

Gewässer im Ausnahmezustand – die dramatische Situation der Süßwassermuscheln in Österreich

Daniel Daill, Christian Pichler-Scheder, Daniela Csar, Clemens Gumpinger

Süßwassermuscheln sind wesentliche Bestandteile aquatischer Ökosysteme, in denen sie zahlreiche Funktionen erfüllen und wichtige Ökosystemdienstleistungen bereitstellen. Trotz ihrer Schlüsselrolle sind Muschelpopulationen weltweit rückläufig. In Österreich sind sieben Großmuschelarten (Ordnung: Unionida) heimisch, wobei sämtliche Arten eine negative Bestandsentwicklung erfahren. Verantwortlich dafür sind vor allem der Verlust oder die Degradation geeigneter Lebensräume infolge von massiven menschlichen Eingriffen, darunter die Folgen der Intensivierung der Land- und Forstwirtschaft, die Fragmentierung der Gewässer durch den Einbau von Querbauwerken, die Verschlechterung der Wasserqualität, die Einbringung invasiver Arten, unzureichende Wirtsfischbestände sowie die Folgen des Klimawandels. Der massive Rückgang der Muschelpopulationen hat in Österreich sowie in vielen weiteren Ländern dazu geführt, dass Erhaltungs- und Nachzuchtprojekte für einzelne Muschelarten – allen voran für die Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) – ins Leben gerufen wurden. Mit diesen wird versucht, einerseits die Bestände vor dem vollständigen Verschwinden zu bewahren und andererseits geeignete Habitate in den Gewässern wiederherzustellen, um wieder sich selbsterhaltende Muschelpopulationen zu etablieren und so den negativen Trend umzukehren.

Daill D, Pichler-Scheder C, Csar D, Gumpinger C (2024) Waters in a state of emergency – the dramatic situation of freshwater mussels in Austria.

Freshwater mussels are essential components of aquatic ecosystems, performing various functions and providing important ecosystem services. Despite their key role in aquatic systems, mussel populations are declining worldwide. In Austria, seven native species of large bivalves (order: Unionida) are recognized, with all species experiencing a negative population trend. The main reasons for this are the loss and degradation of suitable habitats as a result of massive human encroachments, the effects of the intensification of agriculture and forestry, the fragmentation of water bodies due to the construction of transverse structures, the deterioration of water quality, the introduction of invasive species, insufficient host fish stocks, and the consequences of climate change. The massive decline in mussel populations in Austria and many other countries has led to the launch of conservation and breeding projects for individual mussel species, most notably the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). On the one hand, these projects try to save the populations from complete disappearance and, on the other hand, to restore suitable habitats in the waters in order to establish self-sustaining mussel populations and thus reverse the negative trend.

Keywords: Freshwater mussels, mussel conservation, freshwater biodiversity, *Margaritifera margaritifera*.

Einleitung

Süßwassermuscheln sind wertvolle Bestandteile von Süßwassersystemen, sowohl in fließenden als auch in stehenden Gewässern, in denen sie zentrale Funktionen und Ökosystemdienstleistungen erfüllen. So sind Muscheln effektive Filtrierer (Abb. 1), die einerseits Nähr- und Schadstoffe aus der Wassersäule und dem Interstitium entfernen und damit die Wasserqualität verbessern. Andererseits werden die gefilterten Nährstoffe wieder aufbereitet und so anderen Organismengruppen verfügbar gemacht. Darüber hinaus modifizieren Süßwassermuscheln, insbesondere ihre Schalen, bestehende Lebensräume, stabilisie-

ren diese und erhöhen das Strukturangebot. Außerdem spielen Muscheln eine wesentliche Rolle in aquatischen Nahrungsnetzen (Zieritz et al. 2022; Vaughn 2018).



Abb. 1: Adulte Flussperlmuscheln (*Margaritifera margaritifera*) filtrieren Wasser aus der fließenden Welle. Bei den fingerförmigen Ausstülpungen handelt es sich um die Einstromöffnungen, durch die das Wasser in den Filtrationsapparat der Tiere gelangt. © blattfisch e.U. – Fig. 1: Adult freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) filtrate water from the flowing wave. The finger-shaped protrusions are the inflow openings through which the water enters the filtration apparatus of the animals. © blattfisch e.U.

Aufgrund ihrer oft hohen Ansprüche an den Lebensraum und ihrer hohen Sensibilität gegenüber Schadstoffen und Lebensraumveränderungen sind Süßwassermuscheln wichtige Indikatoren für den Zustand von Süßwassersystemen (Denic et al. 2024; Allen & Vaughn 2010). Diese Eigenschaft führt jedoch gleichzeitig dazu, dass die Bestände sämtlicher heimischer Arten rückläufig sind und einige Arten sogar kurz vor dem vollständigen Verschwinden stehen (Reischütz & Reischütz 2007). Der vorliegende Beitrag soll daher einen Überblick über die Gefährdungssituation der heimischen Großmuscheln und die Ursachen für die Bestandsrückgänge geben. Außerdem werden Maßnahmen zum Schutz dieser außergewöhnlichen Tiergruppe sowie Fallbeispiele aus der Praxis vorgestellt.

Aktueller Zustand der heimischen Süßwassermuscheln

Süßwassermuscheln gehören zu den am stärksten gefährdeten Organismengruppen Europas (Lopes-Lima et al. 2017). In Österreich sind sieben Großmuschelarten heimisch: die Gemeine Teichmuschel *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758), die Große Teichmuschel *Ano-*

donta cygnea (Linnaeus, 1758), die Flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758), die Abgeplattete Teichmuschel *Pseudanodonta complanata* (Rossmässler, 1835), die Gemeine Flussmuschel *Unio crassus* Philipsson, 1788, die Malermuschel *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) und die Aufgeblasene Flussmuschel *Unio tumidus* Philipsson, 1788. Von der Gemeinen Teichmuschel und der Großen Teichmuschel sind zudem jeweils zwei, von der Gemeinen Flussmuschel drei Unterarten anerkannt, sodass in der Roten Liste der Weichtiere (Mollusca) Österreichs (Reischütz & Reischütz 2007) insgesamt elf Großmuscheltaxa angeführt sind.

Drei dieser elf Taxa werden als „nahezu gefährdet“, vier als „gefährdet“, eine als „stark gefährdet“ und drei als „vom Aussterben bedroht“ eingestuft. Dies alleine verdeutlicht bereits die dramatische Bestandssituation dieser Organismengruppe.

Die Flussperlmuschel und die Gemeine Flussmuschel werden nicht nur in der Roten Liste, sondern auch in Anhang II der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie des Rates der Europäischen Union geführt. Damit zählen sie zu den Arten von gemeinschaftlichem Interesse, für deren Erhaltung besondere Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen und deren Erhaltungszustand gemäß Artikel 11 zu überwachen bzw. gemäß Artikel 17 alle sechs Jahre an die Kommission zu melden ist.

Im Zuge der vom Umweltbundesamt und den österreichischen Bundesländern beauftragten Kartierungen im Rahmen des Artikel-11-Monitorings war bei der Flussperlmuschel eine ungebremsste Fortsetzung des Abwärtstrends, der bereits von Moog et al. (1993) beschrieben wurde, zu dokumentieren (Ellmauer et al. 2020). Der gesamtösterreichische Bestand wurde zu Beginn der 1990er-Jahre noch auf 50.000 Exemplare geschätzt, wobei es sich den Autor:innen zufolge dabei schon nur noch um etwa 2–3 % des Bestandes handelte, der noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts vorgelegen sein dürfte.

In der ersten Monitoringperiode gemäß Artikel-11 konnten in den Erhebungsjahren 2016/2017 von Csar et al. (2018) überwiegend nur noch individuenarme, isolierte und überalterte Bestände nachgewiesen werden. Insgesamt wurden 78 Gewässerabschnitte untersucht, von denen Nachweise aus der jüngeren Vergangenheit bekannt waren. Davon konnten nur noch in 47 Abschnitten Lebendfunde erbracht werden. Kartierabschnitte mit mehr als hundert Tieren waren die absolute Ausnahme. Vielmehr beruhte in mehr als einem Drittel der Abschnitte der Nachweis jeweils nur auf einem einzigen Individuum. Der österreichische Gesamtbestand wurde aufgrund der dokumentierten Lebendfunde auf nur mehr 8.000 Individuen geschätzt.

In der zweiten Monitoringperiode wurde in den Jahren 2022/2023 in allen Strecken, in denen in der ersten Untersuchung noch lebende Tiere angetroffen worden waren, eine Folgekartierung durchgeführt. Die Auswertung der Daten ist noch nicht abgeschlossen, es zeigt sich aber deutlich, dass in zahlreichen Abschnitten, in denen bei der vorangegangenen Erhebung noch Nachweise erbracht wurden, die Bestände inzwischen erloschen sind – naturgemäß vor allem in jenen Probestrecken, in denen 2016/2017 nur noch Einzeltiere oder einige wenige Individuen dokumentiert werden konnten. Aber auch Populationen mit vergleichsweise hohen Individuenzahlen sind in den letzten sechs Jahren merklich geschrumpft oder sogar gänzlich verschwunden. Gerade in Mühlbächen, in denen sich in den letzten Jahrzehnten einige der individuenreichsten Restpopulationen Österreichs halten konnten, kam es durch Trockenlegung oder unsachgemäße Räumung zur Ausrottung ganzer Teilpopulationen. Die Anzahl positiver Fundpunkte ist in den letzten sechs Jahren

deutlich zurückgegangen (Csar et al. 2023). Angesichts des eindeutig negativen Entwicklungstrends ist zu befürchten, dass sie bis zum nächsten Berichtszeitraum weiter deutlich abnehmen wird.

Ähnlich stellt sich die Situation bei der früher sehr häufigen Art *Unio crassus* dar. Csar & Gumpinger (2012) haben die historischen Nachweise dieser Muschelart aus ursprünglich 18 oberösterreichischen Gewässersystemen mit den rezenten Fundpunkten verglichen. In 13 dieser Systeme waren die Bestände Anfang der 2010er Jahre bereits erloschen. Zwar konnten in der jüngeren Vergangenheit erfreuliche Entwicklungen dokumentiert werden – so wurde von Lerchegger et al. (2014) anhand von Muschelzählungen in Transekten ein Gesamtbestand von 200.000 Tieren für die Aschach hochgerechnet, was diesen Bestand zum größten in der kontinentalen Region Österreichs macht. Allerdings musste in derselben Untersuchung, bei der 41 Abschnitte in neun oberösterreichischen Gewässern kartiert wurden, auch das Erlöschen etlicher ehemaliger Populationen festgestellt werden. Gemäß Ellmauer et al. (2020) liegt der Verbreitungsschwerpunkt in der alpinen Region Österreichs im Klagenfurter Becken.

In 138 Untersuchungsflächen an 45 Fließgewässern in Kärnten, Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich, im Burgenland und in der Steiermark, die aufgrund historischer Nachweise ausgewählt wurden, konnten im Jahr 2017 insgesamt rund 2.000 Lebendfunde für das Artikel-11-Monitoring gemäß FFH-Richtlinie verzeichnet werden (Kaufmann & Woschitz 2018). Von den 45 Gewässern weisen nur neun einen guten Erhaltungsgrad der jeweiligen Population auf. An 48 der 138 ehemals besiedelten Flächen, also an mehr als einem Drittel, wurden keine Muscheln mehr gefunden. Im Bundesland Salzburg konnten im Rahmen des Monitorings zwar keine Nachweise mehr erbracht werden. Jedoch konnten Stöckl-Bauer & Beck (2023) diese Art dort in zwei Gewässern nachweisen – es sind also noch kleine Populationen vorhanden. Der Bestandsrückgang von *Unio crassus* ist dennoch evident.

Für die übrigen Großmuscheln ist die Datenlage deutlich weniger umfassend, da für sie keine Monitoringverpflichtung aus der FFH-Richtlinie abzuleiten ist. Allein aus der Tatsache, dass keine einzige der heimischen Großmuschelarten in der Roten Liste als „ungefährdet“ eingestuft ist, lässt sich jedoch ableiten, dass auch die Bestände der übrigen Arten entsprechend rückläufig sind.

Ursachen der Gefährdung

Die heimischen Großmuschelarten zeichnen sich alle durch einen komplexen Lebenszyklus aus. Die je nach Art zwittrigen oder getrenntgeschlechtlichen Muttertiere stoßen parasitische Larven, sogenannte Glochidien, in das umgebende Wasser aus, die sich je nach Art an den Kiemen oder Flossensäumen bestimmter Wirtsfischarten heften, dort artspezifisch unterschiedlich lange in einer Zyste überdauern und schließlich ihre Metamorphose zur Jungmuschel durchlaufen, vom Fisch abfallen und sich ins Gewässerbett eingraben. Neben der Verfügbarkeit geeigneter Wirtsfische in ausreichender Dichte ist daher das Vorhandensein eines durchströmten, nicht kolmatierten Kieslückenraums als Lebensraum für die Jungmuscheln entscheidend für eine erfolgreiche Reproduktion.

Die Komplexität des Reproduktionszyklus, die obligatorische Abhängigkeit von Wirtsfischen und die unterschiedlichen Lebensraumansprüche der verschiedenen Entwicklungs-

und Altersstadien bedingen neben der filtrierenden Ernährungsweise, die zur Akkumulation verschiedenster Schad- und Giftstoffe in den Körpergeweben führen kann, die hohe Sensibilität der heimischen Großmuscheln gegenüber Störungen unterschiedlichster Art. Tab. 1 gibt einen groben Überblick über die verschiedenen Gefährdungsursachen und deren Auswirkungen auf relevante Habitatparameter sowie auf die heimischen Großmuschelarten. Die unterschiedliche Wirkungsintensität auf die einzelnen Arten lässt sich durch biologische, ökologische und habitatbezogene Aspekte erklären. Die genannten Punkte werden in den folgenden Kapiteln detailliert beschrieben.

Tab. 1: Ursachenmatrix mit Auswirkungen auf abiotische Habitatparameter und die heimischen Großmuschelarten (M. ma.: *Margaritifera margaritifera*; U. cr.: *Unio crassus*; U. pi.: *Unio pictorum*; U. tu.: *Unio tumidus*; A. an.: *Anodonta anatina*; A. cy.: *Anodonta cygnea*; P. co.: *Pseudanodonta complanata*). Die Beurteilung der Wirkungsgrade erfolgte nach fachlicher Einschätzung durch die Autor:innen. – Tab. 1: Causal matrix with effects on abiotic habitat parameters and the native mussel species (M. ma.: *Margaritifera margaritifera*; U. cr.: *Unio crassus*; U. pi.: *Unio pictorum*; U. tu.: *Unio tumidus*; A. an.: *Anodonta anatina*; A. cy.: *Anodonta cygnea*; P. co.: *Pseudanodonta complanata*). The assessment of the efficiencies was based on the authors' expert judgment.

Ursache	Habitatparameter					Großmuschelarten						
	Wasserqualität	Hydrologie	Konnektivität	Morphologie	Sedimente	M. ma.	U. cr.	U. pi.	U. tu.	A. an.	A. cy.	P. co.
Fluss/Uferregulierungen	stark	mäßig	gering	gering	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Wasserkraftnutzung	mäßig	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Urbanisierung	gering	gering	gering	gering	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Schifffahrt	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Land- und Forstwirtschaft	gering	gering	gering	gering	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Trinkwasser	gering	gering	gering	gering	gering	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Bewässerung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Invasive Spezies	gering	keine	keine	keine	keine	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Fischzucht	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Verschmutzung – Nährstoffe	gering	gering	gering	gering	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Verschmutzung – Spurenstoffe	gering	gering	gering	gering	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Klimawandel	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Überfischung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Kumulative Effekte	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark

Wirkung (Legende)

stark	stark
mäßig	mäßig
gering	gering
keine	keine
teilweise unbekannt	teilweise unbekannt

Degradation der Habitate durch Regulierungen von Fließgewässern

Die heimischen Großmuscheln stellen als wenig mobile Tiere mit gleichzeitig altersspezifisch sehr unterschiedlichen Substrat- und Strömungspräferenzen hohe Ansprüche an ihren Lebensraum. Dies gilt vor allem für die Arten der Fließgewässer. Um adulten Muscheln einen geeigneten Lebensraum zu bieten, muss das Substrat so beschaffen sein, dass es auch bei höheren Abflüssen möglichst stabil bleibt und erst bei bettbildenden Hochwässern mobilisiert wird. Gleichzeitig muss die Korngröße im unmittelbaren Nahbereich der Muschel so klein sein, dass sie sich mit ihrem muskulösen Fuß zumindest teilweise in den Untergrund eingraben und dort verankern kann. Ideal für die Flussperlmuschel sind beispielsweise sandig-kiesige Substrate, die von größeren Steinen oder Blöcken stabilisiert werden – solche Habitate finden sich in den Mittel- und Oberläufen unbeeinträchtigter Gewässer. Mobile Sande sind aufgrund ihrer Instabilität für die Art ungeeignet. Um ideale Lebensbedingungen für ihr aktuelles Entwicklungs- oder Altersstadium zu finden, führen Muscheln gezielte Suchbewegungen im Gewässerbett durch, bis sie günstige Substrat-, Strömungs-, Wassertiefen- oder Lichtverhältnisse vorfinden und sich dort längerfristig ansiedeln.

In natürlichen, morphologisch unbeeinträchtigten Gewässern liegt ein Mosaik aus verschiedensten Teillebensräumen vor, in denen alle standorttypischen Arten in allen Stadien geeignete Bedingungen vorfinden. Durch die fast flächendeckende Regulierung der österreichischen Fließgewässer, beispielsweise für den Hochwasserschutz, die landwirtschaftliche Nutzung, die Wasserkraftnutzung oder die Schiffbarkeit, wurden die Fließgewässer in ihrer Lauflänge verkürzt, die Profile verengt und vereinheitlicht und damit zahlreiche kleinräumige Teillebensräume mit unterschiedlichen Standortbedingungen vernichtet. Aufgrund von Laufverkürzungen, des dadurch erhöhten Gefälles und Querschnittsverengungen hat sich die Schleppspannung bei Hochwässern erhöht, gröbere Substrate werden häufiger mobilisiert, stabile Muschelstandorte können sich nicht mehr ausbilden. Gleichzeitig ufern regulierte und infolge der Regulierung eingetiefte Fließgewässer seltener aus, sodass feinere Sedimentanteile wie Schlamm oder Sand nicht mehr im Umland abgelagert werden, sondern im Gewässersystem verbleiben. Die Feinpartikel führen zur Kolmatierung des Kieslückenraums und zerstören damit den Lebensraum für Jungmuscheln.

Auch zur Optimierung und Erweiterung von Siedlungsgebieten (Urbanisierung) wurden umfangreiche Regulierungen umgesetzt. Problematisch für die heimischen Großmuscheln sind neben der Zerstörung ehemals wertvoller Muschelhabitate durch hydromorphologische Veränderungen auch Einträge von Nähr- und Schadstoffen oder Wasserentnahmen. Da diese kumulativen Faktoren gravierende Auswirkungen auf die aquatischen Gemeinschaften haben können, diese jedoch zumeist lokal begrenzt sind, wird der Wirkungsgrad für sämtliche Muschelarten als mäßig eingeschätzt.

Schließlich dienen Regulierungen auch der Schiffbarmachung von Gewässern. Problematisch für aquatische Organismen, insbesondere Fische, sind dabei unter anderem der Wellenschlag (Sog und Schwall) durch vorbeifahrende Schiffe, die mechanische Schädigung von Tieren durch die Schiffsschrauben oder die Mobilisierung von Schwebstoffen (Ratschan et al. 2012). Auch Großmuscheln können von diesen Einflussfaktoren negativ betroffen sein. In Österreich sind zwar nur die Donau, die Mündung der Enns sowie Teile der Traun und der March als Schifffahrtsstraßen ausgewiesen. Allerdings werden auch kleinere Gewässer von Sportbooten befahren, die ebenfalls, wenn auch in einem deutlich

geringeren Ausmaß, die lokale Gewässerfauna beeinträchtigen können. Insgesamt sind die Auswirkungen der Schifffahrt auf die heimische Großmuschelfauna jedoch als gering einzustufen.

Fragmentierung des Lebensraums durch Querbauwerke in Fließgewässern

Um der Eintiefung regulierter Fließgewässer entgegenzuwirken, Brückenbauwerke oder unterirdische Rohrleitungen zu schützen, die Wasserkraft zu nutzen oder Wasser für verschiedene Zwecke (etwa Bewässerung, Fischzucht oder Kühlung von Industrieanlagen) aus Fließgewässern auszuleiten, wurden in Österreichs Bächen und Flüssen unzählige sohlstabilisierende Querbauwerke errichtet. Trotz zweier vorausgegangener Bewirtschaftungszyklen, in denen die Wiederherstellung der longitudinalen Durchgängigkeit der Fließgewässer im Vordergrund stand, gab es zum Zeitpunkt des Inkrafttretens des dritten Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans noch 28.435 unpassierbare Wanderhindernisse in Österreich (BMLRT 2021).

Da alle heimischen Großmuscheln für ihre Fortpflanzung auf Wirtsfischbestände angewiesen sind, die nicht nur eine geeignete Artenzusammensetzung, sondern auch eine entsprechende Altersstruktur aufweisen müssen (Patzner 2004), wirken sich Fischwanderhindernisse zumindest mittelbar auch auf die Muschelbestände aus. Als Organismen mit begrenztem Wanderradius sind Großmuscheln für ihre Ausbreitung auf die Mobilität ihrer Wirtsfische angewiesen (Schwalb et al. 2011). Nach hochwasserbedingten Verdriftungen adulter Muscheln sind Kompensationsbewegungen über größere Distanzen fast ausschließlich durch flussaufwärts gerichtete Wanderungen von mit Muschellarven infestierten Fischen möglich. Sind diese Wanderwege unterbrochen, verlagern sich die Muschelbestände mit jedem größeren Hochwasser sukzessive flussabwärts, bis Faktoren wie Strömung, Substrat, Wassertemperatur oder Sauerstoffverfügbarkeit für ein langfristiges Überleben nicht mehr geeignet sind.

Wasserkraftnutzung

Insbesondere die Errichtung von Wasserkraftanlagen führt zu tiefgreifenden Veränderungen im Gewässer und hat direkte negative Auswirkungen auf die Muschelbestände. Neben der bereits beschriebenen Unterbrechung der Wanderbewegungen potentieller Wirtsfische wird auch der flussabwärts gerichtete Sedimenttransport unterbrochen. Zudem sind Wasserkraftanlagen oft mehrere Meter hoch, um eine hohe Fallhöhe des Wassers – und damit verbunden eine hohe Stromproduktion – zu erreichen. Dies führt zur Ausbildung von großen Rückstaubereichen im Gewässer. In diesen Abschnitten herrschen geringe Fließgeschwindigkeiten vor, wodurch sich vor allem Feinsedimente ablagern. In der Folge werden ehemals vorhandene Strukturen überdeckt und es entstehen monotone, strukturarme Gewässerabschnitte. Im Vergleich zu einem natürlichen Fließgewässerabschnitt stellen Staubereiche somit stark degradierte Bereiche dar, die vielen Muschelarten, insbesondere solchen, die auf eine heterogene Korngrößenverteilung des Substrates und zumindest moderate Fließgeschwindigkeiten angewiesen sind, keinen geeigneten Lebensraum bieten. Lediglich die Gemeine Teichmuschel, die Große Teichmuschel und die Malermuschel, die auch in Stillgewässern vorkommen, können die Staubereiche zumindest eingeschränkt nutzen. Die Auswirkungen der Wasserkraftnutzung werden daher für diese Arten als mäßig, für alle anderen Arten als stark eingestuft.

Landnutzungsänderungen im Umland

Gerade in den Flussniederungen haben im 20. Jahrhundert zur Maximierung landwirtschaftlicher Erträge nicht nur Laufbegradigungen stattgefunden, sondern auch die Landnutzung wurde massiv verändert. Flussbegleitende Auwälder wurden vielerorts in Grünland, Ackerflächen oder Fichtenforste umgewandelt, was tiefgreifende Auswirkungen auf den aquatischen Lebensraum – nicht zuletzt für die heimischen Großmuscheln – hatte. Landwirtschaftlich genutzte Flächen bieten im Vergleich zu Wäldern eine deutlich geringere Beschattung, was zusätzlich zum Klimawandel zu einer Erhöhung der Wassertemperaturen führt. Risikokulturen wie Mais oder Rüben setzen der Bodenerosion bei Niederschlägen oder Wind wenig Widerstand entgegen, was einerseits zum Verlust von Ackerboden und andererseits zur Einschwemmung von Feinsedimenten und Sand in die Gewässer führt. Dieses Feinmaterial lagert sich im Kieslückenraum ab und führt zur Kolmation, also zur Verstopfung und damit zur Zerstörung des Lebensraumes für Jungmuscheln.

Verschiedene Großmuschelarten sind auf bestimmte Nahrungsquellen angewiesen. So ernährt sich die Flussperlmuschel unter anderem von Ab- und Umbauprodukten der terrestrischen Vegetation, vor allem von Süßgräsern und Laub, die einen vergleichsweise hohen Kalziumgehalt aufweisen (Brauns et al. 2021; Hruska 1999). Sauergräser und Nadelstreu liefern deutlich weniger Kalzium und sind daher als Nahrung schlechter geeignet. Eine Veränderung der Umlandvegetation kann zu einem starken Anstieg der Mortalität von Jungmuscheln führen (Gumpinger et al. 2002).

Die Intensivierung der Land- und Forstwirtschaft und der zunehmende Einsatz schwerer Maschinen führen zu einer immer stärkeren Bodenverdichtung, durch die die Wasserspeicherkapazität und die Wasserleitfähigkeit der Böden verringert wird. In Kombination mit einer geringen Bodenbedeckung und Verschlammung der Oberflächen nimmt der Anteil des Oberflächenabflusses am Wassertransport deutlich zu (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. 2020). Die Folgen sind neben der bereits erwähnten Bodenerosion ein verstärkter Eintrag von Nährstoffen, Düngemitteln, Pestiziden und zahlreichen weiteren Stoffen in die Gewässer. Hinzu kommt, dass das meist sehr feuchte Gewässerumland oft großflächig drainiert wurde, um diese Flächen besser nutzbar zu machen. Durch die Drainierung der Flächen werden diese Effekte noch verstärkt. Zusätzlich wird dadurch der Wasserabfluss aus den Flächen beschleunigt, was zu einem erhöhten Oberflächenabfluss führt, der sich wiederum auf die Lebensräume von Süßwassermuscheln und anderen aquatischen Organismen auswirkt.

Schließlich wird für die Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen teilweise Wasser aus den umliegenden Gewässern entnommen. Dies kann sich lokal negativ auf die hydraulischen Bedingungen im Gewässer auswirken bzw. können Muscheln durch die Entnahme direkt geschädigt werden. Der Einfluss auf die heimische Großmuschelfauna wird derzeit jedoch als gering eingeschätzt, da derartige Bewässerungen bislang hauptsächlich lokal stattfinden.

Invasive Arten

In der aktuellen Lieferung der Fauna Aquatica Austriaca (Reischütz et al. 2017) werden für Österreich fünf gebietsfremde Muschelarten angeführt – die Weitgerippte Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774), die Zebra- oder Wandermuschel *Dreisse-*

na polymorpha (Pallas, 1771), die Chinesische Teichmuschel *Sinanodonta woodiana* (I. Lea, 1834) sowie die beiden erst in jüngerer Vergangenheit nachgewiesenen Arten Feingerippte Körbchenmuschel *Corbicula fluminalis* (O.F. Müller, 1774) und Quagga-Dreikantmuschel *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897).

Einen entscheidenden Einfluss auf die heimischen Muschelarten haben groß- und schnellwüchsige, sich rasch vermehrende und damit besonders konkurrenzstarke Arten wie die Chinesische Teichmuschel, die sich auf die heimische Großmuschelfauna schon alleine durch Inanspruchnahme der gleichen Habitate und durch räumliche Verdrängung negativ auswirkt.

Die vergleichsweise kleinwüchsigen *Dreissena*-Arten, die mit Byssusfäden auf festen Oberflächen aufwachsen, besiedeln bevorzugt Großmuscheln, insbesondere in Seen und Seeausrinnen, da sie zur Besiedelung auf Hartsubstrate angewiesen sind, und das meist feine, weiche Substrat in Stillgewässern für sie nicht besiedelbar ist (Csar 2005). Bei starkem Bewuchs mit Zebra- oder Quaggamuscheln kommt es für die befallenen Großmuscheln zu mehreren Beeinträchtigungen. Zum einen werden sie durch die aufwachsenden Neozoen in ihrer Beweglichkeit stark eingeschränkt, zum anderen konkurrieren die *Dreissena*-Arten mit den überwachsenen Großmuscheln um die gleiche Nahrung. Zu hohe Dichten von Aufwuchsmuscheln können dazu führen, dass die Großmuschel keinen ausreichenden Wasserstrom mehr durch ihre Kiemen leiten kann, wodurch nicht nur die Nahrungsaufnahme, sondern auch die Sauerstoffversorgung eingeschränkt wird.

Die Bisamratte *Ondatra zibethicus* (Linnaeus, 1766) wurde 1905 in Österreich (damals Österreich-Ungarn) eingeschleppt und hat seither weite Teile des Landes besiedelt (Skyriene & Paulauskas 2012). Diese semiaquatisch lebende Nagetierart ernährt sich nachweislich von verschiedenen Großmuschelarten, indem sie diese entweder aufbricht, oder die Muschel an Land legt und wartet, bis sie stirbt und sich öffnet (Hochwald 1990; Owen et al. 2010). Bisamratten können so zu erheblichen Bestandsrückgängen von Muschelpopulationen führen und diese im Extremfall sogar vollständig auslöschen. Derartige Vorkommnisse konnten von den Autor:innen im Rahmen verschiedener Muschelkartierungen bei unterschiedlichen Muschelarten (exklusive der Flussperlmuschel) selbst beobachtet werden.

Des Weiteren finden sich in der Literatur zahlreiche Nachweise, dass der Waschbär *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758) Muscheln aufbricht und frisst (Hensel et al. 2021; Simmons et al. 2014), wobei anzumerken ist, dass den Autor:innen keine derartigen Fälle aus Österreich bekannt sind. Dies ist aus fachlicher Sicht auf die derzeit geringe Bestandsdichte des Waschbären in Österreich sowie auf die Tatsache, dass Vorkommen hierzulande vor allem auf das städtische Gebiet – in dem tendenziell weniger Großmuscheln vorkommen – beschränkt sind, zurückzuführen.

Zuletzt sind vor allem der Signalkrebs *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) und neuerdings auch der Marmorkrebs (*Procambarus fallax* f. *virginialis* Martin et al., 2010) als bedeutende Prädatoren heimischer Großmuscheln zu nennen. Sie greifen vor allem bei hohen Bestandsdichten Muscheln an und versuchen, die Schalen mit ihren Scheren aufzubrechen (Sousa et al. 2019; Sanders & Mills 2022; Chucholl & Chucholl 2021).

Der Einfluss invasiver Arten auf die Flussperlmuschel wird als gering eingeschätzt. Dies wird einerseits damit begründet, dass von den genannten Arten aktuell nur Bisamratte, Waschbär und Signalkrebs im österreichischen Verbreitungsgebiet der Flussperlmuschel

gesichert vorkommen. Zum anderen hat die Flussperlmuschel eine vergleichsweise dicke Schale, weshalb vor allem adulte Tiere nur schwer aufzubrechen sind – tatsächlich sind den Autor:innen keine Fälle aus Österreich bekannt, in denen Flussperlmuscheln von den genannten Arten angegriffen oder gefressen wurden. Im Verbreitungsgebiet der Abgeplatteten Teichmuschel treten hingegen deutlich mehr invasive Arten auf. Zudem sind die Schalen dieser Muschelart dünn und die Bestandsdichten meist sehr gering, weshalb von einem großen Risiko ausgegangen wird. Für alle anderen Muschelarten wird ein mäßiges Risiko angenommen.

Defizite bei den Wirtsfischen

Sämtliche in Österreich heimischen Großmuscheln sind für ihre Reproduktion auf das Vorhandensein von geeigneten Wirtsfischen angewiesen (Patzner 2004). Dabei handelt es sich neben wirtschaftlich uninteressanten Arten wie beispielsweise der Elritze *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) oder der Koppe *Cottus gobio* Linnaeus, 1758 als Wirte für die Gemeine Flussmuschel auch um intensiv genutzte Arten, wie beispielsweise die Bachforelle *Salmo trutta fario* Linnaeus, 1758 oder den Zander *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758). Hinzu kommt, dass Exemplare, die mit Muschellarven infestiert wurden, infolgedessen eine Immunität entwickeln. Bei einer weiteren Infestation führt diese dazu, dass die angehefteten Muschellarven abgestoßen werden (Modesto et al. 2017; Patzner 2004). Für eine erfolgreiche Reproduktion ist somit nicht nur das alleinige Vorhandensein von Fischen der entsprechenden Arten, sondern ebenso ein ausreichender Bestand von juvenilen, noch nicht infestierten Individuen, zwingend notwendig.

Fischereilich relevante Fischpopulationen können übermäßig fischereilich genutzt werden, wodurch im Extremfall ein Großteil der laichbereiten Adultfische vorzeitig entnommen wird – dies wirkt sich negativ auf den Fischbestand, besonders in Hinblick auf das Vorhandensein von juvenilen Individuen aus. Hinzu kommt, dass fischereilich genutzte Bestände oftmals durch Besatzmaßnahmen gestützt werden. Dabei werden jedoch häufig standortfremde Individuen derselben Art eingebracht, deren genetische Struktur sich jedoch deutlich von der der autochthonen Population unterscheidet. Dies hat in vielen Fällen zu einer Verwässerung oder einer vollständigen Verdrängung des lokal angepassten Genpools geführt (Pinter et al. 2019), was sich wiederum negativ auf den Fortpflanzungserfolg der jeweiligen Muschelpopulation auswirken kann. Österling & Larsen (2013) beobachteten beispielsweise, dass die Anheftungs- und Wachstumsraten von Glochidien zwischen verschiedenen Bachforellenstämmen signifikant variierten.

Die Folgen der fischereilichen Nutzung von Fischpopulationen – sowohl hinsichtlich der Überfischung von Beständen als auch der Einbringung standortfremder Tiere aus Fischzuchten – sind für die Flussperlmuschel und die Abgeplattete Teichmuschel besonders problematisch, da diese beiden Muschelarten in Österreich überwiegend in sehr geringen Bestandsdichten vorkommen und vor allem auf fischereilich relevante Fischarten als Wirtsfische angewiesen sind. Für die übrigen Muschelarten werden die Auswirkungen als gering eingeschätzt.

Wasserqualität

Alle heimischen Großmuscheln ernähren sich als aktive Filtrierer. Die mit dem Atemwasserstrom eingesogenen organischen Partikel werden mit Hilfe der netzartigen Kiemen herausgefiltert. Die Filterleistung ist dabei beachtlich – bis zu 40 l Wasser pro Stun-

de kann eine Großmuschel durch ihren Körper leiten und von der Partikelfracht befreien (Taurer 2014), bei kleineren Arten wie der Gemeinen Flussmuschel sind es 3–4 l/h. Mit den Nahrungspartikeln können allerdings auch Schad- und Giftstoffe assoziiert sein, die sich im Laufe eines Muschellebens im Gewebe anreichern. Muscheln zählen neben den dekapoden Krebsen zu den größten und langlebigsten Wirbellosen in den heimischen Gewässern. Die Lebenserwartung der Flussperlmuschel beträgt etwa über hundert Jahre (Moog et al. 1993), entsprechend hohe Konzentrationen an schädlichen Substanzen können sich anreichern. Diese wiederum können auch zu subletalen Beeinträchtigungen wie Einschränkungen der Fitness, des Wachstums oder der Reproduktion führen (Moorkens & Killen 2018).

Gerade für Arten, die an kaltes, sauerstoffreiches und nährstoffarmes Wasser angepasst sind, wie die Flussperlmuschel, können zudem hohe Nährstoffkonzentrationen problematisch werden, die auf Einschwemmungen aus intensiv genutzten Acker- oder Grünlandflächen zurückzuführen sind. Vor allem Stickstoffverbindungen (Nitrat, Nitrit oder Ammonium) und Phosphorverbindungen können für Großmuscheln problematisch sein. Zum einen werden durch diese beiden Nährstoffklassen Makrophyten und Makroalgen gefördert, durch deren Flächenwachstum der potentiell geeignete Lebensraum für Großmuscheln in der Gewässersohle eingeschränkt wird. Zum anderen kann es durch die nächtliche Atmung der Pflanzen und den mikrobiellen Abbau pflanzlichen Materials zu einer Sauerstoffzehrung am Gewässergrund kommen. Schließlich können sich durch mikrobielle Umwandlung von Ammonium bei ungünstigen pH-Werten, Temperaturen oder Sauerstoffverhältnissen Nitrit bzw. Ammoniak bilden, die eine letale Wirkung auf aquatische Organismen haben können (Brandorff & Masch 2001). Jüngere Untersuchungen weisen zudem darauf hin, dass mit steigender Konzentration von Nitrat-Stickstoff sowohl die erfolgreiche Anheftung von Glochidien an das Wirtsfischgewebe als auch die Metamorphose zur Jungmuschel abnimmt (Moore & Bringolf 2018).

Besonders empfindlich reagieren juvenile Muscheln im Kieslückenraum auf stoffliche Belastungen. Bekannt sind etwa direkte toxische Wirkungen von Natriumchlorid, Nitrat, Orthophosphat, Cadmium, Arsen und Aluminium auf Jungmuscheln der Flussperlmuschel (Belamy et al. 2020).

Neben den überhöhten Nährstoffeinträgen hat in den letzten Jahren auch der Eintrag von Spurenstoffen in die heimischen Gewässer deutlich zugenommen. Dazu zählen beispielsweise Rückstände von Arzneimitteln oder Körperpflegeprodukten, die vom Menschen verwendet werden und über das Abwasser in die aquatischen Systeme gelangen. Problematisch ist auch der übermäßige Einsatz von Pharmazeutika in der Landwirtschaft zur Behandlung von Krankheiten bei verschiedenen Nutztieren. Studien zeigen, dass sich diese Spurenstoffe im Muschelgewebe anreichern (Xu et al. 2022; Ikkere et al. 2018). Die Auswirkungen auf die heimische Muschelfauna sind derzeit noch unzureichend erforscht, aber in jedem Fall als problematisch einzustufen.

Klimawandel

Der Klimawandel wirkt sich auf verschiedenen Ebenen auf heimische Großmuscheln aus. Zum einen steigen mit zunehmender Lufttemperaturen auch die Wassertemperaturen. Für weitgehend sessile Organismen mit stark eingeschränkter Mobilität sind steigende Temperaturen kaum mittels Wanderbewegungen in weiter flussaufwärts gelegene, kühleren Gewässerabschnitte zu umgehen. Gerade die Flussperlmuschel, die in Österreich aus-

schließlich die kaltstenotheime Bachforelle zur Reproduktion nutzen kann, ist nicht nur aufgrund ihrer eigenen Physiologie, sondern auch in Hinblick auf die Physiologie ihrer Wirtsfische auf kaltes, sauerstoffreiches Wasser angewiesen. Steigen die Wassertemperaturen und sinkt damit die Sauerstoffkonzentration im Wasser, können sich für beide Arten schnell ungünstige Bedingungen einstellen, die langfristig den Erhalt am Standort erschweren oder unmöglich machen (Van Vliet 2023; Hari et al. 2005).

Ein weiterer Faktor ist das Abflussgeschehen. Mit der Veränderung des Klimas und der Intensivierung des globalen Wasserkreislaufs werden extreme Wetterereignisse mit hoher Wahrscheinlichkeit häufiger (Ballester et al. 2009). Sommerliche Trockenperioden mit extremen Niedrigwasserabflüssen werden etwa in Deutschland seit einigen Jahren beobachtet (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. 2020). Auch im Mühlviertel konnten die Autor:innen in den letzten Jahren lange und ausgeprägte Niedrigwasserphasen feststellen (Daill et al. in prep.; Daill et al. 2020). Neben klimatischen Effekten sind hier ebenso Drainagierungen der Vorländer zu nennen, die den in den Boden eindringenden Niederschlag schneller als im unbeeinträchtigten Zustand in den Vorfluter leiten und damit die Speicherwirkung des Bodens herabsetzen und das Abflussverhalten des Gewässers beeinflussen (Chiffard 2006).

Aufgrund der umfassenden und multifaktoriellen Auswirkungen auf aquatische Systeme werden die Auswirkungen des Klimawandels auf die heimische Muschelfauna überwiegend als mäßig eingeschätzt. Lediglich für die Flussperlmuschel, die wie bereits beschrieben noch sensibler auf die genannten Folgen reagiert, wurde eine Bewertung mit stark vorgenommen.

Mangelndes Problembewusstsein in der Bevölkerung

Unwissenheit ist immer wieder eine Ursache für die Dezimierung von Muschelbeständen. So führen beispielsweise Grundeigentümer und Erhaltungsbeauftragte Gewässeräumungen durch, ohne das Vorkommen von Muscheln im Gewässer zu kennen. Darüber hinaus kommt es immer wieder zu Beeinträchtigungen aus dem Gewässerumland, wie etwa in Form von Kalkdüngung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen oder Einleitungen von Schadstoffen in die Gewässer. Betreiber von Wasserkraftanlagen führen mitunter Stauraumpülungen durch, die zu einer drastischen Erhöhung der Feinsedimentfrachten führen. Wassersportler können mit ihren Sportgeräten invasive Arten in Gewässersysteme einbringen (s. entsprechendes Kapitel). Zumeist ist den handelnden Personen nicht bewusst, dass dadurch bestehende Muschelpopulationen stark beeinträchtigt werden können oder dass solche Populationen überhaupt vorhanden sind.

In den letzten Jahren musste im Zuge von Muschelkartierungen wiederholt festgestellt werden, dass die Nutzung von Mühlbächen, die wertvolle Muschelbestände beherbergt hatten, aufgegeben wurde und die betroffenen Gewässer in der Folge trocken fielen, was zum Erlöschen der bis dahin vorhandenen Muschelpopulation führte (Csar et al. in prep.).

Maßnahmen zum Schutz der heimischen Großmuscheln

Renaturierung und Restrukturierung von Gewässern

Durch die Umsetzung von umfassenden Renaturierungen und Restrukturierungen können in anthropogen überprägten, monotonen Gewässerstrecken wieder nutzbare Habitate für Süßwassermuscheln geschaffen werden (Haag & Williams 2014). Wesentlich

ist dabei die Schaffung eines möglichst naturnahen Zustandes mit vielen unterschiedlichen Teilhabitaten, sodass Lebensräume für alle Arten und Altersstadien entstehen. Neben dem Einbringen von standorttypischen Strukturelementen (Struktursteine, Totholz, Raubäume) und dem Rückbau von Regulierungsbauwerken ist die Wiederherstellung der Vernetzung mit dem Gewässerumland von entscheidender Bedeutung. Dadurch können sich einerseits bei hohen Abflüssen Feinsedimente auf den Uferbänken und im gewässernahen Umland ablagern, wodurch eine übermäßige Akkumulation im Gewässer verhindert wird. Andererseits hat das Gewässer wieder die Möglichkeit auszufernen, wodurch die Schleppspannung an der Gewässersohle bei Hochwasserabflüssen nicht unnatürlich stark erhöht wird und sich stabile Habitate ausprägen können. Dadurch wird die Etablierung von selbsterhaltenden Muschel- und Wirtsfischpopulationen ermöglicht.

Wiederherstellung der longitudinalen Konnektivität

Durch die Entfernung von Querbauwerken oder die Errichtung von Fischwanderhilfen können bisher fragmentierte Fischpopulationen wieder miteinander in Kontakt gebracht und bisher nicht erreichbare Habitate – beispielsweise Kiesbänke als Laichhabitate – wieder erschlossen werden. Dies wirkt sich positiv auf die Bestandssituation und Fitness der Fischpopulation aus, was wiederum positive Effekte für die Muschelbestände hat, die auf das Vorhandensein intakter Wirtsfischpopulationen angewiesen sind. Durch die Entfernung von Wanderbarrieren können sich auch Süßwassermuscheln, die als Glochidien von den Fischen mittransportiert werden, ausbreiten und neue Habitate erschließen bzw. wieder mit anderen fragmentierten Muschelpopulationen in Kontakt treten.

Neben der Wiederherstellung der longitudinalen Konnektivität hat die Entfernung von Querbauwerken zur Folge, dass auch deren Staubereiche aufgelöst werden. Dadurch können in bisher ungeeigneten Gewässerabschnitten nutzbare Teilhabitate für Muschelarten der Fließgewässer entstehen. Dabei ist zu beachten, dass sich in den Staubereichen mitunter auch stillwasserangepasste Muschelarten ansiedeln können – bei einer Beseitigung ist daher unbedingt vorher eine Muschelkartierung und gegebenenfalls eine Bergung der vorhandenen Exemplare durchzuführen.

Anpassung der Landnutzung im Gewässerumland

Zum Schutz der heimischen Muscheln ist eine grundlegende Änderung der intensiven Landnutzung im unmittelbaren Gewässerumland erforderlich. Anzustreben ist eine weitgehende Extensivierung der gewässernahen Flächen und die Wiederherstellung einer natürlichen Ufervegetation, um sicherzustellen, dass Nahrungspartikel wieder in ausreichender Qualität und Quantität in den aquatischen Lebensraum gelangen können. Durch die Extensivierung der Ufer kann auch der Wasserrückhalt in der Landschaft erhöht werden, wodurch der Abfluss von Niederschlagswasser zeitlich gestreckt und Abflussspitzen gedämpft werden.

Zur Reduktion der Feinsedimentbelastung, die in den österreichischen Fließgewässern praktisch flächendeckend auftritt, ist die Aufgabe von erosionsanfälligen Pflanzenkulturen (Mais, Rüben, Soja etc.) in unmittelbarer Gewässernähe unumgänglich. Dies würde nicht nur den Eintrag von Feinsedimenten, sondern auch von Pestiziden und anderen Schadstoffen reduzieren.

Nennenswerte Eintragspfade von Feinmaterial, Nähr- und Schadstoffen sind auch Forststraßen, weil es durch Erosion der unbefestigten Wege, durch Böschungsanschnitte und

die Ableitung von Abwässern bei Niederschlagsereignissen vermehrt zu Einträgen in die Gewässer kommt. Straßenentwässerung von Forststraßen, aber auch von befestigten gewässerbegleitenden Straßen sollte über vorgeschaltete Auffangbecken oder über Geländevericksierung stattfinden, anstatt die Wässer direkt und ohne Vorklärung ins Gewässer einzuleiten.

Im Idealfall sollte in direkter Gewässernähe wieder das Aufkommen standorttypischer Uferbegleitgehölze gefördert werden. Neben der Funktion als Grobrechen für Einträge aus dem Umland wird dadurch auch die Beschattung der Gewässer erhöht, was im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels immer wichtiger wird. Darüber hinaus entstehen durch ins Gewässer gestürzte Bäume oder Äste oder durch unterspülte Wurzeln vielfältige und wertvolle Strukturen für Fische und Muscheln.

Zwar bestehen mit dem Nitrat-Aktionsprogramm, das österreichweit auf Grundlage der EU-Nitratrictlinie erlassen wurde und bereits mehrere Novellierungen erfahren hat, zumindest zwischen 15. Oktober und 15. Februar Einschränkungen der Gülleausbringungen, auf gewässernahen Flächen auch ganzjährig gültige örtliche Beschränkungen. Gerade in Gewässern mit Restbeständen von Großmuscheln wäre eine Ausdehnung der Flächen ohne Gülldüngung aus fachlicher Sicht aber jedenfalls wünschenswert.

Verantwortungsvolles Management der heimischen Fischbestände

Zur Stützung der heimischen Großmuscheln ist es wesentlich, die fischereiliche Nutzung der (Wirts-)Fischpopulationen so anzupassen, dass diese die Entwicklung von intakten Beständen nicht negativ beeinträchtigt. Eine derartige Nutzung kann beispielsweise durch eine Fischentnahme, deren Ausmaß sich am jeweiligen Fischbestand orientiert, sowie durch das Festlegen sinnvoller Mindest-, aber auch Obermaße gewährleistet werden.

Des Weiteren sollte nach Möglichkeit auf Besatzmaßnahmen verzichtet und stattdessen durch gezielte Maßnahmen das natürliche Aufkommen von Wildfischen gefördert werden. Sollte ein Fischbesatz zwingend erforderlich sein, beispielsweise wenn ein Fischbestand stark degradiert oder lokal ausgestorben ist, so ist dieser in Kombination mit einem genetischen Monitoring durchzuführen. Ziel ist es, die Verwässerung des lokalen genetischen Potentials und die Einbringung standortfremder Fischstämme zu vermeiden.

Nachzucht und Wiederansiedlung

Der dramatische Rückgang der heimischen Muschelbestände hat dazu geführt, dass viele Muschelpopulationen stark dezimiert sind. Viele Bestände sind unmittelbar vom vollständigen Verschwinden bedroht, weshalb mittel- und langfristige Verbesserungsmaßnahmen diesen Trend nicht mehr umkehren können. Um diese Bestände – und damit ihr genetisches Potential – vor dem vollständigen Verschwinden zu bewahren, wurden in den letzten 30 Jahren insgesamt 46 Nachzuchtprogramme in 16 europäischen Ländern ins Leben gerufen (Geist et al. 2023).

In Österreich werden im Rahmen des Artenschutzprojektes „Vision Flussperlmuschel“ seit 2011 zwei Flussperlmuschel-Populationen nachgezüchtet – von denen derzeit knapp 2.000 Jungmuscheln erfolgreich in unterschiedlichen Gewässern gehältert werden (siehe „Fallbeispiel Flussperlmuschel“).

Es ist allerdings hervorzuheben, dass solche Nachzuchtbemühungen ausschließlich in Kombination mit Habitatverbesserungsmaßnahmen in den Gewässern umzusetzen sind. Ansonsten kann keine nachhaltige Verbesserung der Bestandssituation erreicht werden.

Bekämpfung und Eindämmung invasiver Tierarten

Um die direkten und indirekten negativen Auswirkungen invasiver Arten auf die heimischen Großmuscheln zu reduzieren (siehe entsprechendes Kapitel), ist es zwingend erforderlich, die Neozoen-Bestände zu reduzieren. In vielen Gewässersystemen sind invasive Arten allerdings bereits in solch hohen Dichten vorhanden, dass selbst eine gezielte Entnahme zu keinem nachhaltigen Bestandsrückgang führt – als Beispiel sind hier die Zebra- oder Wandermuschel, die Weitgerippte Körbchenmuschel oder der Signalkrebs zu nennen. In diesen Fällen müssen Schutzmaßnahmen darauf abzielen, eine weitere Ausbreitung dieser Arten zu verhindern. Die flussaufwärts gerichtete Wanderung des Signalkrebes kann beispielsweise durch sogenannte Krebsperren erschwert werden. Dabei handelt es sich um eingebaute Barrieren, die meist eine glatte Oberfläche in Kombination mit einer hohen Fließgeschwindigkeit, bzw. einen Absturz mit Überkragung aufweisen (Gumpinger et al. 2018). Der Einbau von Querbauwerken steht grundsätzlich im Widerspruch zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern – kann durch eine solche Krebsperre jedoch eine bedeutende, bisher isolierte Population geschützt werden, ist der Einbau sinnvoll.

Die invasiven *Dreissena*-Arten werden dagegen vielfach durch Wassersportgeräte verbreitet, die in mehreren unterschiedlichen Gewässern verwendet werden und beim Transport zwischen diesen nicht vollständig trocknen. Die Ausbreitung erfolgt dabei sowohl über planktische Veligerlarven (Dalton & Cottrell 2013), die an feuchten Oberflächen haften bleiben, als auch über festsitzende Muscheln (De Ventura et al. 2016). Eine Verbreitung über Larven kann durch eine konsequente Desinfektion der Geräte verhindert werden. Ein geeignetes Mittel ist Virkon S, das für Anwender:innen und die heimischen aquatischen Organismen unbedenklich ist (Jussila et al. 2014). Die Notwendigkeit einer solchen Desinfektion ist in der breiten Öffentlichkeit jedoch weitgehend unbekannt. Eine wesentliche Maßnahme ist daher die Sensibilisierung der betroffenen Personengruppen (Sport- und Fischereivereine, im Wasserbau tätige Unternehmen, etc.) durch Informationskampagnen.

Andere Arten wie die Bisamratte können durch gezielte Bejagung erfolgreich dezimiert werden. An Gewässern mit betroffenen Muschelbeständen können lokale Kooperationen mit Gemeinden, Forstbetrieben oder Jagdverbänden zielführend sein, um den Prädationsdruck zu reduzieren.

Bewusstseinsbildung der Öffentlichkeit

Wie bereits in den vorigen Kapiteln thematisiert, werden heimische Großmuscheln häufig unbeabsichtigt oder unwissentlich beeinträchtigt. Informationsveranstaltungen mit den lokalen Stakeholdern (Gewässeranrainer, Jagd-, Fischerei- und Sportvereine, Fischereiberechtigte, Gemeinden, etc.) können diesem Problem entgegenwirken. Neben den vielfältigen positiven Effekten, die Muscheln für die Gewässer und in weiterer Folge für den Menschen haben (Zieritz et al. 2022), sollen auch die Gefährdungsursachen sowie Maßnahmen zum Erhalt dieser schützenswerten Organismengruppe vermittelt werden. Wesentlich ist zudem, dass die lokale Bevölkerung Ansprechpartner hat, an die sie sich mit ihren Anliegen und Problemen wenden kann. Ziel dieser Informationskampagnen ist es in weiterer Folge, dass bereits sensibilisierte Personen andere Akteure am Gewässer über die Thematik informieren können und somit negative Auswirkungen auf die Muschelbestände durch Unwissenheit nachhaltig verringert werden.

Fallbeispiel: Flussperlmuschel

Bereits Ende der 1990er Jahre wurden in Österreich Maßnahmen zum Erhalt der vom Aussterben bedrohten Flussperlmuschel, deren Verbreitung in Österreich ausschließlich auf das Granit- und Gneisgebiet im Norden Ober- und Niederösterreichs beschränkt ist, umgesetzt. Trotz dieser Bemühungen konnte der dramatische Bestandsrückgang nicht aufgehalten werden. Im Jahr 2011 wurde daher von der Abteilung Naturschutz am Amt der Oberösterreichischen Landesregierung das Artenschutzprojekt „Vision Flussperlmuschel“ ins Leben gerufen. Das Ziel des Projektes ist die Etablierung sich selbst erhaltender Bestände in den oberösterreichischen Gewässern.

Im Rahmen des Artenschutzprojektes wurde im Jahr 2011 eine Muschelzuchtanlage an der Flanitz, einem Bach im Gewässersystem der Aist, errichtet. Dort wurden zwei Zuchtbecken-Kombinationen, bestehend aus je einer Muschelrinne mit nachgeschaltetem Fischbecken, realisiert. Darin werden zwei Muschelpopulationen, aus dem Aist- und Naarn-Einzugsgebiet, vollkommen getrennt voneinander gehalten und nachgezüchtet, um eventuell vorhandene genetische Anpassungen zu erhalten (Abb. 2a).



Abb. 2a,b: Innenansicht der Muschelzuchtanlage mit den beiden Zuchtbecken-Kombinationen (2a, links) und adulte Flussperlmuscheln in einer Rinne (2b, rechts). © blattfisch e.U. – Fig. 2a,b: Interior view of the mussel breeding facility with the two breeding tank combinations (2a, left) and adult freshwater pearl mussels in a raceway (2b, right). © blattfisch e.U.

Die adulten Flussperlmuscheln befinden sich ganzjährig in den Muschelrinnen. Diese sind mit Substrat verschiedener Korngrößen ausgestattet und werden permanent vom angrenzenden Gewässer mit Wasser versorgt, sodass optimale Hälterungsbedingungen herrschen (Abb. 2b). Nachgeschaltet befindet sich ein Fischbecken, in dem einsömrige Bachforellen – die einzig relevanten Wirtsfische der Flussperlmuschel in Österreich – gehalten werden. Der Fortpflanzungszyklus läuft ohne weiteres Zutun ab: Im Frühsommer stoßen die männlichen Adultmuscheln ihre Spermien aus. Diese werden von den Weibchen eingestrudelt und befruchten so die Eier, die sich auf den Kiemenblättern der Tiere befinden. Die Larvalentwicklung dauert mehrere Wochen, bis schließlich im Spätsommer die reifen Larven ausgestoßen werden. Diese treiben mit dem fließenden Wasser ins Fischbecken, wo sie mit den Bachforellen in Kontakt kommen und sich an deren Kiemen

festsetzen können. Dort überwintern die Larven etwa zehn Monate und durchlaufen eine Metamorphose zur Jungmuschel, bevor sie im Frühsommer des folgenden Jahres von den Kiemen abfallen.

Die abfallenden Jungmuscheln werden mit einer speziellen Erntevorrichtung aufgesammelt und in ein Labor überführt. Dort werden die Tiere mit Frischwasser aus einem ausgewählten Projektgewässer, Detritus und Algenfutter versorgt und bis zum Erreichen einer Größe von etwa 1 mm in Klimaschränken bei etwa 18°C gehältert. Das Futterwasser wird zweimal wöchentlich gewechselt, dabei werden tote Individuen entfernt und der Zustand der lebenden Exemplare beurteilt. Die zeitintensive Laboraufzucht dauert etwa von Mitte Juni bis Mitte September.

Im Anschluss an die Laborphase werden die etwa 1 mm großen Jungmuscheln in spezielle Hälterungssysteme überführt und in ausgewählten Projektgewässern ausgesetzt. Im Artenschutzprojekt kommen drei verschiedene Systeme zum Einsatz: Lochplattenkäfige aus Plexiglas, auch Buddensiek-Boxen genannt, werden hauptsächlich für Individuen < 10 mm verwendet (Buddensiek 2000). Sogenannte Muschelsilos nach Barnhart (2007) bestehen aus einem halbkugelförmige Granitstein, in den mittig ein Loch gebohrt wurde. In dieses wird ein PVC-Rohr, welches beidseitig mit einem Netz versiegelt ist und die Jungmuscheln beherbergt, eingebracht. Größere Exemplare werden in speziellen Holzkisten, welche beidseitig mit einem Netz versiegelt sind, gehältert. In diesen wird eine etwa 3 cm dicke Schicht Bachsubstrat eingebracht, um den Jungmuscheln die Möglichkeit zur optimalen Positionierung in der Kiste ermöglichen zu können.

Auf diese Weise werden derzeit (Stand: April 2023) knapp 2.000 Jungmuscheln gehältert – im Fall der Naarn-Population entspricht dies einem Vielfachen der noch lebenden Ausgangspopulation. Das Artenschutzprojekt „Vision Flussperlmuschel“ leistet damit einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt dieser Tierart.

Neben der Nachzucht spielt die Einzugsgebietsarbeit zur (Wieder-)Herstellung von geeigneten Habitaten in den Projektgewässern eine zentrale Rolle im Artenschutzprojekt. Diese zielt darauf ab, bestehende Defizite, die zur Degradation des jeweiligen Gewässerabschnitts führen, auszugleichen. Im Verbreitungsgebiet der Flussperlmuschel, das in Österreich auf den österreichischen Anteil an der Böhmisches Masse im Mühl- und Waldviertel sowie auf deren Ausläufer südlich der Donau begrenzt ist, stellt beispielsweise die zunehmende Versandung der Gewässer ein starkes Defizit dar. Diese führt nicht nur zu einer Strukturarmut im Gewässer, sondern verstopft auch das hyporheische Interstitial, wodurch der Wasseraustausch mit diesem unterbunden wird. Dadurch werden die juvenilen Muscheln, die sich nach dem Abfallen von den Kiemen der Bachforellen im Flussbett eingraben, nicht ausreichend mit Sauerstoff und Nahrung versorgt und verenden.

Eine Maßnahme zur Reduktion der Feinsedimentfracht im Gewässer ist die Anlage einer Sedimentationsfläche (vgl. Auer et al. 2022). Dabei handelt es sich um eine lokale Uferabsenkung im Innen- oder Außenbogen eines Gewässers bzw. an einem Zufluss (Abb. 3). Die Umlandabsenkung bewirkt, dass der Bereich bei einer Wasserführung über Mittelwasser, wie sie etwa infolge eines Regenereignisses auftritt, überströmt wird. Die Überbreite des Gewässerabschnitts führt zu einer Verringerung der Schleppspannung, sodass sich die mittransportierten Feinsedimente in diesem Bereich abgelagern. Sinkt der Wasserstand wieder, kann das abgelagerte Feinsediment im Trockenem abtransportiert werden,

ohne dass das Gewässer durch Räumungsarbeiten beeinträchtigt wird. Zusätzlich führen die Sedimentationsflächen lokal zu einer Veränderung der Substratzusammensetzung im Gewässer hin zu größeren Korngrößen, was zu einer deutlichen Verbesserung der Habitatbedingungen führt (Auer et al. 2022).

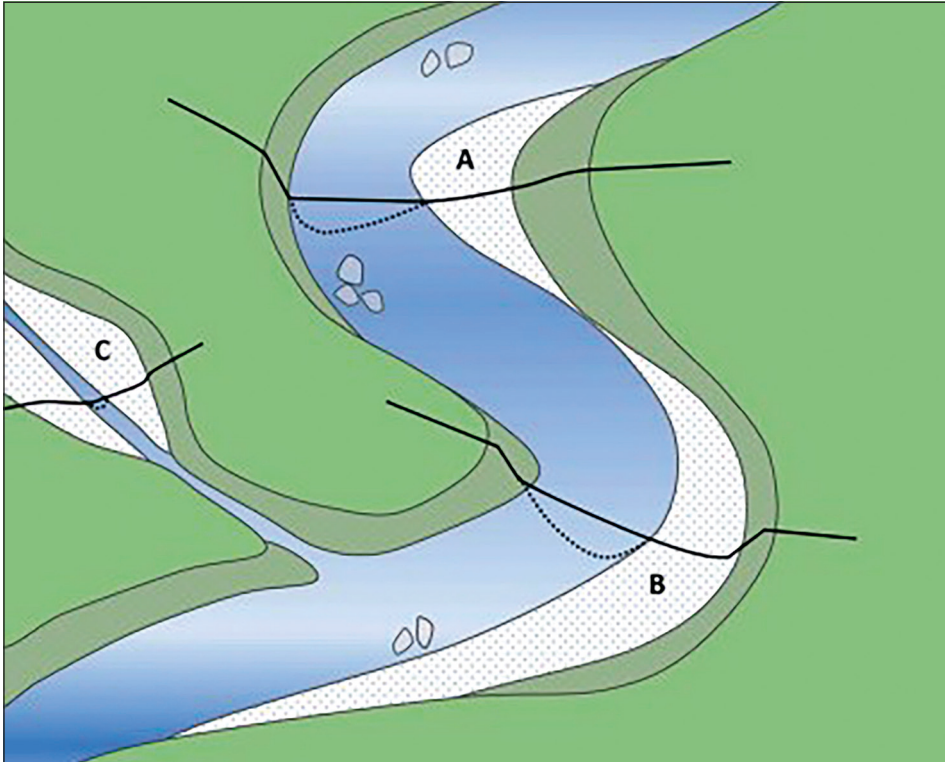


Abb. 3: Typen von Sedimentationsflächen in Abhängigkeit von deren Position im Gewässer (A: Innenbogen, B: Außenbogen, C: Zufluss). Entnommen aus Auer et al. (2022) © blattfisch e.U. – Fig. 3: Types of sedimentation areas depending on their position in the watercourse (A: inner bend, B: outer bend, C: tributary). Taken from Auer et al. (2022) © blattfisch e.U.

In den oberösterreichischen Projektgewässern wurden bisher insgesamt neun solcher Sedimentationsflächen angelegt. Alleine im Jahr 2021 konnten durch diese insgesamt 167 m³ Feinsediment aus den Gewässern entfernt (Auer et al. 2022) und somit ein bedeutsamer Beitrag zur Reduktion der Feinsedimentfrachten geleistet werden.

Literatur

- Allen D C, Vaughn C C (2010) Complex hydraulic and substrate variables limit freshwater mussel species richness and abundance. *Journal of the North American Benthological Society* 29 (2), 383–394
- Auer S, Höfler S, Daill D, Gumpinger C (2023) Design and functionality of sedimentation areas – Targeted lowering of floodplains to improve the habitat quality and flood safety by removing high loads of fine sediments. *Limnologica* 98, 126050. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2022.126050>
- Ballester J, Rodó X, Giorgi F (2009) Future changes in Central Europe heat waves expected to mostly follow summer mean warming. *Climate Dynamics* 35(7-8), 1191–1205
- Barnhart M C, Fobian T B, Whites D W, Ingersoll C G (2007) Mussel silos: Bernoulli flow devices for caging juvenile mussels in rivers. Fifth Biennial Symposium of the Freshwater Mollusc Conservation Society, Little Rock, AR.
- Belamy T, Legeay A, Etcheverria B, Cordier M A, Gourves P Y, Baudrimont M (2020) Acute Toxicity of Sodium Chloride, Nitrates, Ortho-Phosphates, Cadmium, Arsenic and Aluminum for Juveniles of the Freshwater Pearl Mussel: *Margaritifera margaritifera* (L.1758). *Environments* 7(6), 48. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments7060048>
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) (2021) Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021
- Brandorff G O, Masch J (2001) Stickstoff in Oberflächengewässern – Nitrat, Nitrit, Ammonium, Ammoniak. Umweltbehörde Hamburg. <https://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2009/2358/pdf/stickstoff.pdf> (accessed: 20-10-2023)
- Brauns M, Berendonk T, Berg S, Grunicke F, Kneis D, Krenek S, Schiller T, Schneider J, Wagner A, Weitere M (2021) Stable isotopes reveal the importance of terrestrially derived resources for the diet of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Aquatic Conservation* 31 (9), 2496–2505
- Buddensiek V (1995) The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation* 74(1), 33–40
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (2020) Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt. – BUND-Gewässerpapier, Berlin. https://www.bund-niedersachsen.de/fileadmin/niedersachsen/publikationen/wasser/fluesse_gewaesserpapier_langfassung.pdf (accessed: 20-10-2023)
- Csar, D. (2005) Die Flussmuschel *Unio crassus* in der Mattig im Bereich des Natura 2000-Gebietes „Wiesengebiete und Seen im Alpenvorland“. Im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, Abteilung Naturschutz
- Csar D, Gumpinger C (2012) Ein Beitrag zur rezenten Verbreitung der Gemeinen Flussmuschel (*Unio crassus cytherea* Küster 1833) in Oberösterreich. *Österreichs Fischerei* 65, 174–185
- Csar D, Pichler-Scheder C, Gumpinger C (2018) Monitoring der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) in Österreich für die Monitoringperiode 2013–2018, Bewertung des Erhaltungszustandes sowie Grundlagenerstellung für den Bericht gemäß Art. 17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019. Im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH und der österreichischen Bundesländer, Wels.
- Csar D, Gumpinger C (2023) Monitoring der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) in Österreich und Grundlagenerstellung gemäß Art. 11 für den Artikel 17 Bericht der FFH-Richtlinie (Berichtszeitraum 2019–2024). Im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH und der österreichischen Bundesländer, Wels, 29 pp.
- Chiffard P (2006) Der Einfluss des Reliefs, der Hangsedimente und der Bodenvorfeuchte auf die Abflussbildung im Mittelgebirge. *Bochumer Geographische Arbeiten* 76, 179 pp.
- Chucholl F, Chucholl C (2021) Differences in the functional responses of four invasive and one native crayfish species suggest invader-specific ecological impacts. *Freshwater Biology* 66, 2051–2063

- Daill D, Arminger P, Pichler-Scheder C, Gumpinger C (in prep.) Vision Flussperlmuschel – Projektphase V. Zwischenbericht Projektjahr 2023. – Im Auftrag der Abteilung Naturschutz am Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Wels
- Daill D, Pichler-Scheder C, Csar D, Lerchegger-Nitsche B, Gumpinger C (2020) Vision Flussperlmuschel – Endbericht Projektphase III. Bericht im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, Abteilung Naturschutz, Wels, 39 pp.
- Dalton L B, Cottrell S (2013) Quagga and zebra mussel risk via veliger transfer by overland hauled boats. *Management of Biological Invasions* 4(2), 129–133
- Denic M, Nakamura K, Varela-Dopico C, Strachan B, Daill D, Gaehrken J, Taylor J, Grunicke F (2024) Fish and Bivalve Therapeutants in Freshwater Mussel Captive Breeding – A First Summary of Practical Experiences in European Facilities. *Diversity* 16, 78. DOI: <https://doi.org/10.3390/d16020078>
- 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
- Ellmauer T, Igel V, Kudrnovsky H, Moser D, Paternoster D (2020) Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich 2016-2018 und Grundlagenerstellung für den Bericht gemäß Artikel 17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019: Teil 1: Artikel 11-Monitoring. Umweltbundesamt GmbH, Report 0735. Im Auftrag der österreichischen Bundesländer, Wien
- Geist J, Thielen F, Lavictoire L, Hoess R, Altmueller R, Baudrimont M, Blaize C, Campos M, Carroll P, Daill D, Degelmann W, Dettmer R, Denic M, Dury P, De Eyto E, Grunicke F, Gumpinger C, Jakobsen P J, Kaldma K, Klaas K, Legeay A, Mageroy J H, Moorkens E A, Motte G, Nakamura K, Ondina P, Osterling M, Pichler-Scheder C, Spisar O, Reis J, Schneider L D, Schwarzer A, Selheim H, Soler J, Taskinen J, Taylor J, Strachan B, Wengström N, Zajac T (2023) Captive breeding of European freshwater mussels as a conservation tool: A review. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 33(11), 1321–1359. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.4018>
- Gumpinger C, Heinisch W, Moser J, Ofenböck T, Stundner C (2002) Die Flussperlmuschel in Österreich. Monographien des Umweltbundesamtes, Band 159, Wien, 53 pp.
- Gumpinger C, Schauer M, Auer S (2018) Artenschutz im Gebirgsbach – Zum Umgang mit Steinkrebsvorkommen in Gewässern in der Zuständigkeit der Wildbach- und Lawinerverbauung. Schutz vor Naturgefahren, Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinerverbauung Österreich, Bregenz, 82(182), 142–153. ISBN 978-3-9504159-6-4
- Haag W R, Williams J D (2014) Biodiversity on the brink: an assessment of conservation strategies for North American freshwater mussels. *Hydrobiologia* 735, 45–60
- Hari R E, Livingstone D M, Siber R, Burkhardt-Holm P, Güttinger H (2005) Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology* 12 (1), 10–26
- Hensel M J S, Silliman B R, Van de Koppel J, Hensel E, Sharp S J, Crotty S M, Byrnes J E K (2021) A large invasive consumer reduces coastal ecosystem resilience by disabling positive species interactions. *Nature Communications* 12, 6290
- Hochwald S. (1990) Bestandsgefährdung seltener Muschelarten durch den Bisam (*Ondatra zibethica*). Schriftenr. Bayer. Landesamt für Umweltschutz 97, 113–114
- Hruska J. (1999) Nahrungsansprüche der Flußperlmuschel und deren halbnatürliche Aufzucht in der Tschechischen Republik. *Heldia* 6(4), 69–79
- Ikkere L E, Perkons I, Sire J, Pugajeva I, Bartkevics V (2018) Occurrence of polybrominated diphenyl ethers, perfluorinated compounds, and nonsteroidal anti-inflammatory drugs in freshwater mussels from Latvia. *Chemosphere* 2013, 507–516. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.036>
- Jussila J, Toljamo A, Makkonen J, Kukkonen H, Kokko H (2014) Practical disinfection chemicals for fishing and crayfishing gear against crayfish plague transfer. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 413 (2), 1–8. DOI: [10.1051/kmae/2014002](https://doi.org/10.1051/kmae/2014002)

- Kaufmann T, Woschitz G (2018) Endbericht zur Kartierung *Unio crassus* (FFH Annex II No. 1032) im Zuge des FFH Artikel 11 Monitorings 2017-2018. Im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Lerchegger B, Schauer M, Gumpinger C (2014) Die Gemeine Flussmuschel (*Unio crassus cytherea* KÜSTER 1833) in Oberösterreich: Erste Bestandsaufnahme und Erstellung einer Artenschutzstrategie. Im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, Abteilung Naturschutz, Direktion für Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung am Amt der Oö. Landesregierung, Wels, 87 pp.
- Lopes-Lima M, Sousa R, Geist J, Aldridge D C, Araujo R, Bergengren J, Bernalaya Y, Bódis E, Burlakova L, Van Damme D, Douda K, Froufe E, Georgiev D, Gumpinger C, Karatayev A, Kebapçı Ü, Killeen I, Lajtner J, Larsen B M, Lauceri R, Legakis A, Lois S, Lundberg S, Moorkens E, Motte G, Nagel K O, Ondina P, Outeiro A, Paunovic M, Prié V, Von Proschwitz T, Riccardi N, Rudzite M, Rudzitis M, Scheder C, Seddon M, Şerefişan H, Simić V, Sokolova S, Stoeckl K, Taskinen J, Teixeira A, Thielen F, Trichkova T, Varandas S, Vicentini H, Zajac K, Zajac T, Zogaris S (2017) Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 92, 572–607
- Modesto V, Ilarri M, Souza A T, Lopes-Lima M, Douda K, Clavero M, Sousa R (2017) Fish and mussels: Importance of fish for freshwater mussel conservation. *Fish and Fisheries* 19 (2), 244–259
- Moog O, Nesemann H, Ofenböck T, Stundner C (1993) Grundlagen zum Schutz der Flußperlmuschel in Österreich. Bristol Schriftenreihe, Band 3, Zürich. ISBN 3-905209-02-0
- Moore A P, Bringolf R B (2018) Effects of nitrate on freshwater mussel glochidia attachment and metamorphosis success to the juvenile stage. *Environmental Pollution* 242, 807–813
- Moorkens E, Killeen I (2018) Measurement and monitoring of sub-lethal damage (stress) to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* – A tool for conservation monitoring. *Tentacle* 26, 3–4
- Owen C T, McGregor M A, Cobbs G A, Alexander Jr. J E (2010) Muskrat predation on a diverse unionid mussel community: Impacts of prey species composition, size and shape. *Freshwater Biology* 56(3), 554–564
- Österling M E, Larsen B M (2013) Impact of origin and condition of host fish (*Salmo trutta*) on parasitic larvae of *Margaritifera Margaritifera*. *Aquatic Conservation* 23(4), 564–570
- Patzner R A (2004) Großmuscheln und ihre Wirtsfische. Österreichs Fischerei 57 (11/12), 278–281
- Pinter K, Epifanio J, & Unfer G (2019) Release of hatchery-reared brown trout (*Salmo trutta*) as a threat to wild populations? A case study from Austria. *Fisheries Research* 219, 105296
- Ratschan C, Mühlbauer M, Zauner G (2012) Einfluss des schiffahrtsbedingten Wellenschlags auf Jungfische: Sog und Schwall, Drift und Habitatnutzung; Rekrutierung von Fischbeständen in der Donau. Österreichs Fischerei 65, 50–74
- Reischütz A, Reischütz P L (2007) Rote Liste der Weichtiere (Mollusca) Österreichs. In: Zulka K.P. (Red.) Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 2: Kriechtiere, Lurche, Fische, Nachtfalter, Weichtiere. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Gesamtherausgeberin Ruth Wallner) Band 14/2. Wien, Böhlau, 363–433
- Reischütz A, Reischütz P L, Moog O, Nesemann H F (2017) Mollusca: Bivalvia. In Moog O., Hartmann A. (Eds.): Fauna Aquatica Austriaca, 3. Lieferung 2017. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- Sanders H, Mills D N (2021) Predation preference of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on native and invasive bivalve species. *River Research and Applications* 38(8), 1469–1480
- Schwalb A N, Cottenie K, Poos M S, Ackerman J D (2011) Dispersal limitation of unionid mussels and implications for their conservation. *Freshwater Biology* 56(8), 1509–1518
- Simmons B L, Sterling J, Watson J C (2014) Species and size-selective predation by raccoons (*Procyon lotor*) preying on introduced intertidal clams. *Canadian Journal of Zoology* 92(12), 1059–1065. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjz-2014-0108>

- Skyrienė G, Paulauskas A (2012) Distribution of invasive muskrats (*Ondatra zibethicus*) and impact on ecosystem. *Ekologija* 58 (3), 357–367
- Sousa R, Nogueira J G, Ferreira A, Carvalho F, Lopes-Lima M, Varandas S, Teixeira A (2019) A tale of shells and claws: The signal crayfish as a threat to the pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Europe. *Science of the Total Environment* 665, 329–337
- Stöckl-Bauer K, Beck B (2023): Wiederfund der Bachmuschel (*Unio crassus*) im Land Salzburg, Österreich. *Arianta* 10, 1–7
- Taurer M M (2014) Großmuscheln der Familie Unionidae in den Stillgewässern Kärntens (Österreich) sowie ein Überblick über die aktuelle Situation der Gemeinen Flussmuschel (*Unio crassus*) in Kärnten. *Denisia* 33, 409–422
- Van Vliet M T H, Franssen W H P, Yearsley J R, Ludwig F, Haddeland I, Lettenmaier D P, Kabat P (2013) Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change* 23 (2), 450–464
- Vaughn C C (2018) Ecosystem services provided by freshwater mussels. *Hydrobiologia* 810, 15–27
- Xu X, Xu Y, Xu N, Pan B, Ni J (2022) Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in water, sediment and freshwater mollusks of the Dongting Lake downstream the Three Gorges Dam. *Chemosphere* 301, 134721 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134721>
- Zieritz A, Sousa R, Aldridge D C, Douda K, Esteves E, Ferreira-Rodriguez N, Mageroy J H, Nizzoli D, Österling M, Reis J, Riccardi N, Daill D, Gumpinger C, Vaz A S (2022) A global synthesis of ecosystem services provided and disrupted by freshwater bivalve molluscs. *Biological Reviews* 97(5), 1967–1998

Eingelangt: 2024 01 22

Anschriften:

Daniel Daill, E-Mail: daill@blattfisch.at (korrespondierender Autor)

Christian Pichler-Scheder, E-Mail: pichler-scheder@blattfisch.at

Daniela Csar, E-Mail: csar@blattfisch.at

Clemens Gumpinger, E-Mail: gumpinger@blattfisch.at

blattfisch e.U., Leopold-Spitzer-Straße 26, 4600 Wels.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 2024

Band/Volume: [160](#)

Autor(en)/Author(s): Daill Daniel, Pichler-Scheder Christian, Csar Daniela, Gumpinger Clemens

Artikel/Article: [Gewässer im Ausnahmezustand – die dramatische Situation der Süßwassermuscheln in Österreich 55-76](#)