

Priorisierung von Revitalisierungsmaßnahmen an voralpinen Flüssen

Voralpine Flüsse sind oft durch starke anthropogene Belastungen bei zeitgleich hohem Potenzial an schützenswerten Lebensräumen in Bezug auf gefährdete Zielarten charakterisiert. Die Diskrepanz zwischen Sanierungsbedarf und Ressourcenknappheit, insbesondere in Form von finanziellen Mitteln und Datenverfügbarkeit, erfordert für Maßnahmen zur Aufwertung des ökologischen Zustands jedoch maximale Effizienz. Für die Vöckla wurde auf Basis einer Ist-Zustands-Analyse eine Priorisierung von Erhaltungs- und Revitalisierungsmaßnahmen erarbeitet.

Pia Teufl, Samuel Auer, Susanne Muhar und Daniel S. Hayes

1 Einleitung

Fließgewässer sind hinsichtlich ihrer Artenvielfalt und ökologischen Heterogenität äußerst wertvolle Lebensräume. Aber auch der Mensch profitiert von aquatischen Ökosystemen. So stellen Fließgewässer Transportwege und Nahrungsquellen dar, dienen zur Energieproduktion und bieten Erholungsräume. Die enge Mensch-Fluss-Beziehung impliziert aber auch eine wechselseitige Abhängigkeit. Zum einen ist der Mensch auf Flüsse als Lebensgrundlage und Ressource angewiesen, zum anderen hängt die ökologische Integrität von Fließgewässern vom Schweregrad menschlicher Eingriffe ab. Die Erhaltung der Funktionsfähigkeit aquatischer Ökosysteme erfordert somit einerseits ein geschärftes gesellschaftliches Bewusstsein für ihre Vulnerabilität, andererseits aber auch ein daraus abgeleitetes Handeln.

Der Zustand vieler europäischer Flüsse ist jedoch prekär. In den Alpen beispielsweise sind rund die Hälfte aller großen Flüsse begradigt oder in aufgestaute Flusstypen transformiert worden [1]. Die dominanten Belastungen sind hydromorphologischer Natur und zeigen sich in Form von Ufer- und Sohlenverbauungen, Stauhaltungen, Wasserausleitungen, Kontinuumsunterbrechungen sowie Schwall-Sunk-Betrieb [2]. Gemäß den Forderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) bedeutet das eine Zielverfehlung des „guten ökologischen Zustands“ oder des „guten ökologischen Potenzials“ in 56,9 % der österreichischen

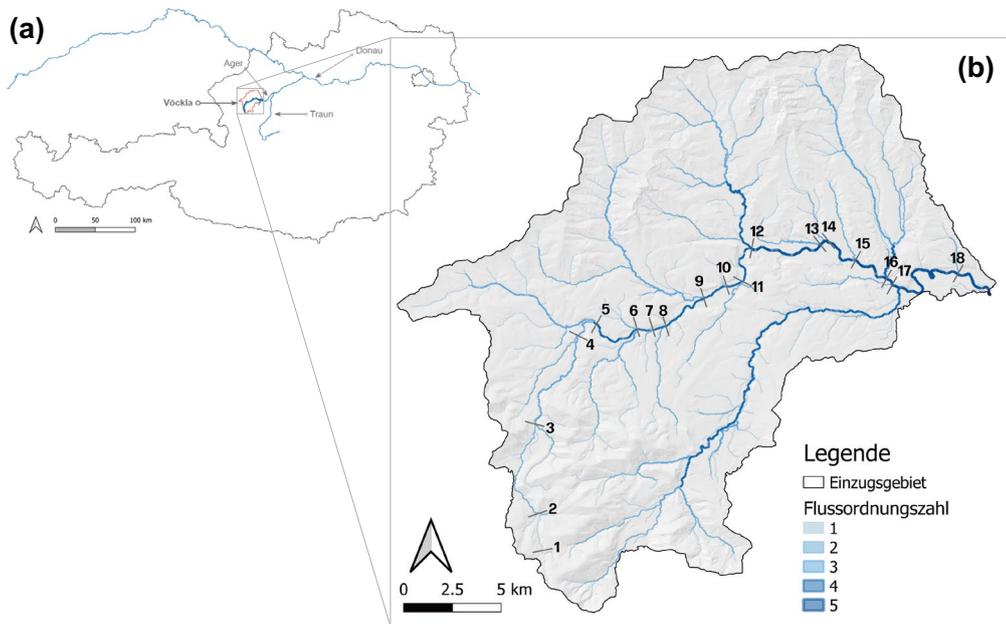
Gewässerstrecken mit einem Einzugsgebiet >10 km² [3]. In Anbetracht der WRRL-Ziele, bis 2027 für alle Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet >10 km² einen zumindest guten ökologischen Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial zu erreichen, besteht somit dringender Handlungsbedarf.

In den letzten Jahrzehnten wurden vermehrt Revitalisierungsprojekte zur Verbesserung der ökologischen Situation an Fließgewässern umgesetzt. Trotz dieser Bemühungen erzielt die Mehrheit dieser Projekte langfristig jedoch nicht die gewünschten Effekte [4]. Dies ist unter anderem auf die kleinräumige Betrachtungsebene vieler geplanter Maßnahmen zurückzuführen [5]. Ein holistischer Blick auf den Fluss im Kontext seines Einzugsgebiets ist jedoch entscheidende Voraussetzung für die Tragfähigkeit und Langlebigkeit von Sanierungsmaßnahmen [6]. Aktuelle Ansätze unterstreichen demnach die Notwendigkeit einer entsprechenden Verknüpfung zwischen Planungspraxis und Wissenschaft [5]. Die Einbindung von Daten bei der Entwicklung von Sanierungsmaßnahmen ist maßgeblich, um eine Kompatibilität zwischen neugeschaffenen Habitaten und der natürlichen Charakteristik eines Fließgewässers zu erzielen [7]. Zudem gilt es, vorausblickend zu eruieren, welche Maßnahmen sich für den jeweiligen Fluss eignen, welche Techniken sich nachweislich als erfolgreich erwiesen haben und wie sich lokale Revitalisierungsmaßnahmen in den größeren Kontext von Fluss und Einzugsgebiet einfügen [8].

In der vorliegenden Studie sollen die genannten Diskussionspunkte anhand der Fallstudie Vöckla untersucht werden. Die Vöckla ist ein typisches Beispiel für einen mittelgroßen, teils schwer beeinträchtigten Voralpenfluss. Die dominierenden Belastungen sind - ähnlich wie an vielen anderen Fließgewässern [1], [2] - Uferverbauungen und dadurch fehlende laterale Vernetzung, Unterbrechungen des longitudinalen Kontinuums sowie eine begradigte Linienführung. Zusätzlich sorgt die intensive Landwirtschaft, die teilweise bis knapp an den Gewässerand reicht, für Beeinträchtigungen. Obwohl entsprechendes Interesse bekundet wurde, die gewässerökologische Situation an der Vöckla zu verbessern [9], sind sowohl Datengrundlagen als auch finanzielle Ressourcenverfügbarkeit eingeschränkt. Damit

Kompakt

- Strategisch-hierarchische Flusseinzugsgebietsanalysen dienen dazu, Revitalisierungsmaßnahmen zu identifizieren und zu priorisieren.
- Die Kartierung und Analyse der Querbauwerke zeigt hinsichtlich Anzahl, Verortung und Durchgängigkeit deutliche Unterschiede zu bestehenden Datensätzen.
- Die Fallstudie liefert wichtige Beiträge zu großräumigen Planungsansätzen wie dem GE-RM.



© Datenquelle [3]

Bild 1: a) Lage der Vöckla in Österreich inklusive Vorfluter, b) Einzugsgebiet und Zubringer der Vöckla mit entsprechenden Flussordnungszahlen und eingeteilten Segmenten (S1-S18)

repräsentiert die Vöckla eine Problemlage, die so oder ähnlich auch an vielen anderen Flüssen vorherrscht. Der Status an der Vöckla kann daher stellvertretend für diverse mittelgroße Flüsse betrachtet werden, die im Zuge der Umsetzung der WRRL bis 2027 in den Zielzustand überführt werden müssen.

Revitalisierungsmaßnahmen, die unter Berücksichtigung eines größeren räumlichen und zeitlichen Kontexts entwickelt werden, weisen eine höhere Erfolgsquote als isoliert lokal gesetzte Maßnahmen auf [4]. Somit werden in vorliegender Fallstudie Belastungen auf verschiedenen Maßstabsebenen identifiziert [6], um mittels gesamtheitlicher Analyse des Flusssystems einen Grundstein für eine holistische Planung von Revitalisierungsansätzen zu legen. Es werden Vorschläge zur Wiederherstellung und Verbesserung ökologischer Prozesse diskutiert, um auf Basis dessen eine adäquate Priorisierung möglicher Revitalisierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der Potenziale und Restriktionen innerhalb des Einzugsgebiets vorzunehmen. Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- 1) Wie können auf verschiedenen räumlichen Ebenen wirkende Belastungen in einem Flusssystem trotz begrenzter Datenverfügbarkeit analysiert und quantifiziert werden?
- 2) Wie können auf Basis einer Analyse des Ist-Zustandes Revitalisierungsmaßnahmen abgeleitet werden, welche einer Verbesserung der gewässerökologischen Gesamtsituation dienen können?
- 3) Anhand welcher Ansätze und Indikatoren können Revitalisierungsmaßnahmen priorisiert werden, um eine effiziente Maßnahmendurchführung mit langfristigem ökologischen Mehrwert zu erzielen?

2 Projektgebiet

Die Vöckla, ein ursprünglich mäandrierender Voralpenfluss, entspringt am Mondseeberg in der oberösterreichischen Flyschzone. Sie mündet nach rund 47 km bei Vöcklabruck in die Ager

und ist somit Teil des Donaueinzugsgebiets (**Bild 1a**). Der mittlere Jahresabfluss der Vöckla beträgt rund 9 m³/s, ihr Einzugsgebiet umfasst 447 km². Aus fischökologischer Sicht befindet sich die Vöckla in der Bioregion „Bayrisch-österreichisches Alpenvorland und Flysch“. Drei Fischregionen - Epi-, Meta- und Hyporhithral (d. h. Bachforellen- bis Äschenregion) - sind der Vöckla zugeordnet [3].

3 Methoden

3.1 Räumliche Betrachtungsebenen

Die Analyse von Belastungen entlang eines hierarchisch-räumlichen Gradienten soll ein umfassendes Verständnis des Flusses sowie seiner Restriktionen und Potenziale ermöglichen und aufzeigen, auf welcher räumlichen Ebene anthropogene Eingriffe wirksam werden [6]. Für die Beurteilung des Ist-Zustandes der Vöckla wurde das Untersuchungsgebiet in zwei räumliche Ebenen - (i) Einzugsgebiet und (ii) fluviale Segmente - unterteilt (**Tabelle 1**).

Die Einteilung der Segmente erfolgte auf Basis der Flussordnungszahl [6], wonach bei Einmündung eines Zubringers mit Strahler-Flussordnungszahl ≥ 2 jeweils ein neues Segment definiert wurde.

3.2 Datengrundlagen und -erhebungen

Für jedes der Segmente wurden Gefälle und Sinuosität basierend auf dem digitalen Höhenmodell berechnet, um eine Charakterisierung der jeweiligen Gewässerstrecken zu erhalten. Folgend wurden anthropogene Einflüsse in den entsprechenden Raumeinheiten diagnostiziert und sowohl Belastungen im Einzugsgebiet als auch hydromorphologische Stressoren identifiziert. Die verwendeten Geodatenätze sind in **Tabelle 2** gelistet.

Um detaillierte Informationen zu den Querbauwerken im Hauptgerinne sowie einen Abgleich zwischen bestehender Datelage und aktueller Situation zu erhalten, wurde eine Feldkartierung

durchgeführt. Hierbei wurden Daten zu Konstruktionstyp, Absturzhöhe sowie Vorhandensein einer Fischaufstiegsanlage erhoben. Wehranlagen mit einer Fischaufstiegsanlage wurden als passierbar klassifiziert. Die Fischpassierbarkeit sonstiger Querbauwerke wurde anhand des Leitfadens zur hydromorphologischen Zustandserhebung von Fließgewässern beurteilt. Diese im Feld erhobenen Informationen wurden dann mit dem bestehenden Datensatz verschnitten.

Die Landnutzung im Einzugsgebiet kann für den Eintrag von Nährstoffen, Pestiziden oder Feinsedimenten verantwortlich sein und hat daher wesentliche Auswirkungen auf den ökologischen Zustand eines Flusses. Da Landnutzungseffekte in der Regel in einem größeren räumlichen Maßstab wirken [6], sollte daher zur Diagnose von möglichen Effekten auf den Fluss sowie zur Planung von Sanierungsmaßnahmen neben der direkt an den Fluss grenzenden Flächennutzung auch die Landnutzung innerhalb des gesamten Einzugsgebietes berücksichtigt werden. Für diese Analyse wurden vier Typen herangezogen: Landwirtschaft, Wald, Industriegebiete und Siedlungsgebiete (**Tabellen 1 und 2**).

3.3 Strategische Maßnahmenplanung und deren Priorisierung

Auf Basis der Analyse des Ist-Zustandes der Vöckla wurde eine Priorisierung möglicher Maßnahmen unter Berücksichtigung von Potenzialen und Defiziten erarbeitet. Dabei wurde der Fokus auf Schutz und Erhalt bestehender ökologisch wertvoller Bereiche einerseits sowie auf den Vorschlag von Revitalisierungsmaßnahmen andererseits gelegt.

In Anlehnung an Beechie et al. [4] wurde zunächst ein übergeordnetes Revitalisierungsziel für die Vöckla festgelegt, um im nächsten Schritt eine für Belastungen und morphologischen Flusstyp adäquate Priorisierungsstrategie zu wählen. Zuletzt wurden auf Basis der diagnostizierten Stressoren konkrete Revitalisierungsmaßnahmen vorgeschlagen und diese gereiht [4].

3.3.1 Festlegung eines übergeordneten Ziels

Das Einzugsgebiet der Vöckla ist durch eine Vielzahl menschlicher Nutzungen geprägt. Die Vöckla wird energiewirtschaftlich genutzt, zudem sind Anforderungen eines ausreichenden Hochwasserschutzes sowie die damit einhergehende Ufer- und Sohlenstabilisierung vielerorts gegeben. Die Wiederherstellung eines historischen Referenzzustandes ist somit schwer mit den aktuellen Nutzungen im Einzugsgebiet vereinbar. Demnach erscheint der Ansatz, die Vöckla in Übereinstimmung mit dem regionalen Kontext durch geeignete Revitalisierungsmaßnahmen in einen „möglichst wenig degradierten sowie ökologisch weitgehend dynamischen Zustand“ [10] zu versetzen, als praktikables übergeordnetes Ziel.

3.3.2 Festlegung eines Priorisierungsansatzes

Angesichts fehlender umfassender Vorstudien zu naturräumlichen Prozessen im Einzugsgebiet ist für die vorliegende Fall-

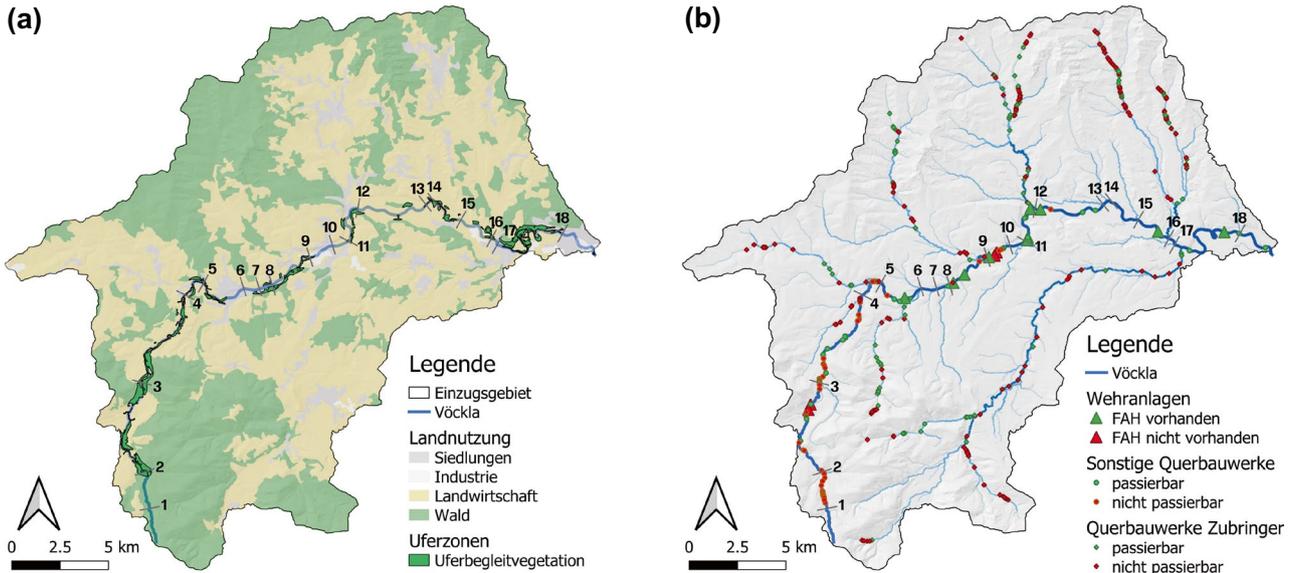
Tabelle 1: Analyisierte Raumeinheiten und zugeordnete Belastungen (Quelle: Teufl et al.)

Raumeinheit	Belastungstyp
Einzugsgebiet	Landnutzung: Landwirtschaft, Wald, Industriegebiete, Siedlungsgebiete Ufervegetation: Fehlende Ufervegetation durch Landnutzung bis an das Flussufer Longitudinales Kontinuum: Verbaute Zubringer
Fluviale Segmente	Longitudinales Kontinuum: Querbauwerke im Hauptgerinne Hydrologie: Staustrecken, Restwasserstrecken Morphologie: Uferdynamik, Sohlendynamik

studie ein „logischer“ Ansatz nach Beechie et al. [4] vorteilhaft. Dabei soll das übergeordnete Revitalisierungsziel durch den Entwurf einer logisch-hierarchischen Abfolge von aufeinander abgestimmten Einzelmaßnahmen erreicht werden. Da die Erhaltung bestehender intakter Lebensräume deutlich kosteneffizienter ist als die Revitalisierung degradierter Habitate [4], soll der Fokus zunächst auf jene Flussabschnitte gelegt werden, in denen hydro-morphologische Prozesse intakt und hochwertige Lebensräume vorhanden sind. Dieser Refugien-Ansatz eignet sich auch aus artenschutzfachlicher Sicht, insbesondere wenn Restpopulationen und/oder Habitate von bedrohten Arten geschützt werden sollen [4]. Neben dem Fokus auf intakte Lebensräume sollten in einem weiteren Schritt weniger stark degradierte Abschnitte vor stärker beeinträchtigten Gebieten priorisiert werden, da diese mit höherer Wahrscheinlichkeit auf Sanierungsmaßnahmen ansprechen [5] und zumeist auch kosteneffizienter zu realisieren sind [4]. Bei der chronologischen Reihung wird zudem Maßnahmen mit einer hohen Erfolgsaussicht, einer kurzen Reaktionszeit und der Aussicht auf Langlebigkeit Vorrang gegeben [8] sowie ein prozessorientierter Ansatz [7] verfolgt.

Tabelle 2: Verwendete GIS-Datensätze (Quelle: Teufl et al.)

Datensatz	Quelle
Digitales Höhenmodell	Amt der oberösterreichischen Landesregierung
Staustrecken	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021
Restwasserstrecken	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021
Querbauwerke Hauptgerinne	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021 und eigene Erhebungen
Querbauwerke Zubringer	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021
Status Gewässermorphologie: Sohlen- und Uferdynamik	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021
Landnutzung	CORINE Landcover
Ufervegetation	Copernicus Riparian Zones



© Datenquellen: a) CORINE Landcover, Copernicus Riparian Zones, b) [3], Teuffl et al.

Bild 2: a) Landnutzung und Uferbegleitvegetation sowie b) Querbauwerke in der Vöckla und ihren Zubringern (FAH = Fischauftriegsanlage; Wehranlagen = Wasserkraftnutzung und Fallhöhe >1,3 m; sonstige Bauwerke dienen meist der Sohlenstabilisierung oder der Hochwassersicherung); die Zahlen repräsentieren die Segmentnummern

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Belastungsdiagnose

Das Einzugsgebiet der Vöckla wurde in 18 Flussegmente mit einer Länge von 450 bis 6 190 m geteilt, wobei das erste Segment anschließend an die Quellregion definiert wurde. An

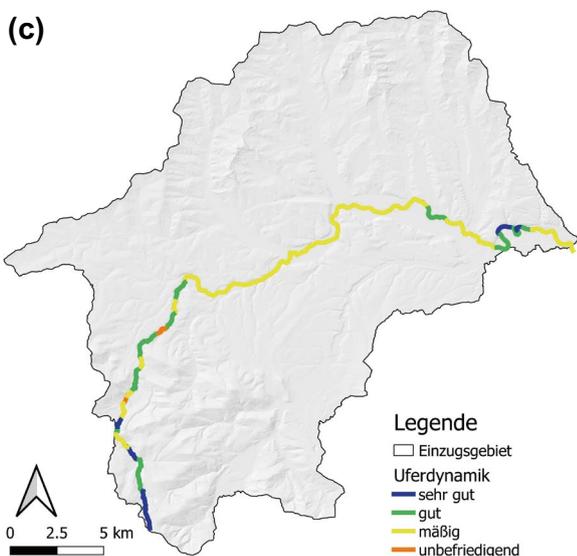
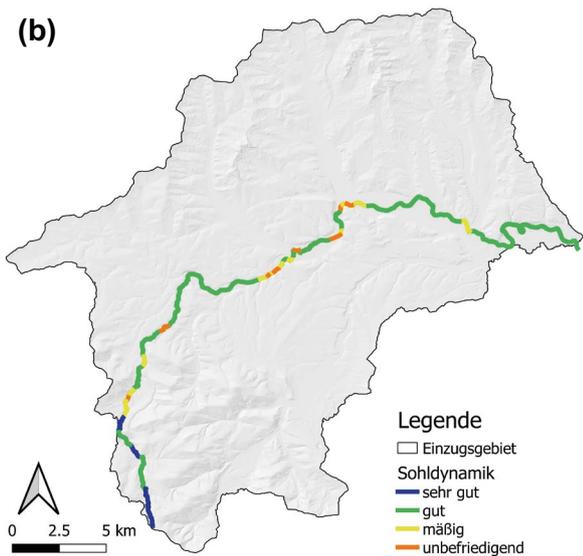
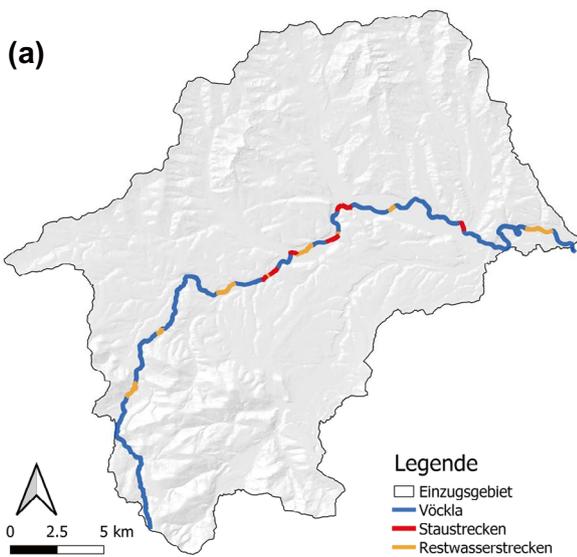
der Mündung in die Ager hat die Vöckla eine Flussordnungszahl von fünf. Die Zubringerbäche weisen Zahlen zwischen eins und vier auf (**Bild 1b**). **Tabelle 3** zeigt Länge, Sinuosität, morphologischen Flusstyp und Gefälle der Segmente. Die Sinuosität variiert zwischen 1,00 und 1,85, wobei die meisten Segmente dem gewundenen Flusstyp entsprechen.

Tabelle 3: Flussegmente und deren Charakteristika (Quelle: Teuffl et al.)

Flussegment	Länge [m]	Sinuosität (SI) ¹	Flusstyp ²	Gefälle [%]
Quellbereich	1 760	1,06	Gestreckt	1,33
S1	2 350	1,11	Gewunden	2,72
S2	6 190	1,27	Gewunden	1,71
S3	5 480	1,17	Gewunden	1,08
S4	1 480	1,23	Gewunden	0,74
S5	2 860	1,36	Pendelnd	0,63
S6	933	1,02	Gestreckt	0,43
S7	650	1,00	Gestreckt	0,31
S8	2 870	1,18	Gewunden	0,49
S9	1 290	1,03	Gestreckt	0,47
S10	1 090	1,02	Gestreckt	0,09
S11	2 290	1,29	Gewunden	0,44
S12	4 310	1,12	Gewunden	0,37
S13	1 320	1,12	Gewunden	0,15
S14	2 920	1,15	Gewunden	0,27
S15	450	1,13	Gewunden	0,22
S16	460	1,02	Gestreckt	0,22
S17	5 560	1,85	Mäandrierend	0,36
S18	2 390	1,26	Gewunden	0,17

¹ SI = Segmentlänge geteilt durch die Tallänge.

² Die Definition des Flusstyps wurde auf Basis folgender SI-Schwellenwerte eingeteilt: 1,00–1,10 = gestreckt; 1,11–1,30 = gewunden; 1,31–1,80 = pendelnd; >1,80 = mäandrierend.



© Datenquellen [3]

In Bezug auf die Landnutzung im Einzugsgebiet entfällt der höchste Anteil (50,3 %) auf landwirtschaftlich genutzte Flächen, wobei diese Nutzungsform vor allem im Mittellauf dominiert. Im Gegensatz dazu liegt der Oberlauf hauptsächlich in bewaldeten Gebieten, die 42,6 % des Einzugsgebietes ausmachen. Siedlungsgebiete nehmen einen vergleichsweise geringen Anteil von 6,6 % ein. Industriegebiete sind mit 0,5 % vertreten (**Bild 2a**).

Die Ufervegetation ist in der Regel eng von der umliegenden Landnutzung bestimmt. In den Segmenten 1-4 weist die Vöckla eine gut entwickelte Ufervegetation auf. Im anschließenden Mittellauf (S5-12), welcher von angrenzenden Industriegebieten und landwirtschaftlich genutzten Flächen dominiert ist, fehlen Gehölzstreifen vor allem orografisch linksufrig entlang ausgedehnter Strecken gänzlich. Dies trifft auch weitgehend auf die Segmente 14-16 zu. Die letzte erhaltene Mäanderstrecke in Segment 17 weist hingegen gut entwickelte Uferzonen auf (**Bild 2a**).

Insgesamt befinden sich 14 Wehranlagen in der Vöckla, von denen zehn mit einer Fischaufstiegsanlage ausgestattet sind. Zusätzlich bestehen 69 sonstige Querbauwerke im Hauptgerinne (davon 28 passierbar), welche hauptsächlich der Sohlenstabilisierung dienen (**Bild 2b**). Damit ergibt sich ein Schnitt von 1,8 Barrieren pro Flusskilometer. Vor allem Ober- und Mittellauf sind von einer hohen Dichte an Barrieren geprägt. Im Unterlauf (S12-18) hingegen ist nicht nur die Anzahl an Barrieren deutlich geringer, sondern mit Ausnahme eines einzigen Bauwerks sind auch die meisten Barrieren als passierbar eingestuft. Von den sieben großen Zubringern der Vöckla sind drei (in S4, S5 und S9) an der Mündung vom Hauptgerinne abgeschnitten. Die Dichte an Querbauwerken in den Zubringern beträgt zwischen 1,5 und 3,9 pro Flusskilometer (**Bild 2b**).

Die Analyse der hydromorphologischen Belastungen zeigt, dass Restwasser- und Staustrecken gemeinsam rund 16 % des Flussverlaufs ausmachen (**Bild 3a**). Die neun Restwasserstrecken entsprechen dabei einem Anteil von 11,5 % bzw. 5,5 km der Gesamtstrecke und verteilen sich auf den Mittel- und Unterlauf der Vöckla. Zusätzlich belasten sieben Staustrecken 4,5 % oder 2,2 km des Mittellaufes. Der Oberlauf kann als hydrologisch weitgehend unbeeinflusst bezeichnet werden (**Bild 3a**).

Der morphologische Zustand der Vöckla wird im Oberlauf sowohl in Bezug auf Ufer- als auch Sohlendynamik mit sehr gut oder gut klassifiziert (**Bild 3b-c**). Im Mittellauf ist vor allem die Uferdynamik tendenziell schlechter bewertet. Dies gilt - abgesehen von der Mäanderstrecke - auch für den Unterlauf. Gesamtheitlich betrachtet sind bezüglich Uferdynamik 37,6 % oder 17,8 km der Vöckla in sehr gutem oder gutem Zustand. Handlungsbedarf besteht hingegen in 62,4 % oder 29,5 km des Flussverlaufs, wo die Ziele der WRRL verfehlt werden. Bezogen auf die Sohlendynamik befinden sich 80,6 % oder 38,1 km der Vöckla in sehr gutem oder gutem Zustand. Lediglich 19,4 % oder

Bild 3: Hydromorphologische Belastungen der Vöckla:
a) Restwasser- und Staustrecken, b) Bewertung: Sohlendynamik,
c) Bewertung: Uferdynamik

9,2 km befinden sich hingegen in mäßigem oder unbefriedigendem Zustand (**Bild 3b-c**).

4.2 Maßnahmendefinition und -priorisierung

Ausgehend von der in Kapitel 3.3 festgelegten Priorisierungsstrategie werden zunächst bestehende ökologisch intakte Abschnitte sowie schützenswerte Arten identifiziert. Demnach sind sowohl der Quell- als auch der Mündungsbereich inklusive Mäanderstrecke zu erwähnen. Beide Abschnitte sind aufgrund ihres hydro-morphologisch sehr guten Zustandes bzw. ihrer besonderen ökologischen Funktion in einem Regionalprogramm [9] verankert, welches ein Verschlechterungsverbot für die jeweiligen Flussabschnitte vorsieht. Zudem ist die Quellregion in den oberösterreichischen Leitbildern für Natur und Landschaft als potenzielles Habitat für den gefährdeten Steinkrebs (*Austropotamobius torrentium*) definiert, welcher typischerweise die Quell- und Oberläufe von Voralpenbächen besiedelt. Der Unterlauf vor der Mündung ist hingegen als potenzielles Laichgebiet des Huchens (*Hucho hucho*) ausgewiesen [9]. Somit wäre gemäß des Refugien-Ansatzes sowohl in Hinblick auf Lebensraumqualität als auch aus Sicht des Artenschutzes der Fokus auf die beiden erwähnten Flussabschnitte zu legen. Ausgehend von diesen Refugien wäre als prioritäres Ziel die Revitalisierung der jeweils angrenzenden, nur geringfügig degradierten Streckenabschnitte anzustreben. In Abstimmung auf die jeweilige Zielart werden folgende Revitalisierungsstrategien für die beiden angesprochenen Bereiche vorgeschlagen (**Bild 4**).

4.2.1 Quellbereich

Im ökologisch weitgehend intakten Quellbereich der Vöckla empfiehlt es sich, Vorschläge für Revitalisierungsmaßnahmen auf die Zielart Steinkrebs abzustimmen. Ein dementsprechend differenzierter Umgang wird für die bestehenden Querbauwerke in den Segmenten 1-2 vorgeschlagen. Die Beseitigung der ersten Querbauwerkskette in Segment 1 würde eine Verlängerung der freien Fließstrecke um 650 m bewirken und damit die Lebensraumvernetzung im ökologisch wertvollen Quellgebiet fördern (**Bild 4**). Da sich die Sohldynamik bereits in gutem Zustand befindet, wäre bei einer Auflösung der bestehenden Barrieren mit einer zusätzlichen Verbesserung hin zum sehr guten Zustand zu rechnen. Im Gegensatz dazu plädieren wir für die Erhaltung zweier Sperren in Segment 1 (**Bild 4**). Bei diesen Bauwerken handelt es sich um Betonsperren mit einer Fallhöhe von 1,8 bzw. 1,9 m. Dadurch dienen sie als potenzielle Barrieren gegen die Einwanderung nicht heimischer, invasiver Flusskrebsarten in das Quellgebiet [11]. Dies ist auch hinsichtlich eines derzeit laufenden Wiederansiedlungsprojektes von Steinkrebsen an dieser Stelle von besonderer Bedeutung. Da das Quellgebiet sowie Segment 1 aufgrund der geringen Uferbreite und der Quellnähe nicht als Fischlebensraum definiert sind, wäre die hier propagierte Aufrechterhaltung von Barrieren kaum als Nachteil für potenziell vorkommende Fischarten zu werten.

4.2.2 Mündungsbereich

Im Mündungsbereich der Vöckla ist die Wiederanbindung von isolierten Habitaten im Hauptstrom und auch in den Zubringern anzustreben, um der Fragmentierung des Lebensraumes entgegenzuwirken.

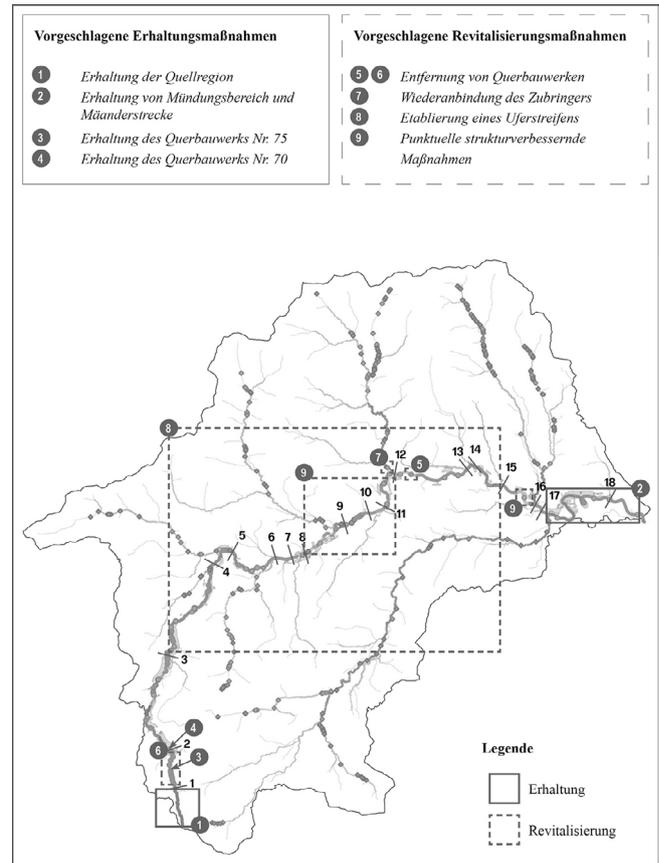


Bild 4: Identifizierte Maßnahmen zur Verbesserung des gesamtökologischen Zustands an der Vöckla

genzuwirken. Da der Unterlauf als potenzielles Laichhabitat für den stark gefährdeten Huchen dient, sind Verfügbarkeit und Vernetzung von Habitaten für alle Altersklassen von hoher Bedeutung [9], [12]. So sollen zunächst Barrieren mit hoher Habitatqualität im flussauf gelegenen Abschnitt entfernt oder angepasst werden, um eine großräumigere Besiedelung dieser wertvollen Lebensräume zu ermöglichen [8]. Prioritär gehandhabt werden sollten jene Querbauwerke, deren Adaptierung die Wiedervernetzung längerer zusammenhängender Fließgewässerstrecken gewährleisten würde. Ein dritter Schwerpunkt ist die Wiederanbindung von Zubringern als Laichhabitat [12]. Solche Vernetzungsmaßnahmen zeigen in der Regel eine kurze Reaktionszeit mit hoher Erfolgsquote (z. B. erhöhte Reproduktionsrate) und sind von Langlebigkeit geprägt [8].

In Hinblick auf eine verlängerte durchgehende Fließstrecke ist die Entfernung oder der Umbau der Barriere in Segment 12 zu empfehlen (**Bild 4**), da dieses Querbauwerk, welches die einzige nicht passierbare Barriere im Unterlauf darstellt, die freie Fließstrecke um etwa 4,6 km verlängern würde. Zudem würde die Entfernung des betreffenden Querbauwerks die Ausdehnung des Fischlebensraums in den wenig oberhalb liegenden linksufrigen Zubringer (Frankenburger Redlbach) bedeuten und damit eine Erweiterung potenzieller Laichplätze sowie Jungfischhabitate darstellen. Priorisiert werden sollte zudem die Passierbarkeit des zweiten Querbauwerks im erwähnten

Frankenburger Redlbach (**Bild 4**), da sich dadurch eine Verlängerung der freien Fließstrecke um zusätzliche 1,5 km ergeben würde. Die Adaptierung der erwähnten Querbauwerke sollte an eine Überprüfung der Passierbarkeit der drei Wehranlagen in Segmenten 12, 15 und 17 gekoppelt werden. Diese sind zwar jeweils mit einer als funktionstüchtig klassifizierten Fischaufstiegsanlage [3] ausgestattet, die tatsächliche Fischpassierbarkeit ist jedoch fraglich.

4.2.3 Etablierung und Vernetzung von Ufervegetation

Die Etablierung von Ufervegetationsstreifen weist eine deutlich längere Reaktionszeit als die zuvor genannten Maßnahmen auf [8]. Obwohl der Priorisierungsansatz darauf abzielt, zuerst die Lebensraumvernetzung im Fluss zu verbessern, empfiehlt es sich, Ufermaßnahmen zeitnah zu realisieren. Im landwirtschaftlich geprägten und stärker degradierten Mittellauf der Vöckla können Ufervegetationsstreifen den Gewässerstatus erheblich verbessern. In diesen Bereichen reduziert sich der Pufferstreifen vielfach auf eine einzelne Baumreihe, welche immer wieder unterbrochen ist (**Bild 2a**). Somit wäre zunächst die Vernetzung vorhandener Gehölzfragmente anzustreben, um einen möglichst durchgehenden Pufferstreifen auf beiden Uferseiten zu erzielen (**Bild 4**). Bei geringem Gefälle, wie im Fallbeispiel vorherrschend, kann ein 10 m breiter Uferstreifen Nährstoffrückhalt und Erosionsschutz verbessern (bei höherer Schadstoffbelastung durch diffuse Quellen entsprechend breiter). Zudem bereichern Wurzel- und Astwerk sowie Falllaub den Lebensraum und Nahrungsquellen für aquatische Organismen. Die Beschattung durch Ufervegetation vermindert die Erhöhung der Wassertemperatur.

4.2.4 Strukturverbessernde Maßnahmen

Gemäß den zur Anwendung kommenden Prinzipien Reaktionszeit, Langlebigkeit und Erfolgsquote sollte die kleinräumige Aufwertung von Habitaten erst nach dem Ausschöpfen prozessorientierter Maßnahmen erfolgen [7], [8] oder in Abschnitten, in welchen umfassendere Maßnahmen durch die gegebenen Rahmenbedingungen schwer umsetzbar sind. Dies trifft zum Beispiel auf hydrologisch beeinträchtigte Strecken oder auch auf jene Abschnitte zu, in denen die unmittelbaren Uferzonen durch urbane oder industrielle Nutzungen geprägt sind. Hier wäre das Einbringen von Strukturelementen wie Totholz oder Raubäumen oder auch die Verbesserung von Laichhabitaten mittels Kiesschüttungen oder -lockerungen in Hinblick auf die Leitfischarten Bachforelle und Äsche anzustreben. Dies betrifft insbesondere den Mittellauf, der immer wieder kurze Abschnitte mit mäßiger/unbefriedigender Bewertung der Sohlendynamik zwischen gut erhaltenen Strecken umfasst (**Bild 4**).

4.3 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie zeigt am Fallbeispiel der Vöckla, wie Revitalisierungsmaßnahmen an mittelgroßen, voralpinen Flüssen durch die Integration von bestehenden Datenquellen und neuen Kartierungen strategisch priorisiert werden können. Um ein möglichst ganzheitliches Bild der anthropogenen Belastungen im Vöckla-Einzugsgebiet zu erhalten, wurden hydro-morphologische Belastungen und die Landnutzung mittels GIS-

Analysen ermittelt [5], [6]. Die prozessorientierte Analyse ermöglichte eine Maßnahmenplanung in Hinblick auf Effekte auf mehreren hierarchischen Ebenen [5].

4.3.1 Maßnahmendefinition und -priorisierung

Ein Vergleich des aktuellen Flussverlaufes mit historischen Karten zeigt, dass der ursprüngliche Verlauf erheblich verkürzt wurde. Der Talboden ist heute überwiegend durch land- und forstwirtschaftliche Nutzung, aber auch durch Industrie- und Siedlungsgebiete geprägt. Der Initiierung einst typischer Flusslandschaften der Vöckla durch z. B. die großräumige Anbindung von Altarmen und Mäander-Relikten sind damit in vielen Bereichen Grenzen gesetzt oder es scheint derzeit die Aufwendung erheblicher finanzieller Mittel oder auch die Rückgewinnung großer Umlandflächen in das öffentliche Wassergut unrealistisch. Die gewählte übergeordnete Zieldefinition, die Vöckla in einen möglichst wenig degradierten sowie ökologisch weitgehend dynamischen Zustand zu versetzen [10], ist daher als Kompromiss zwischen vielfältigen Nutzungsansprüchen an Fluss und Talboden sowie einer weitgehenden Verbesserung der gewässerökologischen Situation im Rahmen existierender Möglichkeiten zu sehen. Obwohl damit gewisse Limitierungen zugunsten einer praxisorientierten Umsetzbarkeit verbunden sind, ist ein prozessorientierter Ansatz unter den Aspekten von Nachhaltigkeit und Langfristigkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen unbedingt anzustreben. Das bedeutet vor allem, jenen Maßnahmen Vorzug zu geben, welche dynamische Verhältnisse innerhalb des Fließgewässers ermöglichen.

Die Entfernung von Barrieren dient nicht nur der Wiederherstellung des longitudinalen Migrationskorridors, sondern bedeutet auch einen verbesserten Geschiebehalt und damit eine Dynamisierung der Sohle. Mit Hinblick auf bekannte negative Einflüsse landwirtschaftlicher Nutzung auf Fließgewässer ist die Ausweisung von Flussabschnitten, an welchen Ufervegetationsstreifen etabliert werden sollten, ebenfalls als prozesshaft zu verstehen. Der Vorschlag von punktuell strukturverbessernden Maßnahmen verbleibt somit in der hierarchischen Reihung von Maßnahmenvorschlägen als letzte Möglichkeit für jene Abschnitte, in welchen tieferegreifende Revitalisierungen als schwer umsetzbar erscheinen.

4.3.2 Datenverfügbarkeit und Limitierung

Für die praktische Umsetzung von Maßnahmen ist die Erfassung und Analyse weiterer Daten notwendig. Insbesondere bei der angedachten Entfernung longitudinaler Barrieren sind Aspekte wie Hochwasserschutz und Sedimenttransport zu berücksichtigen und entsprechende Daten einzubeziehen.

Aufgrund fehlender fischökologischer Daten wurden sämtliche Wehranlagen, welche mit einer Fischaufstiegsanlage ausgestattet sind, als passierbar angenommen. Die tatsächliche Funktionstüchtigkeit wurde dabei jedoch nicht überprüft.

Die verfügbaren Querbauwerksdaten [3] wurden durch eine Feldkartierung verifiziert. Die Erhebung zeigt Unterschiede zwischen der realen Situation und dem verfügbaren Datensatz. Davon waren Bewertungsindikatoren wie Absturzhöhe, Lage und Anzahl der Barrieren betroffen. Die Anzahl an insgesamt

24 nicht erfassten Querbauwerken verdeutlicht die Dringlichkeit einer entsprechenden Überarbeitung bestehender Datensätze.

In einer weiterführenden Analyse wäre es unbedingt anzustreben, mögliche hydrologisch/hydraulische Veränderungen von Restwasser- und Staustrecken mit Fokus auf eine prozessorientierte Maßnahmendefinition und -priorisierung zu inkludieren [5].

5 Résumé

Vorliegende Fallstudie zeigt, wie gesamtheitliche Analysen von Flusseinzugsgebieten dazu beitragen können, Revitalisierungsmaßnahmen zu identifizieren und priorisieren. Die GIS-basierte Belastungsanalyse auf verschiedenen Maßstabsebenen stellte hierbei trotz limitierter Datenverfügbarkeit eine solide Basis dar, um Maßnahmen zu beschreiben, die zu einer Verbesserung der gewässerökologischen Gesamtsituation beitragen können. Die methodische Herangehensweise und die Ergebnisse liefern wichtige Beiträge zu großräumigen Planungsansätzen, etwa im Rahmen von Gewässerentwicklungs- und Risikomanagement-Konzepten (GE-RM).

Dank

Diese Arbeit wurde ganz oder teilweise vom Österreichischen Wissenschaftsfonds (FWF) finanziert [P 34061-B].

Pia Teufl, Samuel Auer, Susanne Muhar and Daniel S. Hayes

Prioritizing restoration measures at pre-alpine rivers

The Vöckla River is an illustrative case study reflecting the gap between restoration needs and funding restraints. This discrepancy becomes especially apparent when faced with limited data. In such circumstances, it becomes imperative to make judicious use of the existing capacities. Solid assessment frameworks are needed to support stakeholders involved in river restoration, as many projects, often implemented at the reach level, falter in achieving their objectives because they fail to consider the broader watershed context. Therefore, it is essential to conduct a comprehensive analysis of the environmental conditions and human pressures acting on various spatial scales within the catchment of interest before recommending and prioritizing restoration measures. This study introduces a hierarchical approach aimed at prioritizing restoration measures in pre-alpine rivers, thereby providing important contributions to large-scale planning approaches.

Autoren

Pia Teufl, M. Sc.
Samuel Auer, M. Sc.
Ao. Univ. Prof. Susanne Muhar
Dr. Daniel S. Hayes
 Universität für Bodenkultur Wien
 Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement
 Gregor-Mendel-Straße 33
 1180 Wien, Österreich
 pia.teufl@hotmail.com
 samuelauer@gmx.at
 susanne.muhar@boku.ac.at
 daniel.hayes@boku.ac.at

Literatur

- [1] Hohensinner, S.; Egger, G.; Muhar, S.; Vaudor, L.; Piégay, H.: What Remains Today of Pre-Industrial Alpine Rivers? Census of Historical and Current Channel Patterns in the Alps. In: *River Research and Applications* 37 (2021), Nr. 2, S. 128-149 (doi.org/10.1002/rra.3751).
- [2] Muhar, S.; Seliger, C.; Schinegger, R. et al.: Status and Protection of Rivers. A Pan-Alpine Overview. In: Muhar, S., Muhar, A., Egger, G., Siegrist, D. (Eds.): *Rivers of the Alps. Diversity in Nature and Culture*. Bern: Haupt Verlag, 2019; S. 302-319.
- [3] Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (Hrsg.): *Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021*. Wien, 2022.
- [4] Beechie, T.; Pess, G.; Roni, P.; Giannico, G.: Setting River Restoration Priorities: A Review of Approaches and a General Protocol for Identifying and Prioritizing Actions. In: *North American Journal of Fisheries Management* 28 (2008), Nr. 3, S. 891-905 (doi.org/10.1577/M06-174.1).
- [5] Carolli, M.; Gelmini, F.; Pellegrini, S.; Deriu, M.; Zolezzi, G.: Prioritizing Reaches for Restoration in a Regulated Alpine River: Locally Driven versus Hydro-Morphologically Based Actions. In: *River Research and Applications* 37 (2021), Nr. 1, S. 17-32 (doi.org/10.1002/rra.3737).
- [6] Gurnell, A. M.; Rinaldi, M.; Belletti, B. et al.: A Multi-Scale Hierarchical Framework for Developing Understanding of River Behaviour to Support River Management. In: *Aquat Sci* 78 (2016), S. 1-16 (doi.org/10.1007/s00027-015-0424-5).
- [7] Beechie, T. J.; Sear, D. A.; Olden, J. D. et al.: Process-Based Principles for Restoring River Ecosystems. In: *BioScience* 60 (2010), Nr. 3, S. 209-222 (doi.org/10.1525/bio.2010.60.3.7).
- [8] Roni, P.; Beechie, T. J.; Bilby, R. E.; Leonetti, F. E.; Pollock, M. M.; Pess, G. R.: A Review of Stream Restoration Techniques and a Hierarchical Strategy for Prioritizing Restoration in Pacific Northwest Watersheds. In: *North American Journal of Fisheries Management* 22 (2002), Nr. 1, S. 1-20 (doi.org/10.1577/1548-8675(2002)022<0001:AROSRT>2.0.CO;2).
- [9] Landeshauptmann von Oberösterreich (Hrsg.): *Verordnung mit der ein Regionalprogramm für besonders schützenswerte Gewässerstrecken erlassen wird*. In: *LGBl*. Nr. 66/2019.
- [10] Palmer, M. A.; Bernhardt, E. S.; Allan, J. D. et al.: Standards for Ecologically Successful River Restoration. In: *Journal of Applied Ecology* 42 (2005), Nr. 2, S. 208-217 (doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01004.x).
- [11] Chucholl, C.; Chucholl, F.; Epp, L.; Brinker, A.: Management of Invasive, Plague-Carrying Signal Crayfish by Physical Exclusion Barriers. In: *MBI* 13 (2022), Nr. 1, S. 147-167 (doi.org/10.3391/mbi.2022.13.1.09).
- [12] Schmutz, S.; Jungwirth, M.; Ratschan, C. et al.: Der Huchen stirbt aus - was tun? Gefährdungsfaktoren und notwendige Maßnahmen in Bayern und Österreich. In: *Österreichs Fischerei* 76 (2023) (doi.org/10.5281/zenodo.7633497).

DOI dieses Beitrags: <http://doi.org/10.1007/s35147-024-2340-x>