

FISCHBESTÄNDE DES BODENSEES

SEEWANDEL-PROJEKTE ZEIGEN KOMPLEXE ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN WIRKFAKTOREN UND FISCHBESTAND

Die Bodenseefische waren in den vergangenen 60 Jahren starken Nährstoffschwankungen des Sees unterworfen und sind seit etwas über zehn Jahren auch invasiv ausbreitenden Neozoen und Klimaänderungen wie kontinuierlich ansteigenden Wassertemperaturen ausgesetzt. Diese Faktoren haben das gesamte aquatische Ökosystem Bodensee verändert und mit ihm auch die Fischbestände. «SeeWandel» hat die komplexen Zusammenhänge dieser Entwicklung untersucht und aktuelle Daten zu den Fischbeständen des Bodensees geliefert.

*Peter Rey; Niklas Bosch, Hydra AG; Steffen Bader, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Fischereiforschungsstelle
Barbara Scholz, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Josephine Alexander; Piet Spaak, Eawag, Aquatische Ökologie
Alexander Brinker, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Fischereiforschungsstelle*

RÉSUMÉ

POPULATIONS DE POISSONS DU LAC DE CONSTANCE

La population de poissons du lac de Constance fait l'objet d'études depuis plus de 100 ans et est documentée grâce à des statistiques détaillées sur les prises. Ces études ont permis de suivre la réaction des poissons aux modifications des nutriments du lac (eutrophisation, pollution excessive vers 1960-1990, puis ré-oligotrophisation, baisse de la charge). Le rendement de la pêche, qui était encore bon après cet épisode, a brusquement et fortement diminué à partir de 2013, le rendement de corégones ayant même atteint entre-temps un niveau historiquement bas. Premier recensement de la population de poissons à l'échelle d'un lac, le *Projet Lac* a confirmé en 2014 les changements fondamentaux dans la faune piscicole du lac de Constance. Dans le cadre du projet «*SeeWandel: Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen*», ces investigations sur les populations ont été répétées en 2019, développées sur le plan méthodologique et soumises à des analyses des causes. Les résultats présentés ici montrent qu'une surveillance des populations de poissons à l'échelle du lac et à intervalles réguliers permet notamment de suivre leur évolution, d'améliorer les connaissances sur les liens complexes de la faune piscicole du lac de Constance et de planifier une gestion durable de la pêche.

ENTWICKLUNG DER FISCHFANGERTRÄGE

Die seit 1910 erstellten Fangstatistiken über die Berufsfischerei am Bodensee [1, 2] sind ein einzigartiges Kalendarium der Ertragsentwicklung, geben aber auch indirekt Hinweise über den Bestand und die Zusammensetzung der fischereilich genutzten Fischpopulationen. Zwischen der Entwicklung des Fischertrags und derjenigen des Gehalts an biologisch verfügbarem Phosphor im See besteht ein offensichtlicher Zusammenhang (Fig. 1). Nach dem zweiten Weltkrieg gelangten durch Intensivierung der Landwirtschaft und Bevölkerungswachstum hohe Nährstofffrachten in den See. Die Anfang der 1960er-Jahre von den Berufsfischerinnen und -fishern geforderten und von der IGKB¹ initiierten Anstrengungen zur Reduktion des Nährstoffeintrags haben dann ab 2005 dazu geführt, dass der Bodensee-Obersee wieder als nährstoffarmer, oligotropher See eingestuft wurde [3]. Allerdings hatte dieser bemerkenswerte Erfolg des Nährstoffmanagements am Ende auch Auswirkungen auf die Größe und Zusammensetzung des Fischbestands und damit Folgen für die Berufsfischerei [4, 5].

* Kontakt: A. Brinker, alexander.brinker@lazbw.bwl.de (Foto: © Robert Hansen)
¹ IGKB Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee, gegründet 1959.

Mit Eintritt des Bodensees in die erste mesotrophe Phase (Phase mittlerer Nährstoffbelastung von 10–35 µg/l Phosphat 1955–1964) kam es zu einer starken Steigerung der Fangerträge, bei den Felchen um bis zu 82% [5]. Diese trafen vor allem im Freiwasser auf ein explodierendes Nahrungsangebot an Zooplankton [6]. Die Erträge der Barsche und einiger anderer Fischarten folgten beim Prozess der Nährstoffveränderung mehr oder weniger dem Verlauf der Phosphorkurve [1], der Felchenertrag schwankte aber stark. Anfangs profitierten auch die Felchen von den steigenden Phosphorkonzentrationen und wuchsen schneller, so dass zweijährige Fische 1970 um rund 10 cm grösser waren als noch 1950 [4, 7]. Mit Eintritt in die eutrophe Phase des Sees mit sehr hohen Phosphorwerten (ca. 1963 bis 1990) nahm der durchschnittliche Ertrag stark ab [4]. Einer der Gründe für die teilweise grossen Ertragsschwankungen in der eutrophen Phase waren die damals mit der gesteigerten Primärproduktion gekoppelte Sauerstoff-Zehrung auf dem Seegrund, die unterschiedlich stark war und zumindest keine regelmässige Entwicklung der Felcheneier mehr zuließ [2, 3, 4].

Das Nährstoffmaximum war etwa 1985 überschritten. Einige Jahre später begann die zweite mesotrophe Phase (1991–2005), die Fischerträge blieben hoch und die der Felchen stiegen erneut auf über 1000 t/Jahr an [4, 7, 8]. Nach 2005, mit Rückgang des Phosphorwertes auf unter 10 µg/l, und damit wieder zurück zu einem oligotrophen Zustand, hat sich der Ertrag nach und nach um 50% verringert. Ein neuer Einschnitt wurde nach 2012 verzeichnet: Der durchschnittliche Ertrag der Vorjahre brach noch einmal um 75% ein [4, 5]. Ähnlich wie die Felchen zeigten auch die Seeforellen und Seesaiblinge als typische Vertreter oligotropher Voralpenseen mit der Re-Oligotrophierung zunächst erwartbar ansteigende Fangerträge (Fig. 2), die nach 2012 aber ebenfalls stark zurückgingen [1, 8, 9].

ERSTE EINBLICKE IN DEN TATSÄCHLICHEN FISCHBESTAND

Zusätzlich zu den Fangstatistiken gab es bis vor einigen Jahren erst wenige bzw. lokal begrenzte Detailinformationen über die tatsächlichen Dichten und Verteilungen der Fische im gesamten Bodensee. Angaben über Fischarten, die nicht

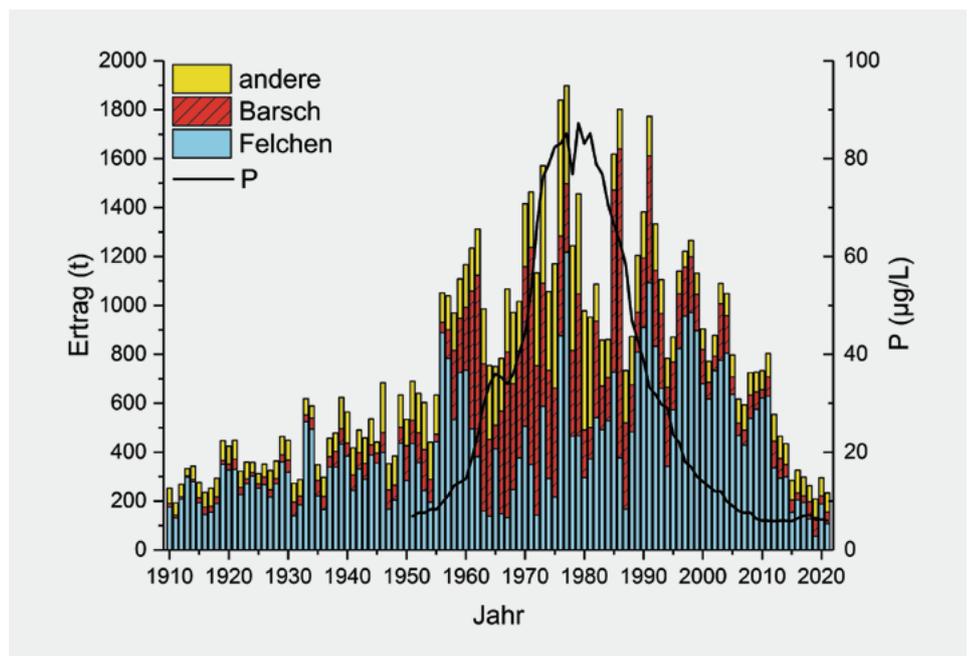


Fig. 1 Ertrag der Berufsfischerei am Bodensee-Obersee 1910–2021. Schwarze Kurve im Hintergrund: Konzentration des bioverfügbaren Phosphats (µg/l). (Datenquellen: [1, 2, 3])

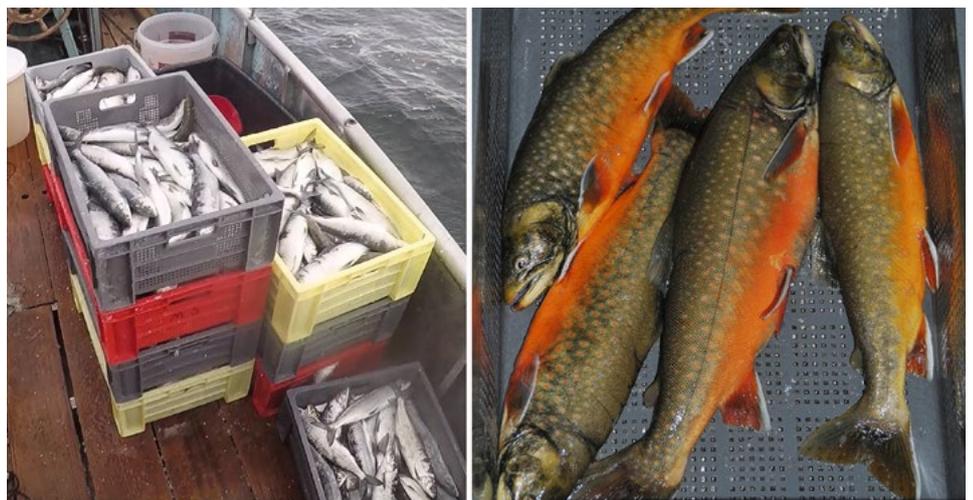


Fig. 2 2012 konnten noch immer grössere Felchenerträge (links) und historisch hohe Erträge an Seesaiblingen (rechts) erzielt werden. Kurz danach brachen die Fischerträge der Salmoniden massiv ein. (Fotos: © Hydra)

fischereilich genutzt wurden waren rar. Dies liegt u.a. daran, dass grossräumige, dauerhafte und synchrone Bestandsaufnahmen in einem See mit einer Fläche von 536 km² und bis zu 250 m Tiefe schwer zu realisieren sind. Um diesem Manko entgegenzutreten, wurde erstmals 2014 im *Projet Lac* [10] eine seeweite, sehr aufwändige Fischbestandsaufnahme über mehrere Wochen mittels Elektro- und Netzfischerei durchgeführt. Dadurch wurden neue und tiefere Einblicke über die relative Verteilung des Fischartenspektrums des Sees sowie der bevorzugten Standorte der jeweiligen Arten erlangt. Bis auf den Kilch, eine

Tiefseeart des Felchens, konnten alle historisch bekannten Fischarten nachgewiesen werden, auch die zwischenzeitlich etablierten gebietsfremden Arten. Auch eine verschollene Fischart, der «Tiefseesaibling», konnte wieder nachgewiesen werden. Im Freiwasser des Sees waren Stichlinge plötzlich mit 96% aller Fischindividuen die zahlenmässig häufigsten Fische [10].

Diese Untersuchung war die Basis für das *SeeWandel*-Teilprojekt L12: «Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Erfassung der Fischfauna in grossen und tiefen Seen» [11, 12], mit dem zwei übergeordnete Ziele verfolgt wurden.

Ziel 1: Erneute Erfassung und Bewertung des Fischbestandes
 Hierzu wurden die Fänge verschiedener Fanggeräte aus verschiedenen Tiefen einzeln ausgewertet. Mithilfe volumenbezogener Berechnungen konnten die Ergebnisse zwischen den beiden Untersuchungsjahren 2014 (*Projet Lac*) und 2019 (*SeeWandel*) verglichen werden.

Ziel 2: Weiterentwicklung einer geeigneten Methode zur Fischbestandserhebung im Bodensee
 Hierzu wurde eine Mindestanzahl von unterschiedlichen Netzen ermittelt, welche die in Bodennähe (Benthal) und im Freiwasser (Pelagial) lebenden Fischgemeinschaften des Bodensees repräsentativ darstellt (Fig. 3). Auf dieser Grundlage konnte anschlies-

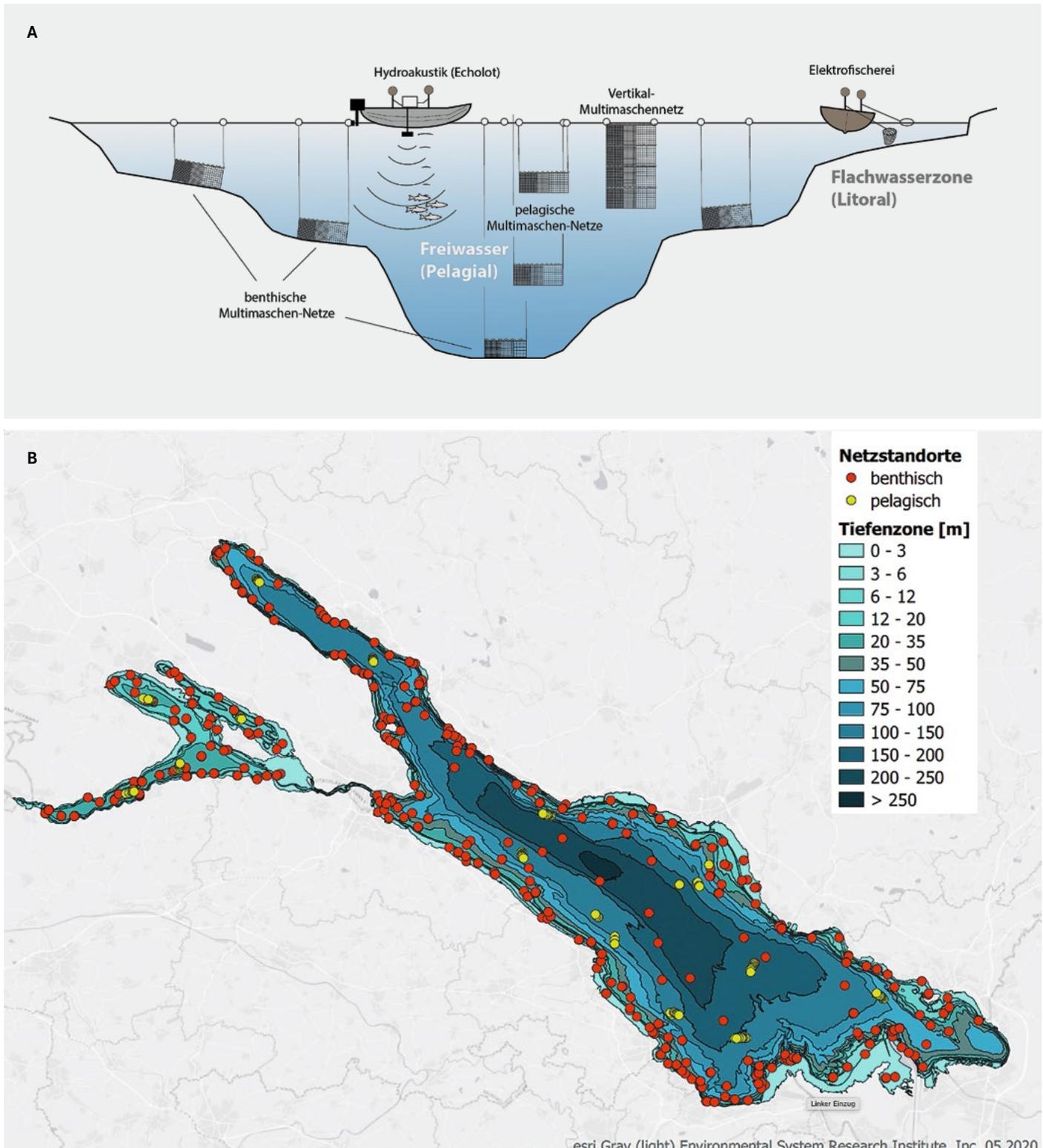


Fig. 3 SeeWandel-Teilprojekt L12, (A) schematische Darstellung der Methoden zur seeweiten Erfassung der Fischbestände: Netzfischerei in verschiedenen Tiefen im freien Wasser (pelagisch) und in Bereichen mit räumlicher Nähe zum flachen und tiefen Seegrund (benthisch); Multimaschennetze, um verschiedene Fischgrößen am selben Ort erfassen zu können; Elektrofischerei in ufernahen Bereichen; Erfassung von Fischen bzw. Fischschwärmen mit dem Echolot im Freiwasser. (B): Netzstandorte der Befischung 2019.

send auch eine Bewertung des (fisch)ökologischen Zustands des Sees erfolgen.

FISCHARTENDIVERSITÄT UND FISCHBESTAND DES BODENSEES

Die *SeeWandel*-Untersuchungen von 2019 bestätigen weitgehend die Ergebnisse des *Projet Lac* (2014) [10] und damit auch die Qualität der Methode [11, 12]. Sie können als weitestgehend repräsentativ für den aktuellen Zustand der Fischartengemeinschaft und die relativen Häufigkeiten der einzelnen Arten in verschiedenen Teillebensräumen angesehen werden. Nach wie vor waren 2019 fast 90% aller Fische im Freiwasser des Bodensee-Obersees Stichlinge, im kleineren und flacheren Untersee war ihr Anteil etwas geringer. Allerdings wurden 2019 insgesamt deutlich weniger Fische gefangen als 2014 [10-12]. Im Detail betrachtet bestanden in beiden Untersuchungen erhebliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Fischbiozönose zwischen dem Freiwasser (Pelagial, *Fig. 4A*) und der Bodenzzone (Benthal, Seegrundnähe und Flachwasserbereiche, *Fig. 4B*) des Sees.

Der Rückgang der benthalen Einheitsfänge zwischen 2014 und 2019 ist dabei vorrangig auf Rückgänge der Fangzahlen in flachen Gewässerbereichen zurückzuführen. Demgegenüber steht ein entsprechend deutlicher Anstieg der Fischzahlen in mittleren Tiefen von 20–35 m, der vor allem auf eine Verlagerung eines Teils der Barschpopulation zurückzuführen ist [11, 12] (*Fig. 5*).

Die ermittelten relativen Biomassen in *Figur 6* zeigen (nur) für 2019 die Unterschiede zwischen den beiden Seeteilen des Bodensees (Ober- und Untersee) und geben bereits erste Anhaltspunkte über die verfügbare Menge fangfähiger Fische. So wird die Fischbiomasse in der Bodenzzone (Benthal) beider Seeteile von Barschen dominiert, die hier zugleich auch die häufigsten Fische sind (*Fig. 6*). Im Freiwasser (Pelagial) behalten die Felchen noch immer ein Übergewicht an der Biomasse (*Fig. 6*), der Anteil der dort zahlenmässig dominierenden Stichlinge bleibt wegen ihrer geringen Größe noch relativ klein [11, 12]. Die Biomassen der anderen fischereilich interessanten Arten unterscheiden sich deutlich zwischen Ober- und Untersee. Die absoluten Fischdichten (Individuen pro Hektar) und Biomassen (kg pro Hektar)

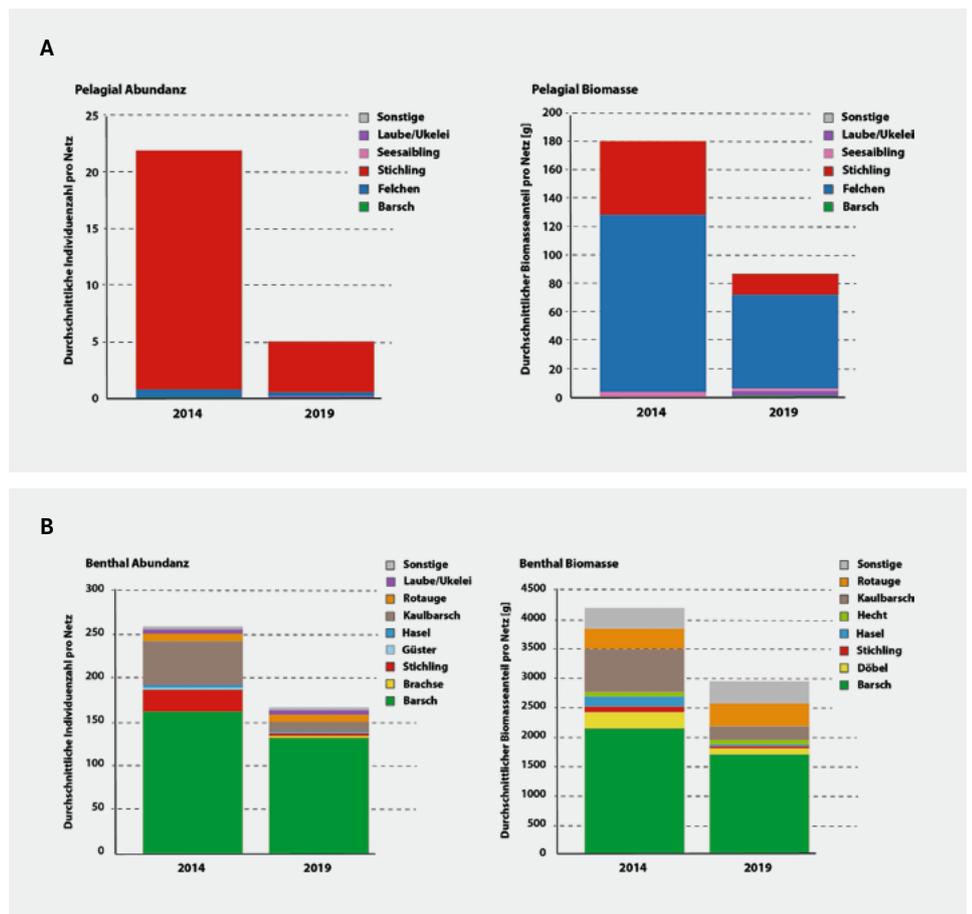


Fig. 4 Durchschnittlicher in den Netzen gefangener Einheitsfang pro Netz, dargestellt als Abundanz (links) und Biomasse (rechts) nach Fischarten in den Jahren 2014 und 2019; A) im Freiwasser (Pelagial) des Bodensee-Obersees; B) in der Bodenzzone (Benthal) des Bodensee-Obersees. (Figur nach [11, 12])

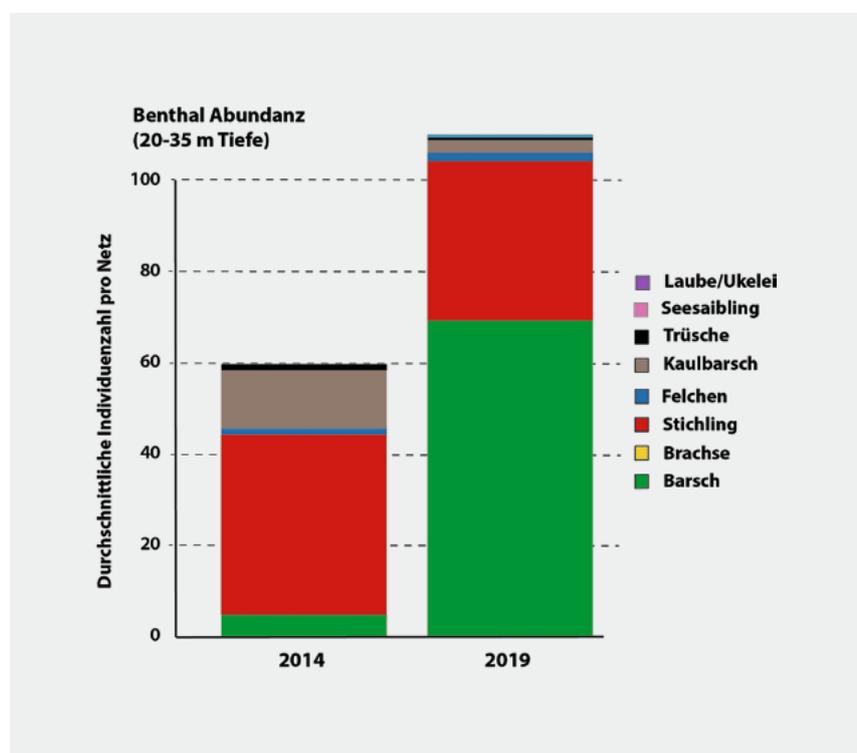


Fig. 5 Durchschnittlicher in den Netzen gefangener Einheitsfang (Abundanz) in 20-35 m Tiefe in der Bodenzzone (Benthal) des Bodensee-Obersees in den Jahren 2014 und 2019.

(Figur nach Daten aus [11, 12])

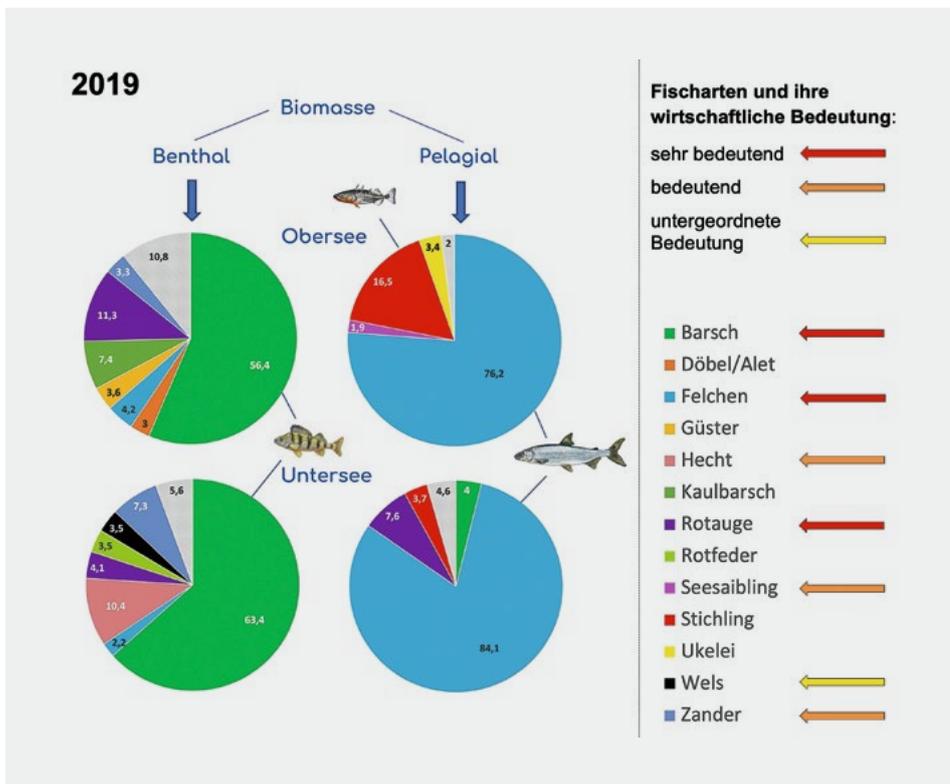


Fig. 6 Prozentuale Anteile der Arten an der Fischbiomasse in Seegrundnähe (Benthal) und im Freiwasser (Pelagial) von Bodensee-Obersee und -Untersee 2019 [11, 12].

sind im Benthal immer deutlich höher als im Pelagial.

URSACHEN FÜR VERÄNDERUNGEN DES FISCHBESTANDS

Die weiter oben beschriebenen Effekte der Eutrophierung und Re-Oligotrophierung verdeutlichen, wie stark und relativ schnell der Fischbestand eines so grossen Gewässers, wie es der Bodensee ist, auf unterschiedliche Nährstoffverhältnisse reagiert [8]. Er folgte in klassischer Weise den Gesetzmässigkeiten des Bottom-Up-Prinzips, wonach der Gehalt des limitierenden Nährstoffs (hier Phosphor) über die Primär- und Sekundärproduktion massgeblich den Fischbestand und damit den Fischertrag in seiner Dimension begrenzt [13]. Auf Verringerungen im Nährstoffangebot reagierte im Bodensee die Sekundärproduktion (Zooplankton) in Menge und Zusammensetzung [6] und daraufhin zeitversetzt auch der Fischertrag, bei mehreren Fischarten innerhalb kürzester Zeit [1], bei den Felchen um 5 bis 10 Jahre verzögert [4]. Die Tatsache, dass der Fischertrag nach 2012 trotz vergleichbarer Phosphorwerte weit unter die Erträge der 1950er-Jahre (vgl. Fig. 1) gesunken ist, muss also andere Ursachen haben. Diese wurden im Rahmen von

SeeWandel genauer analysiert. Neben dem Nährstoffgehalt wurden vier neuere Wirkfaktoren mit einem bestandsrelevanten Einfluss auf die Bodenseefische identifiziert.

STICHLINGSINVASION

Die Auswirkungen der oben beschriebenen Stichlingsinvasion im Freiwasser des Bodensees ab ca. Herbst 2012 [14] (Fig. 7A) auf die Veränderungen im Zooplanktonangebot [6, 15] wird als Auslöser für eine Nahrungskonkurrenz und in deren Folge als wichtigste Ursache für den weiteren starken Rückgang der pelagischen Felchen angesehen [5, 16, 17, 18]. Bei der Naturverlaichung der Felchen sowie beim Besatz von Felchenlarven besteht zudem die Gefahr, dass schon durch einen sehr kleinen Teil der Stichlinge, die Felcheneier oder -larven fressen, grosser Schaden an der Rekrutierung der neuen Felchengeneration entstehen kann [5, 16, 17, 18]. Auch ein Einfluss auf andere Fischarten wie Barsche erscheint möglich [5], konnte bisher aber noch nicht untersucht werden.

QUAGGAMUSCHEL

Die 2016 im Bodensee erstmals nachgewiesene Quaggamuschel hat ihre Schwesterart, die Zebrauschel, innerhalb von vier Jahren fast vollständig aus dem Bo-

densee verdrängt und besiedelt den Seeboden bereits bis zu seinem tiefsten Punkt [3]. Ergebnisse aus den Grossen Seen in Nordamerika zeigen als Folge solcher Entwicklungen einen Einbruch bestimmter Fischbestände im Tiefenwasser [19]. Dort haben die Muscheln – wie jetzt auch schon im Bodensee [3] – die Habitatstruktur des Seebodens verändert (Fig. 7B) und es wird befürchtet, dass sie sich zum Hauptregulator des Phosphorkreislaufs entwickeln und noch einmal grosse Nährstoffmengen binden könnten [20]. Noch sind die Einflüsse auf die Fischartengemeinschaft nur in Ansätzen bemerkbar und verstanden. Auch die Frage, inwieweit einige Fischarten wie die Rotaugen, die bereits Quaggamuscheln konsumieren, von dieser Ressource profitieren und als Regulativ im Flachwasser auftreten können [21], konnte in diesem Stadium der Entwicklung noch nicht genauer untersucht werden. Im Gegensatz zur Quaggamuschel wird der Einfluss der seit 2007 im Bodensee verbreiteten und ebenfalls von den Fischen als Nahrung genutzten Schwebegarnele [22] (Fig. 7C) auf die Lebensgemeinschaft als vernachlässigbar eingeschätzt.

KORMORANE

Seit 1997 steigt die Zahl der am Bodensee jagenden Kormorane stetig an (Fig. 7D) [23]. In sieben Naturschutzgebieten wurden zuletzt 1239 Brutpaare gemeldet [1]. 2022 wurden dabei dem See und den Gewässern in seinem Hinterland rund 450 Tonnen Fisch entnommen. Ein nicht unerheblicher Teil davon sind adulte und subadulte Fische, die weder als Laichfische zur Rekrutierung der nächsten Generationen beitragen können, noch der Berufsfischerei im gleichen und im Folgejahr zur Verfügung stehen [2, 23]. Der Kormoran frisst vor allem Barsche [23] und karpfenartige Fische wie Rotaugen [24] in grossen Mengen. Da beide Sorten zu den Hauptkonsumenten der Quaggamuscheln gehören, könnte sich ihr Wegfall zusätzlich bemerkbar machen [21].

KLIMAWANDEL

Der Klimawandel manifestiert sich im Bodensee durch einen Anstieg der durchschnittlichen Wassertemperaturen um über 1 °C seit den 1960er-Jahren (Fig. 8). Innerhalb dieses deutlichen Langzeitrends stieg insbesondere in den letzten zehn Jahren die Temperatur in der Wassersäule und vor allem auf dem Seegrund seit 2018 deutlich an, dies auch mit Fol-



Fig. 7 Das invasive Massenvorkommen gebietsfremder Stichlinge (A) im Freiwasser des Bodensees und neozoischer Quaggamuscheln (B) auf dem Seeboden bis in 250 m Tiefe haben die Nährstoffsituation weiter verschärft und die Nahrungsgrundlage für angestammte Bodenseefische verändert. Dagegen zeigen die ebenfalls neozoischen Schwebegarnelen (C) keinen bekannten negativen Einfluss auf die Fischbiozönose. (D) Kormorane entnehmen dem See und den Gewässern des Hinterlandes derzeit rund 450 t Fisch/Jahr. (Fotos: © Hansen (A, B, D), Hydra (C))

gen für den vertikalen Wasseraustausch [3]. Derzeit ist unklar, in welchem Mass sich Temperaturerhöhungen bereits auf die Bestände verschiedener Fischarten im Bodensee auswirken. Nach den Hitzesommern 2003 und 2018 konnte ein deutlicher Anstieg im Bestand und Ertrag von Arten wie den Karpfen und den Welsen beobachtet werden [1, 2, 25]. Ob dies auf die besseren Überlebenschancen einzelner Kohorten oder auf die im wärmeren Wasser besseren Entwicklungsbedingungen zurückzuführen ist, wurde noch nicht genauer untersucht. Beobachtet wurde jedoch eine Veränderung der saisonalen Dynamik und eine Verschiebung in der Gemeinschaft des Zooplanktons [6], dies mit negativen Auswirkungen für die planktonfressenden Felchen, für die dadurch die Nahrungsverfügbarkeit abnimmt und das Wachstum eingeschränkt wird [5, 6, 26]. In einer grossangelegten Studie

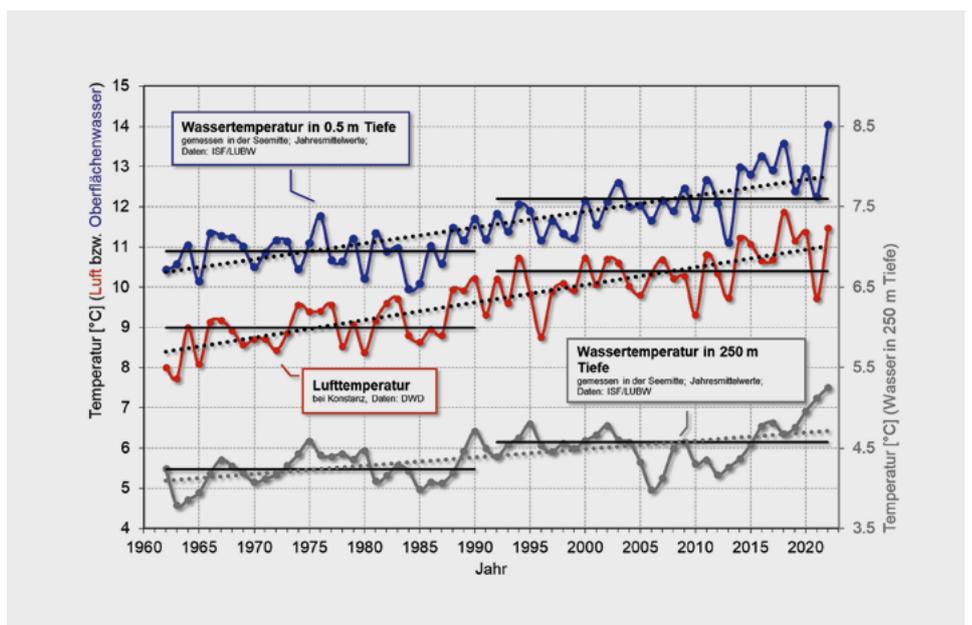


Fig. 8 Signifikanter Anstieg der Jahresdurchschnittstemperaturen (Luft-, Wasser- und Tiefenwasser) am Bodensee (30-Jahre-Vergleich seit 1962). (Datenquelle: LUBW, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg)

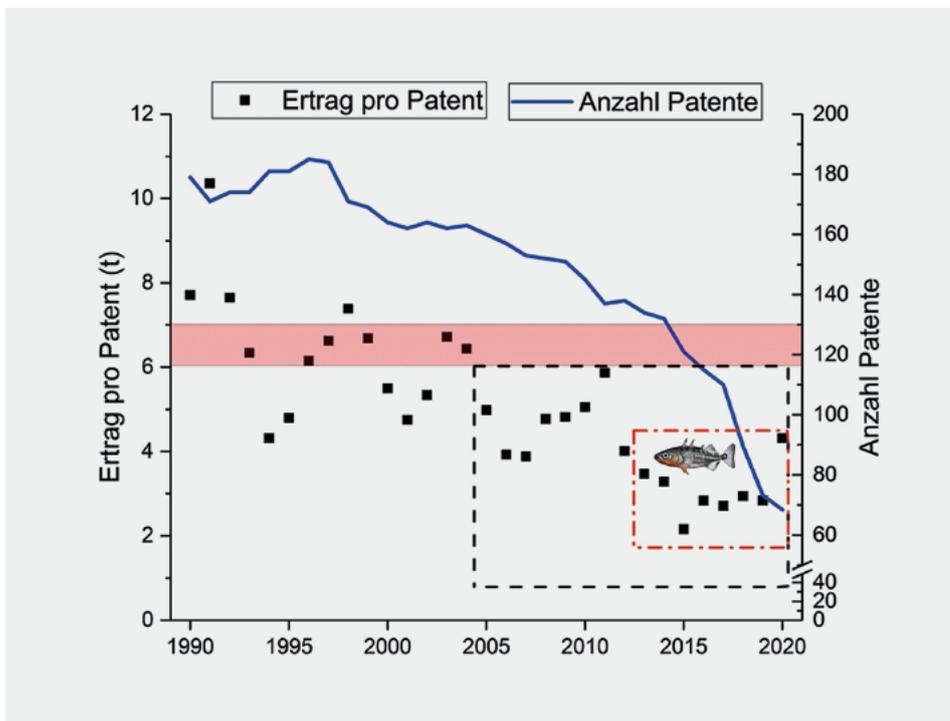


Fig. 9 Ertrag pro Patent (Fischereilizenz am Bodensee-Obersee) zwischen 1990 und 2020 (hier: Hochsee- und Haldenpatente zusammen). Die rote Fläche gibt den Ertragsbereich an, welcher ein Fischereibetrieb für ein wirtschaftliches Überleben realisieren sollte (6–7 t/a). Der mit einer schwarz gestrichelten Linie umgebene Bereich ist der Zeitraum mit einem Gesamtphosphorgehalt von unter $10 \mu\text{g l}^{-1}$, der mit einer rot gestrichelten Linie umgebene Bereich der Zeitraum mit dem Auftreten des Stichlings im Freiwasser. (Quelle: [5])

des Landes Baden-Württemberg werden kälteliebende Fischarten, zu denen im Bodensee auch die Seeforellen, Äschen und Trübschen (Quappen) zählen, schon jetzt zu den «Verlierern» in einem immer wärmer werdenden Gewässerlebensraum gezählt. Andere Fischarten hingegen, wie

z. B. Barsche, Welse und Karpfen könnten mittelfristig von dieser Entwicklung sogar profitieren [25].

MANAGEMENT DER FISCHBESTÄNDE

Der Geschwindigkeit des Ertragsrückgangs bei den Felchen (vgl. Fig. 1) kann mit den bisherigen fischereilichen Regularien wie Anpassung der Maschenweiten an das Wachstum der Fische, Zahl und Art der Netze und Zahl der Patente [7] kaum mehr Einhalt geboten werden. Bereits zweimal in den letzten vier Jahren (2018, 2022) musste im Bodensee-Obersee auch der Laichfischfang auf Felchen und die Felchenerbrütung ausfallen [1], deren Einfluss auf den Fangenertrag nach neuen Untersuchungen der IBKF² allerdings relativiert werden muss [27]. Auch für den Umgang mit der Stichlingsproblematik gibt es bereits verschiedene Massnahmenvorschläge. So wurde zum einen empfohlen, Felchen «stichlingsfest» zu besetzen, also in einem Alter, in dem sie bereits der Beutegrösse der Stichlinge von $< 35 \text{ mm}$

² Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei

entwachsen sind [18]. Zum anderen wurden auch Methoden zur Regulierung der Stichlingsbestände evaluiert [28].

Hinzu kommt, dass vor allem bei den im Flachwasser fressenden und laichenden Fischarten der Prädationsdruck durch Kormorane ein unberechenbarer Faktor ist. Ein seeweit koordiniertes Management der Kormoranbestände wird schon lange diskutiert, ist jedoch noch nicht zustande gekommen [23].

Trotz aller auf die Fischbestände des Bodensees negativ wirkenden Faktoren zeigen Fischarten wie Rotaugen, Barsche, Hechte, Karpfen, Welse und Zander in verschiedenen Bodenseeteilen stabile und fischereilich nutzbare Bestände [1]. Diese können jedoch bei weitem nicht den Ertragsrückgang durch die ausbleibenden Fänge an Felchen kompensieren [5]. Viele Berufsfischerinnen und -fischer mussten deshalb in den letzten Jahren ihren Beruf aufgeben, der Berufsstand hat sich im letzten Jahrzehnt nahezu halbiert [5]. In der Konsequenz versuchen einige Berufsfischerinnen und -fischer vermehrt andere Arten, wie z. B. Rotaugen, zu befischen und neue Vertriebswege aufzulegen [1]. Dennoch sieht es danach aus, dass die Zukunft der Bodenseefischerei insgesamt ungewiss ist, da die Fischereierträge schon seit 2005 unter eine Grenze gesunken sind, die ein Fischereibetrieb für ein wirtschaftliches Überleben benötigt [5] (Fig. 9).

FAZIT

Die Ergebnisse aus den Projekten *Projet Lac* und *SeeWandel* haben gezeigt, dass wichtige Informationen über den tatsächlichen Fischbestand des Bodensees nur mit sehr grossem Aufwand gewonnen werden können. Die Fischartendiversität des Sees ist noch immer hoch, aber die Bestände einiger – schwerpunktmässig auch fischereilich genutzter – Arten sind stark zurückgegangen. Andere Arten scheinen von den multifaktoriell bedingten Veränderungen im Ökosystem sogar zu profitieren. Mit der invasiven Form des Stichlings ist vor zehn Jahren ein neuer Player aufgetreten, der den Fischbestand im Freiwasser dominiert und entsprechend stark beeinflusst. Um einen nachhaltigen Fischartenschutz zu gewährleisten und um auch die Berufsfischerei am Bodensee erhalten zu können, sollten den jeweiligen Fischbeständen angepasste und zielführende Massnahmen

DANKSAGUNG

Diese Studie erhielt Unterstützung durch die Forschungsprojekte «SeeWandel: Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen» und SeeWandel-Covid, Ergänzungsprojekt zur Abfederung der Covid19-verursachten Projektbeeinträchtigungen in «SeeWandel: Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen» im Rahmen des Interreg V-Programms «Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein (Deutschland/Österreich/Schweiz/Liechtenstein)», die Mittel aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung sowie Fördergelder vom Schweizer Bund und den Kantonen erhalten. Es bestand keine aktive Mitwirkung seitens der Geldgeber bei der Entwicklung des Studiendesigns, der Datenerfassung und -analyse, der Entscheidung zur Veröffentlichung oder bei der Erstellung des Manuskriptes.

ermöglicht werden. Hierzu zählen spezifische Fangregularien, angepasste Besatzstrategien (z. B. bei den Felchen) und Managementmassnahmen (z. B. bei Kormoran und Stichling). Auch unpopuläre Entscheidungen wie Fangmatorien dürfen dabei nicht ausgeschlossen werden. Weil aber die Zeit für eine Trendumkehr vor allem beim Felchenbestand knapp ist, sollten solche Massnahmen am besten sofort beschlossen und schnell umgesetzt werden. Grundlage dafür ist eine umfassende und aktuelle Information über den Zustand der Fischbestände im Bodensee. Auf neue Entwicklungen muss schnell reagiert werden können, weshalb der Handlungsbedarf künftig nicht mehr nur an den Fangstatistiken abgelesen oder aus bedingt übertragbaren Forschungsergebnissen abgeleitet werden darf. Deshalb sind Monitoringprogramme, zumindest in einer Form, wie sie in den beiden hier vorgestellten Untersuchungs-Kampagnen durchgeführt wurden [10, 11, 12], möglichst fortzusetzen, dies in geeigneten Zeitintervallen und dabei fischschonend und langfristig finanzierbar.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei IBKF (jährlich): Bericht zur IBKF [Jahr]. Die Fischerei im Bodensee-Obersee, Gesamtbericht sowie Teilberichte Blaufelchen, Gangfisch und Barsch. www.ibkf.org
- [2] Fischereiforschungsstelle des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg (jährlich): Aufarbeitung der Fischereistatistik über die Berufsfischerfänge Bodensee-Obersee und Bodensee-Untersee. Zu Händen der IBKF
- [3] Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee IGKB (jährlich): Jahresberichte zum limnologischen Zustand des Bodensees
- [4] Baer, J. et al. (2017): Fischereimanagement am Bodensee-Obersee in einem mehrschichtigen Umfeld: Gewinner und Verlierer in einem Jahrhundert geprägt von menschlich verursachten Trophieschwankungen. *AUF AUF* 3/16: 3–10
- [5] Baer, J.; Brinker, A. (2022): Wieviel weniger darf es sein? Düstere Zukunftsaussichten für die Bodenseefischerei, eine der grössten Binnenfischereien Europas, *Zeitschrift für Fischerei* 2: Artikel 1: 1–13
- [6] Ogorelec, Ž. (2020): Effects of reoligotrophication and invasive species on fish-zooplankton interactions. Konstanz: Universität Konstanz
- [7] DeWeber, J.T. et al. (2021): Long term changes in body condition and gillnet selectivity in Lake Constance pelagic spawning whitefish (*Coregonus wartmanni*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 78(7): 841–851
- [8] Sabel, M. et al. (2020): Long-term changes in littoral fish community structure and resilience of total catch to re-oligotrophication in a large, peri-alpine European lake. *Freshw. Biol.* 65(8): 1325–1336
- [9] Basen, T.; Rey, P. (2021): Rückgang des Seeforellenertrags am Bodensee-Obersee. Vertiefte Analyse ursächlicher Faktoren. AG Wanderfische der IBKF
- [10] Alexander, T.J. et al. (2016): Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Bodensee. *Projet Lac, Eawag, Kastanienbaum*
- [11] Bader, S. et al. (2021): SeeWandel Projekt L12 - Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erfassung der Fischbestände im Bodensee – Bericht für die IBKF. SeeWandel, LAZBW. Langenargen
- [12] Bader, S. et al. (2023): SeeWandel Projekt L12: Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erfassung der Fischbestände im Bodensee. Darstellung der Fangergebnisse 2019 und Erarbeitung eines zukünftigen Monitorings. Abschlussbericht Projekt SeeWandel: Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen
- [13] Müller, R., et al. (2007): Bottom-up control of whitefish populations in ultra-oligotrophic Lake Brienz. *Aquat. Sci.* 69: 271–288
- [14] Eckmann, R.; Engesser, B. (2019): Reconstructing the build-up of a pelagic stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) population using hydroacoustics. *Fish. Res.*, 210, 189–192
- [15] Ogorelec, Ž. et al. (2022): Small but voracious: Invasive generalist consumes more zooplankton in winter than native planktivore. *NeoBiota* 78: 71–97
- [16] Baer, J. et al. (2021): All day-long: Sticklebacks effectively forage on whitefish eggs during all light conditions. *PLoS ONE* 16(8): e0255497
- [17] Gugele, S. et al. (unveröff.): Stable isotope values and trophic position of a unique invasion of the threespined stickleback in Lake Constance indicates significant piscivore. *Fischereiforschungsstelle Langenargen (FFS-LAZBW)*
- [18] Rösch, R. et al. (2018): Impact of the invasive three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) on relative abundance and growth of native pelagic whitefish (*Coregonus wartmanni*) in Upper Lake Constance. *Hydrobiologia* 824: 243–254
- [19] Karatayev, A.Y. et al. (2021): Lake morphometry determines *Dreissena* invasion dynamics. *Biol. Invasions* 23: 2489–2514
- [20] Jiyong, L. et al. (2021): Benthic invaders control the phosphorus cycle in the world's largest freshwater ecosystem, *PNAS* 118(6) e2008223118
- [21] Baer, J.A. et al. (2022): Size matters? Species- and size-specific fish predation on recently established invasive quagga mussels *Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov 1897 in a large, deep oligotrophic lake. *J. Fish Biol.* 100(5): 1272–1282
- [22] Bonell, F.; Rösch, R. (2012): Invasive Arten als Fischnahrung im Bodensee. Studie der LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg). ID Umweltbeobachtung U81-W03-N11. Gefördert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)
- [23] Rey, P. et al. (2022): Vorstudie für ein mögliches Kormoranmanagement am Bodensee. Einfluss des Kormorans am Bodensee auf Fischbestände, Fischarten und fischereilichen Ertrag in Relation zu anderen Wirkfaktoren als Grundlage für eine ergebnisoffene Beurteilung der Notwendigkeit eines Kormoranmanagements
- [24] Suter, W. (1997): Roach rules: shoaling fish are a constant factor in the diet of Cormorants *Phalacrocorax carbo* in Switzerland. *Ardea* 85: 9–27
- [25] Basen, T. et al. (2022): Auf schmalem Grad° – Die Zukunft unserer Fische in der Klimakrise. Analysen, Vorhersagen, Handlungsmöglichkeiten; Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Stuttgart, 120 S.
- [26] Ogorelec, Ž. et al. (2021): Can young-of-the-year invasive fish keep up with young-of-the-year native fish? A comparison of feeding rates between invasive sticklebacks and whitefish. *Ecol. Evol.* 12(1), e8486
- [27] Baer, J. et al. (2023): A matter of time – Efficacy of whitefish stocking in a large pre-alpine lake. *Fish. Manag. Ecol.* 30/2
- [28] Gugele, S.M. et al. (2020): The spatiotemporal dynamics of invasive three-spined sticklebacks in a large, deep lake and possible options for stock reduction. *Fish. Res.* 232: 105746