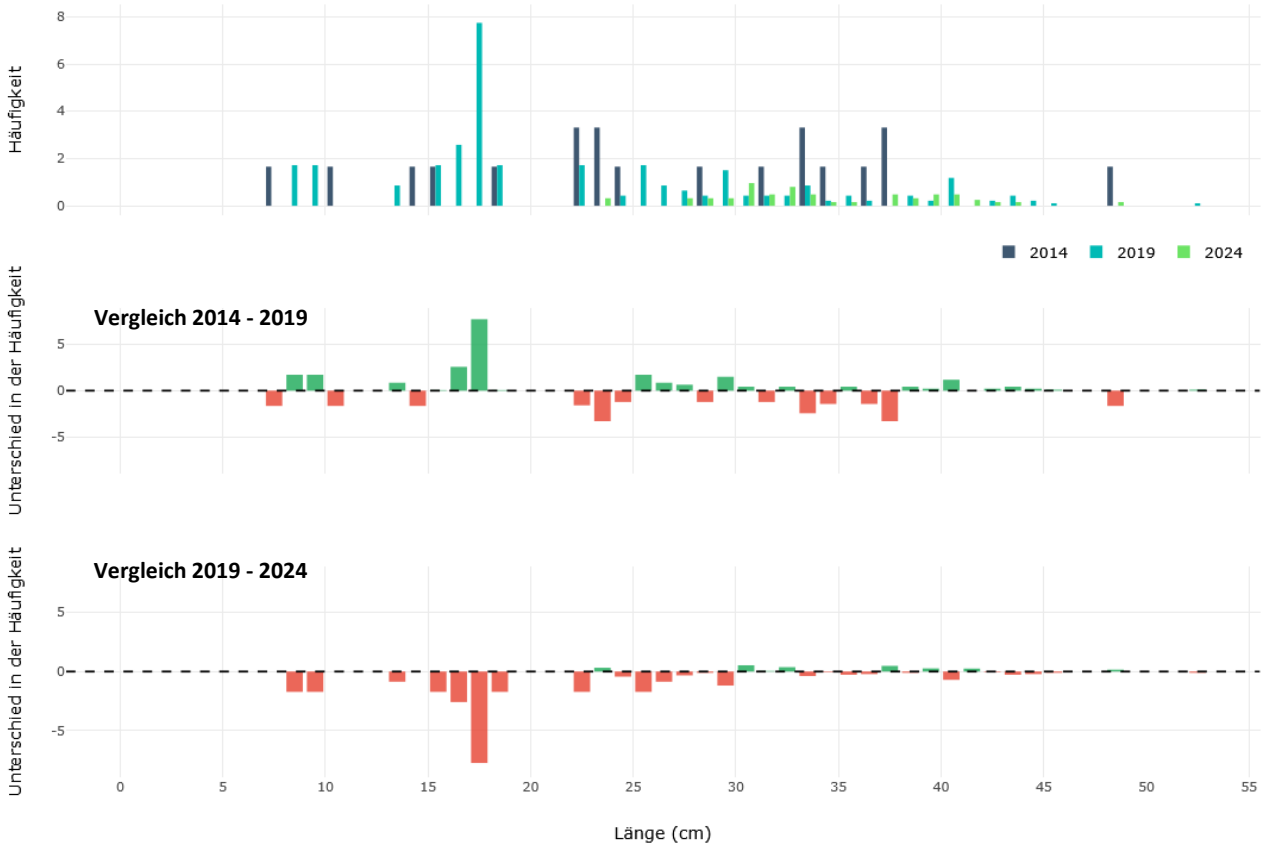


Abbildung 11-73. Längenverteilung der Alet (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Blicke

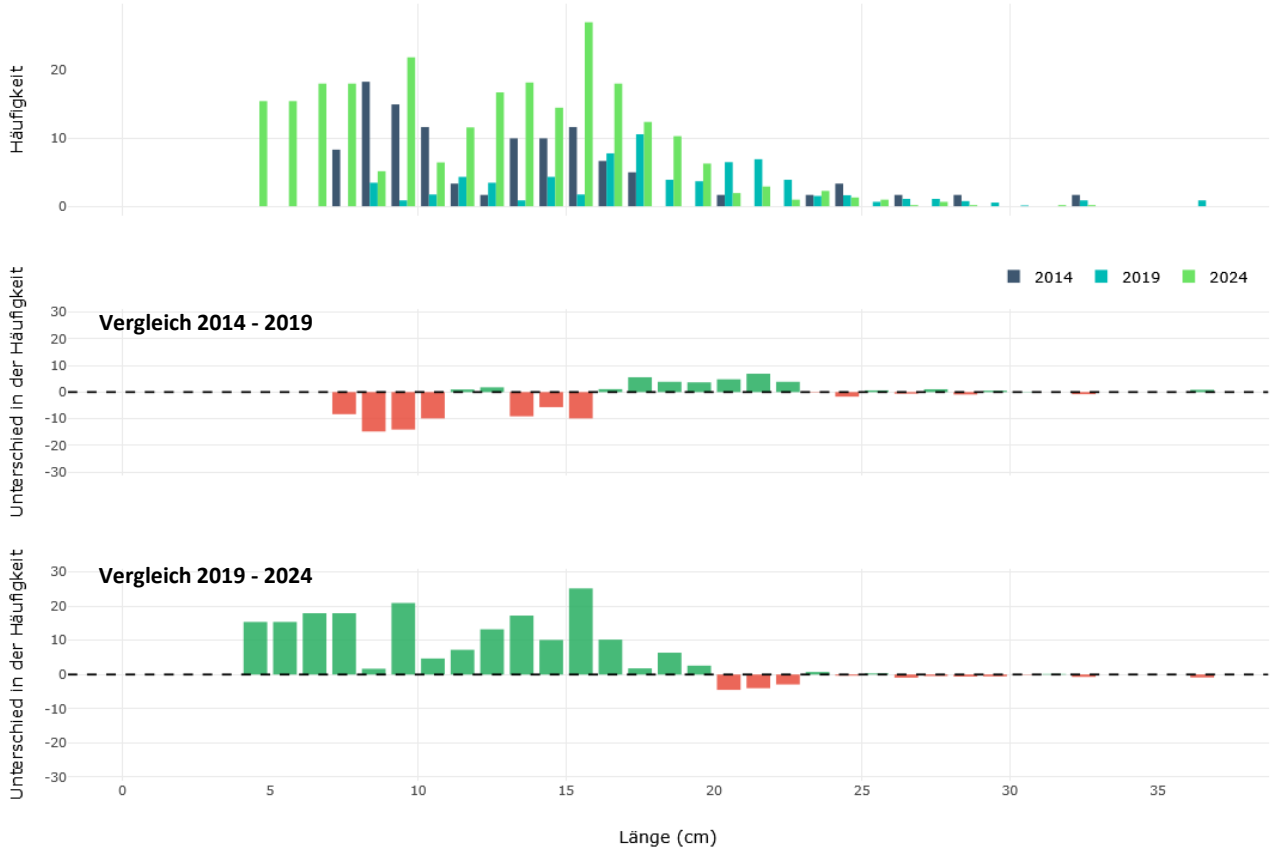


Abbildung 11-74. Längenverteilung der Blicke (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Brachse

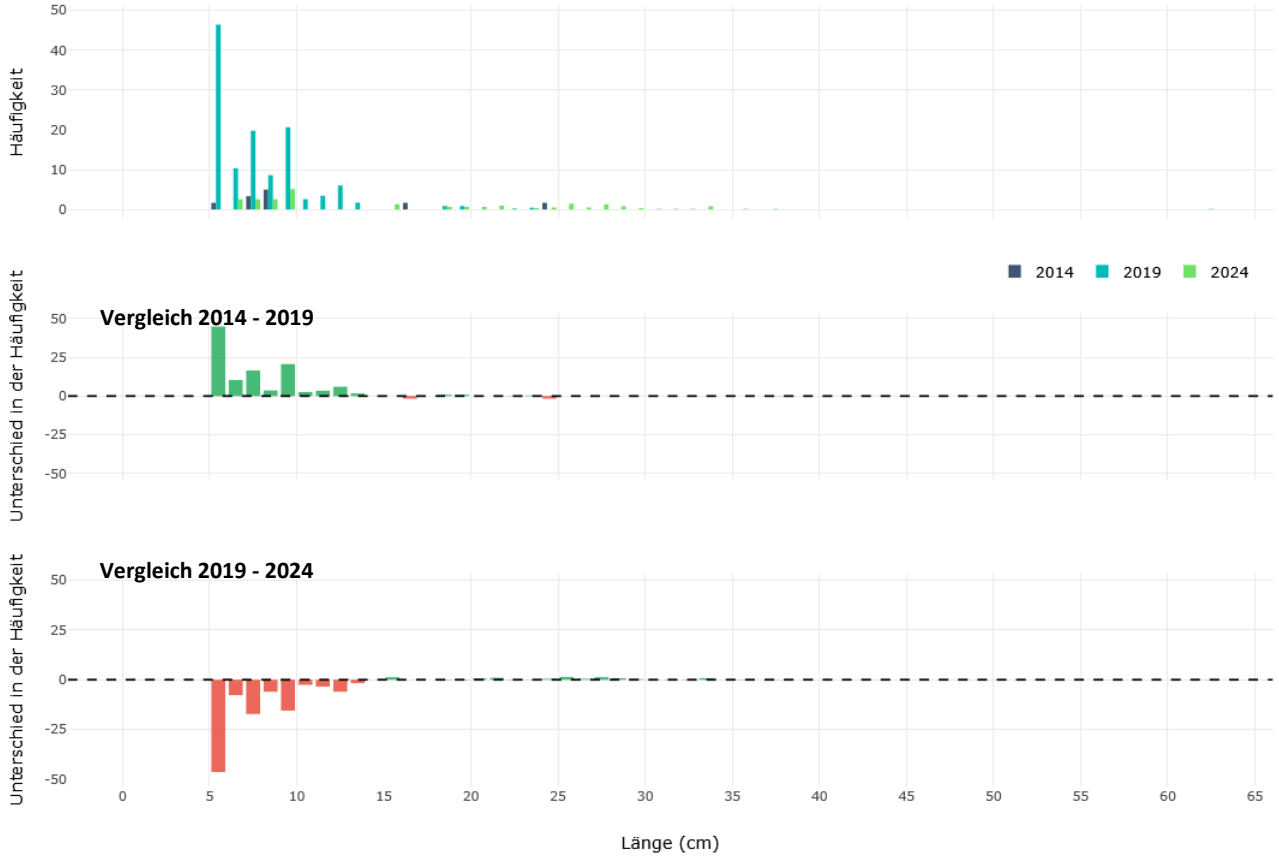


Abbildung 11-75. Längenverteilung der Brachse (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Hasel

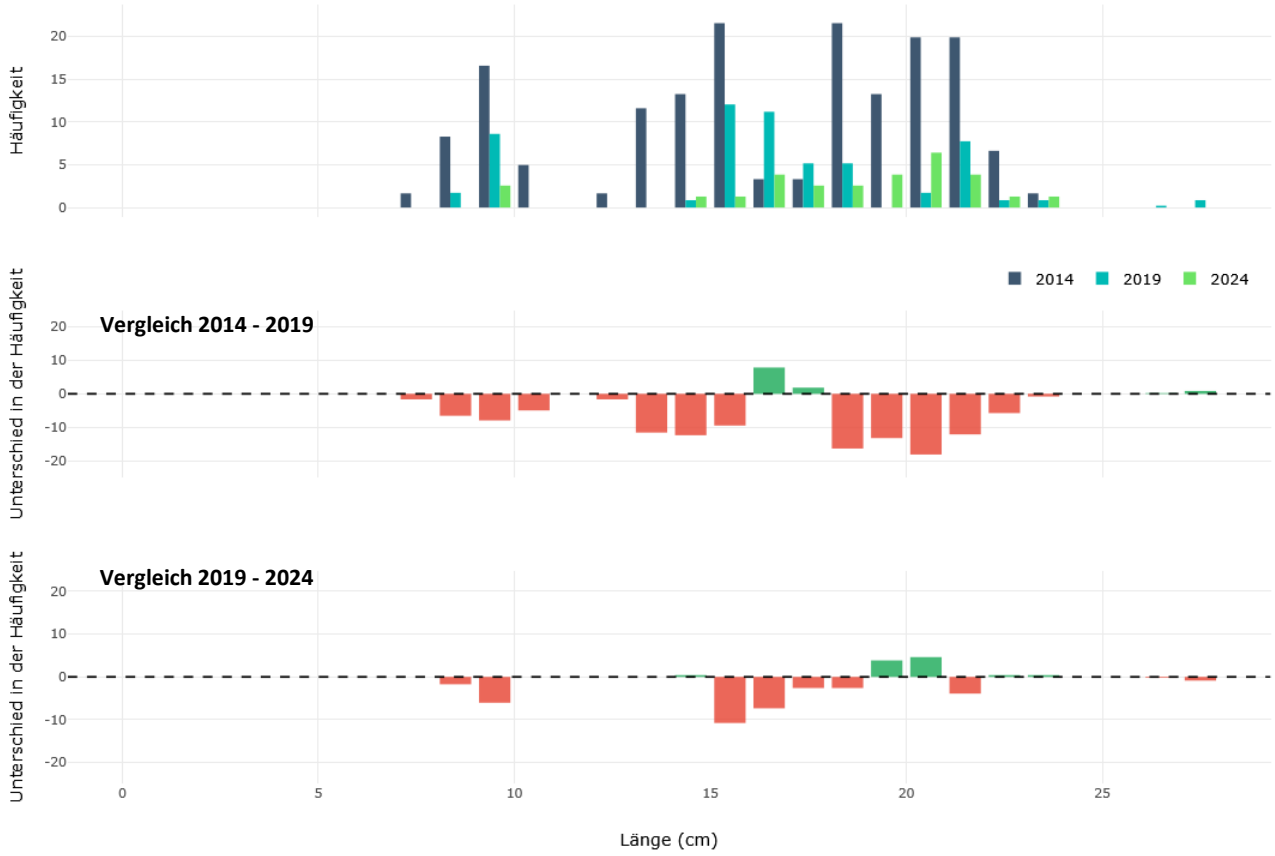


Abbildung 11-76. Längenverteilung der Hasel (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Hecht

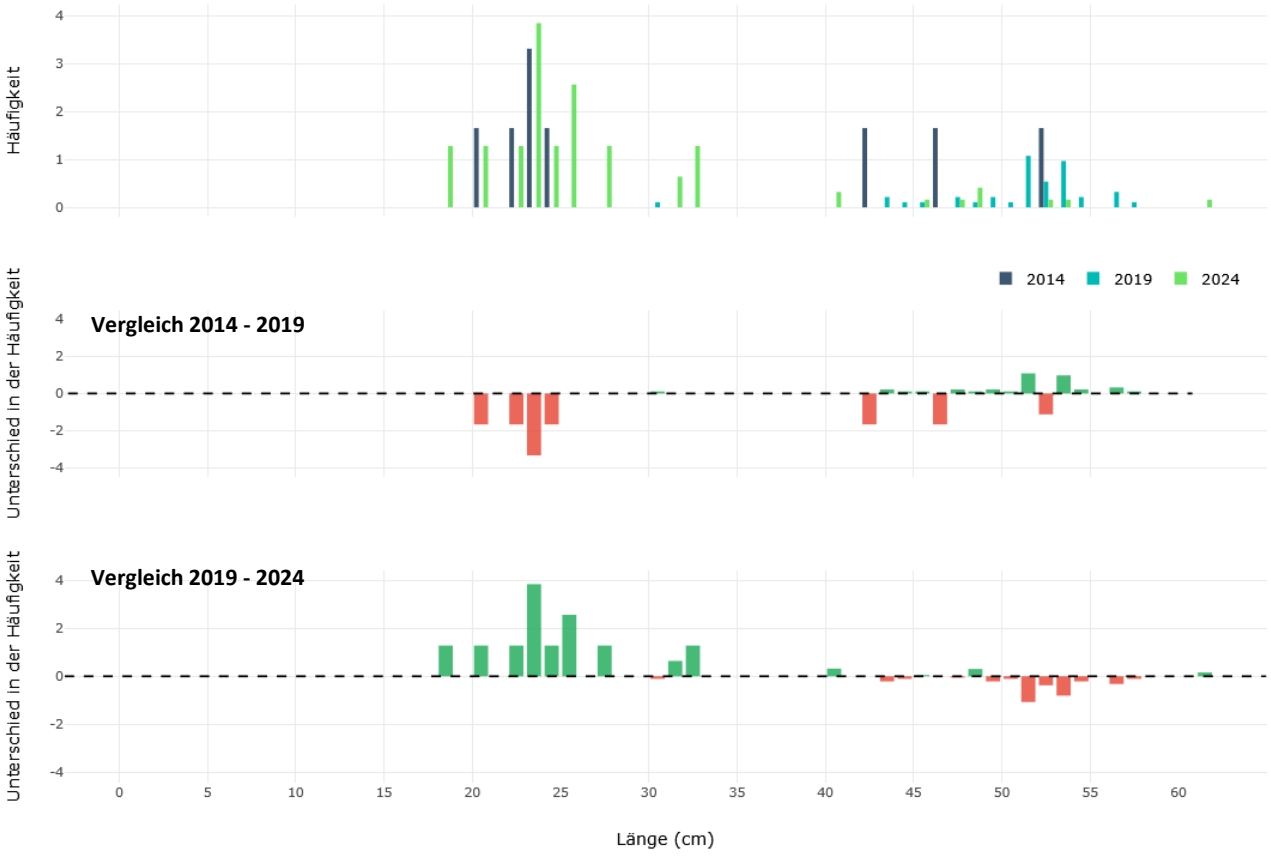


Abbildung 11-77. Längenverteilung der Hechte (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Kaulbarsch

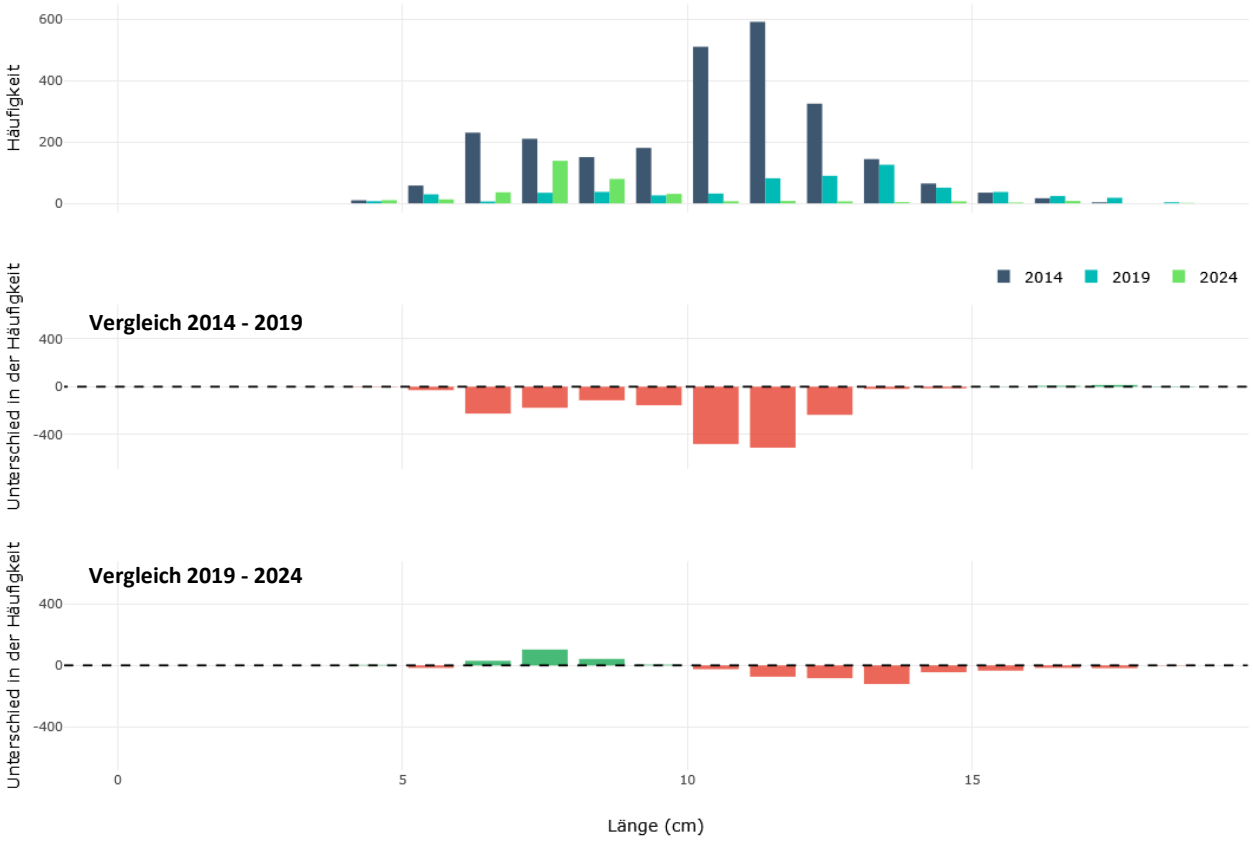


Abbildung 11-78. Längenverteilung der Kaulbarsche (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Rotfeder

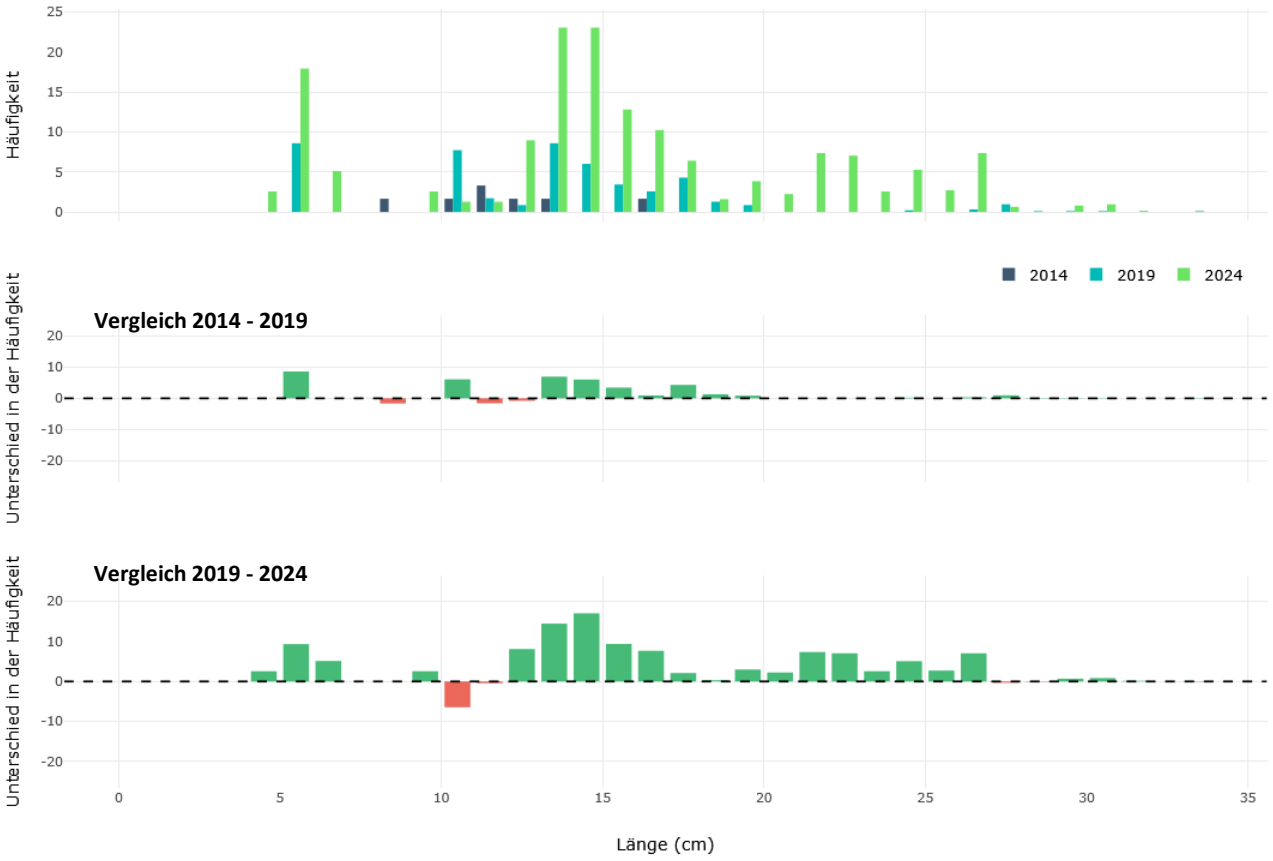


Abbildung 11-79. Längenverteilung der Rotfeder (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Trüsche



Abbildung 11-80. Längenverteilung der Trüsche (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Zander

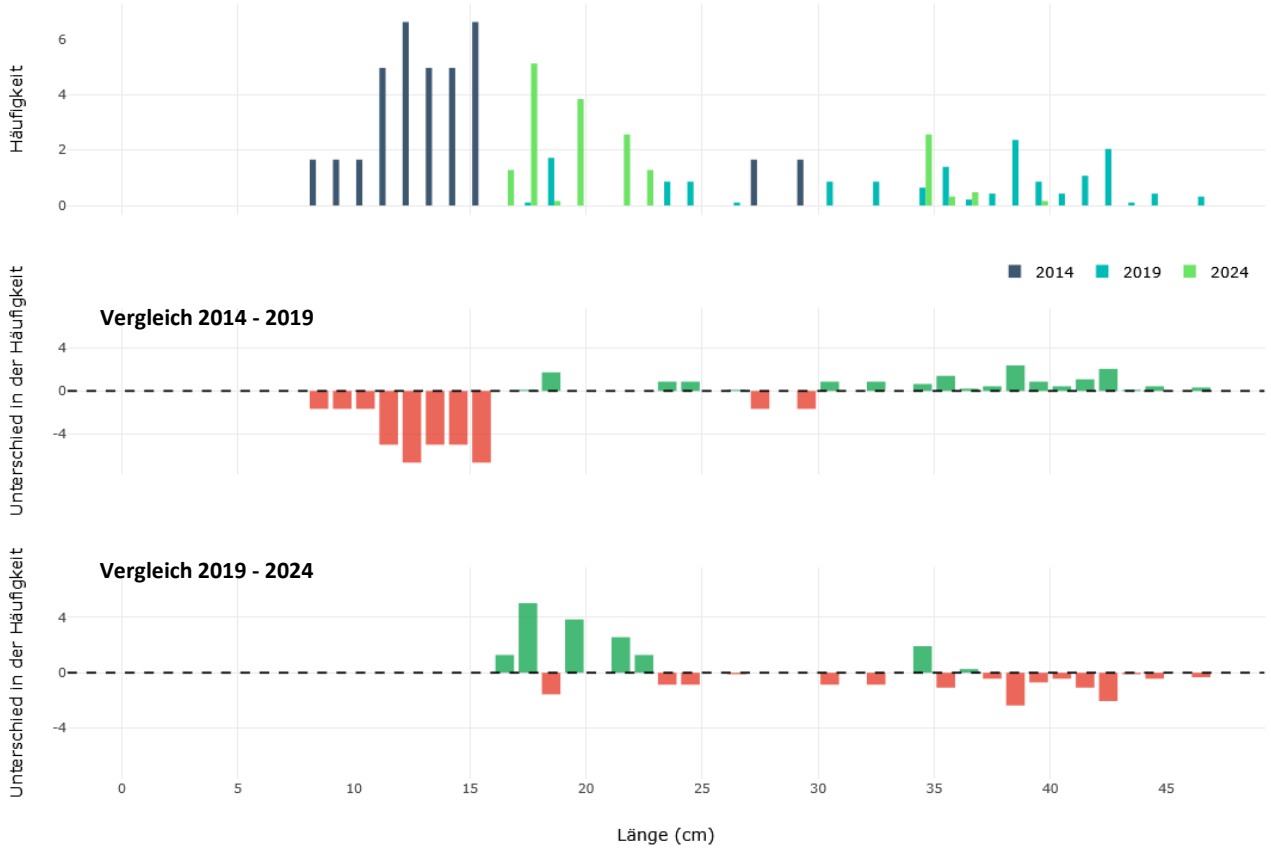


Abbildung 11-81. Längenverteilung der Zander (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

11.9.2 Untersee

Alet



Abbildung 11-82. Längenverteilung der Zander (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Brachse

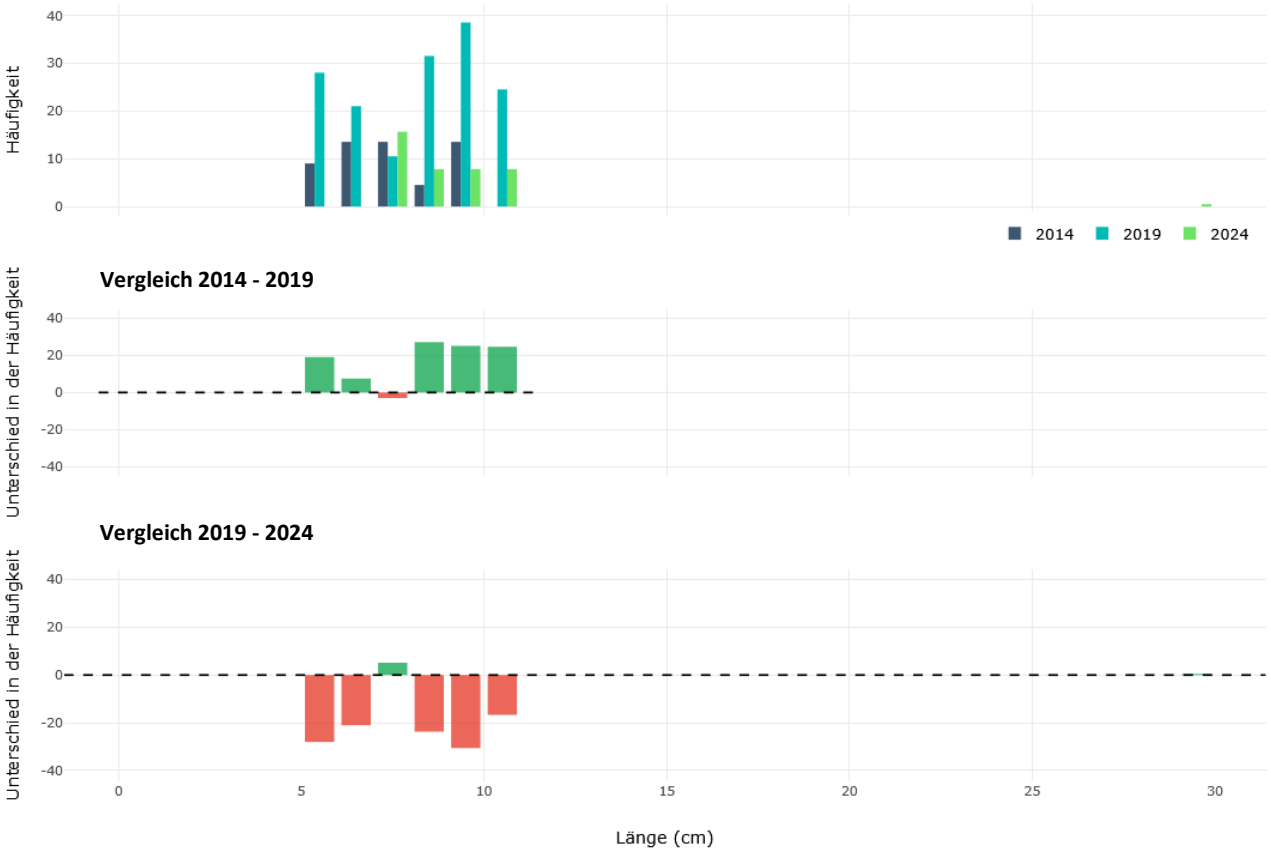


Abbildung 11-83. Längenverteilung der Zander (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Kaulbarsch

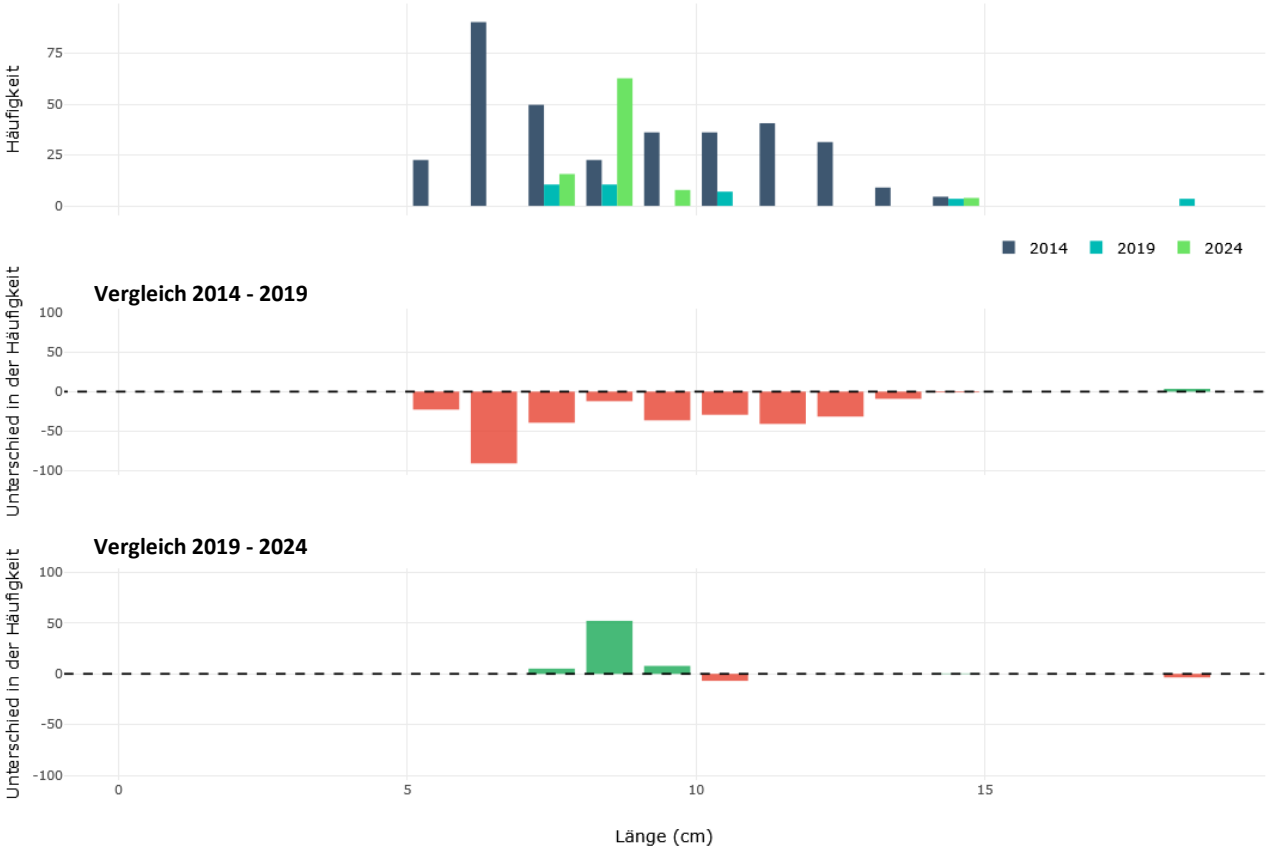


Abbildung 11-84. Längenverteilung der Zander (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Rotfeder

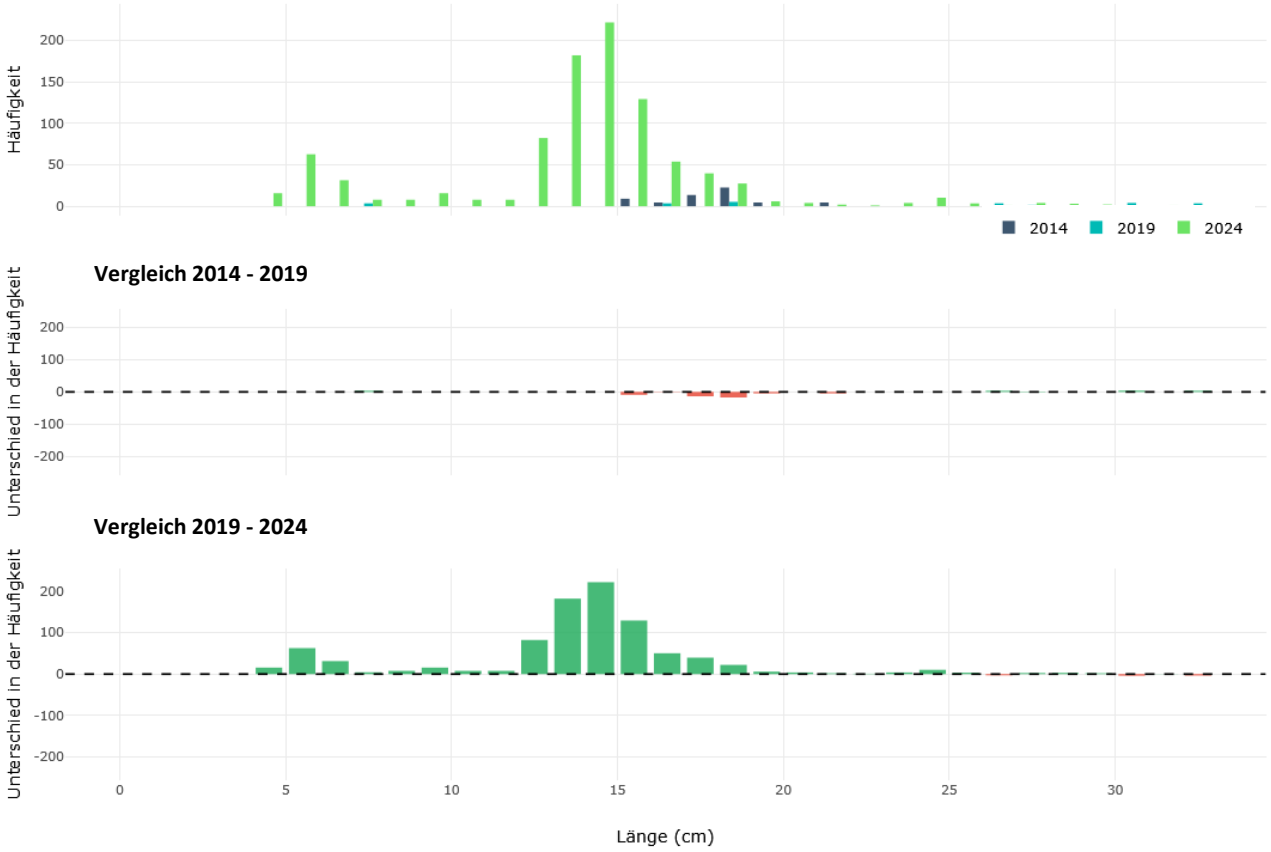


Abbildung 11-85. Längenverteilung der Zander (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Schleie

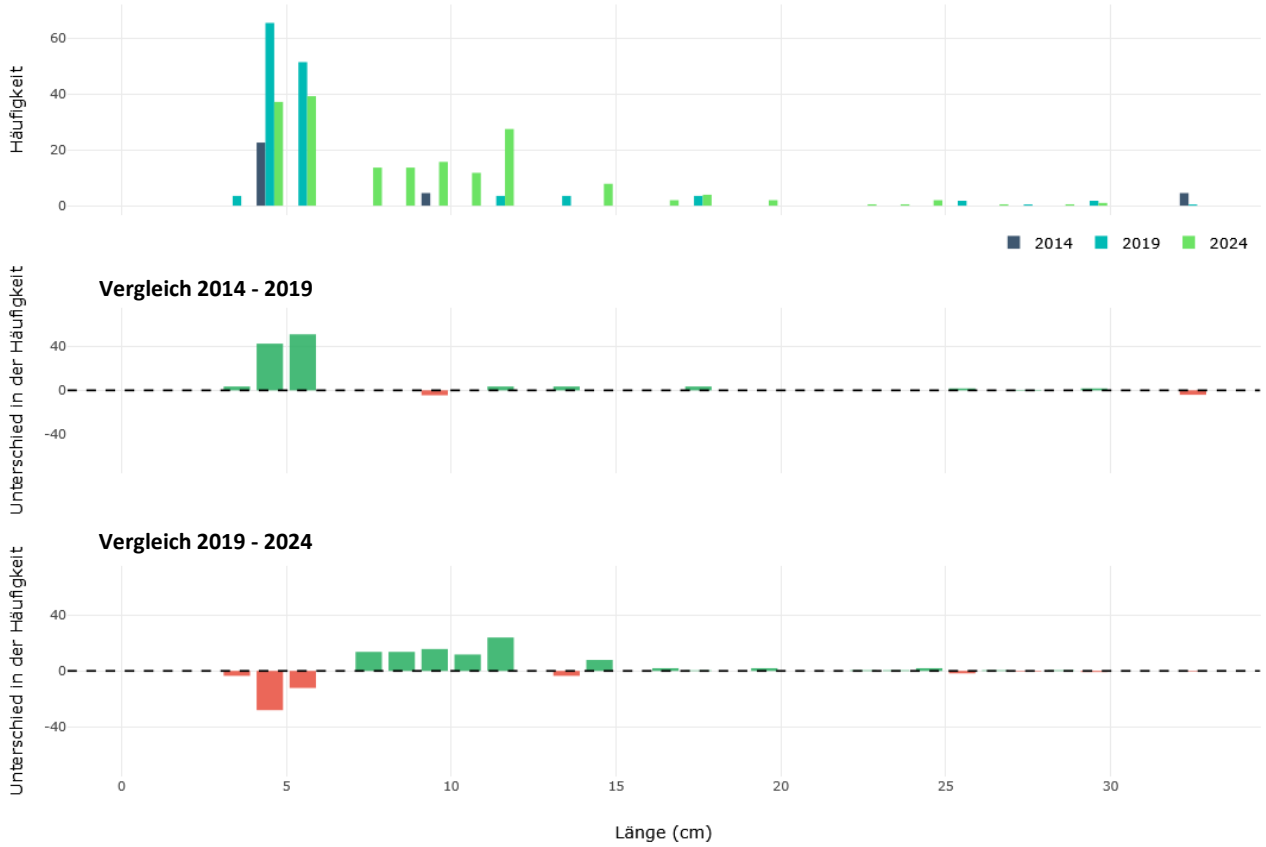


Abbildung 11-86. Längenverteilung der Zander (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Wels

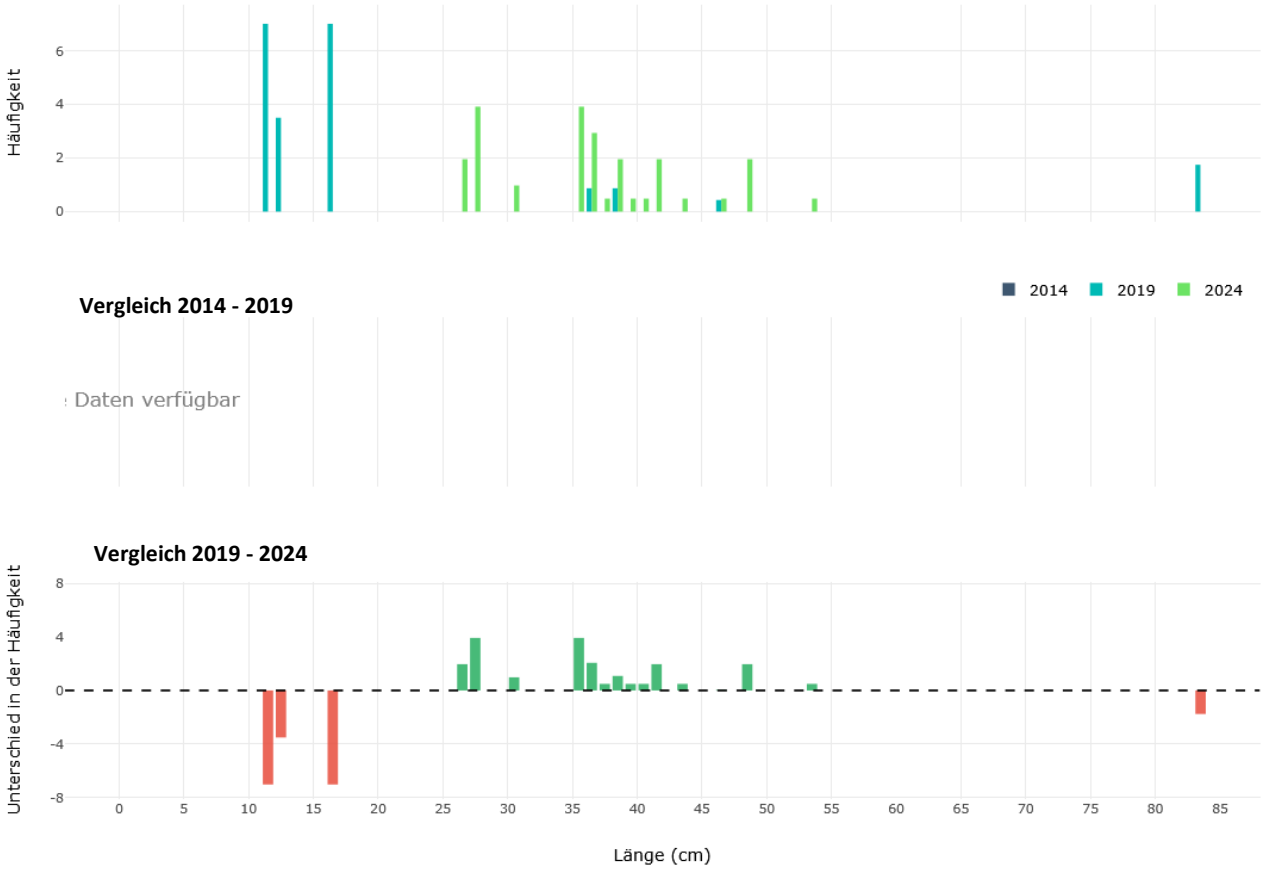


Abbildung 11-87. Längenverteilung der Zander (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

Zander

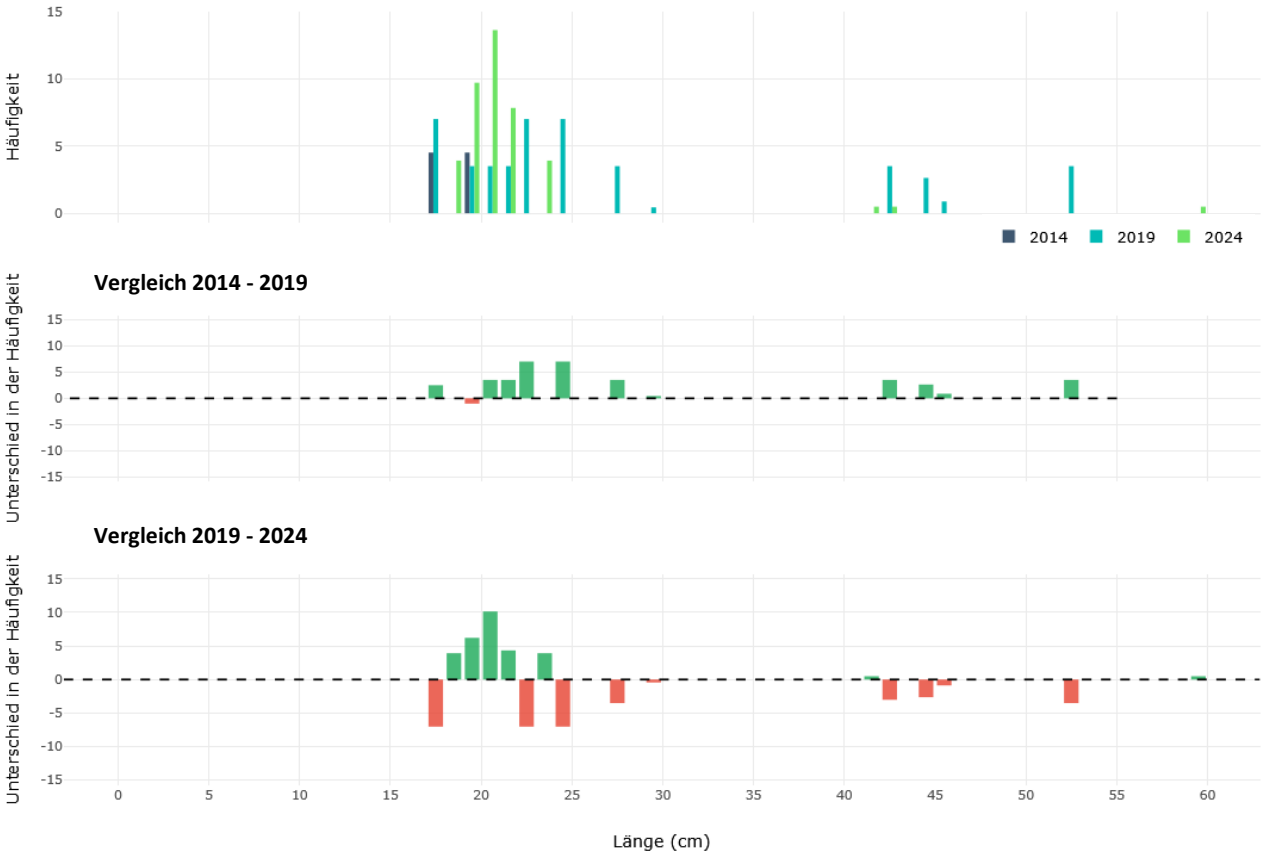


Abbildung 11-88. Längenverteilung der Zander (oben) sowie die Veränderungen von 2014 im Vergleich mit 2019 (Mitte) von 2019 im Vergleich mit 2024 (unten).

11.10 Befischungsjahr anderer Seen

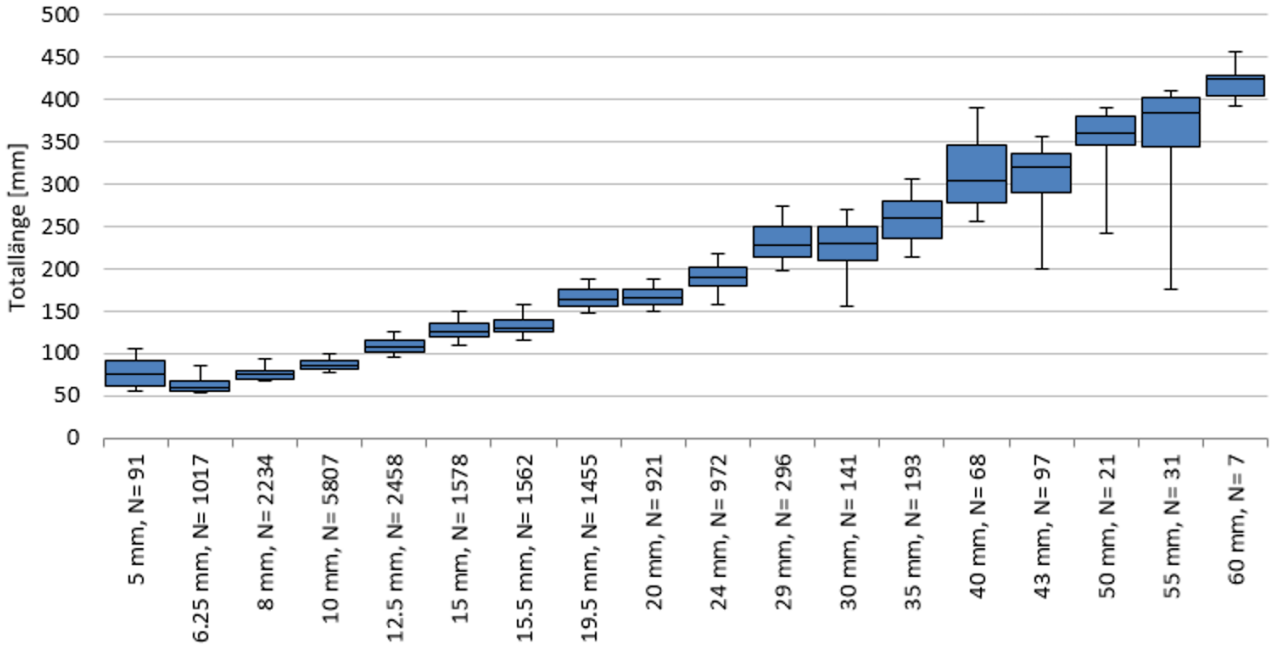
Tabelle 11-5. Jahr der standardisierten Ganzseebefischung nach CEN-Protokoll.

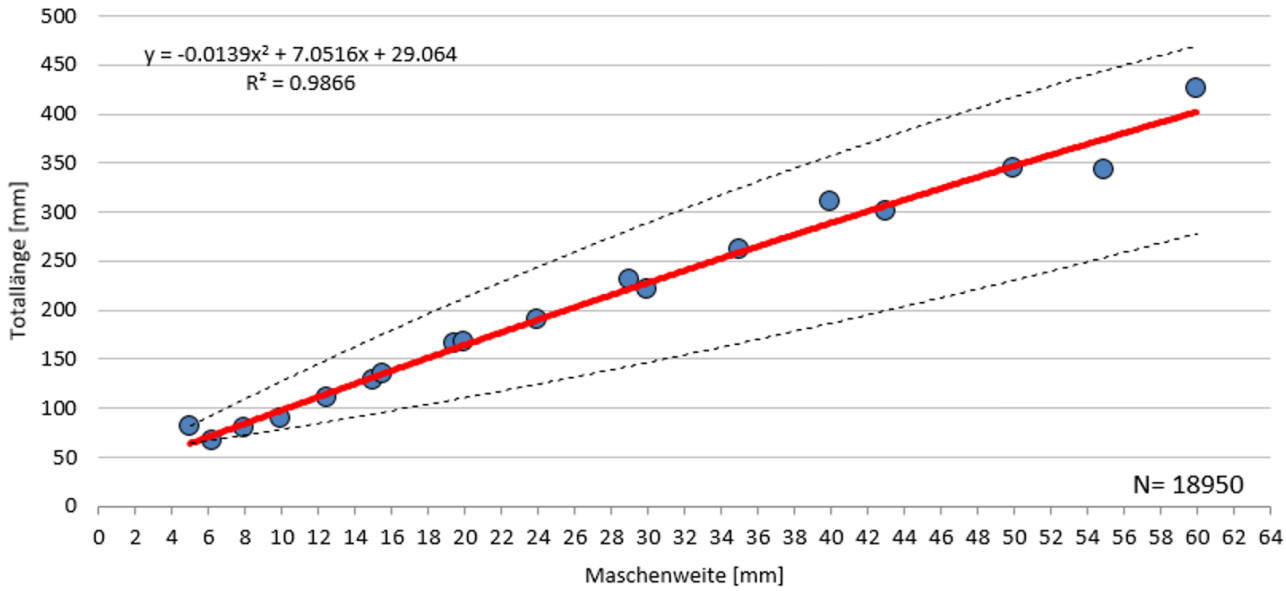
See	Erhebungsjahr
Brienzersee	*2011*
Lac de Chalain	*2011*
Bodensee mit Untersee	*2014*
Bodensee mit Untersee	*2019*
Bodensee mit Untersee	*2024*
Lago di Garda	*2013*
Lac Léman	*2012*
Hallwilersee	*2012*
Lac de Joux	*2011*
Vierwaldstättersee	*2014*
Lago di Lugano	*2011*
Lago Maggiore	*2013*
Murtensee	*2010*
Lac de Neuchâtel	*2011*
Lac de Remoray	*2012*
Lac de Saint-Point	*2012*
Thunersee	*2013*
Walensee	*2012*
Zugersee	*2013*
Zürichsee mit Obersee	*2014*

11.11 Längenselektivität von Maschenweiten

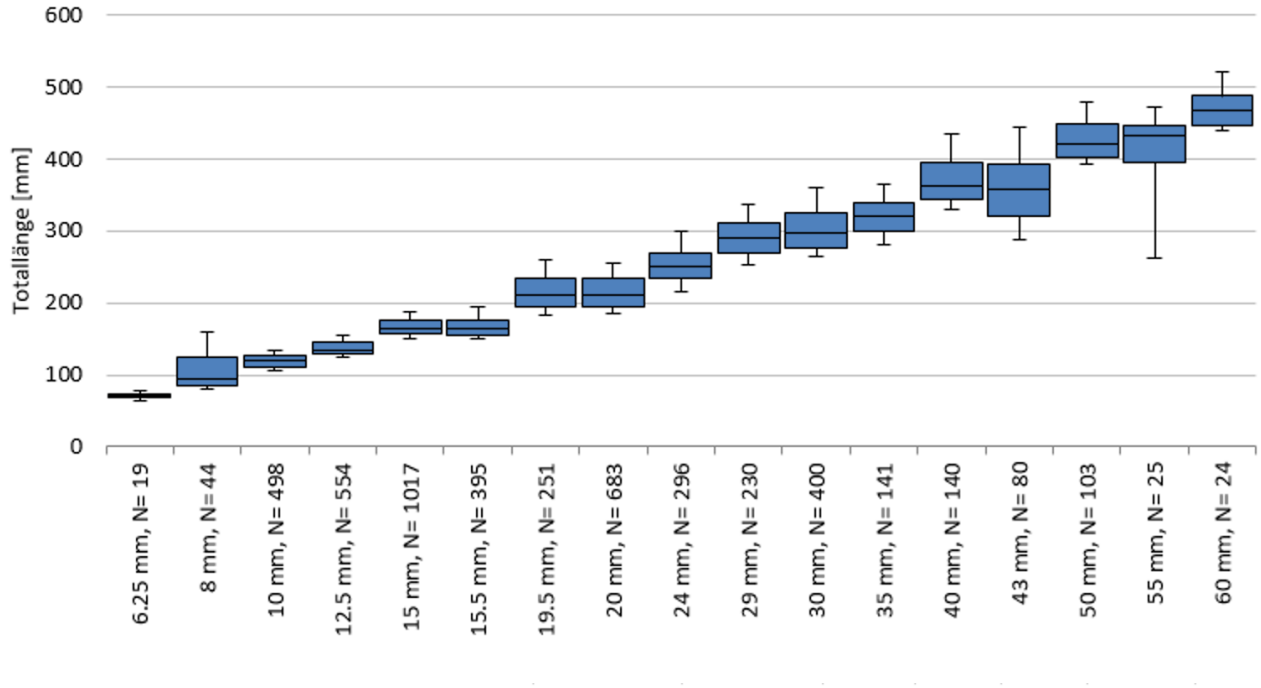
Hier handelt es sich um die Resultate der Fänge aus allen im Rahmen des «Projet Lac» sowie der anschliessenden standardisierten Befischungen untersuchten Seen.

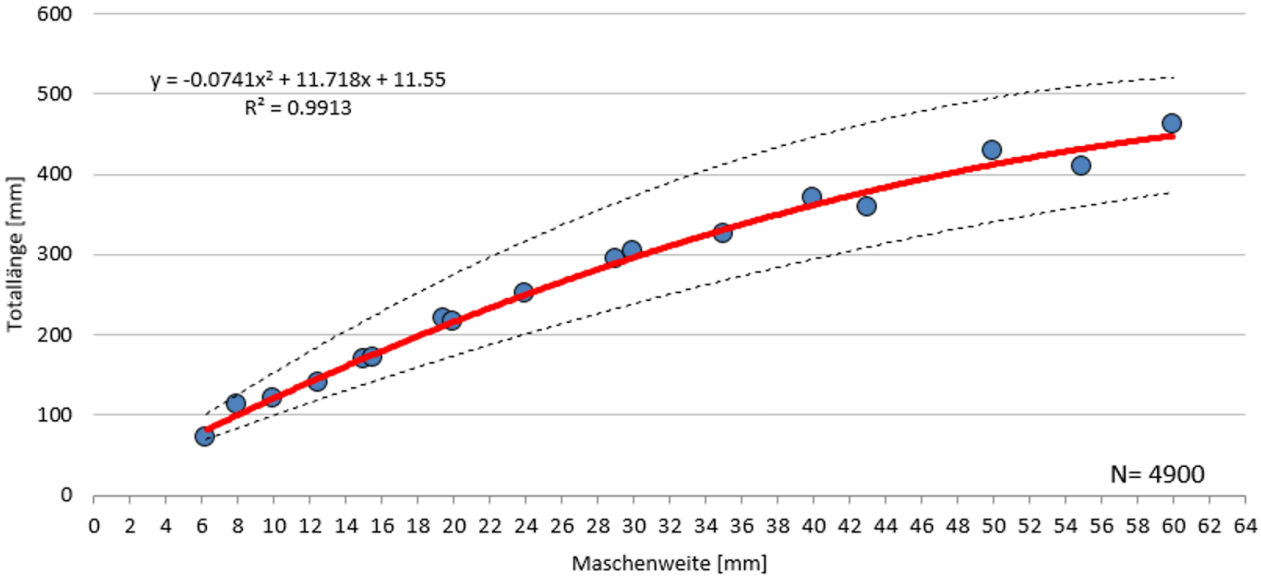
11.11.1 Barsch



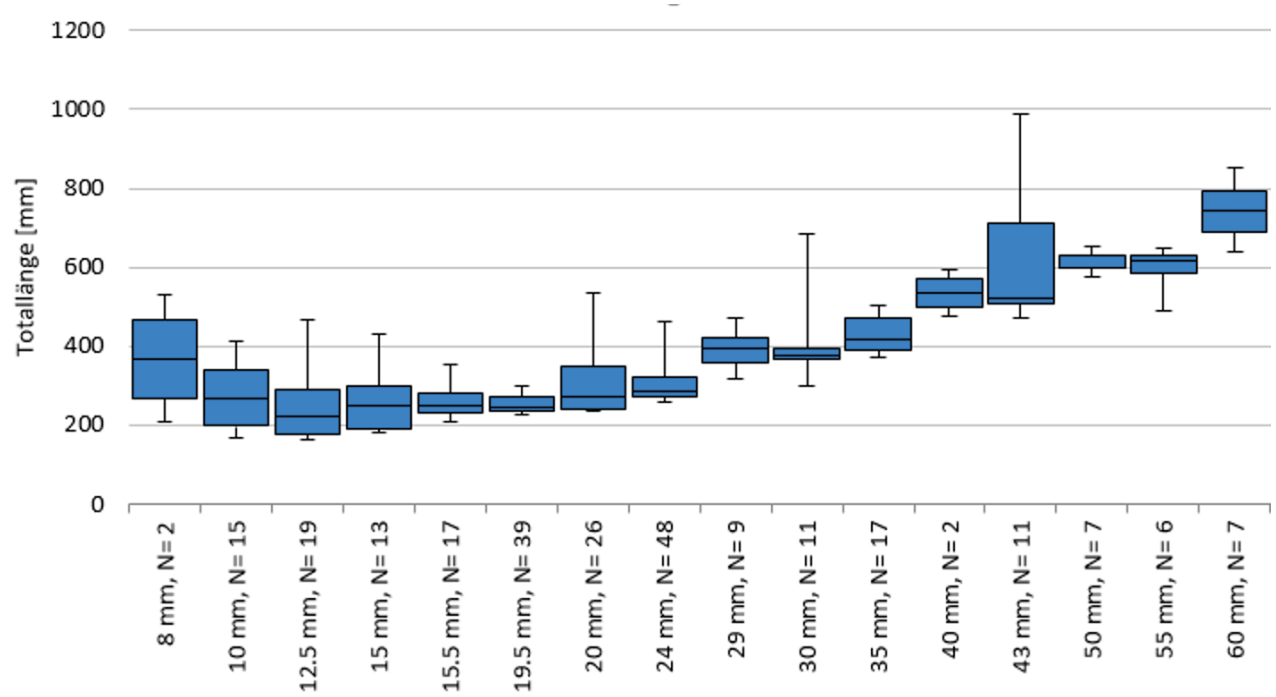


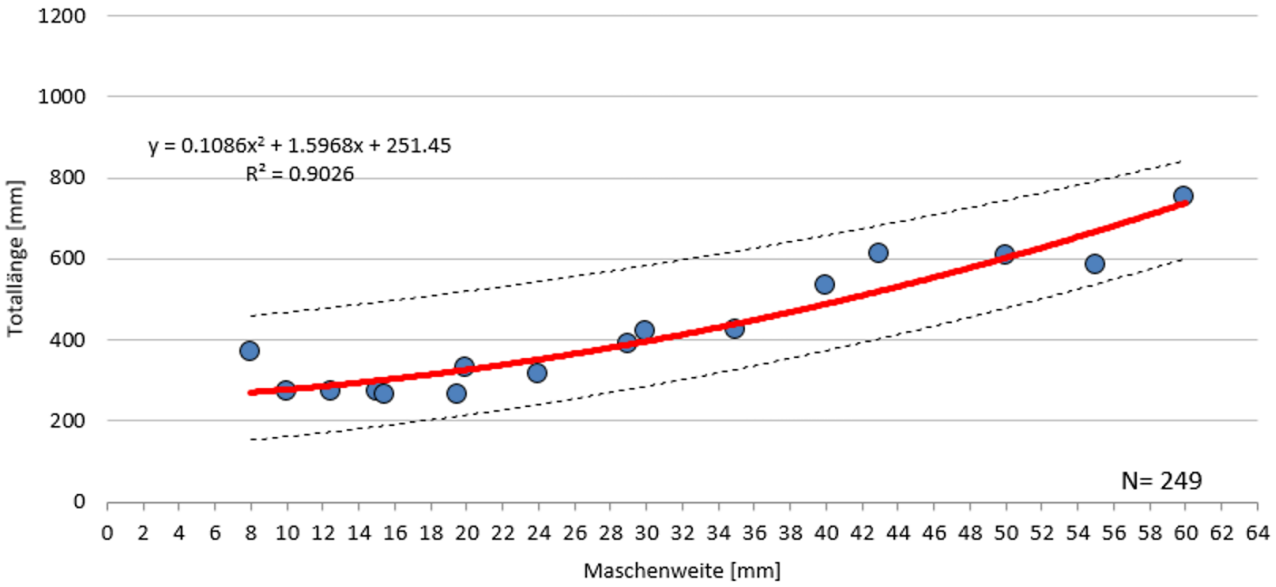
11.11.2 Felchen



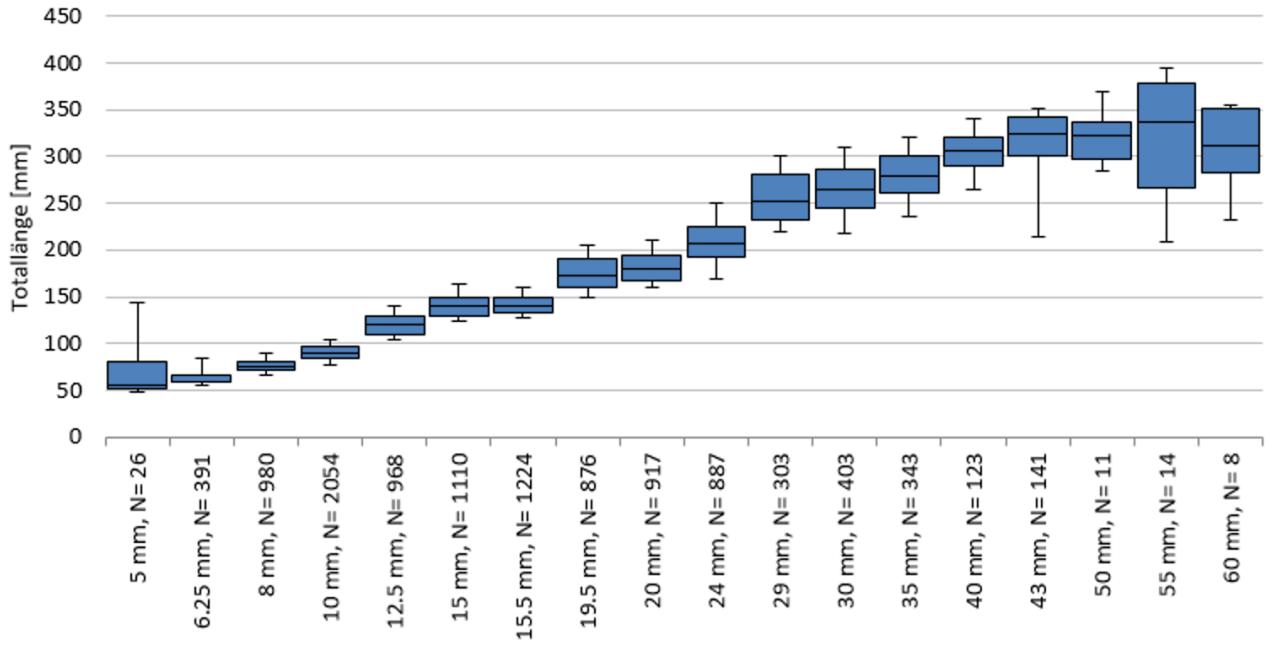


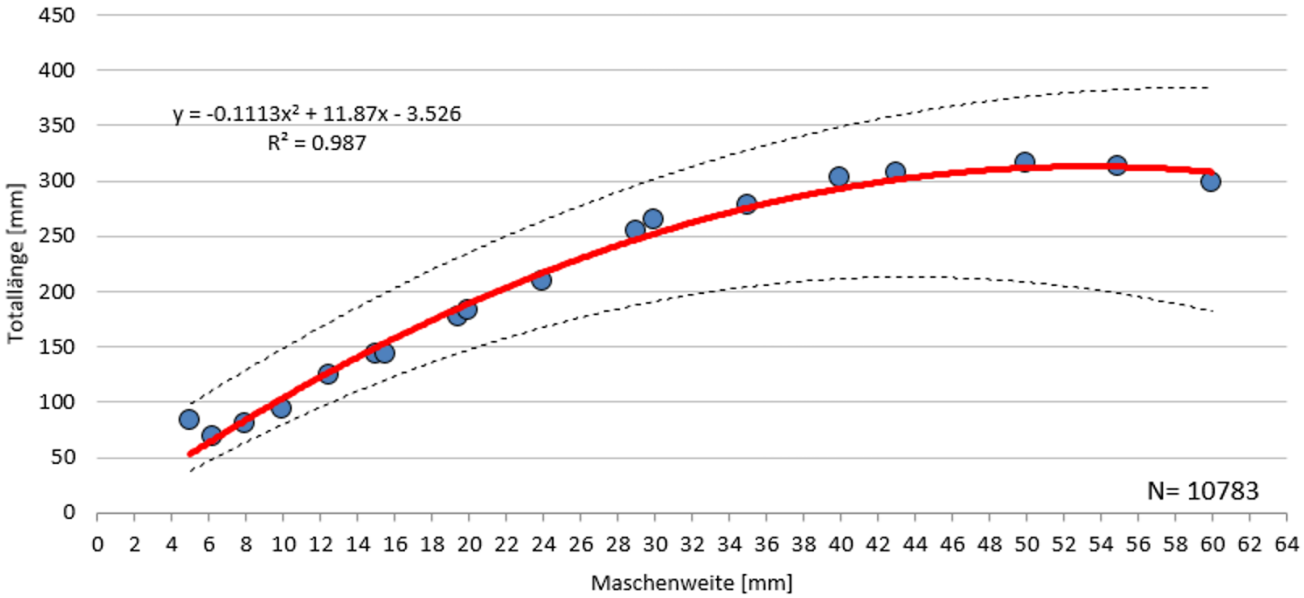
11.11.3 Hecht


Totallänge [mm]
0
200
400
600
800
1000
1200
8 mm, N= 2
10 mm, N= 15
12.5 mm, N= 19
15 mm, N= 13
15.5 mm, N= 17
19.5 mm, N= 39
20 mm, N= 26
24 mm, N= 48
29 mm, N= 9
30 mm, N= 11
35 mm, N= 17
40 mm, N= 2
43 mm, N= 11
50 mm, N= 7
55 mm, N= 6
60 mm, N= 7


y = 0.1086x² + 1.5968x + 251.45
R² = 0.9026
N= 249
Totallänge [mm]
Maschenweite [mm]
0
200
400
600
800
1000
1200
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64

11.11.4 Rotauge





11.12 Multivariate Analyse der Veränderungen in der Zusammensetzung der Fischgemeinschaften zwischen Seen

Die Veränderungen der Fischgemeinschaft im Bodensee wurden mit anderen voralpinen Seen verglichen, basierend auf volumen-gewichteten CEN-Fängen aus benthischen und pelagischen Netzen. Dazu wurden Dendrogramme mittels Group-Average-Clustering der Bray-Curtis-Ähnlichkeit erstellt, getrennt für Anzahl und Biomasse/BPUE.

Die Fangdaten wurden quadratwurzel-transformiert, um den Einfluss sehr dominanter Arten abzuschwächen und die übrige Artengemeinschaft stärker zu berücksichtigen. Bray-Curtis eignet sich für Gemeinschaftsdaten, reagiert aber besonders auf Unterschiede in häufigen oder biomassereichen Arten und zeigt damit Veränderungen in der Zusammensetzung der Fischgemeinschaft.

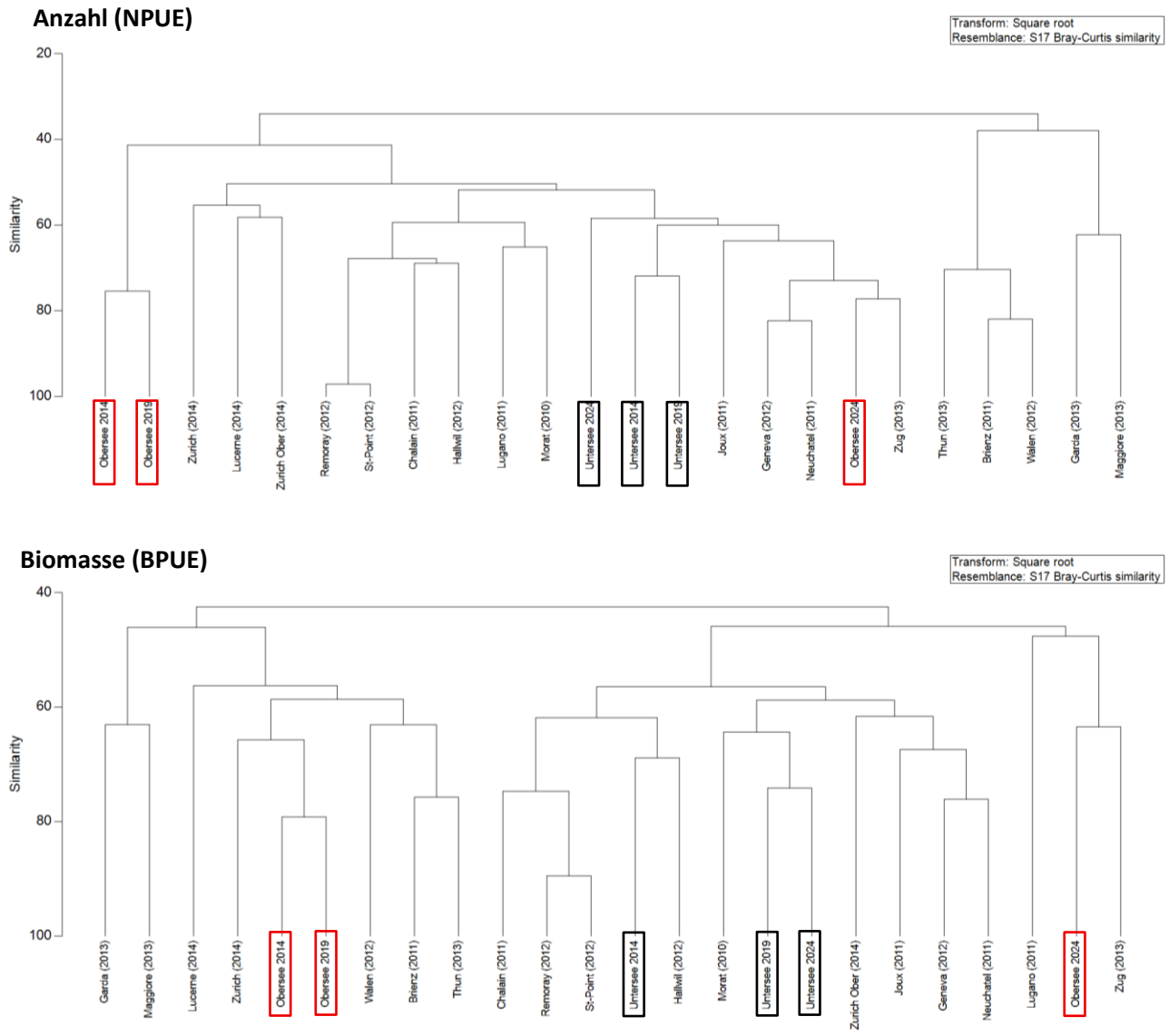


Abbildung 11-89. Vergleich der Fischgemeinschaften im Bodensee und anderen voralpinen Seen anhand volumen-gewichteter CEN-Fänge aus benthischen und pelagischen Netzen. Dargestellt sind Dendrogramme der Bray-Curtis-Ähnlichkeit auf quadratwurzel-transformierten Daten, getrennt für Anzahl/NPUE (oben) und Biomasse/BPUE (unten). Niedrigere Verzweigungen zeigen eine höhere Ähnlichkeit der Fischgemeinschaften.