



Mit Quaggamuschel bewachsene prähistorische Pfähle an der Pfahlbaufundstelle Unteruhldingen-Stollenwiesen im Bodensee (Foto: LAD im RPS/Submaris, F. Huber).

Die gebietsfremde Quaggamuschel erobert die Schweiz

Innerhalb kürzester Zeit hat sich die gebietsfremde Quaggamuschel in verschiedenen Schweizer Gewässern ausgebreitet und die ebenfalls invasive Zebromuschel zurückgedrängt. Sie vermehrt sich massenhaft und kann Seen bis in große Tiefen besiedeln. Die Quaggamuschel wächst nicht nur an Booten, Stegen und technischen Infrastrukturen, auch auf weichem Substrat kann sie sich ansiedeln. In einmal besiedelten Gewässern ist die Quaggamuschel dauerhaft etabliert und eine Entfernung nach aktuellem Wissensstand nicht möglich. Die Anwesenheit der Muschel verändert die betroffenen Ökosysteme und stellt Gewässernutzende und Behörden vor Herausforderungen. Die rasante Weiterverbreitung in verschiedenste Seen verdeutlicht das Risiko für bisher unbesiedelte Gewässer. Eine sich verändernde Umwelt – aufgrund des Klimawandels, dem Zusammenwirken mit weiteren gebietsfremden Arten oder mögliche Verschmutzungen – macht die Vorhersage zukünftiger Auswirkungen der Quaggamuschel invasion für jedes Gewässer einzigartig und komplex.



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 Treibern für Veränderungen in der Artenvielfalt [1]. Durch Interaktionen wie Konkurrenz um Ressourcen (Nahrung, Lebensraum, etc.), die Verbreitung von Krankheitserregern, als Parasiten und Fressfeinde oder durch die Beeinflussung grundlegender Strukturen von Ökosystemen, können sie einheimische Arten gefährden. Dies kann negative Folgen für die Biodiversität haben, z. B. lokaler Verlust von Artenvielfalt oder Homogenisierung von Artengemeinschaften. Genetische Vermischung (Hybridisierung) zwischen gebietsfremden und einheimischen Arten hat schleichende Veränderungen im Erbgut einheimischer Arten zur Folge. Zudem beeinflussen invasive Arten Eigenschaften und Prozesse von Ökosystemen und somit deren Nutzung durch den Menschen.

In Süßwasser-Ökosystemen der nördlichen Hemisphäre wird die Quaggamuschel (*Dreissena rostriformis bugensis*) als eine der aggressivsten invasiven gebietsfremden Arten betrachtet. Vielerorts hat sie die ebenfalls als hoch problematisch eingestufte Zebamuschel (*Dreissena polymorpha*) bereits verdrängt. Ursprünglich aus dem Schwarzmeerraum (Pontokaspis) stammend, sind mittlerweile beide Muschelarten in Seen, Fließgewässern und Mündungsgebieten großer Teile Europas und Nordamerikas verbreitet. Die Zebamuschel gelangte in den 1960er Jahren in Schweizer Gewässer. 2014 wurde die Quaggamuschel erstmals mittels Umwelt-DNA (eDNA) in der Schweiz nachgewiesen [2] und breitet sich seitdem rasant aus (Abb. 1). Beide verändern Ökosysteme, befallen Infrastrukturanlagen und haben somit tiefgreifende Auswirkungen für die betroffenen Gewässer und die Gewässernutzenden.

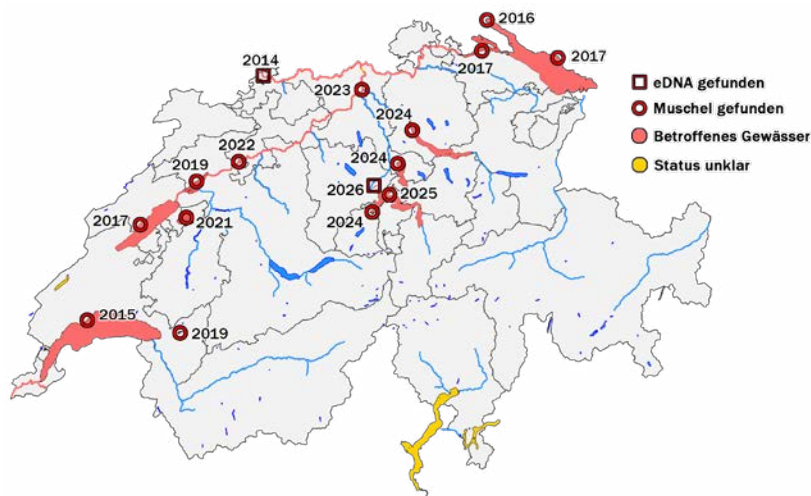


Abb.1: Erstnachweise der Quaggamuschel in Schweizer Gewässern (rot: betroffene Gewässer). 2022 wurde in den großen Tessiner Seen Quaggamuschel-DNA in eDNA-Proben vermutet, jedoch bisher nicht bestätigt (gelb: Status unklar). 2026 wurde im Rotsee (nahe Vierwaldstättersee) Quaggamuschel-DNA mittels eDNA nachgewiesen [3].



Eigenschaften der Quaggamuschel begünstigen eine schnelle und weite Verbreitung

Sowohl Zebra- als auch Quaggamuscheln (Abb. 2) besitzen Eigenschaften, die es ihnen ermöglichen, sich innerhalb kürzester Zeit zu vermehren, sich auszubreiten und erfolgreich neue Lebensräume zu besiedeln [4]. Sie verfügen über ein hohes Reproduktionspotenzial: Weibchen können bis zu einer Million Gameten pro Jahr produzieren, Männchen entsprechend ein Vielfaches davon an Spermien. Die sogenannten Veligerlarven entwickeln sich schwimmend in der Freiwasserzone, benötigen keinen Zwischenwirt für die weitere Entwicklung und leben als ausgewachsene Muscheln (Adultstadium) in großen Dichten meist im oder auf dem Boden des Gewässers. Zudem sind sie hocheffiziente Filtrierer².

¹ In Europa beschreibt dieser Begriff Tiere (Neozoen) oder Pflanzen (Neophyten), die sich nach 1492 (Landung von C. Kolumbus in Amerika) mit menschlicher Einflussnahme in einem Gebiet etabliert haben, in dem sie von Natur aus nicht vorkamen.

² Organismen, die ihre Nahrung aus dem Wasser filtern.

Im Gegensatz zur Zebromuschel kann die Quaggamuschel auch weiche Böden besiedeln und in große Tiefen (> 250 m) vordringen, solange ausreichend Sauerstoff vorhanden ist. Darüber hinaus ist die Quaggamuschel effizienter bei der Nahrungsaufnahme, insbesondere wenn das Nahrungsangebot gering ist. Sie ist an niedrige Temperaturen angepasst und pflanzt sich bei Wassertemperaturen ab 5 °C ganzjährig fort (die Fortpflanzung der Zebromuschel ist mehrheitlich auf Mai bis September beschränkt).



Schale: rundlich-dreikantige, kahnartige Form
Unterseite: konvex, seitlich abgerundeter Kiel, kippt um beim Aufstellen
Farbe: sehr variabel, meist konzentrische Ringe
Linie auf Unterseite: leicht S-förmig geschwungen
Vorkommen: auf jeglichem Substrat bis zum Gewässergrund



Schale: dreikantige, kahnartige Form
Unterseite: flach-konvav, seitlicher Kiel, breiter als Oberseite kann aufgestellt werden
Farbe: braun-gelb mit dunklen (Zickzack-) Streifen
Linie auf Unterseite: gerade
Vorkommen: auf Hartsubstrat bis max. 40 m Wassertiefe

Abb. 2: Merkmale der Quagga- und Zebromuschel (nach WLT und Universität Stuttgart, Bestimmungstabeln Quagga- und Zebromuschel).

Die biologischen Eigenschaften der Quaggamuschel (fast ganzjährige Fortpflanzung, Fähigkeit zur Besiedelung weichen Substrats insbesondere in der Tiefe, effizientere Nahrungsaufnahme) wird als wesentlicher Grund dafür gesehen, dass sie konkurrenzfähiger ist als die Zebromuschel [5]. In tiefen Seen (> 60 m) drängt die Quagga- die Zebromuschel praktisch vollständig zurück und besiedelt den gesamten Seegrund. Dabei erreicht sie deutlich höhere Biomassen und Bestandsdichten. Im Boden-, Genfer-, Neuenburger-, Bieler- und Murtensee ist dies bereits Realität. Es ist anzunehmen, dass die Zebromuschel zukünftig auch in anderen, von Quaggamuscheln besiedelten Seen verschwinden oder nur noch vereinzelt in seichteren Bereichen (< 10 m) wie Häfen oder Flussmündungen vorkommen wird.



Natürliche und durch den Menschen verursachte Verbreitungspfade

Während des Larvenstadiums (Abb. 3) verbreiten sich beide Muschelarten passiv, u. a. über Strömung innerhalb eines Gewässers oder stromabwärts in Fließgewässern sowie in Seen zusätzlich durch vertikale Durchmischung.

Neben dieser natürlichen Verbreitung kann eine unbeabsichtigte Weiterverbreitung der Larven oder adulten Muscheln in andere Gewässer beispielsweise durch angeheftete Muscheln am Rumpf oder anderen Gegenständen sowie durch Larven im Ballast-, Bilgen³- oder Motorenkühlwasser von Schiffen und Freizeitbooten erfolgen, wenn diese in verschiedenen Gewässern verwendet werden. Eine Untersuchung in der Schweiz konnte Freizeitboote als mögliche Vektoren für die Verschleppung von invasiven gebietsfremden Gewässerorganismen nachweisen und die Hauptverbreitungsrouten aufzeigen [6]. Oftmals werden Boote zwischen der Verwendung verschiedener Gewässer nicht gründlich gereinigt oder getrock-

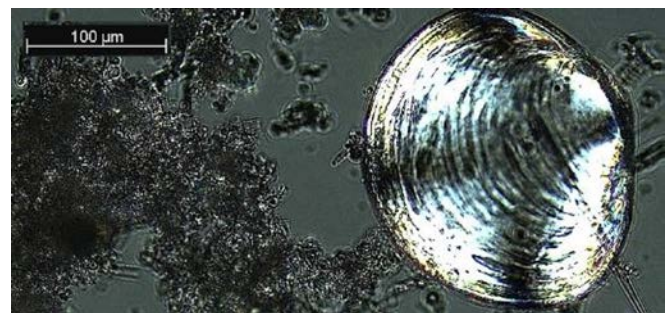


Abb. 3: Veligerlarven von Quagga- und Zebromuscheln lassen sich nicht morphologisch unterscheiden, sondern nur mit molekularbiologischen Methoden (Foto: L. Haltiner, SeeWandel).

net [6]. Dem wird durch eine Pflicht zur Bootsreinigung und Meldung entgegengewirkt (siehe Infobox). Als weitere mögliche Ausbreitungsvektoren gelten Wassersport- und Fischereimaterial (inklusive Angel-, Tauchausrüstung und jegliche Schwimmkörper) sowie Baumaschinen. Zudem besteht die Gefahr der Weiterverbreitung von Veligerlarven durch Pumpspeicherkraftwerke [7].

³ Ballastwasser bezeichnet Wasser, das zur Stabilisierung großer Schiffe in speziellen Tanks mittransportiert wird. Bilgewater ist Wasser, das sich im unteren Bootsrumpf sammelt.



Die Ausbreitung der Quaggamuschel in Schweizer Gewässern

Seit ihrem ersten Nachweis 2014 im Hochrhein bei Basel [2], breitet sich die Quaggamuschel rasant in verschiedenen Schweizer Gewässern aus [2, 8]. In nur wenigen Jahren hat sie die Mehrzahl der großen Seen nördlich der Alpen besiedelt. Auch in kleineren Seen und Fließgewässern wurde die Quaggamuschel nachgewiesen. Weitere Gewässer kommen fortlaufend hinzu (siehe Infobox Eawag-Quagga-Fachstelle [9]). Ist die Quaggamuschel einmal etabliert, lässt sie sich nach heutigem Wissensstand nicht mehr aus dem Gewässer entfernen.

Seit mehreren Jahren werden verschiedene Aspekte der Quaggamuschel invasion, beispielsweise in den Großen Seen (Great Lakes) Nordamerikas und in Europäischen Gewässern, weiterführend untersucht. Standardisierte Monitoringprogramme ermöglichen die Überwachung von Gewässern, die Früherkennung neuer Vorkommen sowie die Erfassung von Ausbreitungsmustern und Bestandsentwicklung [7]. Im Bodensee war die Quaggamuschel bereits ein Jahr nach ihrem Erstnachweis bei Wallhausen im Jahr 2016 in allen ufernahen Bereichen nachweisbar. Inzwischen besiedelt sie den gesamten See bis zur maximalen Tiefe von 250m. Mittlerweile hat sich das Bestandswachstum im Uferbereich deutlich verlangsamt (Abb. 4, [10]). Obwohl Bestandsdichte und Populationswachstum mit

zunehmender Wassertiefe abnehmen, wird in tieferen Bereichen weiterhin Zuwachs erwartet (Abb. 4, [10]). Zudem zeigt ein Vergleich mit Monitoringdaten aus den Großen Seen Nordamerikas, in denen die Art bereits länger etabliert ist, dass die Biomasse im Bodensee zu einem vergleichbaren Zeitpunkt nach der Invasion höher ist (Abb. 5).

Auch in anderen großen Schweizer Seen hat die Quaggamuschel bereits hohe Bestandsdichten erreicht und breitet sich in tiefere Bereiche aus, sodass künftig insbesondere in der Tiefe weitere Biomassezunahmen zu erwarten sind. Im Gegensatz dazu könnte die aktuell geringere Betroffenheit kleiner Seen auf weniger Freizeitaktivität oder geringere Untersuchungsintensität zurückzuführen sein.

Weiterhin erlauben Untersuchungen der genetischen Differenzierung verschiedener Quaggamuschel populationen Rückschlüsse auf die ursprüngliche Herkunftspopulation und dienen der Rekonstruktion der Ausbreitungswege. So konnte gezeigt werden, dass beispielsweise Quaggamuscheln im Boden-, Genfer- und Neuenburgersee unterschiedlichen Quellen entstammen (Abb. 6, [11]).

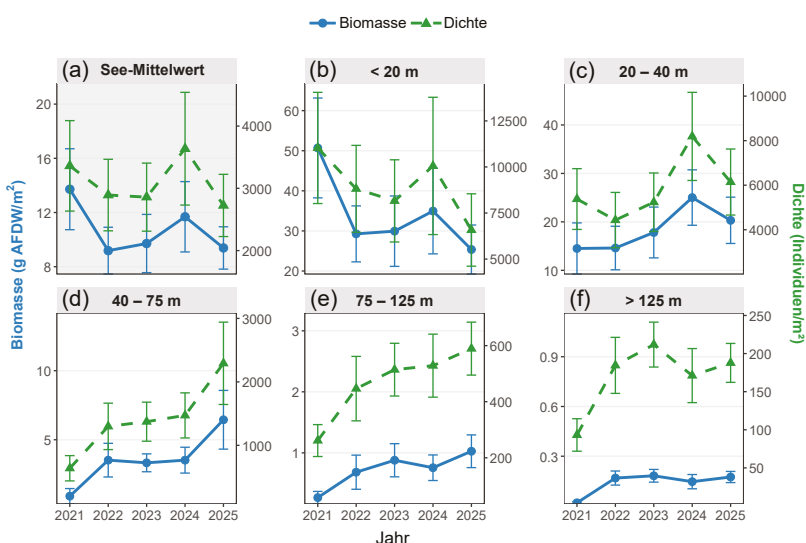


Abb. 4: Seit 2021 wird die Ausbreitung der Quaggamuschel im Bodensee im Rahmen der Projekte SeeWandel und SeeWandel-Klima untersucht. Entwicklung der durchschnittlichen Biomasse (blau) und -dichte (grün) aller Quaggamuscheln mit einer Schalenlänge > 5 mm pro Quadratmeter Seeboden in verschiedenen Wassertiefen seit Beginn des Monitorings (2021). Die Mittelwerte für den gesamten Bodensee (a) sind gewichtet nach dem Anteil der dreidimensionalen Seebodenfläche innerhalb jeder Tiefenkatgorie (b-f). AFDW = aschefreies Trockengewicht [10].

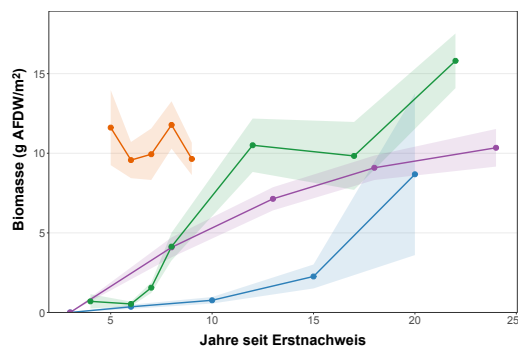


Abb. 5: Durchschnittliche Biomasse aller Quaggamuscheln mit einer Schalenlänge > 5 mm seit dem ersten Nachweis im Bodensee (orange) und in drei der Großen Seen Nordamerikas, Huronsee (blau), Ontariosee (grün) und Michigansee (violett) [10].



Folgen für ein Ökosystem bei Massenvorkommen

Gesicherte Erkenntnisse zu den ökologischen Auswirkungen auf Schweizer Gewässer liegen bisher noch nicht vor. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, Ausmaß und zeitliche Entwicklung der Folgen der Quaggamuschel in unterschiedlichen Süßwasserökosystemen zu verstehen, die sich beispielsweise in Größe, Tiefe oder Schichtung unterscheiden. Diese werden zusätzlich durch Wechselwirkungen mit weiteren invasiven Arten (insbesondere durch frühere Zebamuschelinvansionen), den Klimawandel und mögliche Verschmutzungen beeinflusst. Beobachtete Veränderungen u. a. in den Nordamerikanischen Seen können als Anhaltspunkte dienen:

Rückgang des Planktons:

Die hohe Filtrationsleistung insbesondere der Quaggamuschel in Verbindung mit steigenden Bestandsdichten verstärkt die Nahrungskonkurrenz und kann zu einem Rückgang des pflanzlichen Planktons (Phytoplanktons⁴) führen. Infolgedessen verändern sich die Phytoplankton-Gemeinschaften. Zudem kann die Biomasse und Dichte von tierischem Plankton (Zooplankton⁵) abnehmen, sowohl indirekt durch geringere Nahrungsverfügbarkeit als auch durch direkten Fraßdruck auf kleineres Zooplankton [12].

Zunahme der Sichttiefe:

Durch die Filteraktivität der Muscheln und infolge des Rückgangs des Planktons kann die Sichttiefe zunehmen. Dadurch gelangt mehr Licht in tiefere Wasserschichten, was Organismengruppen wie Wasserpflanzen (Makrophyten) begünstigen kann. Auch Veränderungen im Wärmehaushalt des Gewässers sind möglich, da höhere Temperaturen die Schichtung (Stratifizierung) verstärken und die Durchmischung verringern. Zudem kann eine größere Sichttiefe möglicherweise den Fraßdruck durch Fische erhöhen [12].

Nährstoffabnahme im Freiwasser und -zunahme am Gewässergrund:

Durch die Filtration des Freiwassers und die damit einhergehenden bodennahen Ausscheidungen kann sich Phosphor in Ufernähe und am Gewässergrund anreichern, was die Produktivität erhöht.

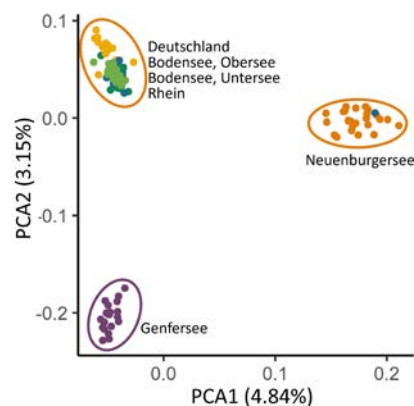


Abb. 6: Genetische Differenzierung zwischen verschiedenen Quaggamuschelpopulationen. Quaggamuscheln aus dem Bodensee unterscheiden sich nicht von denen aus dem Rhein, während die Populationen aus dem Genfer- und Neuenburgersee separate Gruppen bilden [11].

Dadurch können u. a. Fadenalgen und nährstoffliebende Wasserpflanzen gefördert werden. In uferfernen Freiwasserbereichen sinken hingegen Phosphorgehalt und Produktivität [12].

Veränderungen der Artengemeinschaften:

Durch die Bildung ausgedehnter Muschelbänke und Schalendepots wird die Struktur des Gewässerbodens stark verändert. Infolgedessen können neue Lebensräume, insbesondere im Uferbereich entstehen, während zugleich Mikrohabitate verloren gehen. Zusätzlich reichert sich organisches Material am Gewässergrund an, was zu Sauerstoffmangel führen und am Gewässergrund lebende (benthische) Organismen wie Würmer negativ beeinflussen kann. Arten, die von Muschelausscheidungen profitieren, können häufiger auftreten. In Flachwasserbereichen dienen die Muscheln zudem als Nahrung für Vögel, was deren Bestände und Zugverhalten beeinflussen kann. Insgesamt kann dies die Zusammensetzung von Artengemeinschaften verändern [12].

Veränderungen des Nahrungsnetzes:

Rückgang und Veränderungen des Nahrungsangebots und der Produktivität können das Nahrungsnetz beeinflussen und über Veränderungen von Phyto-, Zooplankton und benthischen Kleinstorganismen auch Auswirkungen auf Fischbestände haben. Gleichzeitig zeigen Beobachtungen, dass einige Fischarten ihre Ernährung anpassen und vermehrt Muscheln oder deren Larven nutzen [12, 13].

⁴ Pflanzliche, im freien Wasser schwebende Kleinstlebewesen (z. B. Kieselalgen, Grünalgen etc.).

⁵ Tierische, im freien Wasser schwebende Kleinstorganismen (z. B. Kleinkrebse oder Larven vieler Wasserbewohner).



Folgen für die Nutzung eines Gewässers bei Massenvorkommen



Die Folgen von Zebra- und Quaggamuscheln sind weitgehend ähnlich. Mit zunehmender Ausbreitung der Quaggamuschel ist jedoch auch in Gewässern mit etablierter Zebamuschel eine Verstärkung der Effekte zu erwarten.

Erhöhter Wartungsaufwand und Kosten:

Jegliches Hartsubstrat wie z. B. Wasserentnahmesysteme für Trinkwasser und thermische Nutzung, Schiffe, Freizeitboote und Fischernetze wird von der Quaggamuschel besiedelt. Aufgrund ihrer geringen Größe können Larven durch die Öffnungen der Entnahmekörbe bis weit in die Aufbereitungsanlagen eindringen und dort heranwachsen. Da Quaggamuscheln auch in größeren Tiefen vorkommen, sind selbst in ~60 m Wassertiefe installierte Infrastrukturen (sicher vor dem Bewuchs mit Zebamuscheln) nicht vor Bewuchs geschützt. Dies führt zu steigenden Erneuerungskosten für Anlagen sowie zu erheblichem Wartungs- und Reinigungsaufwand bei verschiedenen Gewässernutzungen, inklusive der Fischerei [14].

Rückgang von relevanten Fischbeständen:

Infolge ökologischer Veränderungen (u. a. im Nahrungsnetz, durch Benthifizierung⁶ sowie Lebensraumveränderungen) sind indirekte Effekte der Quaggamuschel auf Fischbestände zu erwarten.

Diese können zu Verschiebungen in der Artenzusammensetzung und zum Rückgang einzelner Arten führen. In den Großen Seen Nordamerikas wurden Bestandsrückgänge von Tiefenwasserfischen im Zusammenhang mit der Ausbreitung von Zebra- und Quaggamuscheln beobachtet. Als mögliche Ursache gilt dort der Rückgang des Flohkrebsses *Diporeia* spp., einer wichtigen Nahrungsquelle für Fische [15]. Obwohl Muscheln selbst als Nahrungsressource für bestimmte Fischarten dienen, sind auch in Schweizer Gewässern vergleichbare Entwicklungen und sinkende Fischfangerträge möglich. Die Ursachen sind jedoch komplex, da sich Effekte der Quaggamuschel mit Re-Oligotrophierung und Klimawandel überlagern können. Zudem können Quaggamuscheln möglicherweise Schadstoffe anreichern, die über die Nahrungskette an Fische weitergegeben werden können [12].

Ansammlung von Muschelschalen:

Muschelschalen akkumulieren massenhaft im Uferbereich sowie vor Bauwerken wie Dämmen und Kraftwerken. Dies ist unangenehm für Erholungssuchende und andere Gewässernutzende und die Entfernung der Schalen kann hohe Kosten verursachen. Darüber hinaus können sich die Schalen in Fließgewässern ansammeln und den Schiffsverkehr beeinträchtigen [16].



Management und Maßnahmen



Verhinderung der Weiterverbreitung:

Die Weiterentwicklung und Harmonisierung von Präventions- und Schutzmaßnahmen sind zentral, da nach heutigem Wissensstand die Verhinderung der Weiterverbreitung invasiver Arten als wirksamste Maßnahme gilt. Nicht betroffene Gewässer sind konsequent zu schützen. Dazu tragen neben der kantonal geregelten Bootsreinigungspflicht auch Monitoring- und Sensibilisierungskampagnen bei (siehe Infobox).

Monitoring Quaggamuschel:

Für wirksame und koordinierte Maßnahmen zur Verhinderung oder Verlangsamung der Weiterver-

breitung der Quaggamuschel ist ein fundiertes Verständnis ihrer Ausbreitungsmechanismen entscheidend. Ein regelmäßiges und standardisiertes Monitoring ist sowohl für die Früherkennung als auch für das Verständnis von Verbreitungsmustern und Populationsdynamik zentral [7].

Früherkennung: Die regelmäßige Untersuchung von Wasser-, Plankton- oder Sedimentproben mithilfe von (Umwelt)-DNA-Analysen ermöglicht die Früherkennung von Quaggamuscheln. Dabei werden die Proben molekulargenetisch untersucht. Entscheidend ist eine kontinuierliche Probennahme (z. B. ein- bis zweimal pro Jahr).

⁶ Ökologische Verlagerung von Energie- und Stoffflüssen in Gewässern vom Freiwasser (Pelagial) hin zum Gewässerboden (Benthal).

Larvenmonitoring: Im Freiwasser lebende Veligerlarven können im Rahmen von Routine-Planktonuntersuchungen erfasst werden und liefern Hinweise auf reproduzierende Populationen. Die nahezu ganzjährige Fortpflanzung der Quaggamuschel verändert dabei das saisonale Muster der Muschellarven (Abb. 7). Da sich die Larven mit Strömungen im gesamten Gewässer verteilen, ermöglicht das Larvenmonitoring eine effektive und großräumige Erfassung mittels Planktonnetzbeprobung.

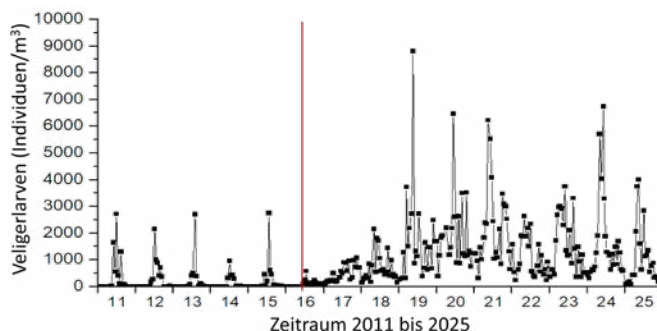


Abb. 7: Saisonales Vorkommen von Veligerlarven der Zebra- und Quaggamuschel im Bodensee an der Messstelle Fischbach-Uttwil, 0–100 m). Seit dem Erstdnachweis der Quaggamuschel 2016 (rote Linie) werden Veligerlarven ganzjährig und in hohen Dichten in Planktonproben nachgewiesen [Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg].

Adulte Muscheln: Empfohlen wird eine regelmäßige und standardisierte Erfassung über alle Wassertiefen, um die räumliche Verteilung abzubilden und Vergleiche zwischen Gewässern und über die Zeit zu ermöglichen. Dabei kommen standardisierte Methoden auf Basis von Unterwasseraufnahmen und Sedimentproben zur Bestimmung von Deckungsgrad, Dichte, Biomasse und Größenverteilung zum Einsatz [7].



Vorsicht blinde Passagiere! Gemeinsam handeln zum Schutz der Gewässer gegen gebietsfremde Arten

Schiffsmelde- und reinigungspflicht

Gebietsfremde Arten werden häufig unbemerkt durch den Menschen verbreitet, etwa über Schiffe sowie Wassersport- und Fischereimaterial. Zur Prävention wurde in vielen Kantonen eine Schiffsmelde- und -reinigungspflicht (SMRP, [17]) eingeführt: Immatrikulierte Schiffe müssen vor dem Einwassern fachgerecht in autorisierten Stellen gereinigt werden, und Gewässerwechsel – auch innerhalb eines Kantons – sind vorgängig zu melden [17].

Sensibilisierungskampagnen

Informationsmaterial verschiedener Fachstellen [Bsp. siehe unten] dient der Sensibilisierung der Bevölkerung mit dem Ziel, alle Gewässernutzenden zu erreichen und die Weiterverbreitung der Quaggamuschel und anderer gebietsfremder Arten zu verhindern. Zentrale Empfehlung ist die konsequente Reinigung, Kontrolle und Trocknung von kleineren Schwimmkörpern und Ausrüstung (z. B. Kojaks, Kanus, Schlauchboote, Stand-Up-Paddleboards sowie Tauch- und Angelgeräte) vor jedem Gewässerwechsel.



Dieser Bericht entstand in Zusammenarbeit zwischen Forschenden der Eawag und Fachpersonen des Cercle Exotique, einer Arbeitsgruppe der Konferenz der kantonalen Umweltämter (KVU) [7].

Nach ihrer Etablierung kann die Quaggamuschel ein Gewässer dominieren und tiefgreifende ökologische Veränderungen verursachen. Ihr hohes Schadenspotenzial und ihre rasche Ausbreitung stellen Behörden sowie Wasser-, Energie- und andere Gewässernutzende vor große Herausforderungen. Für die Vorhersage ihrer zukünftigen Auswirkungen und Populationsdynamik ist ein Verständnis ihrer Reaktionen und Anpassungsfähigkeit auf klimabedingte Veränderungen, etwa der Temperatur, Sauerstoffverfügbarkeit und des Nahrungsangebots, entscheidend. Die Mechanismen

der schnellen Anpassung und Akklimatisierung werden im Projekt SeeWandel-Klima untersucht. Wechselwirkungen mit weiteren invasiven Arten, Umweltbelastungen und gewässerspezifischen Eigenschaften können die Entwicklung zusätzlich beeinflussen und zu standortspezifischen Auswirkungen führen. Erkenntnisse zur Anpassungsfähigkeit der Art sowie langfristige Monitoringdaten liefern wichtige Grundlagen für die Entwicklung wirksamer Managementstrategien und die Abschätzung zukünftiger Auswirkungen auf befallene und bislang nicht befallene Gewässer.

Impressum

Im Rahmen der Forschungsprojekte „SeeWandel“ und „SeeWandel-Klima“ werden u. a. die Ökologie, Genetik, Auswirkungen und Verbreitung der Quaggamuschel untersucht. Da die Forschungsarbeiten weiterhin andauern, wird der Wissensstand fortlaufend erweitert. Die fachlichen Inhalte dieses Faktenblatts wurden in enger Zusammenarbeit zwischen der Fachstelle Quaggamuschel an der Eawag, mitfinanziert vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und der Eidgenössische Fachkommission für Biosicherheit (EFSB), dem Umweltbüro m|ult und den Projektbeteiligten erarbeitet. Weitere Informationen auf: www.seewandel.org. „SeeWandel-Klima: Modellierung der Folgen von Klimawandel und Neobiota für den Bodensee“ (2023-2027) hat zum Ziel, aktualisierte Vorhersagen der Folgen des Klimawandels – unter Einbezug der Auswirkungen von invasiven Arten – auf das Ökosystem Bodensee und dessen nachhaltige Nutzung zu liefern. Es baut auf dem Vorgängerprojekt „SeeWandel: Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen“ (2018-2023) auf.

Herausgeber & Kontakt

SeeWandel-Klima

Vertreten durch Dr. Piet Spaak

Überlandstrasse 133 | CH-8600 Dübendorf

E-Mail: seewandel@seewandel.org

www.seewandel.org

Autorinnen und Autoren

Josephine Alexander, Nadine Jabornegg,

Linus Hofstetter, Alexandra A.-T. Weber

(Aquatische Ökologie, Eawag), Piet Spaak

Fachstelle Quaggamuscheln Eawag

- Vereinheitlichung / Unterstützung der Früherkennung mittels eDNA und des Monitorings
- Internationale Zusammenarbeit zum Schutz von Genfer-, Boden-, Luganersee, und Lago Maggiore
- Koordination von Citizen-Science-Meldungen
- Beratung / Evaluation von Präventions- & Schutzmaßnahmen



Dieses Faktenblatt ist eine Erweiterung des SeeWandel-Faktenblatts #2: „Die gebietsfremde Quaggamuschel erobert den Bodensee – drohen massive Folgen für das Ökosystem?“ aus dem Jahr 2021. Unser besonderer Dank gilt den damaligen Verfassenden und Mitwirkenden, deren Arbeit die Basis für die vorliegende Erweiterung geschaffen hat.



Internationale Rheinregulierung



- [1] Pysek, P., P.E. Hulme, D. Simberloff, S. Bacher, T.M. Blackburn, J.T. Carlton, W. Dawson, F. Essl, L.C. Foxcroft, P. Genovesi, J.M. Jeschke, I. Kuhn, A.M. Liebhold, N.E. Mandrak, L.A. Meyerson, A. Pauchard, J. Pergl, H.E. Roy, H. Seebens, M. van Kleunen, M. Vila, M.J. Wingfield, and D.M. Richardson, *Scientists' warning on invasive alien species*. Biological Reviews Cambridge Philosophical Society, 2020. 95(6): p. 1511–1534. 10.1111/brv.12627
- [2] De Ventura, L., K. Kopp, K. Seppälä, and J. Jokela, *Tracing the quagga mussel invasion along the Rhine river system using eDNA markers: early detection and surveillance of invasive zebra and quagga mussels*. Management of Biological Invasions, 2017. 8(1): p. 101–112. 10.3391/mbi.2017.8.1.10
- [3] Eawag. *Themen im Fokus – Die invasive Quaggamuschel*. 2026 [abgerufen am 29. Juni 2026]; <https://www.eawag.ch/de/info/portal/themen-im-fokus/quaggamuschel/>
- [4] Karatayev, A.Y., L.E. Burlakova, and D.K. Padilla, *Zebra versus quagga mussels: a review of their spread, population dynamics, and ecosystem impacts*. Hydrobiologia, 2015. 746(1): p. 97–112. 10.1007/s10750-014-1901-x
- [5] Karatayev, A.Y., V.A. Karatayev, L.E. Burlakova, K. Mehler, M.D. Rowe, A.K. Elgin, and T.F. Nalepa, *Lake morphometry determines Dreissena invasion dynamics*. Biological Invasions, 2021. 23: p. 2489–2514. 10.1007/s10530-021-02518-3
- [6] De Ventura, L., N. Weissert, R. Tobias, K. Kopp, and J. Jokela, *Overland transport of recreational boats as a spreading vector of zebra mussel Dreissena polymorpha*. Biological Invasions, 2016. 18: p. 1451–1466. 10.1007/s10530-016-1094-5
- [7] Flämig, S., M. Bourqui, J. Alexander, L. Sturm, N. Wellauer, and P. Spaak, *Quaggamuschel: Monitoringkonzept und Empfehlungen zu Präventions- und Schutzmassnahmen*, Hrsg. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 2024. 10.55408/eawag:33819
- [8] Haltiner, L., H. Zhang, O. Anneville, L. De Ventura, J.T. DeWeber, J. Hesselschwerdt, M. Koss, S. Rasconi, K.-O. Rothhaupt, R. Schick, B. Schmidt, P. Spaak, P. Teiber-Siessegger, M. Wessels, M. Zeh, and S.R. Dennis, *The distribution and spread of quagga mussels in perialpine lakes north of the Alps*. Aquatic Invasions, 2022. 17(2): p. 153–173. 10.3391/ai.2022.17.2.02
- [9] Eawag. *Wissens- und Technologietransfer – Fachstelle Quaggamuscheln*. 2026 [abgerufen am 29. Juni 2026]; <https://www.eawag.ch/de/beratung/wissens-und-technologietransfer/fachstelle-quaggamuscheln/>
- [10] Hofstetter, L., T. Müller, M. Bourqui, L.E. Burlakova, Z.C. Cristante, A.Y. Karatayev, S. Kessler, A. Narwani, J.L. Santos, L. Sturm, N. Wellauer, P. Spaak, and A.A.-T. Weber, *Rapid shallow-water saturation and deep-water expansion of an invasive freshwater ecosystem engineer in a deep European lake*. BioRxiv, 2026. 10.64898/2026.06.26.734794
- [11] Haltiner, L., P. Spaak, S.R. Dennis, and P.G.D. Feulner, *Population genetic insights into establishment, adaptation, and dispersal of the invasive quagga mussel across perialpine lakes*. Evolutionary Applications, 2024. 17: e13620. 10.1111/eva.13620
- [12] Karatayev, A.Y. and L.E. Burlakova, *What we know and don't know about the invasive zebra (Dreissena polymorpha) and quagga (Dreissena rostriformis bugensis) mussels*. Hydrobiologia, 2022. 5: p. 1029–1102. 10.1007/s10750-022-04950-5
- [13] Baer, J., C. Spiessl, and A. Brinker, *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, 2022. 100(5): p. 1272–1282. 10.1111/jfb.15043
- [14] SRF. *SRF news – Quagga-Muschel dringt in die Uni Lausanne VD vor – 12. Dezember. 2023*; <https://www.srf.ch/play/tv/schweiz-aktuell/video/quagga-muschel-dringt-in-die-uni-lausanne-vd-vor?urn=urn:srf:video:3ceca22f-bb8f-461a-b4b9-d93ad96f27b4>
- [15] Edlund, M.B., D.J. Jude, and T.F. Nalepa, *Diets of the benthic amphipod Diporeia in southern Lake Michigan before and after the dreissenid invasion*. Journal of Great Lakes Research, 2021. 47(2): p. 447–462. 10.1016/j.jglr.2021.01.018
- [16] Brupbacher, M., *Quagga-Muscheln im Rhein: Fischer kritisieren Ausbaggerung scharf*, Tages-Anzeiger. 2026
- [17] Umwelt Zentralschweiz – *Schiffsmelde- und -reinigungspflicht*. 2026 [abgerufen am 29. Juni 2026]; <https://www.umwelt-zentralschweiz.ch/was-wir-machen/themen/gebietsfremde-arten/aquatische-neobiota/>