



SeeWandel

SeeWandel Faktenblatt No. 02 | Dezember 2021

Leben im Bodensee –
gestern, heute und morgen



eawag
aquatic research ooo

Die gebietsfremde Quaggamuschel erobert den Bodensee – drohen massive Folgen für das Ökosystem?

Innerhalb kürzester Zeit hat sich die neu eingewanderte gebietsfremde Quaggamuschel im Bodensee ausgebreitet und die gebietsfremde Zebramuschel zurückgedrängt. Sie vermehrt sich massenhaft und besiedelt den See bis in große Tiefen. Die Quaggamuschel wächst nicht nur an Booten, Stegen und in Rohren, auch auf weichem Substrat kann sie sich ansiedeln. Welche Folgen die schnelle Ausbreitung für das Ökosystem Bodensee hat, lässt sich noch nicht abschließend sagen. Die gut untersuchten Großen Seen (Great Lakes) in Nordamerika liefern jedoch Anhaltspunkte zu möglichen Folgen für den Bodensee. Wir befürchten, dass die Quaggamuschel auch in unseren Gewässern die Ökosysteme aus dem Gleichgewicht bringen wird. Die rasante Weiterverbreitung in verschiedene Seen verdeutlicht das Risiko für bisher unbesiedelte Gewässer.



Die Quagga- und Zebramuschel, zwei verwandte gebietsfremde Arten in unseren Gewässern

Gebietsfremde oder nicht heimische Arten (Neobiota¹), die sich in neuen Lebensräumen etablieren und unerwünschte Auswirkungen erzielen (ökologisch, ökonomisch, gesundheitlich), werden als invasive Arten bezeichnet. Weltweit zählen invasive Arten zu den wichtigsten Gründen für den Rückgang der Artenvielfalt [1]. Durch Interaktionen wie Konkurrenz um Ressourcen (Nahrung, Lebensraum, etc.) oder die Verbreitung von Krankheitserregern (Pathogene) sowie als Parasiten und Fressfeinde gefährden sie einheimische Arten. Dies kann negative Folgen für die lokale Artenvielfalt haben. Zudem beeinflussen invasive Arten Eigenschaften und Prozesse von Ökosystemen und somit deren Nutzung durch den Menschen. In Süßwasser-Ökosystemen der nördlichen Hemisphäre werden die Zebramuschel (*Dreissena polymorpha*) und die Quaggamuschel (*Dreissena rostriformis*) als zwei der aggressivsten invasiven gebietsfremden Arten betrachtet. Sie bringen erhebliche negative ökologische und ökonomische Folgen für die betroffenen Gewässer und die Gewässernutzenden mit sich.

Die Quagga- und die Zebramuschel stammen beide aus dem Schwarzmeerraum (Pontokaspis) und sind mittlerweile in großen Teilen Europas und Nordamerika verbreitet. Sie kommen in Seen, langsam fließenden Flüssen und Mündungsgebieten vor. Ende der 1960er Jahre gelangte die Zebramuschel in den Bodensee. Sie breitete sich im gesamten Uferbereich des Bodensees aus und ihr Bestand erreichte in den frühen 1970er Jahren einen Höhepunkt [2]. Die Quaggamuschel wurde im Mai 2016 das erste Mal im Bodensee bei Wallhausen (D) während eines Tauchausfluges in ca. 25 m Wassertiefe gefunden. Bei kurz darauffolgenden Tauchuntersuchungen wurden am benachbarten Klausenhorn weitere vereinzelte Tiere gefunden, darunter auch mehrjährige Exemplare [3]. Wie schnell sich die Quaggamuschel ausbreiten kann, zeigen die Erstnachweise in mehreren Schweizer Gewässern: im Hochrhein bei Basel 2014, Genfersee 2015, Bodensee 2016, Neuenburgersee 2017, Bielersee 2019 und Murtensee 2021 [4].



Eigenschaften der Quagga- und Zebramuschel begünstigen ihre schnelle und weite Verbreitung

Beide Muscheln (Abb. 1) besitzen Eigenschaften, die es ihnen ermöglichen, sich innerhalb kürzester Zeit zu vermehren, sich auszubreiten und erfolgreich neue Lebensräume zu besiedeln [5]: sie verfügen über ein hohes Reproduktionspotenzial, ihre Larven entwickeln sich schwimmend in der Freiwasserzone (sog. Veligerlarven), sie benötigen keinen Zwischenwirt für die weitere Entwicklung und leben als ausgewachsene Muscheln (Adultstadium) benthisch². Zudem sind sie hocheffiziente Filtrierer³.

Es gibt jedoch entscheidende Unterschiede zwischen den beiden Muschelarten. Die Quaggamuschel kann jegliches Substrat besiedeln und kommt bis in große Tiefen (~240 m) vor. Die Zebramuschel hingegen ist auf Hartsubstrat angewiesen und ist bis zu einer maximalen Tiefe von ca. 40 m zu finden. Im Gegensatz zur Zebramuschel ist die Quaggamuschel an etwas niedrigere Temperaturen angepasst und pflanzt sich ganzjährig fort.

¹ Gebietsfremde/nicht heimische Tiere (Neozoen) oder Pflanzen (Neophyten), die sich in einem Gebiet etabliert haben, in dem sie vorher nicht heimisch waren. In Europa beschreiben diese Begriffe Arten, die sich nach 1492 (Entdeckung Amerikas) mit menschlicher Einflussnahme etabliert haben.

² In oder auf dem Boden eines Gewässers lebend (auf den Felsböden, im oder auf dem Sediment, etc.).

³ Organismen, die ihre Nahrung aus dem Wasser filtern.

Die Fortpflanzung der Zebramuschel beschränkt sich dagegen vor allem auf die Monate Mai bis September. Darüber hinaus ist die Quaggamuschel effizienter bei der Nahrungsaufnahme, insbesondere wenn das Nahrungsangebot gering ist.

Quaggamuschel



Schale: rundlich-dreikantige, kahnartige Form
Unterseite: konvex, seitlich abgerundeter Kiel, kippt um beim Aufstellen
Farbe: sehr variabel, meist konzentrische Ringe
Linie auf Unterseite: gebogen

Zebramuschel



Schale: dreikantige, kahnartige Form
Unterseite: flach-konvax, seitlicher Kiel

Farbe: braun-gelb mit dunklen (Zickzack-) Streifen
Linie auf Unterseite: gerade

Abb. 1: Bestimmungsmerkmale der Quagga- und Zebramuschel (nach WLT und Universität Stuttgart, Bestimmungstabellen Quagga- und Zebramuschel).



Natürliche und durch den Menschen verursachte Verbreitungspfade

Während des Larvenstadiums können sich die Quagga- und die Zebramuschel passiv mit der Strömung ausbreiten, sowohl innerhalb eines Gewässers als auch bei Fließgewässern stromabwärts. In Seen ermöglicht zudem die vertikale Durchmischung die Ausbreitung. Eine ungewollte Weiterverbreitung der Larven oder adulten Muscheln in andere Gewässer kann beispielsweise durch angeheftete Muscheln am Rumpf oder durch Larven im Ballast-, Bilgen⁴- oder Motorenkühlwasser von Schiffen und Freizeitbooten erfolgen, die in verschiedenen Gewässern verwendet werden. Durch eine Untersuchung in der Schweiz konnten Freizeitboote als mögliche Vektoren für die Verschleppung von invasiven gebietsfremden Gewässerorganismen nachgewiesen und die Hauptverbreitungsrouten aufgezeigt werden. Die Boote werden zwischen der Verwendung verschiedener Gewässer nicht immer gründlich gereinigt oder getrocknet [6]. Auch Baumaschinen (Bagger) gelten als mögliche Vektoren für die Verschleppung von Quaggamuscheln zwischen Gewässern.



Die Ausbreitung der Quaggamuschel im Bodensee

Seit ihrem ersten Nachweis 2016 bei Wallhausen im Bodensee breitet sich die Quaggamuschel rasant aus (Abb. 2). Bereits 2017 war sie in allen Seeteilen zu finden und ihre Verbreitung in der Flachwasserzone nimmt seither kontinuierlich zu (Abb. 3). Oftmals überschreitet die Bestandsdichte in Proben aus 30 m Tiefe 4000 Individuen/m² [4]. Erste SeeWandel-Ergebnisse zeigen, dass die Bestandsdichte mit zunehmender Tiefe abnimmt und die Quaggamuschel im Bodensee in Wassertiefen > 60 m ungleichmäßiger verbreitet ist als in Tiefen < 30 m [4]. Im Michigansee (USA) dauerte es rund 15 Jahre bis sich die Quaggamuschel im ganzen See, einschließlich der tiefsten Stelle (281 m), ausgebreitet hatte. Im Bodensee ist eine weitere Ausbreitung auf Weichsubstrat und eine Zunahme der Bestandsdichte in den tiefsten Bereichen (bis 251 m) daher anzunehmen. Jüngere Beobachtungen zeigen Quaggamuscheln bereits in den tiefsten Bereichen, systematische Daten liegen jedoch noch nicht vor.

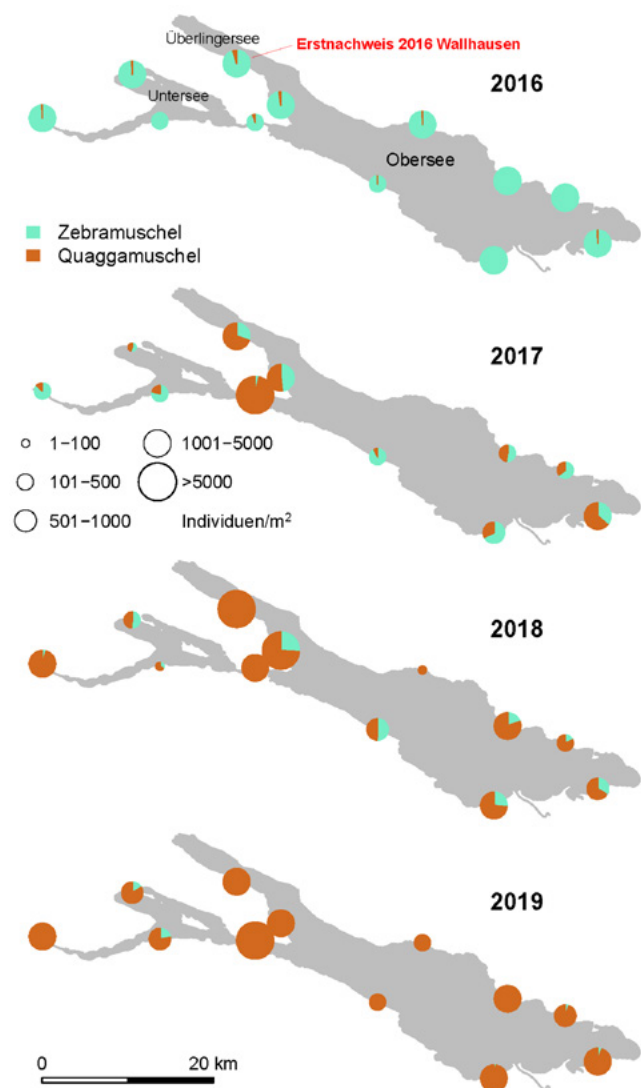
⁴ Ballastwasser bezeichnet Wasser, das zur Stabilisierung großer Schiffe in speziellen Tanks mittransportiert wird. Bilgewater ist Wasser, das sich im unteren Bootsrumppf sammelt.



Abb. 2: Quaggamuscheln bedecken fast den kompletten Seeboden in 12 m Wassertiefe in der Nähe von Friedrichshafen. Bild: Silvan Rossbacher, Eawag.



Die Quaggamuschel drängt die Zebamuschel zurück



Innerhalb von drei Jahren hat die Quaggamuschel die Zebamuschel in der Uferzone weitestgehend ersetzt (Abb. 3). Die Fähigkeit der Quaggamuschel sich fast ganzjährig fortzupflanzen, weiches Substrat in der Tiefenzone zu besiedeln und ihre effizientere Nahrungsaufnahme werden als wesentliche Gründe angesehen, warum die Quaggamuschel in tiefen Seen gegenüber der Zebamuschel konkurrenzfähiger ist und zunehmend an deren Stelle tritt [7].

Auch die Seemorphologie spielt eine wichtige Rolle bei der Ausbreitung der Quaggamuschel und der damit einhergehenden Zurückdrängung der Zebamuschel [7]. In tiefen Seen (> 60 m) wurde beobachtet, dass die Quaggamuschel die Zebamuschel praktisch vollständig ersetzte und den gesamten Seegrund besiedelte. Dabei erreichte die Quaggamuschel eine deutlich höhere Biomasse und Bestandsdichte als die Zebamuschel. Basierend auf diesen Resultaten ist anzunehmen, dass die Zebamuschel in den nächsten Jahren nahezu vollständig aus dem Bodensee verschwinden und lediglich vereinzelt noch in seichteren Bereichen (< 10 m) wie Häfen oder Flussmündungen, sowie dem Untersee (max. Tiefe 45 m, durchschnittlich aber nur 13 m tief) vorkommen wird.

Abb. 3: Innerhalb von vier Jahren hat die Quaggamuschel die Zebamuschel in der Uferzone des Bodensees fast vollständig ersetzt. Je größer das Kuchendiagramm, desto höher war die gemessene Muscheldichte (Individuen/m²) an dem Standort [4]. Markiert in Rot ist der Erstnachweis im Überlinger See bei Wallhausen im Jahr 2016.



Folgen für ein Ökosystem bei Massenvorkommen

Gesicherte Ergebnisse zu den ökologischen Folgen für den Bodensee liegen noch nicht vor. Die gut untersuchten Großen Seen (Great Lakes) in Nordamerika liefern jedoch Hinweise, welche Folgen für das Ökosystem eintreten könnten. Dort wanderte die Quaggamuschel vor mehr als 20 Jahren ein [5, 7, 8]. Der Michigansee, der um ein 100-faches größer ist als der Bodensee jedoch über eine vergleichbare Tiefe und Nährstoffkonzentration verfügt, wurde in 15 Jahren bis zur tiefsten Stelle, teilweise flächendeckend, besiedelt. Die folgenden Veränderungen wurden in Nordamerikanischen Seen beobachtet und dienen als Anhaltspunkte für mögliche Folgen für den Bodensee:

Rückgang des Planktons:

Die hohe Besiedlungsdichte in Verbindung mit der Filtrationsleistung der Quagga- und der Zebra- muschel führt zu Nahrungskonkurrenz und damit zu einem Rückgang der Biomasse des pflanzlichen Planktons (Phytoplankton⁵). Dadurch verändern sich die Gesellschaften der pflanzlichen Planktonarten. Beim tierischen Plankton (Zooplankton⁶) nimmt die Biomasse und Dichte ab, u.a. da die Verfügbarkeit von Phytoplankton limitiert ist oder durch direkten Fraßdruck durch die Muscheln auf kleine Zooplanktonarten. Zudem kann eine höhere Sichtweite aufgrund des klaren Wassers den Prädationsdruck durch Fische steigern.

Zunahme der Sichttiefe:

Aufgrund der Filteraktivität der Muscheln und des Rückgangs des Planktons erhöht sich die Sichttiefe. Gewisse Organismengruppen, wie z.B. Makrophyten (Wasserpflanzen), werden begünstigt, da sie mehr Licht zur Verfügung haben.

Nährstoffzunahme am Seegrund und -abnahme im Freiwasser:

Durch die Filtration des Freiwassers und den damit einhergehenden bodennahen Ausscheidungen reichert sich Phosphor in Ufernähe und am Seegrund an und die Produktivität erhöht sich. Dies fördert u.a. Fadenalgen und an höhere Nährstoffgehalte angepasste Wasserpflanzen. In uferfernen Bereichen des Freiwassers dagegen nimmt der Phosphorgehalt und die Produktivität ab.

Veränderung der Artengemeinschaften:

Durch die entstehenden ausgedehnten Muschelbänke und Schalendepots werden die Strukturen des Seebodens stark verändert. Einerseits bilden sich so neue Habitate, die Siedlungsräume für Organismen bieten, die zuvor dort nicht vorkommen konnten. Dies betrifft insbesondere Organismen im Uferbereich. Andererseits gehen durch die veränderten Strukturen Mikrohabitate verloren. Zudem reichert sich durch die Muscheln und ihre Ausscheidungen organisches Material am Seegrund an. Hohe Konzentrationen an organischem Material können zu einer Unterversorgung des Seegrunds mit Sauerstoff führen und sich negativ auf am Seegrund lebende (benthische) Organismen wie z.B. Würmer auswirken. Arten, die sich von den Ausscheidungen der Muscheln ernähren, kommen häufiger vor. Insgesamt führt dies zu Änderungen in der Zusammensetzung der Artengemeinschaften.

Veränderungen des Nahrungsnetzes:

Da sich die Häufigkeit und die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons sowie der Kleinstorganismen am Seegrund verändert, beeinflussen die Muscheln letztlich auch die Fische. Diese sind unter anderem auf die Kleinstorganismen als Nahrungsquelle angewiesen. Es ist zu befürchten, dass dadurch die Produktivität des Bodensees abnimmt und bestimmte Fischbestände noch weiter zurückgehen können.

⁵ Pflanzliche, im freien Wasser schwebende Kleinstlebewesen (z.B. Kieselalgen, Grünalgen etc.).

⁶ Tierische, im freien Wasser schwebende Kleinstorganismen (z.B. Kleinkrebse oder Larven vieler Wasserbewohner).



Folgen für die Nutzung eines Sees bei Massenvorkommen

Viele der Folgen für die Nutzung sind ähnlich für die Zebra- und Quaggamuschel. Allerdings ist damit zu rechnen, dass sich die Effekte mit dem Vorkommen der Quaggamuschel verstärken.

Erhöhter Wartungsaufwand und Kosten:

Jegliches Hartsubstrat, wie z.B. Rohre für Wasserentnahmen (z.B. Trinkwasserfassungen, thermische Nutzung von Seewasser), Schiffe, Freizeitboote oder Fischernetze, wird von der Quaggamuschel bewachsen. Außerdem sind die Larven so klein, dass sie durch die Öffnungen der Entnahmekörbe bis weit in die Aufbereitungsanlagen eindringen und dort heranwachsen können. Dadurch verursacht die Quaggamuschel einen enormen Wartungs- und Reinigungsaufwand [9].

Rückgang von relevanten Fischbeständen:

Ergebnisse aus den Großen Seen zeigen einen Einbruch bestimmter Fischbestände im Tiefenwasser, die gleichzeitig mit der Besiedlung der beiden Muschelarten einhergeht. Eine Hypothese besagt, dass die Quaggamuschel für den starken Rückgang des Flohkrebbs *Diporeia* ssp. verantwortlich gemacht wird, welcher eine wichtige Nahrungsquelle für Fische darstellt [10]. Auch wenn die Muscheln selbst wiederum als Nahrungsressource für bestimmte Fischarten dienen, sind ein vergleichbarer Rückgang bestimmter Arten und abnehmende Fischfangträge auch für unsere Seen zu befürchten.

Muschelschalen

Muschelschalen sammeln sich massenweise im Uferbereich an. Dies ist unangenehm für Badegäste und andere Nutzerinnen und Nutzer des Seeufers.



Management und Maßnahmen

Verhinderung der Weiterverbreitung:

Nach heutigem Wissen ist die wichtigste Maßnahme die Verhinderung der Weiterverbreitung von invasiven Arten (Prävention). Gewässer, die noch nicht betroffen sind, sollten bestmöglich vor einer Einschleppung geschützt werden. Beispiele aus der Praxis umfassen Sensibilisierungskampagnen [11] (siehe auch Infobox), Untersuchungen zu einer effektiven Bootsreinigung [12] oder umfassendere Maßnahmenkonzepte mit einer Bootsreinigungspflicht für Boote, welche vorher auf einem anderen Gewässer verwendet wurden [13].

Monitoring Quaggamuschel:

Für effektive und koordinierte Maßnahmen zur Verhinderung der Weiterverbreitung der Quaggamuschel ist es entscheidend zu verstehen, wie sie sich in Gewässern verbreitet. Sowohl für die Früherkennung als auch für ein besseres Verständnis der Verbreitungsmuster und Populationsdynamik der Quaggamuschel empfiehlt sich ein **regelmäßiges und einheitliches Monitoring**.

- Eine Möglichkeit für die Früherkennung von Quaggamuscheln in einem Gewässer ist die regelmäßige Untersuchung von Planktonproben mithilfe von Umwelt-DNA-Analysen. Hierbei werden Proben mit molekulargenetischen Methoden analysiert. Dieses Verfahren wird unter anderem bereits von der Wasserversorgung Zürich angewandt [4]. Wichtig ist, dass die Probennahmen regelmäßig stattfinden.
- Auch ein **Monitoring der Veligerlarven** kann Aufschluss über reproduzierende Populationen in einem Gewässer geben. Die im Freiwasser lebenden Veligerlarven können bei Routine-Planktonuntersuchungen gefunden werden. Das Vorkommen der sich nahezu ganzjährig fortpflanzenden Quaggamuschel verändert das saisonale Muster der Muschel-Larven (siehe Abb. 4). Das Larvenmonitoring ist sehr effektiv, da sich die Larven mit den Strömungen über den ganzen See verteilen und so die Untersuchung eines großen Gebietes mit Plankton-Netzzügen möglich ist.

- Für adulte Quaggamuscheln empfiehlt sich ein regelmäßiges und einheitliches Monitoring in allen Gewässertiefen. So wird das gesamte Gewässer und die ungleichmäßige Verteilung der Quaggamuschel berücksichtigt und ein Vergleich zwischen verschiedenen Gewässern ermöglicht. Derzeit werden Methoden (Ermittlung des Muscheldeckungsgrades anhand von Unterwasseraufnahmen) im Bodensee getestet, die in den Großen Seen zur Anwendung kommen.

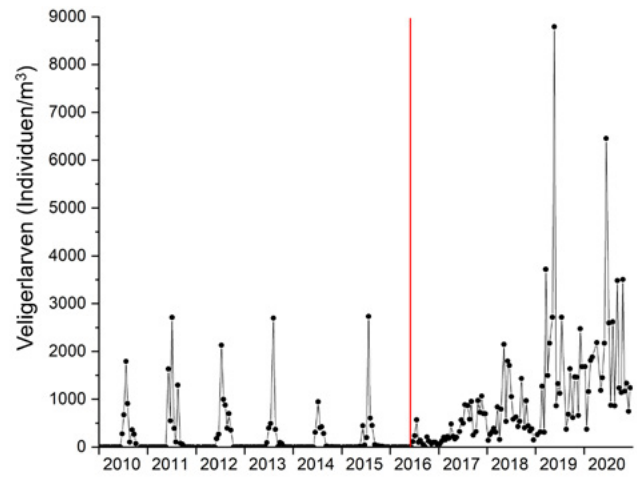


Abb. 4: Saisonales Vorkommen der Veligerlarven der Zebra- und Quaggamuschel im Bodensee an der Messstelle Fischbach-Uttwil (0-100 m). Die Larven der beiden Arten sind visuell nicht zu unterscheiden. Nach dem Auftreten der Quaggamuschel in 2016 (rote Linie) sind die Veligerlarven praktisch ganzjährig in den Planktonproben zu finden [Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg].

Hat die Quaggamuschel ein Gewässer befallen, dominiert sie dieses mit einschneidenden Folgen. Untersuchungen aus der Schweiz [4] belegen einerseits die enorm schnelle Weiterverbreitung der Quaggamuschel in verschiedene Seen und zeigen damit auch das Risiko für unbesiedelte Gewässer auf. Andererseits demonstriert das Fallbeispiel Bodensee mit welcher Geschwindigkeit sich die Quaggamuschel innerhalb eines Sees ausbreiten kann und dabei andere Arten (auch gebietsfremde Arten wie die Zebra- und Quaggamuschel) zurückdrängen kann. Wechselwirkungen mit weiteren invasiven Arten, wie z.B. dem Stichling im Bodensee, möglichen Verschmutzungen und auch dem Klimawandel machen Änderungsprozesse in jedem See einzigartig. Darum bleibt noch offen, welche Konsequenzen die Quaggamuschel für den Bodensee und andere betroffene Voralpen- und Alpenseen im Detail haben wird. Anhand der Beobachtungen in Nordamerika befürchten wir aber, dass die Präsenz der Quaggamuschel einschneidende Folgen für unsere Seeökosysteme haben wird und diese möglicherweise aus dem Gleichgewicht bringt.

Sensibilisierungskampagne der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)

Als Sensibilisierungsmaßnahme hat die IGKB Informationsmaterial für die Bodensee-Anrainerländer erstellt. Das Ziel ist es, möglichst alle Seenutzerinnen und -nutzer zu motivieren, mit präventiven Maßnahmen beim Gewässerwechsel eine Weiterverbreitung der Quaggamuschel und anderer gebietsfremder Arten zu verhindern.

Das Plakat und der Flyer können bei der IGKB Geschäftsstelle bezogen werden: <https://www.igkb.org/kontakt/>





Impressum

Im Rahmen des SeeWandel Forschungsprojekts „L10: Wettbewerb zwischen Filtrierern im Bodensee“ wird vor allem der Unterschied zwischen Muscheln aus dem Flachwasser und der Tiefe untersucht. Populationsgenetische Methoden sollen Aufschluss über den Invasionsweg und die Ausbreitung in Schweizer Seen geben. Zudem wird eine Methode zur Quantifizierung der Verbreitung der Quaggamuschel in Seen erprobt. Die Forschungsarbeiten sind noch nicht abgeschlossen. Erste, aus dem Forschungsprojekt gewonnene Erkenntnisse sind Grundlage des SeeWandel-Faktenblatts #2: „Die gebietsfremde Quaggamuschel erobert den Bodensee – drohen massive Folgen für das Ökosystem?“ 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

Auskunft und Kontakt

Eawag, Aquatische Ökologie
PD Dr. Piet Spaak
Überlandstrasse 133 | CH-8600 Dübendorf
E-Mail: piet.spaaq@eawag.ch

Autorinnen und Autoren

- Linda Haltiner, Aquatische Ökologie, Eawag
- Gaëlle Pauquet, Amt für Wasser und Energie, Kanton St.Gallen
- Piet Spaak, Aquatische Ökologie, Eawag
- Josephine Alexander, Aquatische Ökologie, Eawag

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

Mit Unterstützung von

- Lukas de Ventura, Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt
- Roland Schick, Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung
- Christine Schranz, Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Petra Teiber-Siessegger, Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
- Sylvie Flämig, Umweltbüro m|u|t



Literaturverzeichnis

- [1] Pyšek P, Hulme PE, Simberloff D, Bacher S, Blackburn TM, Carlton JT, Dawson W, Essl F, Foxcroft LC, Genovesi P, Jeschke JM (2020) Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews* 95(6):1511-34
- [2] Güde H, Straile D (2016) Bodensee: Ökologie und anthropogene Belastungen eines tiefen Voralpensees. *Limnologie* 15. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 271 S
- [3] Hydra Büro Konstanz (2021) *Dreissena rostriformis*. [Information online verfügbar](#) (abgerufen am 01.12.2021)
- [4] Haltiner L, Zhang H, Anneville O, De Ventura L, DeWeber JT, Hesselschwerdt J, Koss M, Rasconi S, Rothhaupt K-O, Schick R, Schmidt B, Spaak P, Teiber-Siessegger P, Wessels M, Zeh M, Dennis SR The distribution and spread of quagga mussels in perialpine lakes north of the Alps. Im Druck in *Aquatic Invasions*
- [5] Karatayev AY, Burlakova LE, Padilla DK (2015) Zebra versus quagga mussels: a review of their spread, population dynamics, and ecosystem impacts. *Hydrobiologia* 746:97-112
- [6] De Ventura L, Weissert N, Tobias R, Kopp K, Jokela J (2016) Overland transport of recreational boats as a spreading vector of zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Biological Invasions* 18:1451-1466
- [7] 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
- [8] Nalepa TF, Fanslow DL, Pothoven SA (2010) Recent changes in density, biomass, recruitment, size structure, and nutritional state of *Dreissena* populations in southern Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 36:5-19
- [9] Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW) (2020) Dossier Quaggamuschel. [Information online verfügbar](#) (abgerufen am 01.12.2021)
- [10] Edlund MB, Jude DJ, Nalepa TF (2021) Diets of the benthic amphipod *Diporeia* in southern Lake Michigan before and after the dreissenid invasion. *Journal of Great Lakes Research* 47(2):447-462
- [11] Beispiele für Sensibilisierungskampagnen: Cercle Exotique Zentralschweiz (2021) Aquatische Neobiota [Information online verfügbar](#); Kanton Zürich (2021) Aquatische Neobiota [Information online verfügbar](#); Bundesamt für Umwelt (2021) Quaggamuschel - Vorsicht blinde Passagiere. Invasive gebietsfremde Arten. [Information online verfügbar](#) (alle abgerufen am 01.12.2021)
- [12] Kanton Basel-Stadt (2019) Pilotprojekt Bootsreinigung – Massnahme gegen die Verschleppung invasiver Neozoen aus dem Rhein in andere Gewässer. [Information online verfügbar](#) (abgerufen am 01.12.2021)
- [13] Kanton Aargau (2021) Neobiota-Schutzmassnahmen am Hallwilersee. [Information online verfügbar](#) (abgerufen am 01.12.2021)

