

**INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE**  
70. Kommissionstagung am 13. und 14. Mai 2024 in Überlingen, Baden-  
Württemberg

**Bericht der Sachverständigen zum Fachbereich See**

1. Die **Langzeituntersuchungen** entsprechend des auf der 68. Kommissionstagung vorgelegten Monitoringkonzepts wurden planmäßig fortgeführt.
2. Der **Jahresbericht (Grün) Nr. 45** Limnologischer Zustand des Bodensees (Untersuchungsprogramm Freiwasser, Untersuchungsprogramm Einzugsgebiet 2022/2023) wird nach dem regulären zweijährigen Turnus im Jahr 2024 erstellt.
3. Das Jahr 2023 wurde mit den höchsten Wasserständen, die je in einem Dezember gemessen wurden, beendet. Im vierten Jahr in Folge wurde erneut an der Station Fischbach-Uttwil (FU) ein Rekordwert für die Jahresdurchschnittstemperatur in 250 m Wassertiefe beobachtet (5,4°C). 2023 war erneut ein Jahr mit schlechter Zirkulation. Die Konzentration des Gesamtposphors betrug an der Station FU im Jahresmittel 5,4 µg/L. Damit liegt der Wert unter dem Vorjahreswert von 6,3 µg/L. Die gemessene Minimalkonzentration an Sauerstoff in der Tiefe zeigte 2023 mit 6,8 mg/L eine stabile Sauerstoffversorgung. Insgesamt liegen die mittleren Konzentrationen an Gesamtposphor weiterhin in einem für große oligotrophe Alpenseen typischen Bereich.
4. Es fand die Neubewertung der Uferabschnitte statt, die seit 2017 renaturiert wurden. Die neu gestalteten Uferbereiche waren vor der Renaturierung gesamthaft als „naturfremd“ (Stufe 5), „naturfern“ (Stufe 4) bis „beeinträchtigt“ (Stufe 3) ausgewiesen. Die durchgeführten Maßnahmen führten im Mittel zu einer Verbesserung um eine Stufe.
5. Es wurde ein Vorschlag für ein begleitendes Monitoring zum Projekt Rhessi erarbeitet.
6. Es fand ein Fachaustausch mit Vertretern aus der Forschung zum N/P-Verhältnis in Seen und dessen Auswirkung auf die Biozönose statt. Bei den derzeitigen N/P-Verhältnissen im Bodensee würden umsetzbarer Änderungen nicht zu gewünschten Effekten führen.
7. Der Bericht „Wirbellose Neozoen im Bodensee“ soll als Blauer Bericht Nr. 62 veröffentlicht und ins Internet eingestellt werden.

8. Die Arbeitsgruppe zum Thema Nutzung von Bodenseewasser zu Heiz- und Kühlzwecken wurde reaktiviert. Schwerpunktaufgaben sind die Anpassung der Bodenseerichtlinien und die Erarbeitung eines Leitfadens als Vollzugshilfe.

Im Teil A des **Grünen Berichts Nr. 45** sollen folgende Kurzbeiträge abgehandelt werden:

### **Bodenseeuferbewertung – Stand der Renaturierungen**

Mit Stand 2006 lag die erste gesamthafte IGKB-Uferbewertung für den Bodensee vor. Die Bewertung und Darstellung erfolgt nach einheitlichen Vorgaben (Flyer IGKB Bodensee-Uferbewertung und IGKB Blauer Bericht Nr. 55, 2009).

In weiterer Folge wurde über die Arbeitsgruppe „Bewertung der Ufer und Flachwasserzone“ das Renaturierungspotenzial für den Bodensee erhoben, ein Renaturierungsleitfaden (IGKB Renaturierungsleitfaden Bodenseeufer, 2009) erstellt und die Visualisierung auf eine Google-Earth-Darstellung umgestellt (Abb. 1). Die relevanten Informationen zur Uferbewertung mit den Renaturierungspotenzialen wurden eingearbeitet und in eine kmz-Datei umgesetzt. Diese ist auf der IGKB-Homepage als Download verfügbar (<https://www.igkb.org/daten-karten/uferbewertung-und-renaturierung>) und mit der frei zugänglichen und kostenfreien Software Google Earth verwendbar. Mit dieser Visualisierungslösung kann der Gesamtzustand der Bodensee-Uferbewertung seeweit bzw. interaktiv angezeigt werden. Die Darstellung steht auch auf der WebApp der IGKB zur Verfügung (<https://m.igkb.org/#!/ufer.html>).



**Abb. 1:** Google Earth-Bildausschnitt mit einer durchgeführten Renaturierung im Bereich Eriskircher Strandbad (hellgrau). Die Gesamtbewertung (breites Band) und das Renaturierungspotenzial (schmales Band) sind farblich dargestellt. Nicht immer kann bei einer Renaturierung aufgrund von Nutzungen oder anderen Randbedingungen das Renaturierungspotenzial vollständig ausgeschöpft werden.

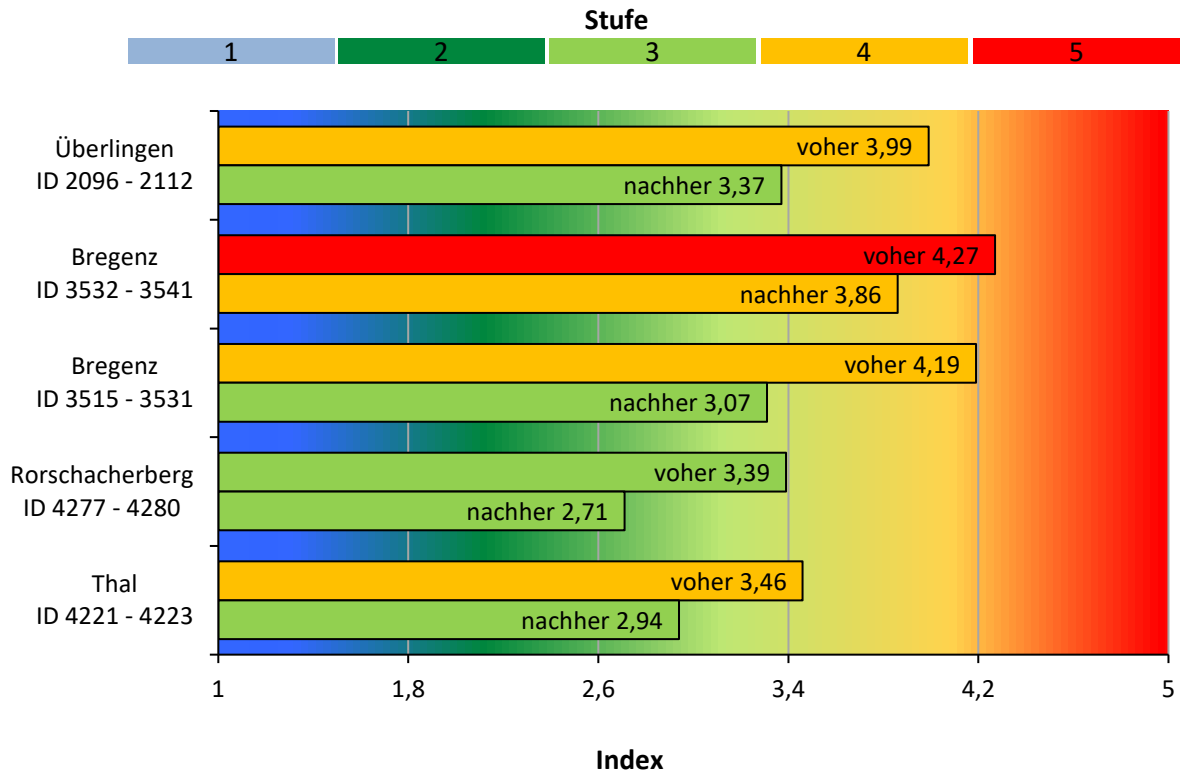
Die Veranlassung von Maßnahmen und weitere Umsetzung liegen im Verantwortung- und Zuständigkeitsbereich der Länder, Kantone und Gemeinden. Der AG Renaturierungspotential (Nachfolger der AG Bewertung der Ufer und Flachwasserzone) als Unterarbeitsgruppe des IGKB Fachbereichs See obliegt das Sammeln, Neubewerten und Darstellen der geplanten und umgesetzten Maßnahmen (Arbeitsliste Stand 26.02.2024).

Neben dem Fachaustausch wird in den jährlichen Arbeitstreffen die Arbeitsliste auf Stand gehalten und Neuerungen diskutiert. Zuletzt wurden die Begrifflichkeiten für interne Arbeitskarten vereinheitlicht.

Die letzte Evaluierung der Maßnahmen, die zwischen 2011 bis 2017 durchgeführt wurden, fand 2018 statt (IGKB Grüner Bericht Nr. 42, 2018). Seit der letzten Aktualisierung fanden in vier Gemeinden Umsetzungsmaßnahmen durch **öffentliche Auftraggeber (Länder und Kantone)** zur Aufwertung des Uferzustandes statt, welche im Jahr 2023 neu bewertet wurden (vgl. Abb.2). Insgesamt wurden an 51 50m-Abschnitten Baumaßnahmen vorgenommen. Seit 2017 wurden demnach mehr als 2400 m Uferlänge verändert und ökologisch aufgewertet.

abgeschlossene Renaturierungen/ökologische Verbesserungen (öffentliche Auftraggeber)								
Gemeinde	Kreis	Land/Kanton	Staat	Seeteil	ID von - bis	Länge (m)		Bemerkungen
						ID-50m-Abschnitte	effektive Maßnahme	
Überlingen	Bodenseekreis	Baden-Württemberg	D	Überlinger See	2096-2112	17	760	Kooperative Maßnahme der Stadt und des Landes im Rahmen der Landesgartenschau 2020
Bregenz	-	Vorarlberg	A	Obersee	3532-3541	10	515	Renaturierung Pipeline BA 02/2 - Melanie bis RhombergHaus/Steilufer
Bregenz	-	Vorarlberg	A	Obersee	3515-3531	17	850	Renaturierung Pipeline BA 02/2 . Rhomberghaus bis Lochau
Rorschacherberg	-	Kt. St.Gallen	CH	Obersee	4277-4280	4	140	ökologische Ersatzmassnahmen im Kontext der Neukonzessionierung Hafen Hörnlibuck
Thal	-	Kt. St.Gallen	CH	Obersee	4221-4223	3	170	ökologische Ersatzmassnahmen "Buebebedi" im Kontext der Neukonzessionierung Hafen Jägerhaus
<b>Summe:</b>						<b>51</b>	<b>2435</b>	

**Abb. 2:** Umgesetzte Projekte mit Längenausdehnung



**Abb. 3:** Auflistung durchgeführter Renaturierungen seit 2017 und Darstellung der gemittelten Einstufung (Bewertungsstufe und Bewertungsindex vor und nach erfolgter Renaturierung für den jeweils betroffenen Uferbereich.

Zur Gesamtbewertung des Ufers wurde eine Gewichtung der Einzelkriterien nach ihrer ökologischen Bedeutung vorgenommen und daraus eine Gesamtnote errechnet.

Die neu gestalteten Uferbereiche waren bislang gesamthaft als „naturfremd“ (Stufe 5), „naturfern“ (Stufe 4) bis „beeinträchtigt“ (Stufe 3) ausgewiesen. Die durchgeführten Maßnahmen führten im Mittel zu einer Verbesserung um eine Stufe. Im Bereich Rorschacherberg führten die Verbesserungsmaßnahmen im Mittel zu einer Verbesserung um 0,67 Indexpunkte und lag damit im Verbesserungsschnitt aller umgesetzten Maßnahmen (Gesamtmittel 0,66). Die Bewertung blieb jedoch innerhalb derselben Stufe 3 „beeinträchtigt“ (Abb. 3). Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Veränderung eines renaturierten Abschnitts an der Pipeline in Bregenz.



22.5.2022



7.2.2024

**Abb. 4:** Beispiel eines Uferabschnittes an der Pipeline Bregenz vor und nach Renaturierung.

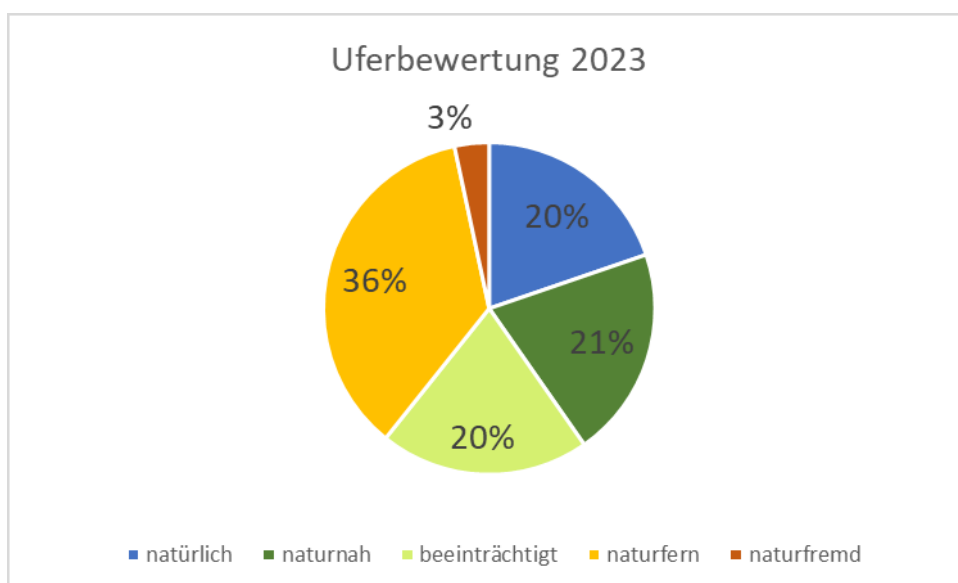
In weiteren fünf Gemeinden fanden durch **private Auftraggeber** auf einer Uferlänge von insgesamt 600 m weitere 10 Einzelmaßnahmen (z.B. Entfernung Ufermauer oder Slipanlage) statt. Wegen der Kleinräumigkeit wurden diese jedoch bislang noch nicht neu bewertet.

Die nachstehende Karte zeigt die seit 1976 rund um den Bodensee durchgeführten Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung (Abb. 5).



**Abb. 5:** durchgeführte Maßnahmen und ökologische Verbesserungen seit 1976.

Für den gesamten Bodensee ergibt sich mit Stand 2023 nachstehende zusammenfassende Bewertung (Abb. 6). 41 % des Bodenseeufers zeigen in der Uferbewertung einen natürlichen bis naturnahen Zustand. 20 % sind durch strukturelle Eingriffe als beeinträchtigt ausgewiesen. 39 % der Uferbereiche sind durch Verbauungen so stark beeinträchtigt, dass sie als naturfern bis naturfremd zu werten sind.



**Abb. 6:** Uferbewertung Stand 2023 für den gesamten Bodensee.



## **Neozoenergebnisse aus dem SeeWandel Projekt und dem Neozoenmonitoring**

Im Zeitraum von 5,5 Jahren untersuchten Forschende aus drei Ländern den Einfluss und die Wechselwirkung verschiedener Stressfaktoren wie Nährstoffänderungen, invasive Arten und Klimawandel auf das Ökosystem Bodensee. Der aktuelle Wandel ist tiefgreifend, mit voraussichtlich weitreichenden Folgen für das komplexe Ökosystemgefüge und die Gewässernutzungen. Am 13. und 14. Juni 2023 wurde das Projekt mit einem wissenschaftlichen Symposium und einer Informationsveranstaltung für die Praxis abgeschlossen. An dieser Veranstaltung wurde gezeigt wie Stichling und Quaggamuschel das Ökosystem Bodensee die letzten Jahre geändert haben und in Zukunft weiter ändern werden.

### **Stichlinge und ihre Bedeutung für die Felchen im Bodensee**

Seit 2011/2012 wird eine explosionsartige Entwicklung des gebietsfremden Dreistachligen Stichlings beobachtet. Die Fische treten in grossen Schwärmen im See auf. Es gibt Jahre, in denen über 90 % der Fischindividuen im Freiwasser Stichlinge sind. Diese stellen eine direkte Nahrungskonkurrenz, vor allem für Felchen, dar.

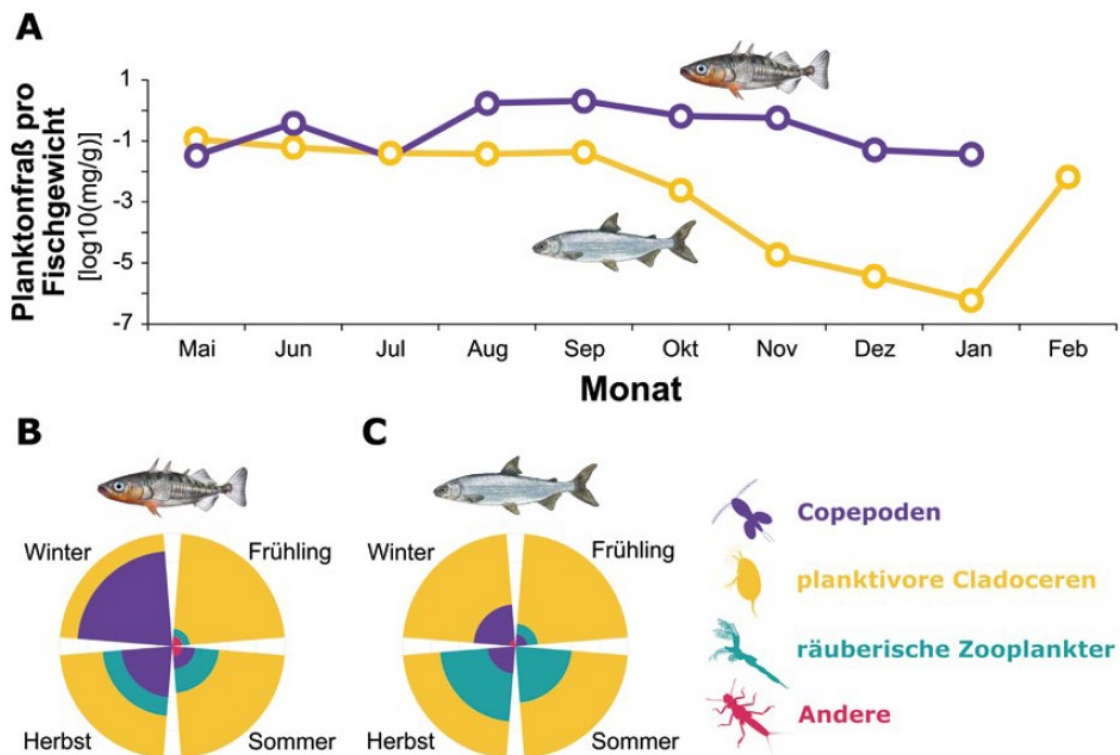
Im Bodenseeraum unterscheidet man verschiedene Stichlings-Ökotypen mit unterschiedlichen Merkmalen und Anpassungen. Einer lebt ausschließlich in den umliegenden Bächen/Flüssen oder in der Uferzone, einen anderen findet man im Freiwasser bis in 50 m Tiefe. Ein Großteil der im Bodensee ansässigen Jungfische wandert ab Juli ins Freiwasser. Auch die älteren Tiere ziehen ins Freiwasser und nur ein Teil der Stichlinge verbleibt am Ufer. Im November/Dezember sind Stichlinge in hoher Zahl im Freiwasser, und auch im Uferbereich zu finden. Im Frühjahr kehren die Tiere dann zum Laichen in das Flachwasser des Sees oder in dessen Zuflüsse zurück. Die Laichwanderung einiger Bestände des Seeökotyps flussaufwärts in die Zuflüsse ist ähnlich der von anadromen<sup>1</sup> Meeresstichlingen. Obwohl diese Seestichlinge zeitgleich mit den Flussstichlingen laichen, sind sie genetisch verschieden.

---

<sup>1</sup> Anadrome Fische verbringen ihr adultes Leben im Salzwasser, schwimmen zum Ablachen in Gewässer mit Süßwasser



Bodenseestichlinge werden im Durchschnitt 6-7 cm lang. Einige Exemplare erreichen bis 10 cm Länge und zählen damit zu den weltweit größten Süßwasserstichlingen. Dies könnte u.a. auf eine marine Ursprungspopulation zurückzuführen sein, die schnell gewachsen ist und deren erwachsene Tiere ein reichhaltiges Nahrungsangebot vorfanden. Bodenseestichlinge (auch diejenigen, die im Uferbereich vorkommen) zeichnen sich durch eine vermehrt phänotypische Anpassung an eine Lebensweise im Freiwasser aus. Diese ist gekennzeichnet durch längere Kiemenrechen, eine ausgeprägte Kopfform und einen stark ausgebildeten Verteidigungskomplex (lange Stacheln und nahezu vollständige Plattenbedeckung des Körpers).



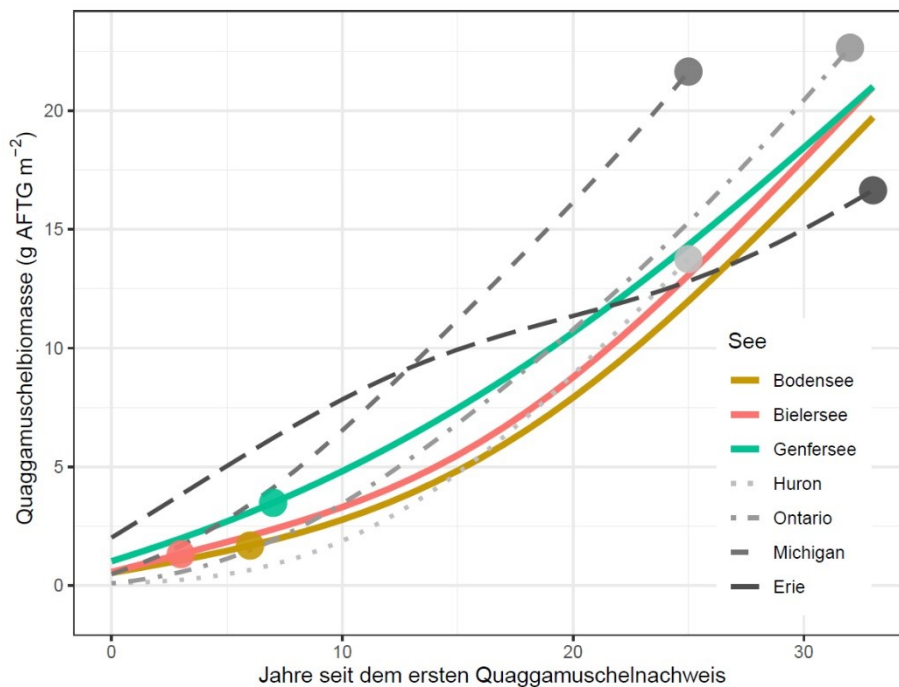
**Abb. 7:** (A) Saisonaler Zooplanktonfraß pro Gramm Fischgewicht bei Stichlingen (violett) und Felchen (gelb), und saisonaler Beitrag der Krebstier-Zooplanktonarten des Bodensees zur Ernährung einzelner (B) Stichlinge und (C) Felchen. Planktivore Cladoceren umfassen die verschiedenen *Daphnia*- Arten und *Bosmina*, räuberische Zooplankter *Leptodora* und *Bythotrephes* (Daten aus Ogorelec et al. 2022).

Bodenseestichlinge ernähren sich, wie auch die fischereiwirtschaftlich bedeutenden Felchen (Blaufelchen und Gangfisch), im Freiwasser von Zooplankton. Mageninhaltsanalysen von Felchen und Stichlingen im Bodensee zeigen eine ähnliche Beutepreferenz beider Fischarten, v.a. im Sommer und insbesondere größere Zooplanktonarten betreffend, wie *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora kindtii* und planktivore Cladoceren wie *Daphnia longispina* (Abb. 7). Kleinere Zooplanktonarten wie *Bosmina* werden dann gefressen, wenn diese Arten

jahreszeitlich bedingt häufig auftreten und große Arten als Alternativen fehlen. Von Bedeutung für das Zooplankton dürfte weiterhin sein, dass die Stichlinge auch während des Winters eine relativ hohe Nahrungsaufnahme haben, während die größeren Felchen weitgehend die Nahrungsaufnahme einstellen. Zudem zeigen Aquarierversuche, dass junge Stichlinge die acht häufigsten Zooplanktonarten des Bodensees mit gleichem oder größerem Erfolg fressen wie gleich große Felchen. Wie Felchen fressen Bodenseestichlinge v.a. großes Zooplankton im Freiwasser, wodurch es möglicherweise zur Nahrungskonkurrenz zwischen den Fischarten kommt, wenn die Ressourcen begrenzt sind.

### **Die Quaggamuscheldichten im Bodensee werden in den kommenden Jahrzehnten höchstwahrscheinlich massiv zunehmen**

Die Quaggamuschel (*Dreissena rostriformis*) ist eine invasive Süßwassermuschel in Europa und Nordamerika, welche auf Hart- und Weichsubstrat leben kann. In nur fünf Jahren hat die Quaggamuschel den Bodensee, wie auch den Genfersee vollständig besiedelt, in acht weiteren Schweizer und Österreichischen Seen wurde sie bereits nachgewiesen. Im Bodensee findet man in Wassertiefen von 10-30 m mittlerweile bis zu 25.000 Muscheln pro m<sup>2</sup>. Auch an der tiefsten Stelle des Sees gibt es bereits Vorkommen, jedoch noch in geringen Mengen. Die Muscheln sind effiziente Filtrierer, sie fressen Algen, die auch Zooplankton als Futterquelle dienen. Dies hat weitere Konsequenzen für Fische, welche dadurch zu weniger Nahrung kommen. Außerdem verstopfen die Muscheln Infrastrukturanlagen von Trinkwasserbetrieben und Wärmeanlagen, was Schäden in Millionenhöhe verursacht. Neben dem Bodensee wurde das Ausbreitungsmuster von Quaggamuscheln im Genfer- und Bielersee im Rahmen eines anderen Projekts untersucht. In allen Seen wurden die Probestellen entlang Transekten festgelegt, welche vom Ufer bis in die Tiefe verlaufen. Dies erfolgte mit dem Ziel, das Ausbreitungsmuster dieser Seen mit demjenigen in den Großen Seen in Nordamerika, die seit einigen Jahrzehnten von der Art befallen sind, zu vergleichen.



**Abb. 8:** Die potenzielle Zukunft der Quaggamuschel-Populationen in drei mitteleuropäischen Seen (Bodensee, Bielersee und Genfersee) im Vergleich mit vier nordamerikanischen Seen. Die vorhergesagte Biomasse der Quaggamuscheln pro Quadratmeter in jedem See über einen Zeitraum von 33 Jahren basiert auf Beobachtungen in Seebecken mit unterschiedlicher Morphometrie (Verhältnis Seebreite-Seetiefe). Jede Linie stellt den Mittelwert der vorhergesagten Biomasse an allen Standorten in jedem See dar. Die Abbildung zeigt, dass die Biomasse der Quaggamuscheln in Zukunft wahrscheinlich zunehmen wird, wobei es jedoch Unterschiede zwischen den Seebecken hinsichtlich des Ausmaßes dieser Zunahme gibt (Kraemer et al. 2023).

Die Analysen zeigen, dass die Biomasse der Quaggamuschel im Bieler-, Bodensee- und Genfersee in den nächsten 25 Jahren höchstwahrscheinlich um den Faktor 8-12 zunehmen wird (Abb. 8). Wie in Nordamerika wird dieser Anstieg wahrscheinlich durch eine Verlagerung zu größeren Individuen und größere Tiefen gekennzeichnet sein. Es ist zu befürchten, dass diese schnelle Ausbreitung der Quaggamuschel in den kommenden Jahrzehnten ähnliche gravierende Auswirkungen auf große mitteleuropäische Seen haben wird, wie die Eutrophierungsperiode in der Mitte des 20. Jahrhunderts.

### **Was steht vor der Tür? Mittelfristig erwartete Verschleppung und Ausbreitung von wirbellosen Neozoen**

In den letzten 20 Jahren sind Neozoen in besonders schneller Abfolge im Bodensee aufgetreten. Dieses Phänomen wurde sowohl durch die wachsende Zahl möglicher Vektoren und Einwanderungswege, wahrscheinlich aber auch schon durch den

Klimawandel gefördert. Die Einwanderung und Etablierung von wärmeliebenden Arten im Bodensee kann dadurch künftig noch weiter begünstigt werden. Wenn die neuen Arten im neu besiedelten Gebiet geeignete Temperaturen und noch keine Fraßfeinde oder andere Regulative vorfinden, wird eine schnelle Ausbreitung begünstigt. Umgekehrt bietet die noch ausgeprägte Habitatvielfalt im Bodensee-Litoral und die Anbindung an kühlere Zuflüsse Rückzugsorte für heimische Arten und kann eine vollständige Verdrängung verhindern oder zumindest verlangsamen.

Die Einwanderung weiterer wirbelloser Neozoen in den Bodensee ist zu erwarten. Bereits jetzt sind viele Arten ins Rheinsystem oder andere Voralpenseen (z.B. Genfer See) eingedrungen, aber im Bodensee noch nicht aufgetaucht. Grund dafür sind die bisher noch fehlenden, noch inaktiven oder noch nicht genutzten Vektoren.

Bei den wirbellosten Neozoen ist vor allem das Auftreten folgender Arten im Bodensee in naher Zukunft denkbar:

- *Hemimysis anomala* (Genfer See)
- *Jaera istri* (Oberrhein/Hochrhein)\*<sup>2</sup>
- *Chelicorophium curvispinum* (Oberrhein/Hochrhein)
- *Chelicorophium robustum* (Oberrhein/Hochrhein)
- *Chelicorophium sowinskyi* (Oberrhein/Hochrhein)
- *Echinogammarus trichiatus* (Oberrhein/Hochrhein)
- *Echinogammarus berilloni* (Oberrhein/Donau)
- *Obesogammarus obesus* (Mittelrhein)
- *Pectinella magnifica* (lokal in Warmwasserfahnen)
- *Limnodrilus maumeensis* (Mittelrhein)

Theoretisch ist auch eine weitere Verbreitung des Signalkrebsses *Pacifastacus leniusculus* im Bodensee und die Einschleppung des Roten Sumpfkrebsses *Procambarus clarkii* möglich. Einige dieser Arten haben in anderen Ökosystemen bereits ein invasives Verhalten gezeigt, daher ist eine Vermeidung von deren Einschleppung und auch die Überwachung der Verbreitung weiterhin von großer Wichtigkeit.

Auch manche in benachbarten Gebieten schon sehr häufigen, für den Bodensee problematische Wirbeltierarten, wie beispielsweise die Schwarzmundgrundel

---

<sup>2</sup> Beim IGKB-Monitoring des Makrozoobenthos wurde die Art bereits im März 2024 im Seerhein gefunden.

(Vektor z.B. illegale Verschleppung als lebende Köderfische) oder der Ochsenfrosch (Vektor z.B. Aquaristik) könnten sich aktiv weiter ausbreiten und dann mit noch größerer Wahrscheinlichkeit in den See eingeschleppt werden.

**Der weitere Rückgang der Felchenfänge der Fischerei hängt höchstwahrscheinlich mit dem invasiven Dreistachligen Stichling zusammen. Die Ausbreitung der invasiven Quaggamuschel wird diesen Prozess eher beschleunigen**

Die ursprüngliche Leitart und der Brotfisch der Berufsfischerei wird massiv weniger gefangen, ein Zusammenhang mit der Stichlingsinvasion ist im Moment die beste Erklärung. In dem ungestörten Zustand ohne Stichling wurde das Wachstum und die Bestandsstärke der Felchen hauptsächlich durch den limitierenden Nährstoff Phosphor, die Temperatur in der euphotischen Zone sowie die innerartliche Konkurrenz bestimmt. Zooplanktondichten (Wasserflöhe, Hüpferlinge) waren höher und damit hatten die Felchen im pelagischen Lebensraum genügend Beute.



**Abb. 9:** Lebensraum, Nahrung und Wachstumsfaktoren der Felchen mit Stichling (A. Brinker unveröffentlicht).

Seit 2012 ist der Lebensraum der Felchen durch die Invasion der Stichlinge (Abb. 9) stark beeinflusst. Stichlinge fressen das gleiche Plankton wie Felchen. Seit der Stichlingsinvasion hat sich die Zusammensetzung des Planktons verändert. Auch greifen die Stichlinge in die Felchenrekutierung in noch zu ermittelndem Maße als Räuber von Ei und Larve ein. Zudem hat sich die Schichtung und Oberflächentemperatur durch den Klimawandel verändert, so dass die Felchen diese Bereiche zur Nahrungsaufnahme in den Sommermonaten wahrscheinlich

meiden. Die Folge: stark rückläufiges Wachstum, verringerte Bestandsstärke, Einbruch der Fischereierträge.

Grundsätzlich sieht es im Moment danach aus, dass in der Zukunft mit einem nochmals deutlich reduzierten Fischereiertrag am Bodensee zu rechnen ist, als dies heute der Fall ist. Im Projekt wurden mögliche Optionen theoretisch aufgezeigt, um die dargelegten Stichlingseffekte zu begrenzen. Dies beinhaltet Anpassungen beim Besatz- und Laichfischmanagement sowie gezielte Befischungsstrategien. Umsetzung und/oder Pilotstudien hierzu stehen noch aus.