



SeeWandel-Klima

Aktuelle Entwicklungen im Bodensee – erste Hinweise aus dem Projekt Juli 2025

Die Halbinsel Mettnau im Bodensee am 7. April 2025
bei extrem niedrigem Wasserstand. Im Hintergrund
ist die Insel Reichenau zu sehen.

© Markus Keller – stock.adobe.com

SeeWandel-Klima: Modellierung der Folgen von Klimawandel und Neobiota für den Bodensee

Der Bodensee ist als einer der größten Alpenseen ein einmaliges grenzüberschreitendes Ökosystem zwischen Deutschland, Österreich und der Schweiz und bietet der Bevölkerung im Einzugsgebiet und weit darüber hinaus wichtige Ökosystemleistungen. Es wird erwartet, dass sich das Ökosystem des Bodensees in den nächsten Jahrzehnten aufgrund der Wechselwirkungen zwischen der fortschreitenden Klimaerwärmung und invasiven Arten, wie der weiteren Ausbreitung der Quaggamuschel, erheblich verändern wird. Das Projekt SeeWandel-Klima hat zum Ziel, Projektionen zur Abschätzung der Folgen des Klimawandels und der Auswirkungen invasiver Arten auf das Ökosystem Bodensee und dessen nachhaltige Nutzung zu erstellen. Hierfür werden praxisbezogene Simulationsmodelle entwickelt, die die sich verändernde Biologie und Ökologie des Bodensees für die nächsten Jahrzehnte prognostizieren.



Grenzüberschreitende Forschung zum Wandel des Bodensees

In SeeWandel-Klima arbeiten Teams aus sechs Institutionen in drei Ländern zusammen:

- Deutschland: Universität Konstanz, Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg (FFS-LAZBW), Institut für Seenforschung (ISF-LUBW), Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (kup)
- Österreich: Universität Innsbruck
- Schweiz: Eowag – Das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs

Die Arbeiten sind in 9 Teilprojekte organisiert. Ziel ist, bestehende Modelle für den Bodensee zu verbessern und mit aktuellen Klimavorhersagen zu verknüpfen sowie komplexe Folgen von Faktoren wie Klimaänderungen, invasiven Arten und deren Zusammenspiel für das Ökosystem Bodensee und dessen Nutzung vorhersagen zu können.

SeeWandel-Klima entwickelt Aussagen zu möglichen, gezielten Anpassungsmaßnahmen und Strategien für ein nachhaltiges Management und Schutz des Bodensees bei bestehender und zukünftiger Nutzung.

Die entwickelten Modelle sind breit einsetzbar, sodass das Wissen aus dem Bodensee auch für andere voralpine Seen im Alpenraum genutzt werden kann. Die Erkenntnisse werden direkt dazu beitragen, effizientere Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität und der Funktionsweise dieser

Seeökosysteme und damit der Lebensqualität in den jeweiligen Regionen zu treffen.

SeeWandel-Klima Fakten:

Offizieller Start Juli 2023

Projektlaufzeit 4.5 Jahre (bis Ende Dezember 2027)

Gesamtbudget 4.99 Mio Euro

Finanzierung: EU Mittel (Interreg Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein 2021–2027) für CH-Partner 45%, für EU-Partner 70%, Internationale Bodenseekommissionen IGKB & IBKF, ergänzt durch Eigenmittel



Der Bodensee erwärmt sich: Folgen für die Tiefe

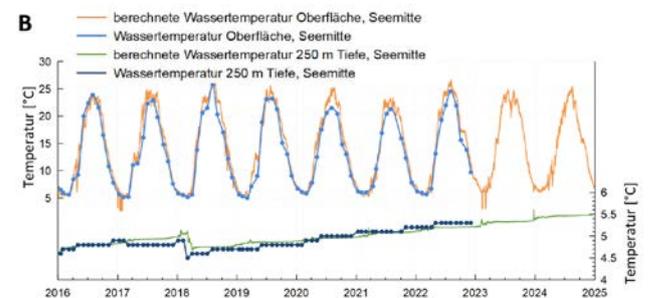
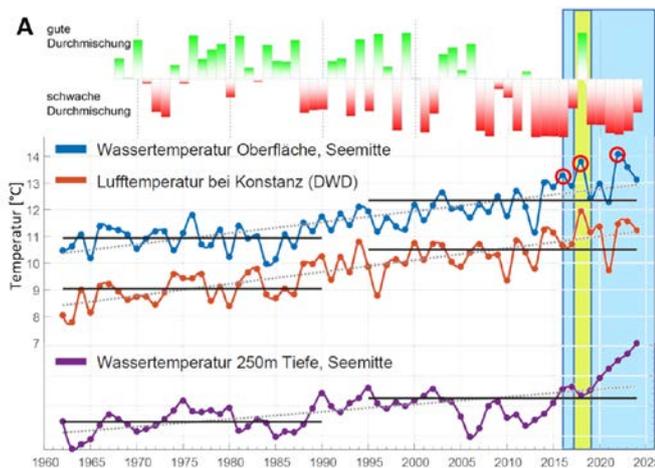


Abb. 1: (A) Der Bodensee mischt sich weniger (rote Balken). Die Durchschnittswassertemperatur (horizontale Linien) hat in den letzten 20 Jahren um mehr als ein Grad zugenommen. Auch in der Tiefe wird das Wasser immer wärmer. (B) Erste Rechnungen zeigen, dass das Simulationsmodell die Temperaturen in der Tiefe ebenso gut vorhersagen kann, wie an der Oberfläche.

Infolge der Klimaänderungen erwärmt sich das Oberflächenwasser im Bodensee seit den 1960er Jahren. In den letzten 9 Jahren (blaue Fläche) wurde dreimal ein „Allzeithoch“ (rote Kreise) beobachtet. Auf Grund dessen wird der See nicht mehr regelmäßig durchmischt! Da das kalte Wasser aus höheren Schichten während der winterlichen Durchmischung fehlt, erwärmt sich das Tiefenwasser seit 2012 fast kontinuierlich. Nach 5 Jahren schlechter Durchmischung, konnte sich das Wasser 2018 (gelb markiert) genügend abkühlen, um auf 250m Tiefe abzusinken und die Schichtung zu durchbrechen. Seither bleibt eine vollständige Durchmischung im Bodensee aber wieder aus und könnte in Zukunft komplett wegfallen.

¹ Wasser hat bei 4 °C die höchste Dichte. Kühlt sich das Oberflächenwasser auf 4 °C ab, sinkt es nach unten und durchmischt den gesamten See. Bleibt diese Temperaturabsenkung aus – z. B. infolge milder Winter – bleibt der See stabil geschichtet.



Rasante Ausbreitung der invasiven Quaggamuschel (*Dreissena rostriformis bugensis*) im Bodensee seit 2016

Im Gegensatz zur Zebamuschel kann sich die Quaggamuschel ganzjährig fortpflanzen, auch weiche Böden besiedeln und in große Tiefen vordringen. Dadurch stellt sie eine Gefahr für Infrastruktur und Ökosystem dar: Sie verstopft Wasserleitungen und entzieht dem See wichtige Nährstoffe, mit Folgen für das Nahrungsnetz und die Fischbestände.

Seit 2021 wird die Ausbreitung im Rahmen von SeeWandel-Klima untersucht. Mittlerweile besiedelt die Quaggamuschel den Bodensee bis zur

tiefsten Stelle (250m) und hat die Zebamuschel verdrängt. Anfangs verdoppelte sich ihre Biomasse jährlich, inzwischen hat sich das Wachstum verlangsamt. Aktuell gibt es ≈ 4000 Muscheln/m², wobei die Dichte mit der Tiefe abnimmt.

Langfristige Beobachtungen sind entscheidend, um zwischen kurzfristigen Schwankungen und dauerhaften Trends unterscheiden zu können. Die gewonnenen Daten helfen, Umweltfaktoren und Auswirkungen auf das Ökosystem besser zu verstehen.



Abb. 2: Unterwasseraufnahme Bodensee aus dem Jahr 2024 in 14 m Wassertiefe (links). Mit Quaggamuschel bewachsene prähistorische Pfähle an der Pfahlbaufundstelle Unteruhldingen-Stollenwiesen (rechts; Foto: LAD im RPS/Submaris, F. Huber).

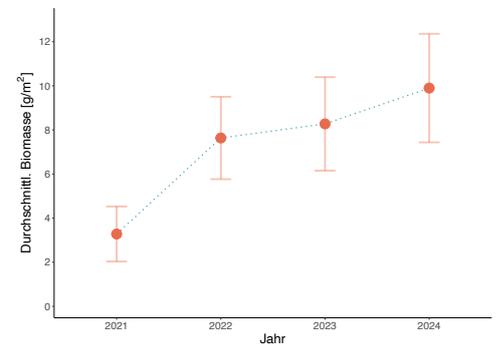


Abb. 3: Entwicklung der durchschnittlichen Quaggamuschelbiomasse pro Quadratmeter Seeboden im Bodensee seit 2021.



Klimaänderungen und invasive Arten verändern saisonale Muster und Größe des Bodenseeplanktons

Mit fortschreitender Klimaerwärmung (z. T. in Kombination mit verringerten Phosphorkonzentrationen) tritt die Frühjahrsblüte des Phytoplanktons im Bodensee zunehmend früher auf, während sich das Ende der Herbstblüte zunehmend nach hinten verschiebt. Der Phytoplanktonwinter im Bodensee hat sich somit seit Mitte der 1960er Jahre um insgesamt fast 2 Monate verkürzt.

Seit der Einwanderung des Stichlings in das Freiwasser (Pelagial) des Bodensees findet die Frühjahrsentwicklung der Cladoceren (wichtigste Nahrung der Bodenseefelchen) später im Jahr statt (trotz früherer Phytoplanktonfrühjahrsblüte). Dies führt zu einer späteren Futterverfügbarkeit für die Felchen. Zudem setzen sich im Sommer verstärkt kleinere Cladocerenarten durch, welche für die Felchen schwieriger zu entdecken sind, und weniger Nährstoffe und Energie liefern.

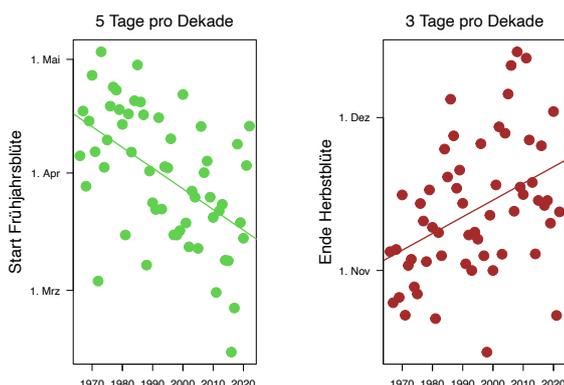


Abb. 4: Veränderungen im Zeitpunkt des Starts der Frühjahrsblüte und des Endes der Herbstblüte des Phytoplanktons im Bodensee.

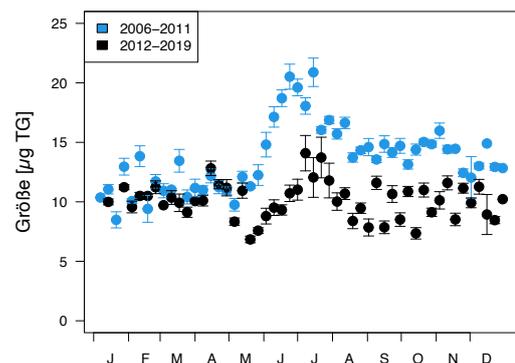


Abb. 5: Veränderungen der mittleren Einzelgröße des Cladoceren-Zooplanktons im Jahresverlauf vor (blau) und nach (schwarz) dem Einwandern des Stichlings in das Pelagial des Bodensees.



Klimaerwärmung entkoppelt Felchenbestände von ihren Nahrungshabitaten

Die Gründe für die zuletzt dramatisch abnehmenden Felchenerträge und den immer schlechteren Allgemeinzustand der Fische im Bodensee sind bis heute nicht vollständig geklärt. Jüngste Veränderungen in der Zooplanktonzusammensetzung, kombiniert mit immer wärmeren Temperaturen der obersten Wasserschicht, könnten zeitweise zu einer Entkopplung zwischen Felchen und ihrem wichtigsten Nahrungshabitat führen. Während aktuell dominierende Zooplanktonarten in wärmeren Wasserschichten nahe der Oberfläche verbleiben, meiden kaltwasserliebende Felchen vermutlich diese Bereiche. Dadurch steht den Fischen im Sommer deutlich weniger Nahrung

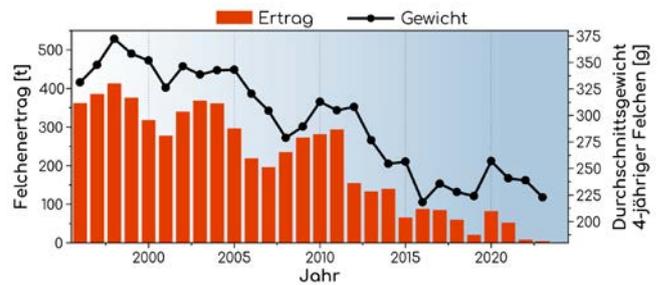


Abb. 6: Seit Mitte der 1990er Jahre nehmen Erträge und Allgemeinzustand (hier Gewicht) von Bodenseefelchen dramatisch ab, was auf radikale Veränderungen des Ökosystems hinweist.

als bisher zur Verfügung, was Einfluss auf das Wachstum der Tiere und letztlich auch auf die Erträge der Berufsfischerei hat.

Anhand von Mageninhaltsanalysen wird untersucht, welche die wichtigsten Beutetiere der Felchen in verschiedenen Tiefen des Sees sind. Mit Hilfe akustischer Telemetrie werden die bevorzugten Temperatur- und Tiefenbedingungen der Felchen ermittelt. Dazu werden Fische mit Sendern ausgestattet, welche die relevanten Daten in regelmäßigen Abständen aufzeichnen. Über im See verteilte Empfänger können diese Daten ausgelesen werden, ohne die Fische entnehmen zu müssen. Erste Tests der Messtelemetrie liefern vielversprechende Ergebnisse.

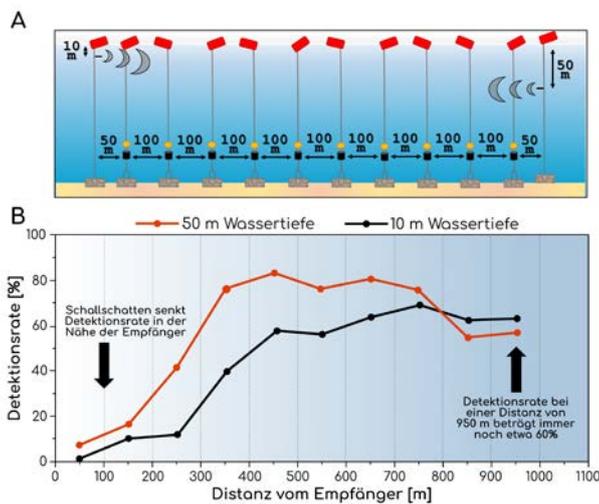


Abb. 7: Messtelemetrie zur Bestimmung der bevorzugten Temperatur- und Tiefenbedingungen der Bodenseefelchen. (A) Installation von 10 Empfängern in festen Abständen über dem Gewässerboden und zwei Sendern bei 10 und 50 m Tiefe. (B) Bei Entfernungen von 450–950 m zwischen Sender und Empfänger wurden Detektionsraten von 60–80 % gemessen. Diese Werte sind für so einen komplexen Versuchsaufbau als exzellent anzusehen und übertreffen Detektionsraten in anderen Studien deutlich. Detektionsraten nahe am Empfänger waren deutlich geringer, was auf eine zu nahe Positionierung des Empfängers an der Tiefseeboje hinweisen könnte („Schallschatten“).

Herausgeber & Kontakt

SeeWandel-Klima

Vertreten durch Dr. Piet Spaak

Überlandstrasse 133 | CH-8600 Dübendorf

E-Mail: seewandel@seewandel.org

www.seewandel.org

Assoziierte Projektpartnerinstitutionen:

- Ludwig-Maximilians-Universität München
- Internationale Rheinregulierung, Rheinbauleitung Österreich
- Landesamt für Denkmalpflege Regierungspräsidium Stuttgart
- Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung
- Stadt Zürich Wasserversorgung
- Great Lakes Center Buffalo USA



Internationale Rheinregulierung