

SeeWandel

SeeWandel Faktenblatt No. 03 | Juli 2022

Leben im Bodensee –
gestern, heute und morgen



Bild: © Robert Hansen



Bodenseefische im Wandel

Die Fischbestände des Bodensees sind seit den 1950er-Jahren einem starken Wandel unterworfen. Vor allem in Zeiten der Eutrophierung und der Reoligotrophierung des Sees kam es zu massiven Veränderungen in der Zusammensetzung der Fischzönose, bei den Fischdichten und Fischbiomassen. Zweimal zeigten bisher auch gebietsfremde Fischarten Massenvermehrungen, Kaulbarsche in den 1990er-Jahren und Stichlinge seit 2013. Alle Veränderungen in der Fischbiozönose wirken sich am Bodensee auch immer auf die Berufsfischerei aus. Die Fischereistatistik liefert seit über hundert Jahren entscheidende Informationen über den nutzbaren Fischbestand und das Ertragsvermögen des Bodensees. Nun kamen durch zwei neue Untersuchungsprogramme - 2014 das *Projet Lac* und 2019 die Erfassung der Fischfauna im Rahmen des SeeWandel-Projekts L12 - detaillierte Einblicke in das komplexe fischökologische Gefüge in verschiedenen Seeteilen und Wassertiefen dazu. Zudem vervollständigten diese Untersuchungen die Kenntnisse über das Fischartenspektrum.

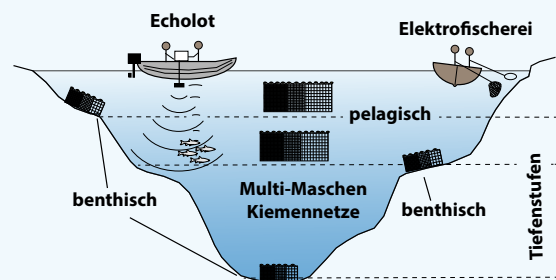


Neue Herangehensweisen zur Beantwortung vieler Fragen zu den Bodenseefischen

Das SeeWandel-Projekt L12 „Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Erfassung der Fischfauna in großen und tiefen Seen“ baut auf dem Vorgängerprojekt *Projet Lac* auf, das 2014 erstmals tiefere Einblicke in das Artenspektrum, in Standorte und die Dichten der Bodenseefische ermöglicht hat. Im Rahmen der Projekte sollte auch ein Monitoringverfahren entwickelt werden, welches es erlaubt, den Zustand der Fischbestände im Bodensee kostengünstig und mit möglichst wenigen Verlusten bei den Fischen zu untersuchen. Hierfür wurde eine Kombination verschiedener Fangmethoden eingesetzt, mit denen sich auch die unterschiedliche Verteilung der Fische im See besser erfassen lässt (Abb. 1) [1, 2].

Abb. 1: SeeWandel Projekt L12: Die Methoden

- 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
- die Erfassung von Fischen bzw. Fischschwärmen mit dem Echolot im Freiwasser



Berufsfischerei als Informationsquelle

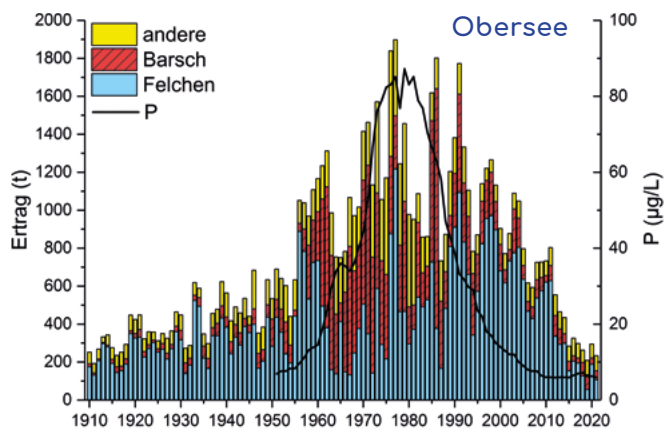


Abb. 2: Fangstatistik der Berufsfischerei am Bodensee-Obersee von 1910 bis heute. Schwarze Kurve: Entwicklung der Phosphorkonzentration seit 1950. Quelle: IBKF.

In der Bregenzer Übereinkunft von 1893 haben die Regierungen der Vertragsstaaten rund um den See vereinbart, gemeinsame Bestimmungen für die Fischerei am Obersee zu erlassen, „um die wertvollen Fischarten im Bodensee zu erhalten und zu vermehren“. Dieser Staatsvertrag begründete die Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (www.ibkf.org). Die seit 1910 erstellte gemeinsame Fangstatistik (Abb. 2) [3] ist ein Kalendarium für die Entwicklung der fischereiwirtschaftlich genutzten Fischbestände seit über 100 Jahren.



Die entscheidende Rolle des Phosphors

Die Fangstatistik der Berufsfischerei am Bodensee-Obersee zeigt auch den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen dem Phosphorgehalt und dem Fischertrag. Mehr Nährstoffe haben seit Ende der 1950er-Jahre zu einer größeren Fischbiomasse geführt, aber auch die Anteile der Arten in der Fischbiozönose verändert. Sie förderten z.B. den Bestand an Barschen und karpfenartigen Fischen, während sich der Anteil von Felchen, Saiblingen und Forellen verringerte. Mit Beginn der Reoligotrophierung kehrte sich dieser Prozess erwartungsgemäß zunächst wieder um. Dies blieb aber nicht so.



Warum brechen die Fischerträge ein?



Abb. 3: Ertragreicher Berufsfischerfang am Bodensee 2012; links: Felchen; rechts: Seesaiblinge. Bilder: © Hydra.

Der Bodensee hat seit Jahren wieder einen Phosphorgehalt, der etwa demjenigen der frühen 1950er-Jahre entspricht. Zunächst haben die Bestände der für nährstoffarme Voralpenseen typischen Fischarten von dieser Entwicklung auch profitiert. 2010-2012 konnten letztmals noch hohe Erträge von Felchen, Saiblingen und Seeforellen erzielt werden (Abb. 3). Danach brachen vor allem die Erträge der Felchen massiv ein. Zugleich war der Nährstoffgehalt auf die seither geringsten Werte gesunken [4] und es spielten vermehrt auch andere Faktoren eine entscheidende Rolle [5-7]. Unter anderem wurden folgende Wirkfaktoren als relevant erachtet:

- Veränderung des Nahrungsangebots
- Klimawandel und höhere Wassertemperaturen
- Massenvermehrung von Stichlingen
- Invasive Ausbreitung der Quaggamuschel
- Prädation durch Kormorane



Die dominierenden Fischarten

Die Untersuchungen im SeeWandel-Projekt L12 [2] bestätigen weitgehend die Ergebnisse von *Projet Lac* [1] und die aktuellen Fangstatistiken:

Unter dem Aspekt der Biomasse (Abb. 4) dominieren in Seegrundnähe (Benthal) beider großer Seeteile die Barsche, im Freiwasser (Pelagial) sind es die Felchen [2]. Die zahlenmäßig häufigsten Fische sind im Benthal ebenfalls die Barsche, im Freiwasser sind es bei weitem die Stichlinge, die aber wegen ihrer geringen Größe einen kleineren Biomasse-Anteil aufweisen als die Felchen.

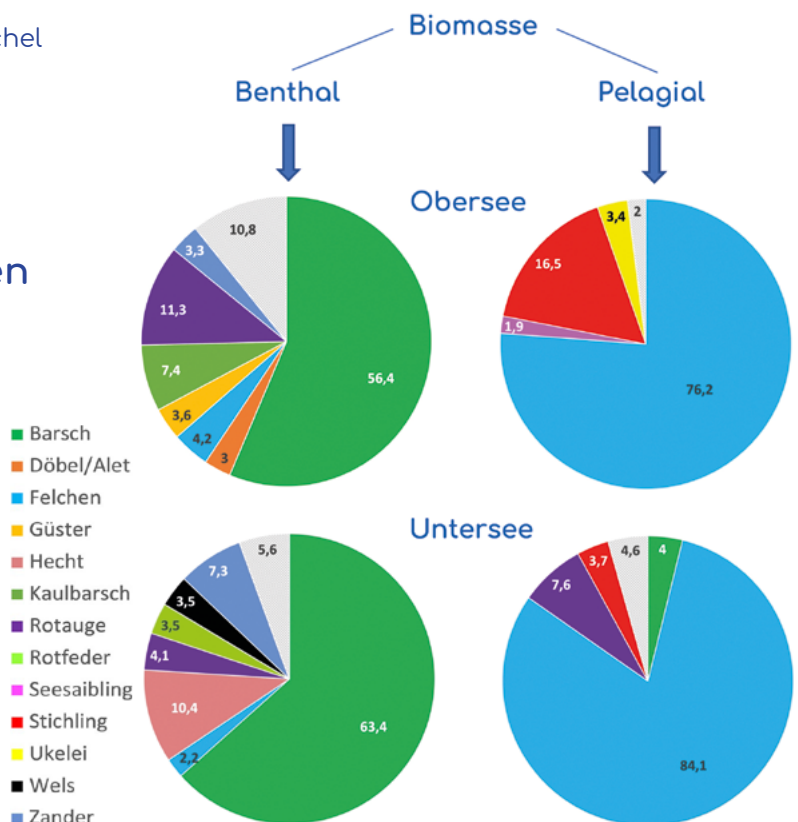


Abb. 4: Zusammensetzung der Fischartengesellschaft in Seegrundnähe (Benthal) und im Freiwasser (Pelagial) von Ober- und Untersee 2019 [2].



Wo sind die meisten Fische?

Echolotuntersuchungen belegen, dass sich die Fische in verschiedenen Seeteilen und Wassertiefen sehr unregelmäßig verteilen [1, 8]. Während der Untersuchungszeit im Herbst traten die höchsten Fischdichten im nordöstlichen Bereich des Obersees und in den Seeteilen Gnadensee und Rheinsee im Untersee auf. Dieses Verteilungsmuster ändert sich im Verlauf des Jahres - im Frühling liegt die Dichte meist im südlichen Ufer am höchsten - und spiegelt in etwa die jahreszeitliche Nahrungsverfügbarkeit wieder. Das Fischvorkommen ist auch tiefenabhängig. Die meisten Fische halten sich zwischen 5 m und 20 m Wassertiefe auf (Abb. 5).



Weichen Barsche in größere Tiefen aus?

Noch 2014 waren die meisten Barsche in Wassertiefen oberhalb von 25 m anzutreffen [1]. Bereits 5 Jahre später hielt sich ein großer Teil von ihnen in größeren Wassertiefen auf (Abb. 6 [2]). Bei den anderen Fischarten, z.B. den in ihrer Zahl dominierenden Stichlingen, traten solche großräumigen Wechsel in der Nutzung von Teillebensräumen nicht in gleichem Maße auf.

War dieses Ergebnis Zufall oder halten sich die Barsche nun wirklich öfter in größeren Wassertiefen auf? Aktuell wird in diesem Zusammenhang diskutiert, ob die flexiblere Nutzung von Teillebensräumen auch eine Ausweichreaktion auf den Prädationsdruck durch Kormorane sein kann, die in den Flachwasser- und Haldenbereichen des Sees überwiegend Barsche jagen. Die Gesamtfischentnahme durch Kormorane hat sich dabei in den vergangenen 10 Jahren verdoppelt (von ca. 150 Tonnen auf über 300 Tonnen Fisch pro Jahr) [5].

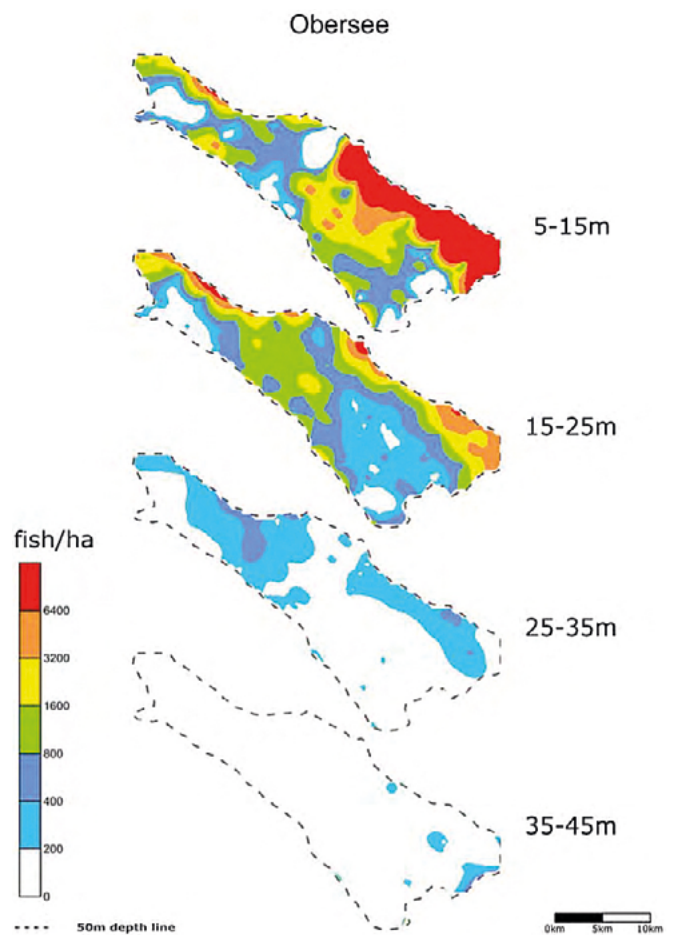


Abb. 5: Verteilung der Fische in unterschiedlichen Wassertiefen des Bodensee-Obersees im Herbst 2014 [in 1].

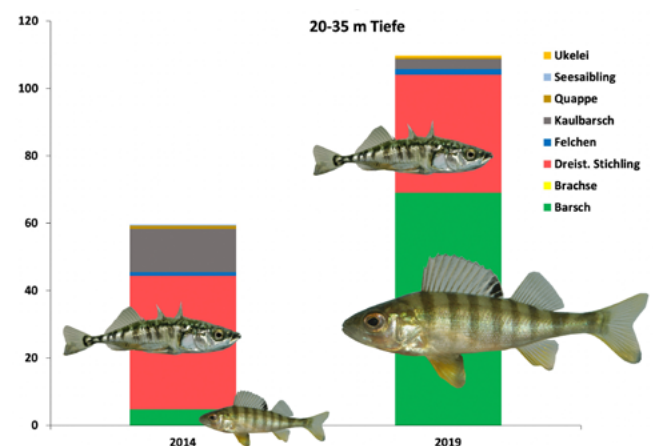


Abb. 6: Haben sich die Barsche in die Tiefe zurückgezogen? Fischverteilung in 20-35 m Tiefe des Sees, Vergleich 2014 mit 2019.



Die rätselhafte Sache mit den Stichlingen



Abb. 7: Stichlinge dominieren seit 2014 die Fischartengesellschaft in der Freiwasserzone des Bodensees. Bild: © Robert Hansen.

2012 wurden im Freiwasser des Bodensees erstmals größere Mengen an Stichlingen nachgewiesen (Abb. 7) [8]. Zwei Jahre später waren 96 % aller dort gefangenen Fische Stichlinge und sie sind seither die an Zahl dominierende Fischart [1, 2]. Bisher hat nur die Stichlings-Population des Bodensees das Freiwasser als bevorzugten Lebensraum ausgewählt [1]. Bodensee-Stichlinge verhalten sich damit wie diejenigen in der Ostsee, sind wie diese außergewöhnlich groß und haben auch dieselben Merkmale [9]. Mageninhaltsuntersuchungen zeigen, dass wildlebende Bodensee-Stichlinge - genau wie die Felchen - vor allem Zooplankton fressen [7], womit es zur Nahrungskonkurrenz zwischen diesen beiden Fischarten kommt [10]. Unter anderem wird damit in Zusammenhang gebracht, dass Felchen eines Jahrgangs seit dem Massenauftreten der Stichlinge ein Drittel weniger wiegen als zuvor [3]. Nicht zuletzt wird befürchtet, dass Stichlinge direkt die Felchenjungfische dezimieren. Laborversuche zeigen, dass Stichlinge sowohl Felcheneier als auch Felchenlarven fressen [11]. Dies passiert auch im Freiland, zumindest wenn die Felchen im Bereich von Stichlingsschwärmen ablaichen oder die Stichlinge auf größere Mengen an Felchenlarven treffen [7, 11].



Ist der Bodensee noch ein Felchensee?

Felchen werden auch als „Brotfische“ der Bodenseefischer bezeichnet. Noch stellen sie den Hauptanteil des Fangtrags. Die derzeitige Misere der Berufsfischerei hängt deshalb in besonderem Maße vom stetig sinkenden Ertrag der Felchen ab. Hierzu tragen mehrere Faktoren bei: ein langsames Wachstum der Felchen, geringere Laichmengen pro Fisch [5], der Einfluss des Stichlings, Effekte des Klimawandels [12] und neuerdings wahrscheinlich auch die Quaggamuschel. Weil nicht mehr die gleichen Mengen Felchenlaich wie früher gewonnen werden können, wird auch die Felchenbewirtschaftung in den Fischbrutanlagen am See schwieriger (Abb. 8).

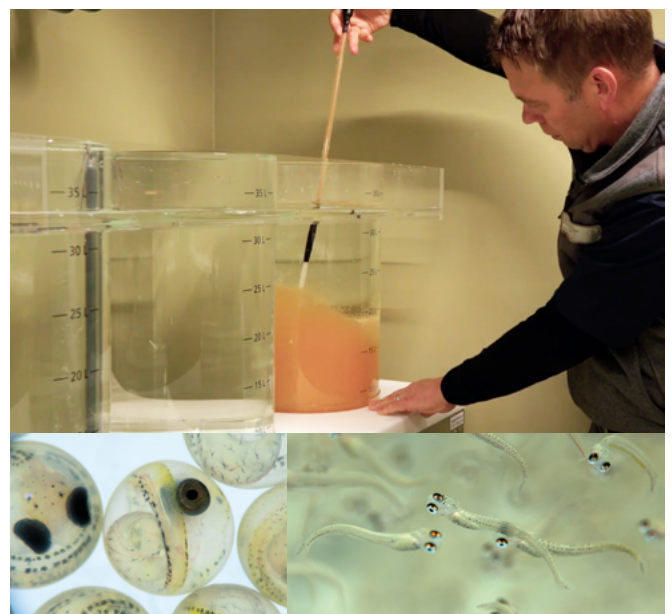


Abb. 8: Immer weniger Felchenlaich in den „Zugergläsern“ im St. Galler Fischereizentrum Steinach. Darunter schlupffrei entwickelte Felcheneier und frisch geschlüpfte Felchenlarven. Bilder: © Robert Hansen.



Sind noch alle Fische da?

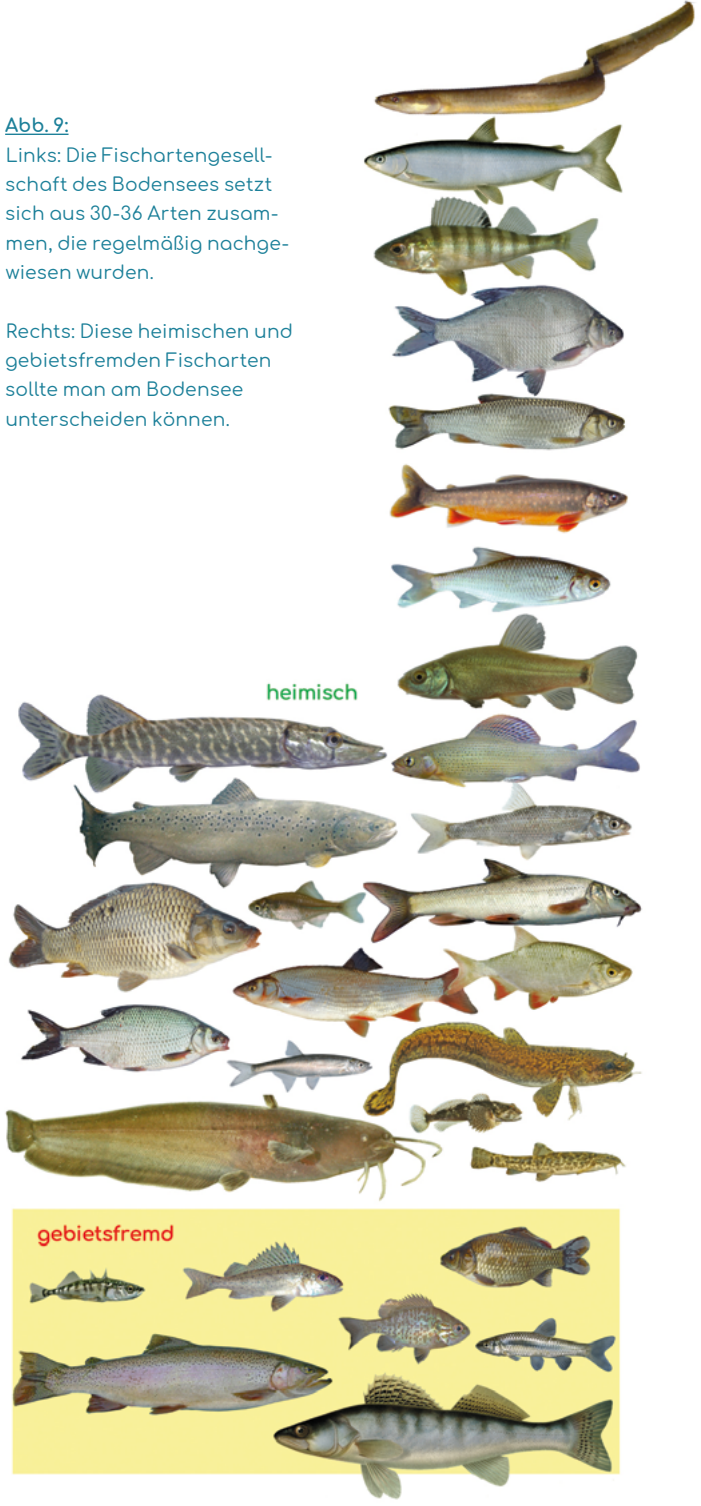
Methodisch ist es sehr schwierig, das gesamte Artenspektrum eines so großen Gewässers wie des Bodensees zu erfassen. Immer wieder wurden gebietsfremde Arten eingeschleppt. Sieben von ihnen (in der Tabelle in Abb. 9 rot hinterlegt) vermehren sich im See und ergänzen mit mehr oder weniger starken Folgen die ursprüngliche Fischbiozönose. Auf der anderen Seite sind mehrere heimische Arten heute stark gefährdet; der Kilch, eine Felchenart, gilt sicher als ausgestorben.

Nachweise	vor 1900 (Eckmann & Rösch 1998)	vor 1900 (ALFI, WRRL)	1992 (Eckmann & Rösch 1998)	1970 - 2012 (Fischerei)	2014 (ALFI, WRRL)	2014 (FFS-BW)	2014 (Projet Lac)	2019 (Seewandel)
Fischarten								
Aal	x	x	x	x	x	x	x	x
Alet/Döbel	x	x	x	x	x	x	x	x
Äsche	x		x	x		x		
Forelle/Seeforelle	x	x	x	x	x	x	x	x
Barbe	x		x	x		x		x
Blaubandbärbling					x			x
Blicke/Güster	x	x	x	x	x	x	x	x
Bitterling	x	x			x	x		x
Brachse	x	x	x	x	x	x	x	x
Elritze	x	x			x	x		
Felchen (unbestimmt)		x		x	x		x	x
Sandfelchen	x		x			x	x	
Gangfisch	x		x			x	x	
Blaufelchen	x		x			x	x	
Kilch	x							
Flussbarsch	x	x	x	x	x	x	x	x
Giebel					x	x	x	x
Gründling	x	x	x		x	x	x	x
Groppe	x	x			x	x	x	x
Hasel	x		x	x		x	x	x
Hecht	x	x	x	x	x	x	x	x
Karause	x		x		x	x		x
Karpfen	x	x	x	x	x	x	x	x
Kaulbarsch			x	x	x	x	x	x
Laube/Ukelei	x	x	x		x	x	x	x
Moderlieschen	x	x	x		x	x		
Nase	x		x	x		x		
Regenbogenforelle	x		x	x		x	x	
Rotauge/Plötze	x	x	x	x	x	x	x	x
Rotfeder	x	x	x		x	x	x	x
Schleie	x	x	x	x	x	x	x	x
Schmerle/Bartgrundel	x	x	x		x	x	x	x
Sessaibling	x	x	x	x	x	x	x	x
Tiefseesaibling						x	x	x
Sonnenbarsch			x		x	x	x	x
Stichling (dreistachliger)			x		x	x	x	x
Trüsche/Quappe	x	x	x	x	x	x	x	x
Wels	x	x	x	x	x	x	x	x
Zander	x		x	x	x	x	x	x
Anzahl einheimische Arten	30	22	26	18	23	30	24	24
Anzahl gebietsfremde Arten	2	0	5	3	6	6	6	6
Total Anzahl Arten	32	22	31	21	29	36	30	30

Abb. 9:

Links: Die Fischartengesellschaft des Bodensees setzt sich aus 30-36 Arten zusammen, die regelmäßig nachgewiesen wurden.

Rechts: Diese heimischen und gebietsfremden Fischarten sollte man am Bodensee unterscheiden können.





Bodenseefische und Quaggamuschel



Abb. 10: Stichlinge nutzen auch die Zwischenräume in den Quaggamuschel-Kolonien zum Bau ihrer Nester. Hier wacht ein Stichlingsmännchen über die Eier. Bild: © Robert Hansen.

Die Quaggamuschel verbreitet sich seit 2017 invasiv, zum Teil flächendeckend im Bodensee, und ist schon in Tiefen von über 200 m vorgedrungen. Wie sich diese Invasion auf die Lebensgemeinschaften des Sees auswirkt, wird im Projekt SeeWandel untersucht (siehe auch Faktenblatt 2, 2021). Beim Aufbau ihrer Biomasse binden die Muscheln so viele Nährstoffe, dass sich dies auf die Nahrungsflüsse und Nährstoffbilanzen des Sees auswirken wird. Somit trägt sie indirekt zu einer weiteren Abnahme der Fischnahrung und letztlich der Fischbiomasse bei [5, 13]. In den tiefen Großen Seen Nordamerikas hat die Muschel bereits die gesamte Habitatstruktur des Seebodens verändert und sich zum Hauptregulator des Phosphorkreislaufs entwickelt [14, 15]. Aber es geht auch anders herum: einige Bodenseefische haben gelernt, die Quaggamuschel als Nahrung zu nutzen [13]. Auch wurde beobachtet, dass Stichlinge für ihren Nestbau die Zwischenräume innerhalb von Quaggamuschel-Kolonien nutzen (Abb. 10).



Gewinner und Verlierer beim Klimawandel

Der menschengemachte Klimawandel ist längst am Bodensee angekommen. So stieg innerhalb eines deutlichen Langzeittrends vor allem in den letzten zehn Jahren neben der Lufttemperatur auch die Temperatur in der Wassersäule und später sogar auf dem Seegrund merklich an (Abb. 11).

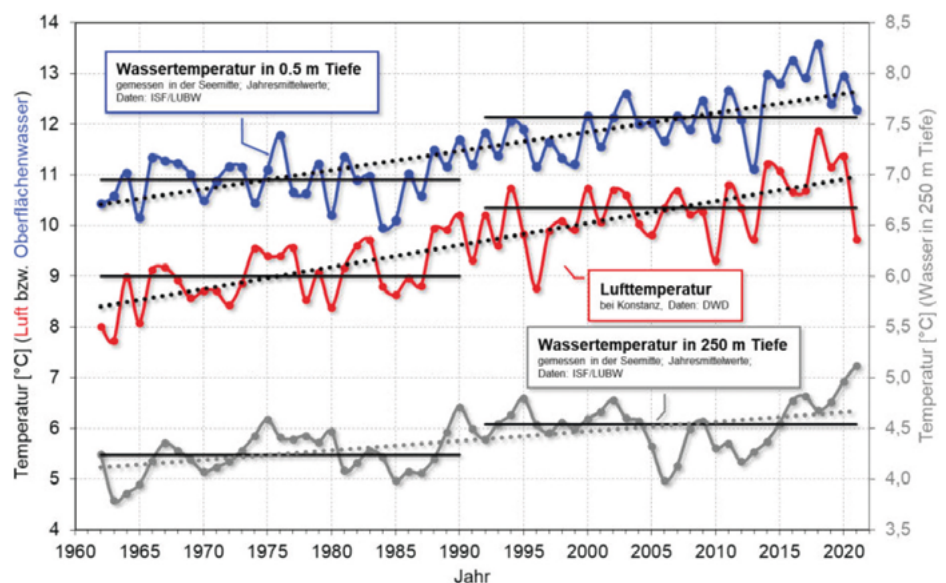


Abb. 11: Signifikanter Anstieg der Wasser- und Lufttemperaturen am Bodensee seit 1945. Quelle: LUBW.

Sommerliche Hitzeperioden, wie z.B. in den Jahren 2003 und 2018, führten vor allem im flacheren Untersee und dem Seeabfluss am Hochrhein zu einer hohen Sterblichkeit bei Äschen und Aalen. Einzelne Fischarten werden vom Klimawandel profitieren, wie z.B. der Karpfen. Kälteliebende Fischarten wie z.B. Äsche, Bodenseefelchen, Seeforelle oder auch die Trüsche gehören schon jetzt zu den Verlierern in einem immer wärmer werdenden Bodensee [12].



Impressum

Im Rahmen des SeeWandel Forschungsprojekts „L12: Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Erfassung der Fischfauna in großen und tiefen Seen“ wird ein Monitoringverfahren für den Bodensee entwickelt, aufbauend auf der Projekt Lac Befischung von 2014. Ziel ist es, einen effektiven und standardisierten Befischungsansatz zu entwickeln, welcher eine zuverlässige und regelmäßige Erfassung der Fischfauna ermöglicht sowie finanziell und logistisch nachhaltig ist. Dabei soll die horizontale sowie vertikale Verteilung der Fische im ganzen See berücksichtigt und gleichzeitig die Fischmortalität minimiert werden. Hierfür wurden verschiedene Optionen zur Reduzierung der Netzzahl, zur Modifizierung des Netzdesigns und Ergänzung der Netzbefischung durch andere Methoden bei einer groß angelegten Befischungskampagne getestet. Die aus dem Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse sind Grundlage des SeeWandel-Faktenblatts #3: „Bodenseefische im Wandel“. Weiterführende Informationen sind verfügbar auf: www.seewandel.org.

„SeeWandel: Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen“ untersucht den Einfluss von Nährstoffrückgang, Klimawandel, gebietsfremder Arten und anderer Stressfaktoren auf das Ökosystem Bodensee, seine Biodiversität und Funktionsweise, sowie die menschliche Nutzung am See.

Herausgeber

SeeWandel
PD Dr. Piet Spaak
Überlandstrasse 133 | CH-8600 Dübendorf
E-Mail: seewandel@seewandel.org

Autorinnen und Autoren

- Peter Rey, HYDRA
- Steffen Bader, Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg
- Alexander Brinker, Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg

In den SeeWandel Faktenblättern werden die Einschätzungen der Autorinnen und Autoren und des Herausgebers vertreten.

Auskunft und Kontakt

Fischereiforschungsstelle (FFS),
Landwirtschaftliches Zentrum für
Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft,
Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
Baden-Württemberg (LAZBW)
PD Dr. Alexander Brinker
Argenweg 50/1 | D-88085 Langenargen
E-Mail: alexander.brinker@lazbw.bwl.de

Mit Unterstützung von

- Josephine Alexander, SeeWandel
- Bänz Lundsgaard-Hansen, BAFU
- Michael Kugler, Amt für Natur, Jagd und Fischerei St.Gallen
- Nikolaus Schotzko, Landesfischereizentrum Vorarlberg
- Piet Spaak, SeeWandel
- Dominik Thiel, Amt für Natur, Jagd und Fischerei St.Gallen



Literaturverzeichnis

- [1] Alexander TJ, Vonlanthen P, Périat G, Raymond JC, Degiorgi F, Seehausen O (2016) Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Bodensee. *Projet Lac*, Eawag, Kastanienbaum
- [2] Bader S, Vonlanthen P, Scholz B, Brinker A (2021) SeeWandel Projekt L12 – Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Erfassung der Fischbestände im Bodensee – Bericht für die IBKF. SeeWandel, LAZBW, Langenargen
- [3] Rösch R, Baer J, Brinker A (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
- [4] Sabel M, Eckmann R, Jeppesen E, Rösch R, Straile D (2020) Long-term changes in littoral fish community structure and resilience of total catch to re-oligotrophication in a large, peri-alpine European lake. *Freshwater Biology* 65(8):1325-1336
- [5] Baer J, Brinker A (2022) Wieviel weniger darf's denn sein? Düstere Zukunftsaussichten für die Bodenseefischerei, eine der größten Binnenfischereien Europas. *Zeitschrift für Fischerei* 2: Artikel 1:1-13
- [6] DeWeber JT, Rösch R, Baer J, Brinker A (2021) Long-term changes in body condition and gillnet selectivity in Lake Constance pelagic spawning whitefish (*Coregonus wartmanni*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 78(7):841-851
- [7] Roch S, von Ammon L, Geist J, Brinker A (2018) Foraging habits of invasive three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) – impacts on fisheries yield in Upper Lake Constance. *Fisheries Research* 204:172-180
- [8] Eckmann R, Engesser B (2019) Reconstructing the build-up of a pelagic stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) population using hydroacoustics. *Fisheries Research* 210:189-192
- [9] Hudson CM, Lucek K, Marques DA, Alexander TJ, Moosmann M, Spaak P, Seehausen O, Matthews B (2021) Threespine stickleback in Lake Constance: the ecology and genomic substrate of a recent invasion. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8:611672
- [10] Ogorelec Ž (2021) Effects of re-oligotrophication and invasive species on fish-zooplankton interactions [Dissertation]. Konstanz: University of Konstanz
- [11] Baer J, Gugele SM, Bretzel J, DeWeber JT, Brinker A (2021) All day-long: Sticklebacks effectively forage on whitefish eggs during all light conditions. *PLoS ONE* 16(8): e0255497
- [12] Basen T, Chucholl C, Brinker A (2022) Auf schmalem Grad° – Die Zukunft unserer Fische in der Klimakrise. Analysen, Vorhersagen, Handlungsmöglichkeiten. Ministerium für Ernährung, Ländlicher Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Stuttgart. 120 S
- [13] Baer J, Spiessl C, Brinker A (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. *Journal of Fish Biology* 100(5):1272-1282
- [14] Karatayev AY, Karatayev VA, Burlakova LE, Mehler K, Rowe MD, Elgin AK, Nalepa TF (2021) Lake morphometry determines *Dreissena* invasion dynamics. *Biological Invasions* 23:2489-2514
- [15] Jiyong L, Ianaiev V, Huff A, Zalusky J, Ozersky T, Katsev S (2021) Benthic invaders control the phosphorus cycle in the world's largest freshwater ecosystem. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118(6): e2008223118

