



Von Daten zu Taten

Die Schweizer Gewässer beherbergen eine aussergewöhnlich hohe biologische Vielfalt. Der fortschreitende Verlust an Arten mitsamt dessen ökologischen Konsequenzen wird jedoch nach wie vor unterschätzt. Modelle können helfen räumliche Muster der Artenvielfalt zu verstehen, den Einfluss von Umweltveränderungen abzuschätzen und aufzuzeigen in welchen Regionen Gewässerschutzmassnahmen besonders dringend sind.

Von Dario Josi, Bernhard Wegscheider, Conor Waldock, Bárbara Calegari & Ole Seehausen

Naturnahe Fliessgewässer und Auenlandschaften charakterisieren einen Lebensraum mit natürlichen Abflussschwankungen, die ein Mosaik aus sich stetig verändernden feuchten und trockenen Standorten bilden (BAFU 2023). Solch eine Lebensraumvielfalt nutzen rund 80 Prozent aller in der Schweiz bekannten Pflanzen- und Tierarten (Altermatt 2019). Doch der Mensch hat in den letzten Jahrhunderten massiv in diese Ökosysteme eingegriffen und Gewässerkorrekturen durchgeführt. Moore

wurden entwässert, Flüsse kanalisiert und verbaut, Bäche eingedolt. All dies für mehr landwirtschaftliche Nutzfläche, besseren Hochwasserschutz oder zur Stromproduktion.

Heute fehlt es daher an Strukturvielfalt in und am Gewässer. Die entstandenen Staumauern, Dämme, Wehre, Schwellen und Rampen stellen unüberwindbare Wanderhindernisse für Fische und andere Lebewesen dar. Ausserdem verunmöglichen sie eine natürliche Abflussdynamik

mit naturnahen Lebensräumen (BAFU 2022). Hinzu kommt die rasche Siedlungsentwicklung und intensive Landwirtschaft, welche die Wasserqualität für die Gewässerlebewesen stark beeinträchtigen. All das wird verstärkt durch den Klimawandel und die damit drohenden Nutzungskonflikte zwischen Wasserkraft, Landwirtschaft und Biodiversität (Aeschlimann 2022; BAFU et al. 2020).

Kaum überraschend sind in den letzten 100 Jahren in der Schweiz 19 einheimi-

Fischarten wie die Barbe sind auf das Zusammenspiel unterschiedlicher Lebensraumbedingungen angewiesen. Passende Schutz- und Fördermassnahmen werden erst möglich, wenn diese auch bekannt sind.

sche Fischarten ausgestorben. Zehn davon waren ausschliesslich in der Schweiz beheimatet und gelten nun global als ausgestorben. Weitere 65 Prozent sind heute entweder gefährdet oder potentiell gefährdet (BAFU & info fauna 2022). Ebenfalls sind 62 Prozent der Gewässerinsekten und über die Hälfte der an Gewässer und Moore gebundenen Pflanzenarten gefährdet oder bereits ausgestorben (Borland et al. 2016).

Lebensräume wiederherstellen

Um einen weiteren Rückgang der Artenvielfalt zu verhindern, müssen wir Flüssen und ihren Auen wieder mehr Raum und Struktur geben, natürliche ökologische Prozesse, wie Fischwanderungen, Sedimenttransport und eine natürliche Abflussdynamik stärken, die Wasserqualität verbessern und somit Gewässer resilienter gegenüber dem Klimawandel machen. Hierzu braucht es zudem einen direkten Einbezug der aquatischen Biodiversität mindestens auf Artniveau sowie das Verständnis dafür, wie sich diese durch Klima- und Umwelteinflüsse verändert (Chucholl et al. 2023).

Forschende nutzen dazu sogenannte ökologische Nischenmodelle für so viele individuelle Arten wie möglich. Als ökologische Nische bezeichnet man die Gesamtheit aller Umweltfaktoren, die eine bestimmte Art zum Leben benötigt. Durch die Überlagerung von Nischenmodellen lassen sich sowohl Lebensräume identifizieren, in denen sich Diversitätsmuster durch eine Zu- oder Abnahme der Artenvielfalt stark verändern werden, als auch Refugien in denen Umweltbedingungen möglichst stabil bleiben (Radinger 2020).

Obwohl verschiedene Umweltfaktoren oft gemeinsam auf Ökosysteme einwirken, sind es doch häufig einzelne Faktoren, die lokal gravierende Auswirkungen haben (Sinclair et al. 2023). Daher braucht es zusätzlich zu den Nischenmodellen auch Planungsinstrumente, die aufzeigen, welche

Umweltfaktoren in welchen Regionen primär für die Veränderung der Artenvielfalt verantwortlich sind. Ebenso wichtig ist die Rekonstruktion der historischen Verbreitung der Artenvielfalt vor den menschlichen Eingriffen. Beides ist zentral, um Gewässerschutzmassnahmen gesamtheitlich zu priorisieren und somit die Lebensräume für die aquatische Biodiversität bestmöglich zu schützen oder wiederherzustellen.

Prognosen für die Biodiversität und deren Gefährdung

Ein laufendes Projekt der Wyss Academy for Nature an der Universität Bern entwickelt zurzeit neue Lösungsansätze für diese Herausforderungen (Josi et al. 2023). Hierzu werden unter anderem erstmals neu entwickelte Methoden der erklärbaren künstlichen Intelligenz (explainable AI, Ryo et al. 2021) auf Nischenmodelle in aquatischen Ökosystemen angewendet. Das Ziel ist, schweizweit die räumlichen Veränderungen durch lokale menschliche Einflüsse zu verstehen. Gleichzeitig gilt es zu ermitteln, welche natürlichen Faktoren die Lebensraumsprüche einzelner Arten positiv oder negativ beeinflussen. Zudem lässt sich der Biodiversitätsverlust rekonstruieren, indem solche Modelle aufzeigen, wo Arten ohne die Auswirkungen der negativen Einflüsse vorkommen könnten. Dies wird dazu beitragen, den Ausgangszustand der biologischen Vielfalt präziser zu definieren.

Erste Resultate für Fliessgewässer bestätigen, dass die grössten Bedrohungen für die aquatische Artenvielfalt die Fragmentierung von Lebensräumen, die Verbauung von Fliessgewässern und ein Mangel an natürlicher räumlich-zeitlicher Abflussdynamik sind (Waldock et al. 2024). Darüber hinaus zeigt sich, dass die Ursachen für das Vorhandensein oder Fehlen von Arten regional unterschiedlich sind und Arten sehr unterschiedlich auf Umwelteinflüsse reagieren können (siehe Beispiel Emmental unten). Durch das Aufzeigen solcher grossräumigen Zusammenhänge

leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Langzeitaufgabe der Natur- und Gewässerschutzplanung in der Schweiz.

Die verlorene Biodiversität im Emmental

Trotz ihrer Schönheit (Abb. 1A) zeigt sich die Emme auch immer wieder von ihrer wilden Seite: Sei es durch Hochwasser wie 2014 und 2022 oder durch regelmässige komplette Austrocknung in den Sommermonaten (Barben 2023; Graf 2022). Weiter ist das Einzugsgebiet durch agrarwirtschaftliche Landnutzung geprägt und das Gewässernetz durch eine Vielzahl von Wanderhindernissen fragmentiert. Das Zusammenspiel dieser unterschiedlichen Nutzungsinteressen macht die Emme zu einer geeigneten Untersuchungsregion, um modellbasierte Renaturierungsplanungen zu testen.

In Abb. 1B fokussieren wir uns auf die Region der Emme aufwärts des Schalunenwehrs und auf eine Auswahl an Fischarten, die potentiell vorkommen können und ein möglichst breites Spektrum an Lebensraumsprüchen abdecken. Die Groppe (*Cottus sp.*) ist dunkler eingefärbt, weil sie neben der Bachforelle (nicht in der Abbildung) die einzige Art ist, die flussaufwärts des Schalunenwehrs tatsächlich noch vorkommt. Die Balkendiagramme zeigen die relative Wichtigkeit der Umweltparameter für die Habitateignung der jeweiligen Arten. Während der jährliche mittlere Abfluss sich generell positiv auf die Habitateignung auswirkt, zeigt die Konnektivität einen negativen Trend bei allen Arten mit Ausnahme der Groppe. Die maximalen Temperaturen sowie die Flussmorphologie tragen verhältnismässig weniger zur Lebensraumeignung der Arten in der Emme bei.

Für den nachhaltigen Artenschutz reicht aber der Fokus auf einen einzelnen Gewässerabschnitt nicht aus. Entscheidend ist vielmehr die Summe an Standorten mit hoher Habitateignung im gesamten

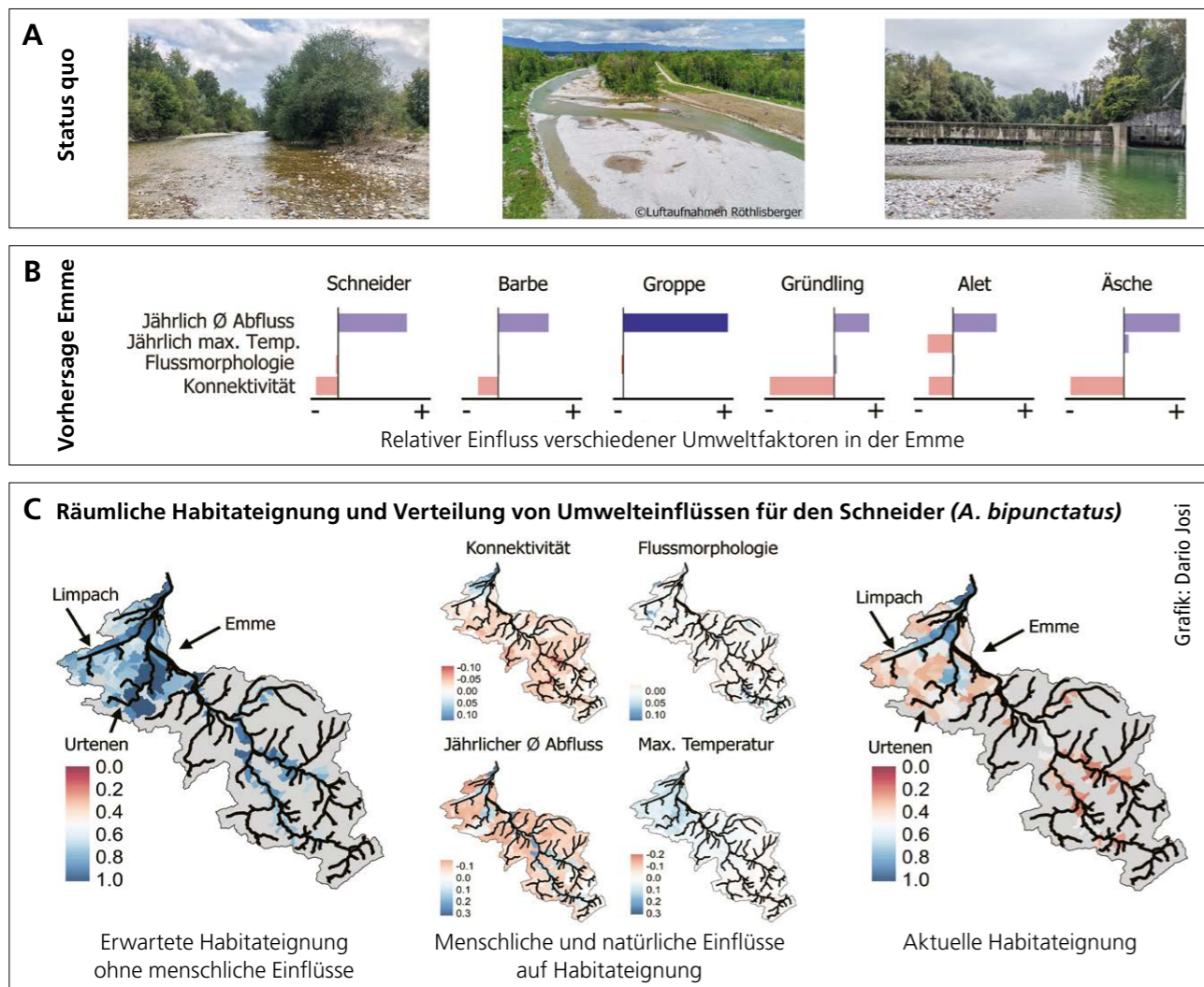


Abb. 1: Anhand der Emme mit den Schalunenwehr (A), können KI-Modelle vorhersagen, welche Umweltfaktoren die Arten positiv (rot) oder negativ (blau) beeinflussen (B). Am Beispiel des Schneiders lässt sich auch die erwartete Habitateignung räumlich (2 x 2 km²) und ohne menschliche Einflüsse eruieren (C, links) sowie die relative Wichtigkeit unterschiedlicher Umweltfaktoren (Mitte) und deren Auswirkungen auf die aktuelle Habitateignung (rechts).

Einzugsgebiet der Emme. Zudem hilft es, bei der Naturschutzplanung zu wissen, wo welche Arten existierten vor den menschlichen Eingriffen in die Ökosysteme. Am Beispiel des Schneiders (*Alburnoides bipunctatus*) eruieren die KI-gestützten Modelle solche Regionen mit einer hohen erwarteten Habitateignung, wenn negative menschliche Einflüsse beseitigt werden (Abb. 1C, links). Weiter quantifizieren sie die relative Wichtigkeit der verschiedenen menschlichen und natürlichen Umwelteinflüsse, welche sich lokal positiv (blau) oder negativ (rot) auswirken (Abb. 1C, Mitte). Daraus lässt sich wiederum die aktuelle Habitateignung des Schneiders eruieren und es gibt ein gesamtheitliches Bild, wo welche Massnahmen dem Schneider am meisten nützen (Abb. 1C, rechts). Zum Beispiel tragen die vorherrschenden Temperatur- sowie Abflussverhältnisse zur positiven

Habitateignung des Schneiders an der Urtenen bei, aber aufgrund der fehlenden Konnektivität (rot im Bereich der Urtenen) ist diese Region nicht gut erreichbar. Eine Revitalisierung ohne Verbesserung der Vernetzung würde dem Schneider somit nur bedingt nützen. Auch eine bessere Längsvernetzung der Emme würde dem Schneider helfen, sein wohl ursprüngliches Verbreitungsgebiet in der oberen Emme wieder zu erreichen.

Solche Zusammenhänge lassen sich auch für standorttypische Artgemeinschaften aufzeigen (Waldock et al. 2024). Die Extremereignisse wie Hochwasser und Austrocknung im Emmental können in diesen Modellen nicht berücksichtigt werden, da diese schwer vorhersagbar sind und im Falle der Austrocknung multiple Ursachen haben (Barben 2022). Um nachhaltige Lösungen für solch komplexe Ansprüche an

Gewässer zu entwickeln, sollte das Ziel sein, modellbasierte Vorhersagen mit lokalen Datenerhebungen zu saisonal variablen Umweltfaktoren zu ergänzen.

Die verborgene Biodiversität

Trotz der Vielzahl an ökologischen Problemen hat, laut einer repräsentativen Umfrage von Pro Natura (2023), rund die Hälfte der Schweizer:innen ein positives Bild vom Zustand der Biodiversität. Diese Wahrnehmungsverschiebung entsteht, weil wir die Vielfalt von Tieren und Pflanzen, die wir selbst nicht mehr erlebt oder gesehen haben, auch nicht vermissen können (Soga & Gaston 2018). Zudem ist bis heute ein grosser Anteil der Arten nicht wissenschaftlich erfasst. Beides erschwert nicht nur das Ergreifen der richtigen Massnahmen, sondern auch die Feststellung von Veränderungen in der Biodiversität.

Die verborgene Biodiversität der Schmerlen in der Schweiz.



Die Anzahl von Fischarten in der Schweiz hat sich beispielsweise in den letzten Jahren fast verdoppelt. Der Grund für diese Entwicklung liegt aber nicht in einer Verbesserung der Wasser- oder Habitatqualität, sondern viele Arten, die auf den ersten Blick ähnlich aussehen, wurden erst im Laufe von Forschungsprojekten in den letzten Jahren als einzelne Arten erkannt und müssen teilweise erst noch beschrieben werden (Alexander & Seehausen 2021; Brodersen et al. 2023). Zum Beispiel leben in der Schweiz mindestens drei verschiedene Schmerlenarten. Obwohl diese gar nicht nahe miteinander verwandt sind, wurden sie bis jetzt unter demselben Artennamen geführt. Neue Untersuchungen zeigen, dass diese Arten sich morphologisch, ökologisch und genetisch stark voneinander unterscheiden (Abb. 2). Diese Unterschiede sind vergleichbar mit den Unterschieden zwischen verschiedenen Meisenarten – niemand käme auf die Idee, sie alle als eine einzige Vogelart zu betrachten (Naef-Daenzer 1994).

riert werden. Der Wissenschaftszweig der Systematik und Taxonomie ist aber bereits seit Jahren stark unterfinanziert und es fehlen für viele Organismengruppen, in der Schweiz wie auch international, Expert:innen, die die Artenkenntnis besitzen, um die Biodiversität im vollen Umfang zu erkennen und zu beschreiben (European Commission et al. 2022). Das hat gravierende Konsequenzen, denn unbeschriebene Arten können nicht auf Roten Listen geführt und somit auch nicht gezielt gefördert werden. Ein Verlust dieser Arten bleibt somit unentdeckt.

Von Daten zu Taten

Solches Wissen inklusive der Beschreibung «neuer» Arten kann nur durch intensive Feld- und Laborforschung gene-

Neuartige KI-Modelle ermöglichen es, die für den jeweiligen Standort typische Biodiversität abzuschätzen. Dadurch kann

lokal bestimmt werden, welche natürlichen und anthropogenen Einflüsse die grössten Bedrohungen darstellen und welche Gebiete bereits durch menschliche Eingriffe verloren gegangen sind. Mit Hilfe solcher Erkenntnisse können gezielte Massnahmen zum Schutz von Arten und Gewässern ergriffen werden. Die aquatische Biodiversität kann so effektiver in die Planung und Umsetzung von Gewässersanierungen integriert werden.

Dario Josi

Universität Bern
Hochschulstrasse 6, 3012 Bern
dario.josi@unibe.ch



Dario Josi Bernhard Wegscheider Conor Waldock Bárbara Calegari Ole Seehausen

Die Autor:innen erforschen am Institut für Ökologie & Evolution der Universität Bern und Eawag im Lanat-3 Projekt die aquatische Biodiversität und wie natürliche und anthropogene Umwelteinflüsse Artgemeinschaften verändern. In Regionen mit grossem Handlungsbedarf werden mittels sozialwissenschaftlichen Analysen und Partizipation praxisrelevante Szenarien zu Gunsten der Biodiversität erarbeitet, gemeinsam mit dem Schweizerischen Kompetenzzentrum Fischerei und der Arbeitsgruppe Policy Analysis and Environmental Governance der Universität Bern/Eawag. Unterstützt wird das Projekt vom Kanton Bern durch die Wyss Academy for Nature und dem Bundesamt für Umwelt.