

ARTENKENNTNIS STÄRKT DEN GEWÄSSERSCHUTZ

LANAT-3: BEDEUTUNG DER ERKENNUNG UNBESCHRIEBENER ARTEN FÜR ERHALT/WIEDERAUFBAU VON LEBENSÄUMEN

Gerade in Seen und Gewässern nimmt die Biodiversität mit einer beispiellosen Geschwindigkeit ab. Bei den Bemühungen, diesen Verlust zu stoppen, werden die Wichtigkeit fundierter Artenkenntnisse und die Beschreibung unbekannter Arten häufig unterschätzt. Dies, obwohl sie die Grundlage sind für das Verständnis der vorhandenen Biodiversität, ihrer geografischen Verteilung und zeitlichen Veränderung. Die fehlende Grundlage hat Konsequenzen für den Gewässerschutz: Effektive und effiziente Massnahmen zu entwerfen, umzusetzen und zu bewerten, wird dadurch erschwert.

Dario Josi, Bárbara B. Calegari, Conor Waldoek, Bernhard Wegscheider, Ole Seehausen

Eawag, Abteilung Fischökologie & Evolution, Kastanienbaum; Aquatische Ökologie & Evolution, Universität Bern

RÉSUMÉ

LANAT-3:

LA CONNAISSANCE DES ESPÈCES RENFORCE LA PROTECTION DES EAUX

La biodiversité diminue à une vitesse sans précédent notamment dans les lacs et les cours d'eau. La probabilité d'enrayer cette perte et de protéger efficacement les habitats dépend fondamentalement de notre capacité à identifier correctement les espèces et à décrire la biodiversité dans son intégralité. Le domaine scientifique de la taxonomie joue ici un rôle décisif, car il s'occupe de l'identification, de la description, etc. de la diversité biologique. En particulier dans les habitats aquatiques, il existe cependant des lacunes considérables dans la connaissance de la biodiversité existante et de sa répartition spatiale. Environ 1/5 des plus de 120 espèces de poissons présentes en Suisse appartiennent à ce que l'on appelle des complexes d'espèces. Elles ne sont pas formellement décrites et leurs exigences en matière d'habitat ne sont pas connues. La description et la désignation de ces espèces sont décisives en vue de leur protection, car seules les espèces décrites peuvent être protégées et promues de manière ciblée par la législation ou même documentées dans leur répartition en dehors de leur habitat naturel. Il est donc important d'intégrer davantage les connaissances existantes sur les espèces de poissons dans les mesures de protection de la nature et des eaux, et simultanément d'encourager la connaissance des espèces afin de combler les lacunes.

ENTWICKLUNG DER GEWÄSSERBIODIVERSITÄT IN DER SCHWEIZ

Trotz ihrer geringen Fläche von nur 0,4% der europäischen Gebietsfläche beheimatet die Schweiz 20% der Süsswasserfischarten Europas und trägt somit eine grosse internationale Verantwortung für den Schutz der aquatischen Biodiversität und für die Wiederherstellung von Lebensräumen. Diese biologische Vielfalt kann jedoch nur dann wirksam erfasst, überwacht und geschützt werden, wenn gezielt Studien zur Verbreitung, Populationsstruktur, Lebensweise und zu Habitatansprüchen aller Arten sowie zu den Bedrohungen ihrer Lebensräume und zu ihren evolutionären und ökologischen Beziehungen gefördert werden. Nur dadurch verbessert sich unser Verständnis, wie diese Faktoren miteinander und mit der Umwelt interagieren. Die aussergewöhnlich hohe aquatische Artenvielfalt und deren Bedeutung für den Artenschutz bekommt in der Schweiz erst seit Kurzem mehr Aufmerksamkeit. Dies lässt sich anhand der verschiedenen Ausgaben des *Fischatlas der Schweiz* und der darin behandelten Fischarten aufzeigen (Fig. 1). So hat sich zwischen 1991 und der dritten Ausgabe 2018 die Anzahl an behandelten Fischarten fast verdoppelt. Auf den ersten Blick könnte dieses Ergebnis als eine positive Entwicklung der biologischen Viel-

Kontakt: D. Josi, dario.josi@unibe.ch

(©AdobeStock)

falt interpretiert werden, aber in Wirklichkeit ist diese Zunahme auf zwei Jahrzehnte intensiver Artenforschung und somit auf eine bessere Datengrundlage, einschliesslich der Beschreibung von zuvor unbekanntem Arten, zurückzuführen. Durch detaillierte Untersuchungen von Populationen von verschiedenen Standorten und Lebensräumen wurden diese als neue Arten erkannt und beschrieben, während sie in älteren Versionen des Fischatlas entweder fälschlich einer der bereits bekannten Arten zugeschrieben wurden, oder einfach als Teil eines «Artkomplexes» behandelt wurden.

Grossprojekte wie *Projet Lac*, *Progetto Fiumi* und das *Felchenprojekt* haben zwischen 2009 und 2020 erstmals schweizweit die Artenvielfalt der Fische untersucht [1, 2]. Das Ziel dieser Projekte war, die taxonomische und ökologische Vielfalt aller Fischgruppen zu erheben, deren Verbreitung auf Artniveau zu erfassen und prioritäre Forschungsfragen für künftige Untersuchungen, einschliesslich der Taxonomie, aufzuzeigen.

DIE WICHTIGKEIT VON ARTENKENNTNISSEN

Die Resultate der oben genannten Projekte bestätigen, dass taxonomische Arbei-

ten zwingend nötig sind. Denn nur dadurch ist ein umfassender Überblick über die aquatische Vielfalt und ihre evolutionären Ursprünge möglich, was wiederum die Grundlage für Erhalt und Schutz darstellt. Stand heute gibt es in der Schweiz über 120 Fischarten, von denen jedoch knapp 20% bisher nicht wissenschaftlich beschrieben wurden. Das zeigt sich auch in *Figur 1*: In der dritten und bisher letzten Ausgabe des Fischatlas von 2018 sind nach wie vor nicht alle Arten erfasst (s. *Spalten 2024, Fig. 1*).

Gleiches gilt übrigens auch für die letzte Ausgabe der *Roten Liste der Fische und Rundmäuler* von 2022 [3]. Wie viele unbeschriebene Arten durch die Einflüsse des Menschen und ohne unsere Kenntnisnahme in den vergangenen Jahrhunderten verschwanden, lässt sich nur bedingt bestimmen – und dies nur mittels konservierter Exemplare in historischen Museumssammlungen (z. B. die *Eawag-Paul-Steinmann-Sammlung* am NMBE). Anhand solcher Sammlungen, die Artenvielfalt über Jahrhunderte hinweg dokumentieren, wird heute geschätzt, dass über 30% der ausgestorbenen Fischarten in der Schweiz nie beschrieben wurden und somit keinen wissenschaftlichen Namen tragen [1]. Sie verschwanden, bevor sie taxonomisch untersucht und beschrie-

LANAT-3

In einer Artikelreihe stellt A&G die Erkenntnisse der ersten Phase des Projekts «Den Biodiversitätsverlust der Gewässer stoppen – trotz Klimawandel» (LANAT-3-Projekt der *Wyss Academy*) vor. Der erste Artikel (A&G 6/24) handelt vom partizipativen Prozess in der Region Untere Emme, der zweite Artikel (A&G 7–8/24) analysiert die Akteurinnen und Akteure und deren Netzwerk und dieser Artikel zeigt auf, wie wichtig die Artenkenntnis ist, um den Gewässerschutz zu stärken.

ben werden konnten. Hinzu kommt, dass viele der bekannten Arten seit Langem von Naturforschenden anhand einer sehr begrenzten Anzahl Individuen (sog. Typusexemplare) beschrieben werden, was den Eindruck erweckt, dass sie der Wissenschaft bekannt sind. Tatsächlich sind manche von ihnen aber nur Gegenstand einer einzigen taxonomischen Veröffentlichung mit der ursprünglichen Beschreibung des/der Typusexemplare(s) gewesen. Deshalb können manche Arten auch nicht einer IUCN-Gefährdungskategorie zugeordnet werden, sondern sind im besten Fall als Arten mit «unzureichender Datengrundlage» kategorisiert. In *Figur 1B* ist die Anzahl Fischarten der

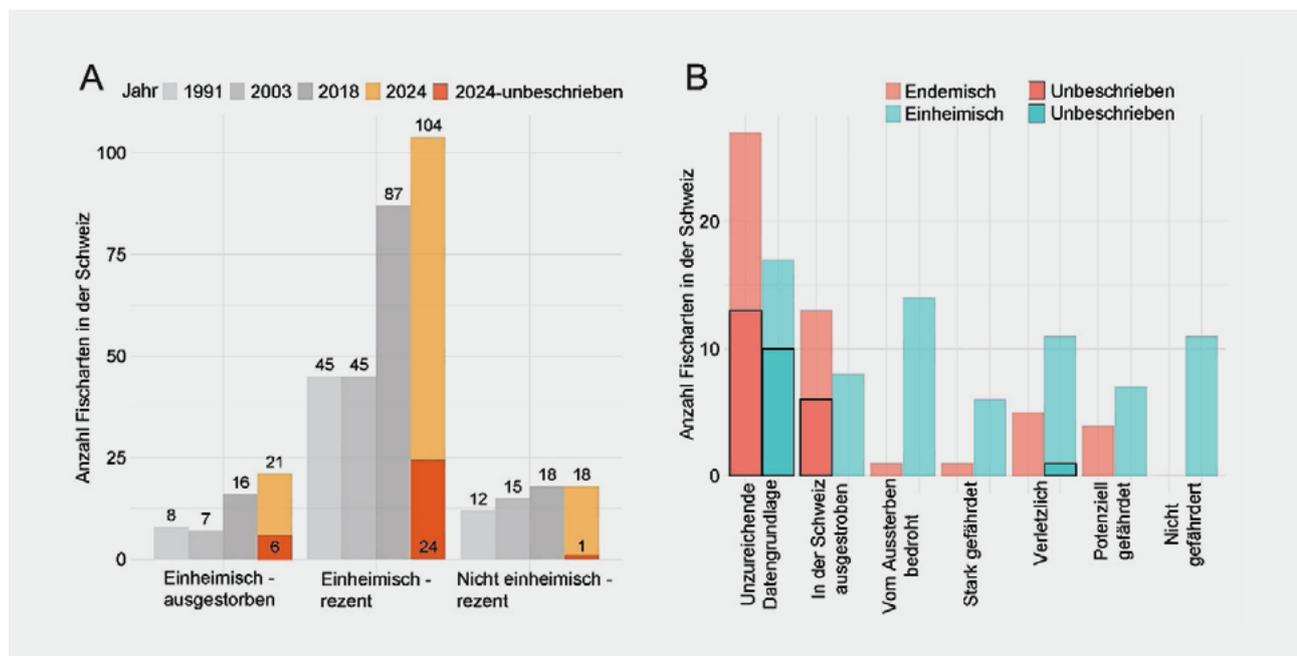


Fig. 1 Datenlage zur Fischartenvielfalt der Schweiz:

(A) zeigt die Entwicklung der Anzahl bekannter Fischarten im Fischatlas der Schweiz auf. Seit 1991 gab es drei Ausgaben (Grauschattierungen). In Farbe dargestellt ist die Anzahl der im Jahre 2024 der Forschung bekannten Arten und der Anteil noch unbeschriebener Arten.

(B) repräsentiert die Kategorisierung der Arten nach Gefährdungsstatus gemäss der Roten Liste für Fische und Rundmäuler der Schweiz. Arten, die dort nicht berücksichtigt wurden, sind hier unter «unzureichende Datengrundlage» aufgeführt. Rot repräsentiert endemische Arten und Blau solche, die auch ausserhalb der Schweiz vorkommen. Jeweils dunkel eingefärbt ist der Anteil an noch unbeschriebenen Arten.

Schweiz nach IUCN-Gefährdungsstatus gemäss [3] repräsentiert. Zusätzlich in die Grafik integriert sind die Arten mit «unzureichender Datengrundlage». Das Bild stimmt nachdenklich, da in den hohen Gefährdungskategorien primär Arten vertreten sind, die zwar regional gefährdet sind, aber auch ausserhalb der Schweiz weit verbreitet sind. Für die meisten endemischen Fischarten hingegen, die möglicherweise hier entstanden sind und für deren Schutz die Schweiz gemäss Berner Konvention und der Liste national prioritärer Arten eine grosse internationale Verantwortung trägt, gibt es nach wie vor zu wenig Daten. Das entspricht einem generellen Muster: Wissen zu endemischen (meist kleines Verbreitungsgebiet) Arten ist geringer als Wissen zu weit verbreiteten Arten, da Erstere häufig später entdeckt und beschrieben wurden [4]. Das begrenzte Wissen über diese endemischen Arten hat zur Folge, dass eine beträchtliche Anzahl von Arten vom Aussterben bedroht sein könnten, aber nicht genügend Daten vorhanden sind, um Populationsveränderungen und Lebensraumpräferenzen zu eruieren, damit sich die nötigen Schutzmassnahmen definieren lassen. Um die aquatische Artenvielfalt zu erhalten und die Habitate wirksam zu schützen, ist es also wichtig, zu verstehen, welche Arten wo vorkommen, welche

Beziehungen zwischen ihnen bestehen und welche Rolle sie für die Funktion des Ökosystems spielen [5].

HANDLUNGSBEDARF BEI ARTBESCHREIBUNGEN

Der erste entscheidende Schritt zur Erhaltung der Artenvielfalt ist das Sammeln und Organisieren zuverlässiger Verbreitungsdaten, um zu beschreiben, wo und wie Arten leben [6]. Allerdings sind Daten über die geografische Verbreitung von Arten in der Schweiz teilweise veraltet oder aufgrund fehlerhafter Artenidentifikation nicht zuverlässig. Zudem sind häufig nur wenige Beleg- und Vergleichsexemplare in Sammlungen von Museen verfügbar. So lassen sich artspezifische Reaktionen auf Umweltveränderungen, einschliesslich des Klimawandels, nur schwer nachvollziehen. Die Erhaltung der Artenvielfalt ohne regelmässige Monitorings und ein hervorragendes Verständnis der Taxonomie der Arten ist somit nicht möglich. Nur so lässt sich auch erkennen, ob eine Art plötzlich ausserhalb ihres heimischen Verbreitungsgebiets auftaucht, wie im *Projet Lac* festgestellt wurde.

So wurden zum Beispiel in den nördlichen Alpenseen der Schweiz Schwarzfedern (*Scardinius hesperidicus*) jahrelang fälschlicherweise für Rotfedern (*S. erythropht-*

halmus) gehalten, und der Südliche Steinbeisser (*Cobitis bilineata*) wurde in der gesamten Nordschweiz wahrscheinlich mehrere Jahrzehnte lang fälschlicherweise als Dorngrundel (*C. taenia*) identifiziert [1]. Andere Gattungen, bei denen die Verwechslung beschriebener Arten weit verbreitet ist, sind *Carassius*, *Phoxinus*, *Coregonus* und *Salmo*. Ein ausgezeichnetes Verständnis der Taxonomie auf Artniveau ermöglicht auch die Erkennung wenig bekannter und noch nicht beschriebener Arten oder sogar noch völlig unbekannter Arten, die möglicherweise existieren. Seit dem *Projet Lac* ist bekannt, dass das in der Schweiz und in der gesamten Voralpenregion vor allem die Gattungen der Felchen (*Coregonus spp.*), Saiblinge (*Salvelinus spp.*), Groppen (*Cottus spp.*), Gründlinge (*Gobio spp.*), Elritzen (*Phoxinus spp.*) und Bartgrundeln (*Barbatula spp.*) betrifft [1]. Es gibt zum Beispiel relativ viele Daten in der Schweiz zur Verbreitung der Bartgrundeln und Elritzen (Fig. 2A), aber es wurde lange Zeit nicht erkannt, dass es sich hierbei um mehrere Arten mit verschiedenen Habitatansprüchen handelt. So wissen wir aus unseren eigenen Untersuchungen, dass eine Bartgrundelart hauptsächlich in den Seen des Aare-Reuss-Systems vorkommt, während die zweite Art hauptsächlich in den Fliessgewässern des Einzugsgebiets von Aare

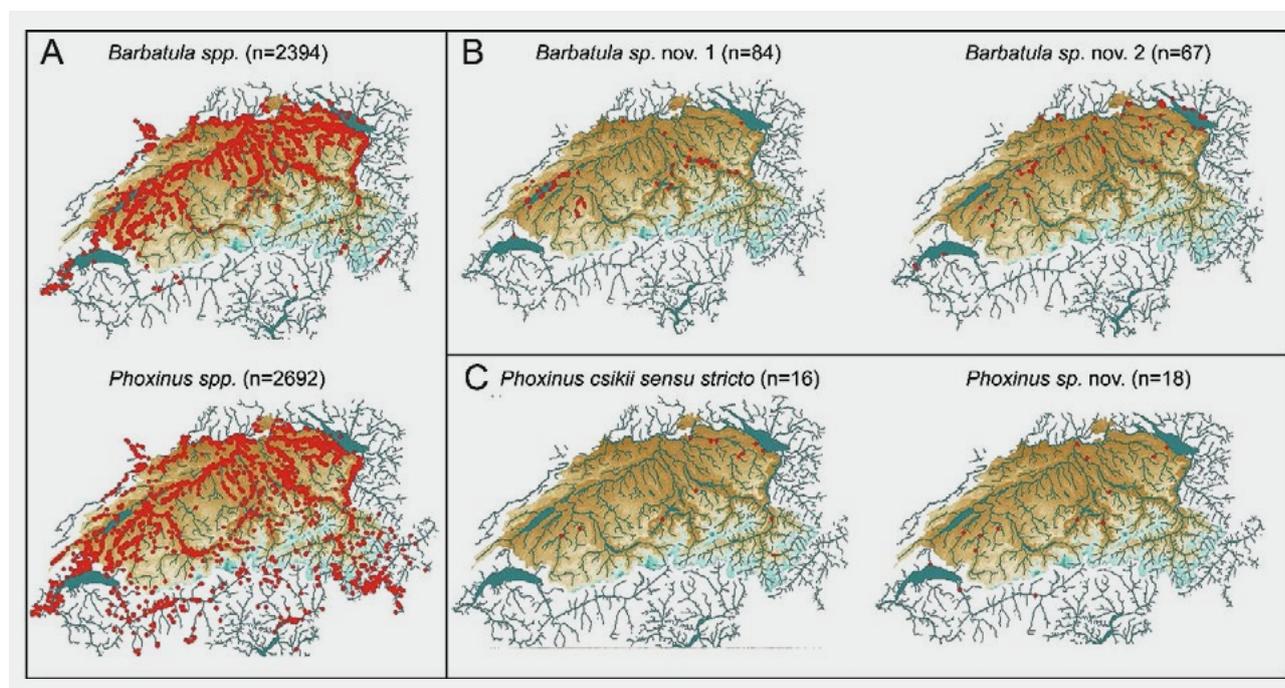


Fig. 2 Die roten Punkte repräsentieren die verfügbaren Daten für Bartgrundeln (*Barbatula spp.*) und Elritzen (*Phoxinus spp.*). In Panel (A) sind für jeden Artenkomplex alle verfügbaren Daten ohne Auflösung auf Artniveau dargestellt. (B) und (C) zeigen, dass die Anzahl der Standorte viel kleiner ist, wenn nur die auf Artniveau identifizierten Beobachtungen berücksichtigt werden. Es gibt somit nur sehr wenig Daten zu den Lebensweisen dieser jeweiligen Arten.



Fig. 3 Genetische, morphologische und ökologische Unterschiede zwischen (A) *Barbatula* sp. nov. 2 (Flüsse) und (B) *Barbatula* sp. nov. 1 (Seen) sind vergleichbar mit Unterschieden zwischen der (C) Blaumeise (Laubwald) und der (D) Tannenmeise (Nadelwald).

und Rhein der Schweiz und in den Nebenflüssen des Donau-Beckens in Bayern (DE) und Österreich vorkommt (Fig. 2B).

Auch bei den Elritzen hat unsere Arbeit kürzlich gezeigt, dass eine Art (*P. csikii* *sensu stricto*) im östlichen Flusssystem

der Nordalpen vorkommt und eine weitere neue Art bevorzugt im Seensystem des Aare-Reuss-Einzugsgebiets [7]. Die Standorte, an denen genau bekannt ist, um welche Art es sich handelt, sind nur wenige und müssen durch weitere Felduntersuchungen komplementiert werden (Fig. 2C).

Die Wichtigkeit, sich dieser Herausforderungen im Gewässerschutz anzunehmen, lässt sich mit einem Vergleich zum Vogelschutz illustrieren. Die genetischen und morphologischen Unterschiede zwischen Arten der Bartgrundeln sind vergleichbar mit den Unterschieden zwischen den verschiedenen Meisenarten – jedoch käme niemand auf die Idee, Tannen- und Blaumeise als derselben Vogelart zugehörig zu betrachten (Fig. 3) [8]. Auch ökologisch sind die Unterschiede vergleichbar: Während seit Langem klar ist, dass der Lebensraum der Tannenmeisen primär Nadelwälder sind und nicht Laubwälder wie bei den Blaumeisen, wurden die Unterschiede von Seen versus Flüssen bei den Bartgrundeln eben erst entdeckt. Gerade in der Vogelwelt wird akribisch erfasst, wo die jeweiligen Arten brüten und welche Lebensraumsprüche sie haben (s. *Schweizer Brutvogelatlas*). Solche Erkenntnisse sind bei Fischen vielleicht

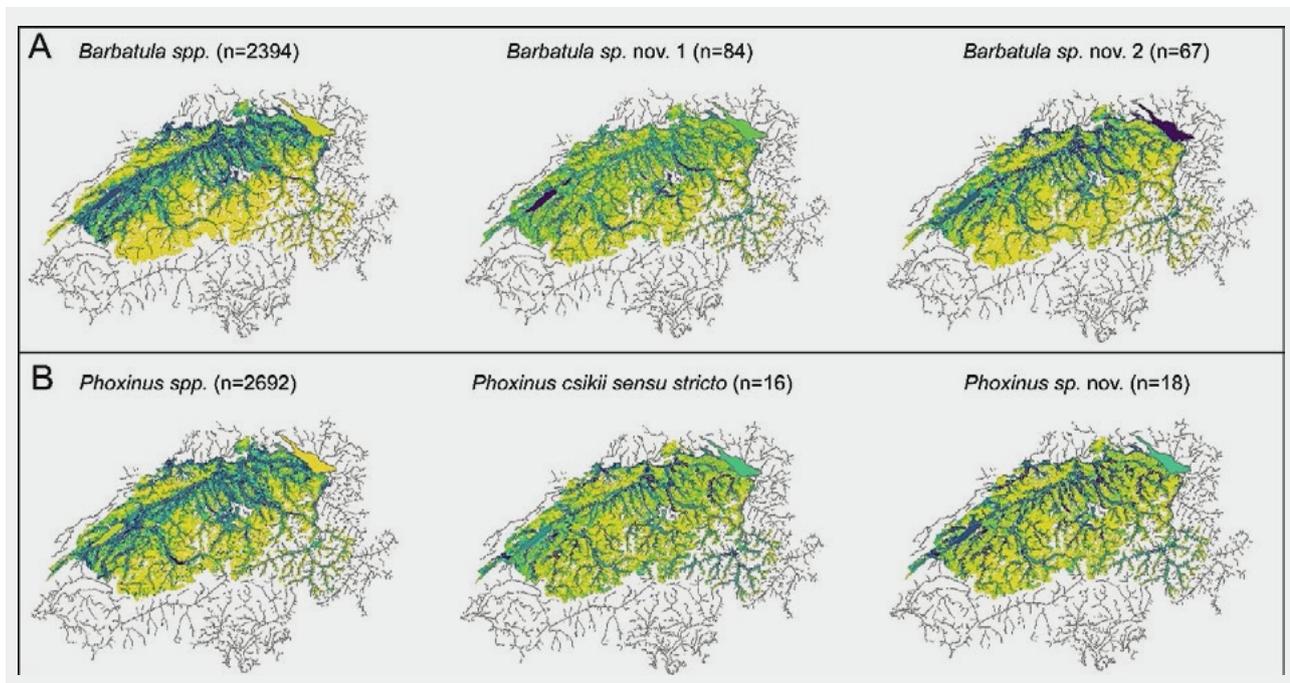


Fig. 4 Die Projektion einer möglichen Lebensraumeignung für *Barbatula* und *Phoxinus* auf Gattungsniveau (links) und auf Artniveau (rechts). Die Eignung variiert von null (gelb, ungeeignet) bis eins (blau, geeignet). (A) zeigt, dass ungenaue Daten eine homogene Eignung für die Bartgrundel prognostizieren, wobei der Bodensee als ungeeignet erscheint. Projektionen, die auf Daten basieren, welche auf Artniveau aufgelöst sind, zeigen eine höhere Eignung in Seen des Aare-Reuss-Einzugs in der ersten Art und in Flüssen sowie dem Bodensee in der zweiten Art. (B) Bei den Elritzen sind die Unterschiede zwischen den Arten sehr ähnlich ausgeprägt.

von zwei bis drei Arten regional bekannt, zum Beispiel Laichgrubenerhebungen bei Forellen, Nasen oder Äschen. Dieses unvollständige taxonomische und ökologische Wissen verhindert zurzeit, dass Arten samt ihren ökologischen Ansprüchen korrekt erkannt werden, was sich auf die Verbreitung, die Erhaltungsmaßnahmen und den Gefährdungsstatus auswirkt.

NEUE ARTEN VERVOLLSTÄNDIGEN UNSER WISSEN

RÄUMLICHE VERBREITUNG DER BIODIVERSITÄT

Um den weiteren Artenverlust in Gewässern überhaupt stoppen zu können, müssen umgehend effektive Massnahmen geplant und ergriffen werden. Entscheidungen, wo diese nun primär umgesetzt werden sollen, sind aufgrund der Wissenslücken über die Artenvielfalt der Fische aber nicht trivial. Da viele Arten erst kürzlich beschrieben wurden und andere noch immer nicht, sind ältere Verbreitungsdaten meist gar nicht auf die wirklichen Arten anwendbar, was eine genaue Erfassung der regionalen Artenvielfalt und damit auch die Identifizierung von prioritären Gewässerabschnitten zum Schutz oder Wiederherstellung von Lebensräumen erschwert [9]. Dies

ist jedoch wichtig, um zu verstehen, wo Arten durch menschliches Handeln besonders bedroht sind [10].

Werden schwer zu bestimmende Arten nicht differenziert betrachtet, besteht die Gefahr, dass bedrohte Populationen nicht geschützt werden, da das Verbreitungsgebiet einer Art überschätzt wird. Diese Populationen könnten jedoch die letzten Refugien repräsentieren, wo diese Art noch vorkommt. Artverbreitungsmodelle können helfen, räumliche Voraussagen zur Anwesenheit von Arten zu tätigen für Standorte ohne verfügbare Daten, indem sie Zonen mit geeignetem Lebensraum eruieren. In *Figur 4* zeigt sich, wie sich solche Projektionen von geeigneten Lebensräumen verschieben können, je nach taxonomischer Auflösung der modellierten Verbreitungsdaten. Geeignete Lebensräume sind *blau* dargestellt und ungeeignete *gelb*. (A) zeigt, dass taxonomisch ungenaue Daten eine homogene Lebensraumeignung für die Bartgrundel prognostiziert und viele Seen dabei als nicht besonders geeigneter Lebensraum vorhergesagt werden. Sobald aber nur Daten auf Artniveau berücksichtigt werden, zeigt sich, dass die Seen des Aare-Reuss-Einzugsgebiets eine viel höhere Eignung für eine der beiden unbeschriebenen Arten haben, während die Flüsse eine höhere Eignung für die zweite Art

haben. Das heisst, es sollten zum Schutz der Artenvielfalt in dieser Gattung nicht nur Flüsse, sondern auch Seeufer renaturiert werden [11, 12]. Bei den Elritzenarten (B) finden sich ähnliche Unterschiede, sie scheinen aber weniger ausgeprägt, was darauf hindeutet, dass die morphologisch stark voneinander abweichenden Arten relativ ähnliche Umwelthanforderungen, aber unterschiedliche geografische Verbreitungsschwerpunkte haben. Um dies abschliessend zu klären, braucht es aber weitere Daten. Somit liefern Modelle und taxonomische Arbeiten ergänzende Erkenntnisse, um ein umfassendes Verständnis des Zustands, der Entwicklung und der Erhaltung der Artenvielfalt zu erlangen.

RENATURIERUNGSBEDARF VON GEWÄSSERN

Modelle wie die oben erklärten für alle Fischarten und möglichst auch für viele andere aquatische Arten können anschliessend eingesetzt werden, um eine Reihe von vorrangigen Gebieten für den Schutz der biologischen Vielfalt vorzuschlagen, bei denen die verfügbaren Ressourcen optimal genutzt werden könnten [13]. Im Gewässerschutz könnten das Regionen sein, die dringend renaturiert werden sollten, besonders schützenswert sind oder wichtige Klimarefugien darstellen. Priorisierungsansätze können jedoch

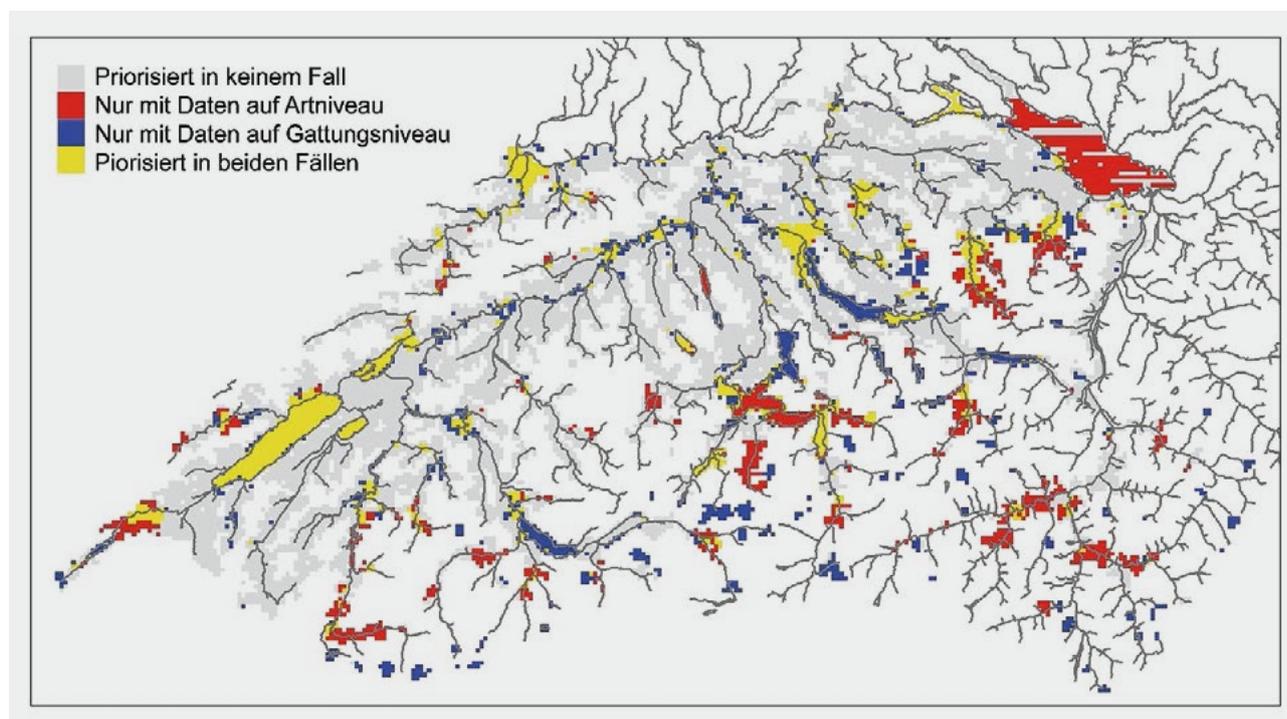


Fig. 5 Illustration anhand eines einfachen Beispiels von zwei Artenkomplexen (Bartgrundeln und Elritzen), dass die taxonomische Auflösung, mit der Daten analysiert werden, einen Einfluss haben kann, welche Regionen als prioritär schützenswert oder mit Restaurationspotenzial eingestuft werden.

zur Auswahl unterschiedlicher Regionen führen, je nachdem, wie gut die Datengrundlagen sind und welche Fragestellungen prioritär untersucht werden. Dies gilt auch für die taxonomische Auflösung der Artverbreitungsdaten, die den Priorisierungsmodellen zugrunde liegen.

Wir veranschaulichen die Wichtigkeit der Verbreitungsdaten zur Priorisierung des Handlungsbedarfs anhand von zwei Szenarien mit den zwei oben bereits eingeführten Artenkomplexen (*Barbatula spp.* und *Phoxinus spp.*). Für ein Szenario wurde Habitataignung nur auf Gattungsniveau modelliert und für das zweite mit aufgelöster Taxonomie auf Artniveau (*Barbatula sp. nov. 1*, *Barbatula sp. nov. 2*, *Phoxinus csikii stricto sensu*, *Phoxinus sp. nov.*). Das Ziel der Modelle war, jeweils mindestens 30% des Lebensraums jeder Art(gruppe) zu erhalten oder wiederherzustellen, und das bei minimalen Einbusen der Landwirtschaftsfläche. *Figur 5* zeigt, dass es nur wenige prioritäre Gebiete gibt, die in beiden Szenarien übereinstimmend vorgeschlagen wurden (*gelb*), im Vergleich zwischen den Szenarien mit unaufgelöster Taxonomie (*blau*) und aufgelöster Taxonomie (*rot*). Dieses vereinfachte Beispiel mit nur zwei Artkomplexen dient nicht dazu, Schlussfolgerungen zu geografischen Regionen abzuleiten. Es zeigt jedoch, dass es für den Schutz der Artenvielfalt zu falschen Handlungsempfehlungen kommen kann, wenn ökologische Ansprüche und Verbreitungsdaten nicht auf Artniveau analysiert werden [14]. Das kann letztendlich dazu führen, dass der Populationsrückgang und Artenverlust nicht nur nicht gestoppt werden kann, sondern völlig unbemerkt vonstattengeht, weil Natur- und Gewässerschutzmassnahmen falsch priorisiert sind [15].

LANAT-3

Genau das möchte unser inter- und transdisziplinäres Projekt (LANAT-3) an der Wyss Academy for Nature der Universität Bern in Zusammenarbeit mit der Eawag und dem Schweizerischen Kompetenzzentrum Fischerei verhindern [7, 16]. Hierbei arbeiten Taxonominnen und Taxonomen daran, die aquatische Biodiversität zu erfassen und unbekannte Arten zu beschreiben. Gemeinsam mit Gewässerökologinnen und -ökologen und ökologischen Modellierenden werden mittels Daten und Modellen geeignete Lebensraumbedingungen für möglichst alle Arten eruiert.

So lassen sich die jeweiligen Ansprüche einer Art an den Lebensraum und letztlich ihre Rolle im Ökosystem besser nachvollziehen und ihre Anfälligkeit gegenüber menschlichen und klimatischen Einflüssen besser verstehen. Eine anschliessende modellgestützte räumliche Priorisierung soll helfen, Regionen mit besonderem Handlungsbedarf zu identifizieren, sei es aufgrund ihres besonderen Schutzbedarfs, ihres Potenzials für Renaturierungsmassnahmen oder ihrer besonderen Bedeutung im Kontext des Klimawandels [10, 17]. In den priorisierten Regionen werden dann mit den relevanten Akteuren wirksame und effiziente Lösungsansätze zum Schutz oder zur Wiederherstellung der Biodiversität erarbeitet. Das Projekt wird finanziert durch den Kanton Bern und das Bundesamt für Umwelt und ist dieses Jahr in die zweite vierjährige Projektphase gestartet [18].

FAZIT

Es besteht ein dringender Bedarf an evidenzbasierten Ansätzen zur Wiederherstellung und zum Schutz der aquatischen Biodiversität in Seen, Flüssen, Bächen und ihren Auen. Die Unsicherheit in Bezug auf die Artenvielfalt muss verringert und das Wissen über die Verbreitung von Arten erweitert werden. Zu erreichen ist dies durch kontinuierliche Datenaufnahmen mit Identifikation auf Artniveau, Ausbildung von Expertinnen und Experten mit Artenkenntnis, gezielte Förderung von taxonomischen Analysen für ein verbessertes biologisches Verständnis und Erhebung von Langzeitdaten zur Beobachtung der Entwicklung von Populationen der einzelnen Arten. Nur so können Modelle anschliessend mit zuverlässigen Daten trainiert werden und wirksame Massnahmen zum Schutz und zur Wiederherstellung der aquatischen Biodiversität priorisiert werden.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Alexander, T.; Seehausen, O. (2021): Diversity, distribution and community composition of fish in perialpine lakes «Projet Lac» synthesis report. Eawag. *Sci. Technol.* 282 pages
- [2] Brodersen, J. et al. (2023): Erhebung der Fischbiodiversität in Schweizer Fliessgewässern. *Progetto Fiumi Schlussbericht*. Eawag Swiss Fed. Inst. *Aquat. Sci. Technol.* 356 pages

- [3] BAFU; info fauna (2022): Rote Liste der Fische und Rundmäuler. Gefährdete Arten der Schweiz. Aktualisierte Ausgabe 2022, 37 S.
- [4] Essl, F. et al. (2013): How well do we know species richness in a well-known continent? Temporal patterns of endemic and widespread species descriptions in the European fauna. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 22, 29–39
- [5] McQuatters-Gollop, A. et al. (2017): From microscope to management: The critical value of plankton taxonomy to marine policy and biodiversity conservation. *Mar. Policy* 83, 1–10
- [6] Marignani, M. et al. (2014): Is time on our side? Strengthening the link between field efforts and conservation needs. *Biodivers. Conserv.* 23, 421–431
- [7] Josi, D. et al. (2024): Von Daten zu Taten. *Aqua Viva* 1, 32–35
- [8] Naef-Daenzer, L. (1994): Meisen. Schweiz. Vogelwarte Sempach, 1–37
- [9] Niemiller, M. L. et al. (2013): Doomed before they are described? The need for conservation assessments of cryptic species complexes using an amblyopsid cavefish (Amblyopsidae: Typhlichthys) as a case study. *Biodivers. Conserv.* 22, 1799–1820
- [10] Waldock, C. et al. (2024): Shadow distributions: Deconstructing the geography of human impacts on species' natural distribution. *Nat. Commun.*, in press (PREPRINT available at Research Square [https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3738567/v1])
- [11] BAFU (Hrsg.) (2018): Revitalisierung Seeufer – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umw. Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1834: 44 S.
- [12] BAFU (Hrsg.) (2023): Revitalisierung Fliessgewässer Strategische Planung. Bundesamt für Umw. Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1208: S. 40
- [13] Margules, C. R.; Pressey, R. L. (2000): Systematic conservation planning. *Nature* 405, 243–253
- [14] Trindade-Filho, J. et al. (2012): How does the inclusion of Data Deficient species change conservation priorities for amphibians in the Atlantic Forest? *Biodivers. Conserv.* 21, 2709–2718
- [15] Sinclair, J. S. et al. (2023): Primarily neutral effects of river restoration on macroinvertebrates, macrophytes and fishes after a decade of monitoring. *Restor. Ecol.* 31, e13840
- [16] Josi, D. et al. (2023): Biodiversitätsverlust der Gewässer stoppen. *Aqua & Gas* 103, 66–67
- [17] Wegscheider, B. et al. (2024): Neglecting biodiversity baselines in longitudinal river connectivity restoration impacts priority setting. *Sci. Total Environ.* in press, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175167
- [18] Aeschlimann, A. et al. (2024): Den Biodiversitätsverlust der Gewässer stoppen – trotz Klimawandel. Zwischenbericht Phase I (2020–2023): Projekt LANAT-3. *Wyss Acad. Nat. Hub Bern*, 103 S.