



160

160

Acta ZooBot Austria

Acta ZooBot Austria



Gemeinsam auf dem Weg aus der Biodiversitätskrise

ISSN 2409-367X

2024

2024



Acta ZooBot Austria

früher
Verhandlungen

der
Zoologisch-
Botanischen
Gesellschaft
in Österreich

160. Band

Editor

Helmut Sattmann

Gasteditor:innen

Elisabeth Haring

Stefan Schmutz

Michaela Sonnleitner

Redaktion
Rudolf Maier
Benjamin Seaman

Wien, August 2024

Verlag der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich

Titelseite:

Das Glanz-Laichkraut (*Potamogeton lucens*) zählt zum typischen Inventar kalkgeprägter, oligomeso bis mesotropher Seen und tiefer, langsam fließender Gewässer. Die Art ist österreichweit „gefährdet“ (VU), in der Böhmisches Masse und dem südöstlichen Vorland sogar „vom Aussterben bedroht“ (CR).

Shining pondweed (*Potamogeton lucens*) is a typical species of calcareous, oligomesotrophic to mesotrophic lakes and deep, slow-flowing waters. The species is “vulnerable” (VU) throughout Austria and even “critically endangered” (CR) in the Bohemian Massif and the southeastern Alpine foothills. Foto/Photo: Karin Pall

Kiesbank-Grashüpfer (*Chorthippus pullus*), ein Schotterbank-Spezialist unter den Insekten *Chorthippus pullus*, a gravel bank specialist among the insects

Foto/Photo: Christian Komposch, ÖKOTEAM

Rückseite:

Naturschutzfachlich wertvolle und schützenswerte Schotterbank-Flusslandschaft an der Isel bei St. Johann im Walde (Osttirol)

Gravel bank river landscape on the Isel near St. Johann im Walde (East Tyrol)

Foto/Photo: Christian Komposch, ÖKOTEAM

Steinkrebse (*Austropotamobius torrentium*) besiedeln vorwiegend die Oberläufe kleiner Bäche.

Stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) mainly colonise the upper reaches of small streams.

Foto/Photo: Stefan Auer

Eigentümer, Herausgeber, Verleger:

Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich (ZVR 787548456)

Postfach 0030, A-1034 Wien

E-Mail: redaktion@zoobot.org

Homepage: <https://www.univie.ac/zoobot/wordpress>

Umschlag-Layout: H.C. Grillitsch

Satz: Vogelmedia e.U., Bisamberg, www.vogelmedia.at

Die Berücksichtigung der Bestimmungen der DSGVO liegt allein in der Verantwortung der Autorinnen und Autoren

© **Medieninhaber Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich**

ISSN 2409-367X (früher ISSN 0252-1911)

Referenzierung in:

Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Current Advances, Excerpta botanica, Plant Science und Zoological Record

Editor:

Helmut **Sattmann**

Redaktion:

Rudolf **Maier**
Benjamin **Seaman**

Editorial Board:

Sanja Baric (Bozen, Italien)
Siegmar Bortenschlager (Innsbruck, Österreich)
Manfred Fischer (Wien, Österreich)
Elisabeth Haring (Wien, Österreich)
Alois Herzig (Wien, Österreich)
Michael Kiehn (Wien, Österreich)
Jörg Ott (Wien, Österreich)
Martina Podnar (Zagreb, Kroatien)
Friedrich Schiemer (Wien, Österreich)
Thomas Stützel (Bochum, Deutschland)
Bernd Sures (Essen, Deutschland)
Roman Türk (Salzburg, Österreich)
Johann Waringer (Wien, Österreich)
Harald Zechmeister (Wien, Österreich)

Inhalt – Content

Vorwort ● Editorial	1
Biodiversitätstage	
Vorwort von Frau Bundesministerin Leonore Gewessler	5
Stefan Schmutz, Samuel Auer, Stefan Auer, Daniel Csar, Daniel Daill, Constanze Englisch, Thomas Friedrich, Wolfram Graf, Christian Griebler, Clemens Gumpinger, Gertrud Haidvogel, Stephan Koblmüller, Christian Komposch, Patrik Leitner, Karin Pall, Christian Pichler-Scheder, Astrid Schmidt-Kloiber, Alexander Schuster, Günther Unfer, Carina Zित्रa, Thomas Hein: Gewässer im Ausnahmezustand – Artensterben unter der Wasseroberfläche ● Waters in state of emergency – Species decline below the water surface	7
Thomas Friedrich, Stefan Schmutz, Günther Unfer, Gertrud Haidvogel, Stephan Koblmüller: Gewässer im Ausnahmezustand – das leise Verschwinden der Süßwasserfische in Österreich ● Waters in a state of emergency – the quiet disappearance of freshwater fishes in Austria	19
Wolfram Graf, Patrick Leitner, Astrid Schmidt-Kloiber: Wirbellose Fließgewässer-Organismen im Wandel – unter besonderer Berücksichtigung der Insektenfauna ● Invertebrate stream organisms in transition – with special consideration of the insect fauna	37
Daniel Daill, Christian Pichler-Scheder, Daniela Csar, Clemens Gumpinger: Gewässer im Ausnahmezustand – die dramatische Situation der Süßwassermuscheln in Österreich ● Waters in a state of emergency – the dramatic situation of freshwater mussels in Austria	55
Constanze Englisch, Carina Zित्रa, Christian Griebler: Biodiversity decline in aquatic ecosystems – is groundwater fauna at particular risk? ● Rückgang der biologischen Vielfalt in aquatischen Ökosystemen – ist die Grundwasserfauna besonders gefährdet?	77
Stefan Auer, Samuel Auer, Clemens Gumpinger: Von der Speisekarte auf die Rote Liste – Zustand, Gefährdung und Schutz heimischer Flusskrebse in Österreich ● From the menu to the Red List – threats and protection of native crayfish in Austria	99
Christian Komposch: Die semiaquatische und terrestrische Uferfauna – ripikole Spinnentiere und Insekten (Arachnida: Araneae, Opiliones; Insecta: Coleoptera, Saltatoria) ● Semiaquatic and terrestrial Invertebrates of river banks – ripicolous arachnids and insects (Arachnida: Araneae, Opiliones; Insecta: Coleoptera, Saltatoria)	117
Alexander Schuster: Amphibien – gefährdete Wanderer zwischen zwei Welten ● Amphibians – an endangered species group moving between two worlds . . .	147
Karin Pall: Wasserpflanzen in Seenot ● Aquatic plants in distress	157

Barbara-Amina Gereben-Krenn, Suzanne Kapelari, Elisabeth Glatzhofer, Gernot Kunz, Martin Schebeck, Ruth Swoboda, Maria Wielscher: Relevanz der Vermittlung von Artenkenntnis in Zeiten der Biodiversitätskrise ● <i>Relevance of teaching species knowledge in times of biodiversity crisis</i>	165
Robert Lindner, Peter Kaufmann, Elisabeth Haring: „Professionelle Amateure“ – Citizen Science in der Biodiversitätsforschung ● „Professional amateurs“ – citizen science in biodiversity research	173
Elisabeth Haring, Helmut Sattmann, Robert Lindner, Elisabeth Kopp: Biologische Vereine und Fachgesellschaften in Österreich – Präsentation bei den Tagen der Biodiversität 2023 ● <i>Biological associations and professional societies in Austria – Presentation at the Days of Biodiversity 2023</i>	187
Yvona Asbäck: Der Österreichische Biodiversitätsrat, das Science-Policy-Interface für Biodiversität und Ökosystemleistungen in Österreich ● <i>The Austrian Biodiversity Council, the science-policy interface for biodiversity and ecosystem services in Austria</i>	201
Min Chai, Ernst Mikschi, Susanne Reier, Alexandra Wanka, Rok Friedrich, Sabine Wanzenböck, Josef Wanzenböck, Hans Rund, Florian Glaser, Anja Palandačić: Small fish make it big – Biodiversity of Austria’s Minnows (<i>Phoxinus</i> sp.) ● <i>Kleine Fische ganz groß – Biodiversität der Elritzen Österreichs (Phoxinus sp.)</i>	203
Christina Pichler-Koban, Veronika Gaube, Martin Schönhart: Die Verantwortung der Wissenschaft in Zeiten multipler Krisen ● <i>The responsibility of science in times of multiple crises</i>	207
Lionora Suß, Jennifer Hatlauf: Raubtiergemeinschaften im Fokus: Fotofallen und Datenanalyse in der Biodiversitätsforschung	211
Friederike Barkmann, Valerian Goueset, Peter Huemer, Ulrike Tappeiner, Erich Tasser, Johannes Rüdiger: Insekten-Monitoring Österreich: Schmetterlinge ● <i>Insect monitoring Austria: Lepidoptera</i>	215
Anna-Chiara Barta, Luise Kruckenhauser, Martin Schwentner: DNA barcoding of terrestrial isopods in Austria integrating museum specimens ● <i>DNA-Barcoding von terrestrischen Isopoden in Österreich unter Einbeziehung von Museumsproben</i>	217
Maria Frankova, Maximilian Schröcker, Jana S. Petermann: Slightly sliding communities: how plants and insects respond to landslides ● <i>Rutschende Massen: Wie Pflanzen und Arthropoden auf geologische Massenbewegungen reagieren</i> . . .	219
Matthäus Greilhuber, Bernhard Egger, Isabel Dittmann, Pedro R. Frade, Elisabeth Haring: Integrative taxonomy and DNA barcoding of Austrian turbellarians ● <i>Integrative Taxonomie und DNA-Barcoding österreichischer Turbellarien</i>	221
Sophie Greistorfer, Janek von Byern, Ingrid Miller, Victor Benno Meyer-Rochow, Peter Ladurner, Robert Farkas, Gerhard Steiner: Gluing for the future – Characterisation of the gland system of <i>Latia neritoides</i> (Mollusca, Gastropoda, Hygrophila) ● <i>Kleben für die Zukunft – Charakterisierung des Drüsensystems von Latia neritoides (Weichtiere, Gastropoda, Hygrophila)</i>	223

Lena Holzapfel, Sarah Wagner, Janine Oettel, Jana S. Petermann: Walddynamiken unter der Lupe: Untersuchungen zur Biotopvernetzung im Wald anhand wasergefüllter Baumhöhlen und deren Insektengemeinschaften • Measuring forest connectivity using water-filled tree holes and their insect communities	226
Florian Kunz: Combining genetics, landscape ecology and simulations to inform conservation of two alpine grouse species • Kombination von Genetik, Landschaftsökologie und Populationssimulationen für die Erhaltung zweier alpiner Raufußhuhnarten	228
Lukas Landler, Janette Siebert, Stephan Burgstaller, Magdalena Spießberger, Thomas Ofenböck, Johann Zaller, Silke Schweiger, Daniel Dörler, Florian Heigl, Wolfram Graf: The Citizen Science project „AmphiBiom – habitat for the European green toad and Co“: Small ponds for pioneers • Das Citizen Science Projekt „AmphiBiom – Lebensraum für Wechselkröte und Co“: Kleingewässer als neue Pionierstandorte	230
Janine Oettel, Cornelia Amon, Owen Bradley, Christoph Leeb, Veronika Neidel, Jana Petermann, Frederik Sachser, Katharina Lapin: Survey approaches of Austria's Stepping Stone Program contribute to biodiversity monitoring in forests • Erhebungsmethoden des Österreichischen Trittsteinbiotope-Programms als Beitrag für ein Biodiversitätsmonitoring in Wäldern	232
Aglaia Szukala, Heino Konrad, Katharina Lapin, Martin Braun: Genetic indicators for forest biodiversity monitoring • Genetische Indikatoren für Waldbiodiversitätsmonitoring	234

Allgemeine Beiträge

Anton Drescher, Marjol Meço: Contribution to the distribution of rare or largely overlooked vascular plants in southern Albania • Beitrag zur Verbreitung seltener oder bisher übersehener Gefäßpflanzen in Süd-Albanien	239
Nina Weber, Thomas Strasser, Hannah Augustin: Evaluation of habitats under the EU's Habitats Directive, according to their feasibility for a remote sensing-based identification and delineation • Bewertung von FFH-Lebensraumtypen bezüglich der Machbarkeit einer fernerkundungsgestützten Identifikation und Abgrenzung	255
Horst Aspöck: Wilhelm Foissner (1948–2020) – Worte der Erinnerung und der Bewunderung • Wilhelm Foissner (1948–2020) – Words of Memory and of Admiration	269
Buchbesprechungen	287
Mitteilungen aus der Gesellschaft – ZooBot-Jahresbericht 2023	291

Vorwort zum Band 160 Acta ZooBot Austria

Mit dem vorliegenden Band 160 der Acta ZooBot Austria konnten wir wiederum einen Fokus auf ein sehr aktuelles Thema richten. Die Biodiversität, die Vielfalt von Arten und Lebensräumen, ist Grundlage stabiler Ökosysteme und einer intakten Natur, aber auch Voraussetzung für das Überleben der Menschen. Das derzeitige Massensterben wächst zu einer der größten Krisen der Menschheitsgeschichte heran. Wie auch die aktuell beginnende Klimakatastrophe, ist dies eine durch menschliche Aktivitäten verursachte Bedrohung.

Ein guter Teil der Beiträge in diesem Band entspringt der Verschriftlichung von Beiträgen der „Tage der Biodiversität“, die vom 8. – 10. November 2023 an der Universität für Bodenkultur in Wien abgehalten wurden*. Sie nehmen vor allem die Situation in Österreich unter die Lupe. Einige Artikel beleuchten die derzeitige Situation unterschiedlicher Organismengruppen, analysieren die Bedrohungen und arbeiten die notwendigen Herangehensweisen an das Problem heraus. Ein spezieller Blick auf die Wasserorganismen zeigt, dass Artenverlust unter der Wasseroberfläche meist kaum wahrgenommen wird, jedoch noch dramatischer ist als an Land. Im Wasser wie außerhalb zeigt sich: Eindeutig den größten Einfluss auf den Zustand der Biodiversität haben die Lebensraumveränderungen durch den Menschen.

Aber nicht nur die Dokumentation des voranschreitenden Verlustes von Lebensräumen, Arten und Populationen ist im vorliegenden Acta-Band zu finden, es werden auch Strategien zur Verbesserung der Situation und Projekte zur Förderung von Biodiversität vorgestellt. Auch wenn sich die Mehrheit dessen nicht bewusst ist, betrifft Biodiversität die Menschen in umfassender und existentieller Weise und ist somit ein Überlebens-Thema. Diesem Umstand Rechnung tragend, wurden hier auch Beiträge aufgenommen, die sich mit den gesellschaftspolitischen Aspekten der Biodiversität und ihrem Niedergang befassen. Statements zur Bedeutung der Umwelt-Bildung und der Ausbildung von Expert*innen an den Universitäten sowie zur Bedeutung von Fachvereinen und Citizen Science- Projekten sind ebenso zu finden, wie Beiträge über Umsetzungsstrategien zur Bewahrung (und Restaurierung) von Biodiversität, abgerundet durch gemeinsame Zielsetzungen und Aufgaben von Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft.

Zu diesem Biodiversitäts-Schwerpunkt passen auch die Allgemeinen Beiträge des Bandes, ob Floristik in Albanien, Methoden der Bewertung von FFH-Lebensraumtypen oder der biographische Beitrag über einen herausragenden Ciliaten-Forscher, der hunderte Arten dieser verborgenen Tiergruppe entdeckt und beschrieben hat.

Wir hoffen, dass wir mit der vorliegenden Ausgabe der „Acta“ zu einer der Bedeutung der Biodiversität gerecht werdenden Wahrnehmung dieser wichtigen Thematik beitragen können.

Wien im Juni 2024, die Herausgeber

* Die TAGE DER BIODIVERSITÄT 2023 wurden gemeinsam von mehreren Institutionen ausgerichtet und gestaltet: Netzwerk Biodiversität Österreich (Universität für Weiterbildung Krems), Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (Universität für Bodenkultur Wien), NOBIS – Network of Biological Systematics Austria, ABOL – Austrian Barcode of Life, ZooBot – Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich.

Editorial

With this volume 160 of *Acta ZooBot Austria*, we have once again had the opportunity to focus on a very topical issue. Biodiversity, the richness of species and habitats, is the basis of stable ecosystems and intact nature, but also a prerequisite for human survival. The current mass extinction is growing into one of the biggest crises in human history. Just like the ongoing climate crisis, this is a threat caused by human activity.

A large part of the articles in this volume are based on contributions to the “Days of Biodiversity”, which were held from 8 to 10 November 2023 at the University of Natural Resources and Life Sciences in Vienna*. They focus primarily on the situation in Austria. Some articles shed light on the current situation of different organism groups, analyse the threats and identify the necessary approaches to the problem. A special look at aquatic organisms shows that species loss below water is usually overlooked, though it is even more dramatic than on land. Whether in or out of the water, it is clear that habitat changes caused by humans have the greatest influence on the state of biodiversity.

However, this volume of *Acta* not only documents the ongoing loss of habitats, species and populations, but also presents strategies to improve the situation and projects to promote biodiversity. Even if most people do not realise it, biodiversity affects us all in a comprehensive and existential way and is therefore a matter of survival. In recognition of this fact, contributions dealing with the socio-political aspects of biodiversity and its decline have also been included in this volume. Statements on the importance of environmental education and the training of experts at universities as well as the significance of societies of specific disciplines and citizen science projects can be found, as can contributions on implementation strategies for the conservation (and restoration) of biodiversity, rounded off by joint objectives and responsibilities of politics, administration and civil society.

The volume’s general contributions also complement this biodiversity focus, whether the topic be floristics in Albania, methods of assessing habitat types defined by the EU Habitats Directive or the biographical tribute to an outstanding ciliate researcher who discovered and described hundreds of species of this hidden group of animals.

With this issue of “*Acta*”, we hope that we can contribute to a perception of this important topic that does justice to the significance of biodiversity.

Vienna, June 2024, the Editors

* The DAYS OF BIODIVERSITY 2023 were jointly organised and hosted by several institutions: Netzwerk Biodiversität Austria (University for Continuing Education Krems), Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management (University of Natural Resources and Life Sciences Vienna), NOBIS – Network of Biological Systematics Austria, ABOL – Austrian Barcode of Life, ZooBot – Zoological-Botanical Society in Austria.

Tage der Biodiversität

Gemeinsam aus der Biodiversitätskrise

8.–10. November 2023

Universität für Bodenkultur, Wien

<https://biodiversitaetstage.boku.ac.at/>

VORWORT

von Frau Bundesministerin Leonore Gewessler

(Publikation zu den Tagen der Biodiversität 2023)



Die Wissenschaft spricht mit sehr deutlichen Zahlen und Worten: Der fortschreitende Verlust an Biodiversität der Erde hat bereits ein Ausmaß erreicht, das unsere wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Lebensgrundlagen massiv gefährdet. Der ungebremsste Verlust der Vielfalt und die Klimakrise zählen heute zu den größten Umwelt-Herausforderungen vor denen die Menschheit steht.

Die Problematik ist nicht neu. Bereits 1992 wurden im Rahmen der Vereinten Nationen internationale Regelwerke geschaffen, mit dem Ziel, Biodiversität zu erhalten und den Klimawandel einzubremsen. In Umsetzung der Klima- und der Biodiversitäts-Konventionen ist vieles erreicht worden. Aber es reicht noch nicht aus. Beide Krisen schreiten in einem bisher nie dagewesenen Tempo voran.

Die Auswirkungen der Biodiversitätsverluste werden zunehmend nachvollziehbar und erlebbar, auch für Nicht-Expert:innen. Es leuchtet ein, dass der Rückgang wichtiger Bestäuber, wie insbesondere Insekten, hohe Verluste in der Landwirtschaft verursacht. Der zunehmende Verlust von Grünflächen durch Versiegelung wirkt sich ebenso fatal auf die Biodiversität aus. Oder der Verlust naturnaher Auegebiete, der uns die Auswirkungen von Hochwässern immer stärker spüren lässt.

Die Tage der Biodiversität auf der BOKU im November 2023 haben die breite Palette an Themen angesprochen, die sowohl für die Lösung der Biodiversitäts-, aber auch der Klimakrise enorm wichtig sind. Denn beide Krisen hängen eng zusammen und können nicht isoliert voneinander gelöst werden.

Gratulation an die Verantwortlichen und an die exzellenten Referent:innen zur erfolgreichen Organisation und Durchführung der Tage der Biodiversität 2023! Es braucht Orte und Plattformen an denen sich Vertreter:innen der Wissenschaft, der Praxis, der Medien

und andere Stakeholder sowie Studierende zusammenfinden, sich austauschen und gemeinsam diskutieren. Die Tage der Biodiversität haben dies ermöglicht.

Aus den Diskussionen nehme ich mit, dass etwa die Vervollständigung unseres Wissens über die Natur und ihre Zusammenhänge, die Verbesserung der Datengrundlagen aber auch das vernetzte Denken mit anderen Politikbereichen weiter vorangetrieben werden müssen. Der vielfach geforderte transformative Wandel in unserer Gesellschaft, unserer Wirtschaft, aber vor allem auch in technischer als auch politischer Hinsicht braucht einen gesamtheitlichen Blick auf die Herausforderungen.

Im Schatten anderer großer Krisen haben die Themen Biodiversitätsverlust und Klimaschutz zuletzt an Aufmerksamkeit eingebüßt, so scheint es. Die Vielzahl an Krisen überfordert auch viele Menschen, das verstehe ich nur zu gut. Allerdings können wir es uns nicht leisten, die dringend nötigen Maßnahmen weiter aufzuschieben.

Im Dezember 2022 wurde die gemeinsam mit allen Zuständigen ausverhandelte Biodiversitäts-Strategie Österreich 2030+ veröffentlicht. Diese enthält ein 10-Punkte-Programm für den Erhalt, den Schutz und die Wiederherstellung der Vielfalt sowie die Verbesserung der finanziellen, rechtlichen sowie anderen Rahmenbedingungen. Es wurden messbare Ziele und die dazu notwendigen Maßnahmen festgelegt. Die wichtigste Botschaft daher lautet: Wir müssen das gemeinsam aufs Papier Gebrachte nun auch umsetzen!

Genau dazu haben wir auch eine neue Förderschiene vom Klimaschutzministerium geschaffen: Der Biodiversitätsfonds. Bis 2026 stehen insgesamt 80 Mio. Euro zu Verfügung, 50 Mio. Euro davon aus dem Aufbau- und Wiederherstellungsfonds der Europäischen Union. Es freut mich außerordentlich, dass wir mit Mittel des Fonds bereits 109 Projekte für den Erhalt der Biodiversität umsetzen. Diese setzen genau dort an wo es dringend Maßnahmen braucht: bei der Wiederherstellung von Mooren, Trockenrasen und anderen geschädigten Ökosystemen, bei Schutzmaßnahmen für gefährdete Arten und deren Lebensräume wie beispielsweise Wechselkröte, Mauersegler, Bechstein-Fledermaus oder Wildbienen. Nicht zuletzt setzen wir auch bei der Verbesserung des Wissens über die Biodiversität an.

Der Auftrag an uns alle ist klar: Wir müssen weiter konsequent, gemeinsam und mit aller Kraft den Weg des Biodiversitäts- und Klimaschutzes gehen. Es wäre fatal, den Ast abzusägen, auf dem wir alle sitzen. Aber gemeinsam können wir etwas verändern und unsere Lebensgrundlage sichern.

Leonore Gewessler

Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Gewässer im Ausnahmezustand – Artensterben unter der Wasseroberfläche

Stefan Schmutz, Samuel Auer, Stefan Auer, Daniel Csar, Daniel Daill,
Constanze Englisch, Thomas Friedrich, Wolfram Graf, Christian Griebler,
Clemens Gumpinger, Gertrud Haidvogel, Stephan Koblmüller, Christian
Komposch, Patrik Leitner, Karin Pall, Christian Pichler-Scheder, Astrid Schmidt-
Kloiber, Alexander Schuster, Günther Unfer, Carina Zित्रa, Thomas Hein

Obwohl die Biodiversitätskrise immer stärker ins öffentliche Bewusstsein tritt, wird der Artenverlust unter der Wasseroberfläche meist kaum wahrgenommen und dies trotz der Tatsache, dass aquatische Ökosysteme wesentlich stärker als terrestrische bedroht sind. Die im Rahmen vorliegender Arbeit ausgewählten Artengruppen spiegeln die Gesamtheit der wesentlichen Lebensraumtypen aquatischer Ökosysteme in Österreich wider und reichen von rein aquatischen (Fische, Flusskrebse, Großmuscheln, Makrophyten) bis hin zu semiaquatischen (Amphibien, ripikole Fauna) und Grundwasser-Lebensräumen (Grundwasserfauna). Der Anteil ausgestorbener und gefährdeter Arten reicht unter den hier analysierten Artengruppen von 50 % bis 100 %, wobei der Median bei 62 % liegt. Den höchsten Gefährdungsgrad weisen die Flusskrebse mit 100 % auf (4 Arten), gefolgt von ripikoler Fauna, Großmuscheln und Fischen. Mehr als 50 % der österreichischen Fließgewässer verfehlen den guten ökologischen Zustand gemäß Wasserrahmenrichtlinie, 85 % der Auen sind bereits verschwunden. Die wesentlichsten Eingriffe sind Flussverbauungen durch Wasserkraftnutzung und Hochwasserschutz, wodurch sich die hydromorphologischen Bedingungen der Gewässer massiv verschlechtert haben. Weitere Belastungen sind Urbanisierung, Wasserentnahme, Klimawandel, invasive Arten, Verschmutzung und Spurenstoffe, Feinsedimenteintrag sowie Wellenschlag. Insbesondere die kumulative Wirkung von Mehrfachbelastungen ist für den starken Artenrückgang in Gewässern verantwortlich, die zugrundeliegenden Wirkmechanismen sind jedoch noch kaum untersucht. Die meisten Fließgewässerarten sind auf frei fließende Gewässer angewiesen. Dringendste Maßnahme ist daher der Erhalt der letzten intakten frei fließenden Gewässerabschnitte, von denen es nur mehr 8 % gibt (Abschnittlänge > 10 km, Gewässer > 10 m Breite). Es ist mehr als an der Zeit, diese Strecken in ihrer Gesamtheit gesetzlich verankert zu schützen. Trotz vergleichsweise langer Erfahrung mit Sanierungsprojekten, sind die Erfolge bislang eher bescheiden. Dies liegt u. a. darin begründet, dass die überwiegende Zahl morphologischer Sanierungen nur kleinräumige Maßnahmen umfasst und insgesamt nur einen Bruchteil der zu sanierenden 8.500 km ausmacht. Zudem wurde bislang zu wenig auf die Wiederherstellung dynamischer Prozesse geachtet, wodurch die ökologische Wirkung oft nur kurzfristig war bzw. neu geschaffene Strukturen rasch wieder verlandeten. Zudem wurde erst ein Buchteil der hydrologisch veränderten Gewässerabschnitte (Schwall, Restwasser) saniert. Einzelne Projekte, wie z. B. das LIFE Traisen Projekt, vermochten jedoch durch entsprechende Dimensionierung der Maßnahme degradierte Gewässerabschnitte wieder in den guten Zustand rückzuführen. Bei (fast) ausgestorbenen Arten wird durch Nachzucht und Wiederansiedlungsprojekte versucht, diese wieder zu etablieren bzw. vom Aussterben zu bewahren. Bei bestimmten Artengruppen und Belastungsformen bestehen noch massive Wissenslücken, die es zu beseitigen gilt. Umfassendes und längerfristiges Monitoring, insbesondere von sanierten Gewässerabschnitten, kann hier wesentliche Erkenntnisse für ein nachhaltiges Gewässermanagement liefern.

Schmutz S, Auer S, Auer S, Csar D, Daill D, Englisch C, Friedrich T, Graf W, Griebler C, Gumpinger C, Haidvogel H, Koblmüller S, Komposch C, Leitner P, Pall K, Pichler-Scheder C, Schmidt-Kloiber A, Schuster A, Unfer G, Zित्रa C, Hein T (2024) Waters in state of emergency – Species decline below the water surface. Although the biodiversity crisis is receiving increasing attention from the public, the loss of species below the water surface is widely ignored, despite the fact that aquatic

ecosystems are much more threatened than terrestrial. The species groups selected for this study reflect the main habitat types of freshwater ecosystems in Austria and range from purely aquatic (fish, crayfish, mussels, macrophytes) to semi-aquatic (amphibians, ripicolous fauna) and groundwater habitats (groundwater fauna). The proportion of extinct and threatened species among those ranges from 50%–100%, with a median of 62%. All four crayfish species are threatened. Also, ripicolous fauna, mussels and fish are more threatened than other species groups. More than 50% of the Austrian rivers fail the legal objectives – good ecological status – according to the Water Framework Directive and 85% of floodplain habitats are already lost. River engineering and hydropower constitute the main impacts on rivers, resulting in degraded hydromorphological conditions. Further pressures include urbanization, water abstraction, climate change, invasive species, pollution and toxic substances, fine sediment intrusion, and ship waves. In particular, the cumulative effects of multiple pressures are responsible for the sharp species decline in freshwater habitat. The most urgent measure is the preservation of the last intact free-flowing river stretches, of which there are only 8% left (length > 10 km, river width > 10 m). Most riverine species depend on free-flowing rivers. Time is pressing to protect these river stretches in their entirety by law. Despite comparatively long experience with river restoration, the success to date can be described as modest. The reason for this is that the majority of morphological restoration projects are only small-scale measures, accounting only for a fraction of the 8,500 km of rivers that have to be restored. In addition, too little attention has so far been paid to re-establishing dynamic processes, which means that the ecological effect was often only short-term, e.g. created structures were quickly filled with sediments again. Furthermore, only a small proportion of the hydrologically altered rivers (residual flow, hydropeaking) has been restored. However, few projects, such as the LIFE Traisen project, are able to restore degraded watercourses to a good ecological status through appropriate dimensioning of the measure. In case of (nearly) extinct species, artificial reproduction and conservation stocking is the only way to save them from extinction and to re-establish populations in the wild. For some species, the ecology and their reaction to pressures is still poorly understood and further research is necessary to fill these knowledge gaps. Comprehensive monitoring, particularly of restored river stretches, can provide new insights for a more sustainable management of aquatic ecosystems.

Keywords: biodiversity crisis, aquatic ecosystems, threats, conservation and restoration measures.

Einleitung

Süßwasserökosysteme zählen zu den am stärksten bedrohten Ökosystemen weltweit (WWF 2022). Die Öffentlichkeit nimmt jedoch das Artensterben unter der Wasseroberfläche meist nicht wahr. Anhand von ausgewählten Tier- und Pflanzengruppen mit hohem indikativem Wert (Abbildung 1) soll in dieser Arbeit auf die aktuelle Lage der Gefährdung in Österreich aufmerksam gemacht werden. Die vergleichende Analyse ausgewählter Tier- und Pflanzengruppen zeigt, welche Belastungen am stärksten auf aquatische Ökosysteme wirken und wo Ansätze für eine Sanierung der Gewässer bzw. eine Trendumkehr im Artenrückgang erkennbar sind.

Die hier ausgewählten Artengruppen (Abbildung 1) spiegeln die Gesamtheit der wesentlichen Lebensraumtypen von Fließgewässern wider und reichen von rein aquatischen (Fische, Flusskrebse, Großmuscheln, Makrophyten, bestimmte Makrozoobenthos-Gruppen) bis hin zu semiaquatischen (Amphibien, andere Makrozoobenthos-Gruppen, ripikole Fauna) und Grundwasser-Lebensräumen (Grundwasserfauna). Basis vorliegender Zusammenfassung bilden die Einzelbeiträge zu diesen Artengruppen, die auch in diesem Band der *Acta ZooBot Austria* veröffentlicht sind (Tabelle 1).

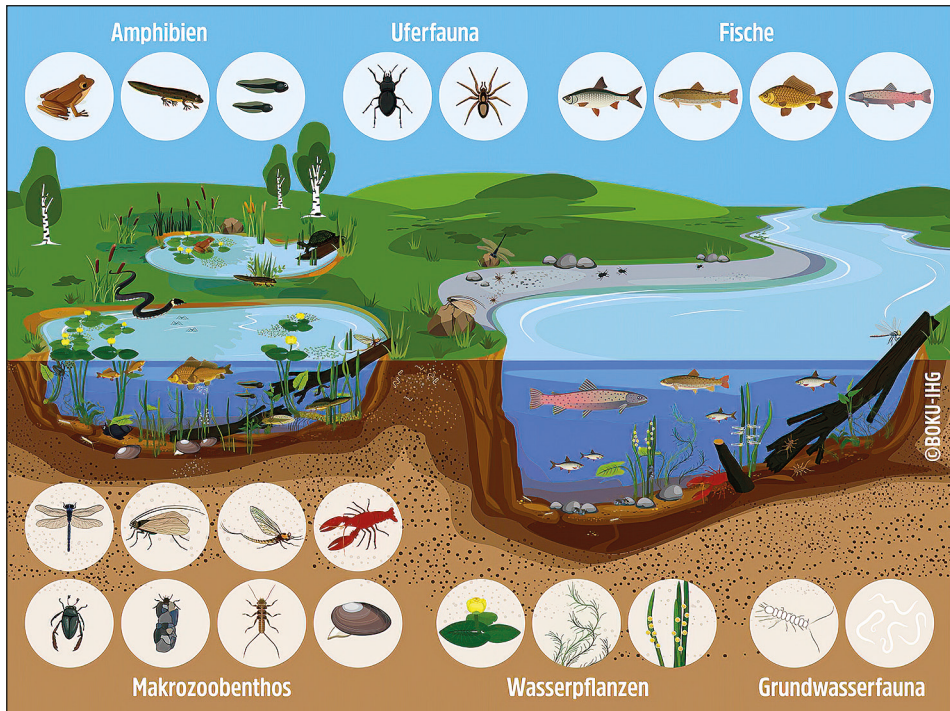


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lebensräume der im Rahmen vorliegender Arbeit erfassten Indikatorgruppen aquatischer Ökosysteme. – Fig. 1: Schematic representation of habitats related to organism groups used as indicators for aquatic ecosystems in this summary paper. (© BOKU-IHG)

Tab. 1: Liste der Einzelbeiträge und behandelte Artengruppen als Basis für vorliegende Zusammenfassung. – Tab. 1: List of publications and related species groups as basis for this summary paper. (© BOKU-IHG)

Artengruppe	Quelle
Fische	Friedrich et al. 2024
Makrozoobenthos	Graf et al. 2024
Flusskrebse	Auer et al. 2024
Großmuscheln	Daill et al. 2024
Ripikole Fauna	Komposch 2024
Amphibien	Schuster 2024
Makrophyten	Pall 2024
Grundwasserfauna	Englisch et al. 2024

Gefährdung

Der Anteil ausgestorbener und bedrohter Arten (EX, RE, CR, EN, VU) reicht unter den hier analysierten Artengruppen von 50 % bis 100 %, wobei der Median bei 62 % liegt (Abbildung 2). Den höchsten Gefährdungsgrad weisen die Flusskrebse mit 100 % auf, wobei es sich hier nur um 4 Arten handelt. Bei Betrachtung der ripikolen Gilden aus den Tiergruppen Spinnen, Kurzflügelkäfer, Heuschrecken und Laufkäfer liegen die Werte basie-

rend auf der Rote Liste Kärntens (Komposch 2024) zwischen 60 % und 90 % (MW 79 %). Von den 11 heimischen Großmuscheln sind 73 % betroffen. Bei den Fischen sind von den 76 heimischen Arten 62 % ausgestorben oder bedroht. Von den 20 heimischen Amphibi- enarten sind 60% und bei den Makrophyten 50% von 347 Arten als ausgestorben oder bedroht eingestuft. Betrachtet man die große Gruppe des Makrozoobenthos (MZB) mit 602 Arten, in welcher auch die Flusskrebse und Großmuscheln enthalten sind, ergibt sich ein Anteil ausgestorbener oder bedrohten Arten von 50 %. Beim MZB ist jedoch zu be- rücksichtigen, dass nur für 18 % der Arten Einstufungen vorliegen.

Betrachtet man die absolute Anzahl an ausgestorbenen oder bedrohten Arten, so ist das Makrozoobenthos mit 317 Arten am stärksten betroffen, gefolgt von ripikoler Fauna mit 204, Makrophyten mit 174 und Fischen mit 42 Arten. Die Anzahl (regional) ausgestor- bener Arten ist bei der ripikolen Fauna und beim Makrozoobenthos mit 12 bzw. 10 Arten am höchsten, relativ betrachtet gibt es mit 8 % bei den Fischen den höchsten Anteil (regi- onal) ausgestorbener Arten. Eine Bewertung der Gefährdung von im Grundwasser leben- den Arten ist aufgrund fehlender Daten derzeit noch nicht möglich.

Vergleicht man die hier dargestellten Gefährdungsgrade im aquatischen Bereich mit der Gefährdung aller in den Roten Listen erfassten Tierarten mit ca. 39% ausgestorbenen oder bedrohten Arten (www.umweltbundesamt.at, Zugriff am 1.12.2023), so erkennt man, dass aquatische Ökosysteme wesentlich stärker als terrestrische unter Druck geraten sind.

Die Rote Listen geben einen guten generellen Überblick über die Gefährdungssituation betrachteter Arten. Sie basieren v. a. auf der Analyse der Veränderung der besiedelten Are- ale. Die Bestandssituation wird aufgrund fehlender Daten oft nicht erfasst, was meist zu einer Unterschätzung des Gefährdungsgrades führt. So liegen die Fischbestände in ca. einem Drittel der Fließgewässer Österreichs unter den kritischen Bestandswerten, wobei oft auch Arten betroffen sind, die nicht auf der Roten Liste stehen.

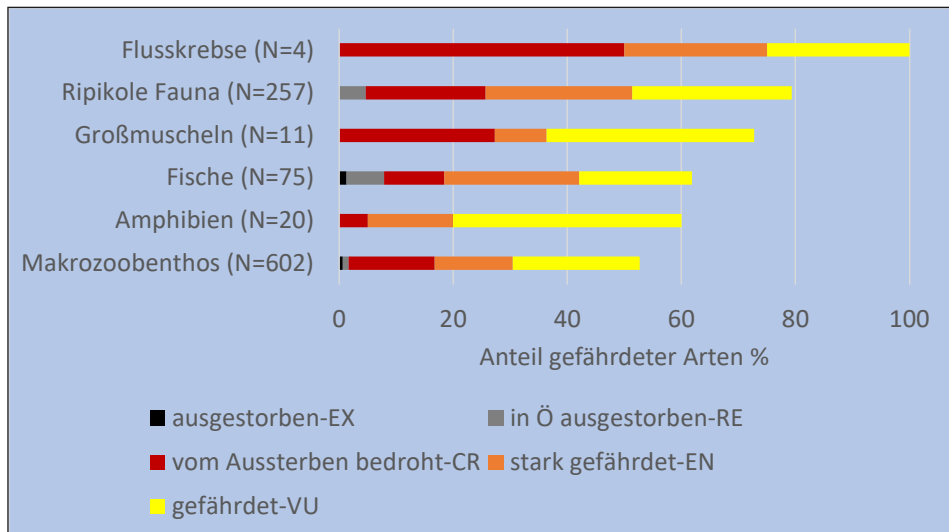


Abb. 2: Anteil gefährdeter Arten ausgewählter Indikatorgruppen (in Klammern Anzahl erfasster Arten). – Fig. 2: Share of endangered species of selected indicator groups (numbers in brackets relate to number of species considered in total).

Gefährdungsursachen

Zur allgemeinen ökologischen Situation von aquatischen Lebensräumen stellt der Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan 2021 (NGP 2021) fest, dass mehr als 50 % der Fließgewässerslängen in einer schlechteren ökologischen Zustandsklasse als „gut“ gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie liegen. Im Falle von Auen ergibt sich ein noch schlechteres Bild, da bereits 85 % der Auen verloren gegangen sind (naturschutzbund.at, Zugriff am 30.1.2024). Bei Mooren wiederum wird bei 94 % der Gesamtfläche ein Restaurationsbedarf angenommen (Paternoster et al. 2021). Die österreichischen Seen sind in einem deutlich besseren Zustand, da von den insgesamt 62 Seen sich nur 11 Seen (18 %) nicht im guten ökologischen Zustand befinden (NGP 2021).

Fasst man die unterschiedlichen Belastungsarten und deren Bedeutung für die hier behandelten Indikatorgruppen aus den Einzelbeiträgen (Tabelle 1) zusammen, so erkennt man, dass in Österreich die Gewässer stärker durch Änderungen der hydromorphologischen Bedingungen beeinflusst sind als durch Beeinträchtigungen der Wasserqualität, wie dies auch im Nationalen Gewässermanagementplan festgehalten wird (NGP 2021). Innerhalb der hydromorphologischen Belastungen sind Wasserkraftnutzung und Flussregulierungen die wesentlichsten Verursacher. Während beide Belastungsarten die Systemkomponenten Morphologie und Sedimente sehr stark beeinträchtigen, kommt bei der Wasserkraftnutzung noch die hydrologische Belastung durch die Restwasser- und Schwallproblematik hinzu. Konnektivität ist für Fische und MZB von entscheidender Bedeutung, Amphibien, Makrophyten und die ripikole Fauna sind davon weniger betroffen, sodass bei dieser Systemkomponente in Zusammenschau aller Indikatorgruppen von einer „nur“ mäßigen Belastung ausgegangen wird.

Während die Wasserkraftnutzung mit mehr als 5.000 Anlagen und Flussregulierungen mit mehr als 8.500 km verbauten Gewässerstrecken (NGP 2021) flächendeckende Wirkung haben, ist den Belastungsfaktoren Urbanisierung, Schifffahrt, Trinkwasserentnahmen und Bewässerung aufgrund deren überwiegend lokalen Wirkung eine etwas geringere Belastungsintensität zugewiesen. Bei den meisten Nutzungen ist durch den Klimawandel in Zukunft eine Zunahme der Auswirkungen zu erwarten. Land- und Forstwirtschaft wirken von außen auf die Gewässer und können diese in vielfacher Weise beeinträchtigen. Durch den Eintrag von Nähr- und Schadstoffen wird die Wasserqualität verändert und die Art der Bodenbewirtschaftung wirkt sich auf die Abflussverhältnisse und den Feinsedimenteintrag aus. Durch die Eliminierung der Ufervegetation bzw. von Ufer- oder Pufferstreifen sind die Gewässer gegen Einflüsse von außen weniger gut abgepuffert und erwärmen sich stärker.

Das Grundwasser ist durch Verschmutzung, Erwärmung und Übernutzung belastet. Die Erforschung der Besiedelung des Grundwassers wurde erst in jüngerer Zeit systematisch in Angriff genommen. Es besteht die Gefahr, dass viele Arten aussterben, bevor sie überhaupt entdeckt werden. So leben 2–3mal mehr Flohkrebsarten im Grundwasser als in Oberflächengewässern, über deren Ökologie ist jedoch noch sehr wenig bekannt.

Während einzelne Belastungsursachen auf einzelne Indikatorgruppen z. T. keinen signifikanten Einfluss haben (siehe Einzelbeiträge), ist in der hier vorgenommenen Gesamtschau in allen Fällen mit einer geringen bis starken Beeinträchtigung aller Systemkomponenten zu rechnen (Tabelle 2). Die kumulative Wirkung als Folge des Zusammenwirkens meh-

rerer Belastungsursachen führt bei allen Systemkomponenten zu einer insgesamt starken Belastung.

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, sind in Zusammenschau aller Indikatorgruppen alle Systemkomponenten vom Klimawandel betroffen. Derzeit wird die Belastungsintensität als gering bis mäßig eingestuft, z. T. sind die Einflüsse noch ungenügend erforscht oder die negativen Wirkungen erst verzögert wahrnehmbar. Über die Temperaturpräferenzen von aquatischen Organismen ist zwar einiges bekannt, Einflüsse des Klimawandels auf aquatische Organismen bzw. auf Interaktionen zwischen Lebensgemeinschaften sind bislang aber eher das Thema von Prognosemodellen (Pletterbauer et al. 2015) als von konkret beobachteten Arealverschiebungen. Ein gezieltes Monitoring von Arealverschiebungen findet in Österreich nicht statt.

Neozoa, insbesondere invasive Arten, stellen einen zusätzlichen Belastungsfaktor mit oft starker Wirkung dar. In der Donau beispielsweise setzt sich die aktuelle Benthosbiomasse überwiegend aus invasiven Arten zusammen. Ein zusätzlicher Faktor, der bei Insekten zum Tragen kommt, ist die Lichtverschmutzung.

In speziellen Fällen kommt es auch zu negativen biotischen Interaktionen, wenn z. B. Fischbestände infolge massiver hydromorphologischer Belastungen dem Prädationsdruck wiedererstarkter Fischfresser (Kormoran, Gänsesäger, Fischotter) nicht Stand halten können (Schmutz et al. 2023) oder bei unzureichenden Wirtsfischbeständen bzw. Fragmentierung der Lebensräume Muscheln sich nicht mehr ausreichend vermehren können (Bal-dan et al. 2020).

Tab. 2: Zusammenfassende Bewertung der Belastungsintensität unterschiedlicher Ursachen für wesentliche Komponenten von Gewässerökosystemen auf Basis ausgewählter Indikatorgruppen (siehe Tab. 1). Bei den dargestellten Einstufungen handelt es sich um gemittelte Belastungsintensitäten der ausgewählten Indikatorgruppen. Copyright IHG, BOKU. – Tab. 2: Combined assessment of the intensity of pressures caused by various uses on main components of aquatic ecosystems based on selected indicators (see Tab. 1). Intensities represent mean values of selected indicators. Copyright IHG, BOKU.

Ursache	Systemkomponente					Gesamt
	Wasserqualität	Hydrologie	Konnektivität	Morphologie	Sedimente	
Fluss/Uferregulierungen	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Wasserkraft	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Urbanisierung	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Schifffahrt	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Land- und Forstwirtschaft	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Trinkwasser	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Bewässerung	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Verschmutzung – Nährstoffe	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Verschmutzung – Spurenstoffe	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Klimawandel	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Kumulative Effekte	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	stark
Klassifizierungsstufen	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	
Belastungsintensität	keine	gering	mäßig	stark	unbekannt	

Die in Österreich identifizierten Belastungsursachen stimmen sehr gut mit jenen in anderen Ländern überein. So sind für das Aussterben von Fischarten weltweit neben Klimawandel und Habitatzerstörung v. a. Verschmutzung, Querbauwerke, Wasserentnahme, invasive Arten und Krankheiten verantwortlich (iucn.org, Zugriff am 25.02.2024). Das Zusammenwirken dieser Belastungen kann zu kumulativen Effekten führen (z. B. Birk et al. 2020), die jedoch bislang noch wenig untersucht sind (Reid et al. 2019).

Schutz- und Sanierungsmaßnahmen

Dringendste Maßnahme ist der Erhalt der letzten intakten frei fließenden Gewässerabschnitte. Das sind Gewässerabschnitte, deren Kontinuum nicht unterbrochen ist und deren hydromorphologische Bedingungen nicht wesentlich verändert sind. Betrachtet man die etwas größeren Fließgewässer (> 10 m Breite, 8.355 km), so wird ersichtlich, dass bereits fast die Hälfte deren Strecken (47 %) für die Wasserkraft genutzt wird (22 % Restwasser, 11 % Schwall, 14 % Stau). Zieht man die verbauten Strecken ab, verbleiben noch 31 % naturnahe Strecken. Diese sind jedoch stark fragmentiert. Durchschnittlich liegt in österreichischen Fließgewässern eine Kontinuums Unterbrechung pro einem Flusskilometer vor. Folglich verbleiben nur mehr 37 frei fließende Gewässerabschnitte mit einer Länge von mindestens 10 km, was lediglich 8 % der größeren Fließgewässer entspricht (Datenbasis NGP 2021).

An der Indikatorart Huchen zeigt sich beispielsweise, dass ohne Erhalt der letzten freien Fließstrecken größerer Gewässer diese Art in Österreich Gefahr läuft auszusterben (Schmutz et al. 2023). Der Großteil der Fließgewässerarten ist auf dynamische Abflussbedingungen mit Fließcharakter angewiesen. Rheophile und lithophile Arten werden daher nur überleben, wenn es freie Fließstrecken ausreichender Länge mit geeigneten Fließgeschwindigkeits- und Substratverhältnissen sowie vielfältiger morphologischer Ausprägung (natürlicher Flussverlauf, Kiesbänke, Seitenarme, Nebengewässer) gibt. Die Mehrzahl der Fließgewässerarten, insbesondere der Indikatorgruppen Fische, MZB (hier v. a. die Großmuscheln) sowie ripikole Fauna hängt von dynamischen Habitatbedingungen ab. Aufgrund der auch weltweit starken Belastung und Fragmentierung der Fließgewässer wird der Erhalt der wenigen verbliebenen naturnahen Fließstrecken auch international stark eingefordert (Grill et al. 2019). Es ist höchst an der Zeit, diese Strecken, wie dies in einzelnen Fällen bereits erfolgt ist (z. B. Teilabschnitte der Mur in der Steiermark), in ihrer Gesamtheit gesetzlich verankert zu schützen (z. B. durch Regionalprogramme bzw. Gewässerschutzverordnungen).

Fischaufstiegsanlagen und Restwasserdotationen werden seit Jahrzehnten standardmäßig als Sanierungsmaßnahmen umgesetzt. Hingegen stellen Maßnahmen zur Schwallsanierung noch immer die Ausnahme dar, obwohl in Österreich mehr als 800 Flusskilometer von dieser Belastung betroffen sind.

Gezielte morphologische Sanierungsmaßnahmen an Fließgewässern reichen bis in die 1990er Jahre zurück (Jungwirth et al. 1993). Im Rahmen einer Vielzahl von EU LIFE-Projekten wurde die morphologische Situation in einzelnen Gewässerabschnitten verbessert. Meist handelt es sich jedoch um lokale Maßnahmen, die sich nur über wenige hundert Meter bis wenige Kilometer erstrecken. Umfassende Revitalisierungen über längere Gewässerstrecken – wie z. B. die 10 km lange Revitalisierung des Traisen Unterlaufes (Friedrich et al. 2018) – stellen hingegen bislang eine Ausnahme dar. Eine signifikante Erholung

der Fischfauna ist erst – je nach Gewässergröße und -typ – bei einer Mindestausdehnung von mehreren Kilometern zu erwarten (Schmutz et al. 2014, Schmutz et al. 2016). Im Falle der Traisen konnte in einem vormals stark degradierten Gewässer durch entsprechende Dimensionierung, Wiederanbindung an die Donau und vielfältige Habitatstrukturen sogar ein guter ökologischer Zustand wiederhergestellt werden.

Voraussetzung für erfolgreiche Revitalisierungsmaßnahmen ist die Schaffung vielfältiger Lebensräume im aquatischen als auch semiaquatischen Bereich und die Berücksichtigung verschiedenster Organismengruppen (Funk et al. 2019). Variable Linienführung sowie Tiefen- und Breitenverhältnisse etc. sind neben standorttypischen Strukturelementen (Kiesbänke, Totholz, Steilufer) und unterschiedlichen Vegetationszonen entlang der Ufer sowie vielfältigen Augewässerhabitaten Bedingung für eine artenreiche Besiedelung.

Dynamische Bedingungen, die räumlich und zeitlich variabel geeignete Habitatverhältnisse hervorbringen, sind nicht nur für rein aquatische Organismen, sondern auch für Amphibien essentiell. Für Letztere lassen sich auf relativ kleinen Flächen und mit überschaubarem Aufwand Kleingewässer anlegen oder optimieren. Aufgrund ihres hohen Reproduktionspotenzials können sich dadurch Populationen rasch regenerieren. Solche künstlich angelegten Habitate weisen jedoch eine starke Verlandungstendenz auf und müssen regelmäßig wiederhergestellt werden. Auch Lebensräume, wie sie bei Schotterabbauvorhaben entstehen, sind z. B. für Amphibien von großer Bedeutung. Bei entsprechender Planung und Ausführung kann das Vorkommen gefährdeter Pionierarten auf mehrere Jahrzehnte gesichert werden.

Entscheidend für den Erfolg von Revitalisierungsmaßnahmen ist zudem, inwieweit sich dynamische Umlagerungs- und Erosionsprozesse langfristig erhalten lassen. Gehen solche verloren, entwickeln sich Fauna und Flora wieder in Richtung eurytoper Arten. Großzügige Revitalisierungsmaßnahmen an der Oberen Drau führten dazu, dass stenotope Pionierbesiedler, wie seltene Spinnenarten, in nahezu allen Aufweitungen individuenreich vertreten waren. Bei Strukturierungsmaßnahmen in Stauräumen in Form von Insel- und Kiesbankschüttungen (Beispiel Donau und Drau) fehlt jedoch die Dynamik, sodass nach anfänglicher Besiedelung durch lithophile Arten bzw. Pionierarten ohne wiederkehrende „künstliche Re-dynamisierung“ diese wieder verschwinden. Revitalisierungsmaßnahmen an der Mur zeigen, dass, wenn morphodynamische Prozesse zu wenig beachtet werden, geschaffene Strukturen in wenigen Jahren wieder verlanden (Hohensinner et al. 2022).

Die Sanierung von hydromorphologischen Defiziten vermag Gewässer in gewissem Ausmaß auch gegen andere Einflüsse, wie zum Beispiel Effekte des Klimawandels, resilient zu machen. In vielen Fällen bestehen freilich zusätzliche Probleme wie Wellenschlag, Verschmutzung, invasive Arten oder Prädation. In Fällen, in welchen das Wiederbesiedlungspotential für verloren gegangene Arten durch Zuwanderung, Sukzession etc. fehlt, können auch Nachpflanzungen (Flora) wie auch Nachzucht und Initialbesatz (Fauna) vielversprechend sein. In Österreich werden z. B. im Rahmen des Artenschutzprojektes „Vision Flussperlmuschel“ seit 2011 zwei Flussperlmuschel-Populationen nachgezüchtet, im Rahmen des LIFE Projektes Sterlets (life-sterlet.boku.ac.at, Zugriff am 1.12.2023) und im Zuge des LIFE-Boat 4 Sturgeon Projekts auch andere Störarten aufgezogen (lb4sturgeon.eu, Zugriff am 1.12.2023). Es ist allerdings hervorzuheben, dass solche Nachzuchtbemühungen meist ausschließlich in Kombination mit Habitatverbesserungsmaßnahmen nachhaltig und zielführend sind.

Im Falle des Grundwassers ist es an der Zeit, dieses als eigenes Ökosystem wahrzunehmen und analog den Oberflächengewässern ökologische Managementsysteme aufzubauen.

Die große Anzahl stark wirkender Belastungsfaktoren bedingt, dass die alleinige Sanierung einzelner Faktoren meist keine wesentliche positive Wirkung auf aquatische Ökosysteme hat. Erst durch die Sanierung aller wesentlicher Belastungsfaktoren ist mit einer deutlichen Erholung zu rechnen.

In den letzten Jahrzehnten hat sich das Wissen über die Situation aquatischer Organismen deutlich erweitert, sodass heute die generelle Bedrohungslage sowie die Ursachen des Artenrückgangs weitgehend bekannt sind und vermehrt Schutz- und Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden. Dennoch bestehen fallweise massive Wissenslücken bezüglich ökologischer Grundlagen (z. B. Grundwasserfauna), des Gefährdungsgrades (z. B. MZB, ripikole / Grundwasserfauna), der Belastungsursachen (z. B. Spurenstoffe, kumulative Effekte) und der Effizienz von Sanierungsmaßnahmen (alle Organismengruppen). Es gilt, diese Wissenslücken rasch durch zielgerichtete Untersuchungen und Monitoringprogramme zu beseitigen. Insbesondere ein umfassendes Monitoring von Sanierungsmaßnahmen kann helfen, nachhaltige wirkende Maßnahmen zu identifizieren und künftige Maßnahmenprogramme danach auszurichten.

Literatur

- Auer S, Auer S & Gumpinger C (2024) Von der Speisekarte auf die Rote Liste – Zustand, Gefährdung und Schutz heimischer Flusskrebse in Österreich. *Acta ZooBot Austria* 160, 99–116
- Baldan D, Piniewski M, Funk A, Gumpinger C, Flödl P, Höfer S, Hauer C, Hein T (2020) A multi-scale, integrative modeling framework for setting conservation priorities at the catchment scale for the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*. *Science of the Total Environment* 718, 137369 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137369>)
- Birk S, Chapman D, Carvalho L, Spears B M, Andersen H E, Argillier C, Auer S, Baatrup-Pedersen A, Banin L, Beklioglu M, Bondar-Kunze E, Borja A, Branco P, Bucak T, Buijse A D, Cardoso A C, Couture R, Cremona F, de Zwart D, Feld C, Ferreira M T, Feuchtmayr H, Gessner M, Gieswein A, Globevnik L, Graeber D, Graf W, Gutiérrez-Cánovas C, Hanganu J, Iskin U, Järvinen M, Jeppesen E, Kotamäki N, Kuijper M, Lemm J U, Lu S, Solheim A, Mischke U, Moe S, Nöges P, Nöges T, Ormerod S, Panagopoulos Y, Phillips G, Posthuma L, Pouso S, Prudhomme C, Rankinen K, Rasmussen J J, Richardson J S, Sagouis A, Santos J, Schäfer R, Schinegger R, Schmutz S, Schneider S C, Schülting L, Segurado P, Stefanidis K, Sures B, Thackeray S, Turunen J, Uyarra M, Venohr M, von der Ohe P C, Willby N & Hering D (2020) Impacts of multiple stressors on freshwater biota across spatial scales and ecosystems. *Nature Ecology and Evolution* 4(8), 1060–1068 (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1216-4>)
- Daill D, Pichler-Scheder C, Csar D & Gumpinger C (2024) Gewässer im Ausnahmezustand – die dramatische Situation der Süßwassermuscheln in Österreich. *Acta ZooBot Austria* 160, 55–76
- Englisch C, Zittra C, Griebler C (2024) Biodiversity decline in aquatic ecosystems – is groundwater fauna at particular risk? *Acta ZooBot Austria* 160, 77–97
- Friedrich T, Erhard F, Pinter K, Reckendorfer W, Schmutz S, Unfer G (2018) Ökologische Sukzession der Fischfauna im neuen Traisen Lauf in den Jahren 2014 bis 2017. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 70, 282–290 (DOI: <https://doi.org/10.1007/s00506-018-0472-x>)
- Friedrich T, Schmutz S, Unfer G, Haidvogel G, Koblmüller S (2024) Gewässer im Ausnahmezustand – das leise Verschwinden der Süßwasserfische in Österreich. *Acta ZooBot Austria* 160, 19–36

- Funk A, Martínez-López J, Borgwardt F, Trauner D, Bagstad KJ, Balbi S, Magrach A, Villa F, Hein T (2019) Identification of conservation and restoration priority areas in the Danube River based on the multi-functionality of river-floodplain systems. *Science of the Total Environment* 654, 763–777 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.322>)
- Graf W, Leitner P, Schmidt-Kloiber A (2024) Wasser-Wirbellose Organismen im Wandel – unter besonderer Berücksichtigung der Insektenfauna. *Acta ZooBot Austria* 160, 37–53
- Grill G, Lehner B, Thieme M, Geenen B, Tickner D, Antonelli F, Babu S, Borrelli P, Cheng L, Crochetiere H, Ehalt Macedo H, Filgueiras R, Goichot M, Higgins J, Hogan Z, Lip B, McClain M E, Meng J, Mulligan M, Nilsson C, Olden J D, Opperman J J, Petry P, Reidy Liermann C, Sáenz L, Salinas-Rodríguez S, Schelle P, Schmitt R J P, Snider J, Tan F, Tockner K, Valdujo P H, van Soesbergen A, Zarfl C (2019) Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature* 569, 215–221 (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>)
- Hohensinner S, Schachner T, Schmutz S (2022) Habitatrestauration mit Ablaufdatum? Integration dynamischer Prozesse in der Sanierung von Fließgewässern. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 74(11-12), 423–432 (DOI: <https://doi.org/10.1007/s00506-022-00889-y>)
- Jungwirth M, Moog O & Muhar S (1993) Effects of riverbed restructuring on fish and benthos of a fifth order stream, Melk, Austria. *Regulated Rivers: Research & Management* 8, 195–204 (DOI: <https://doi.org/10.1002/rrr.3450080122>)
- Komposch C (2023) Rote Liste gefährdeter Tiere Kärntens. Naturwissenschaftlicher Verein f. Kärnten. Klagenfurt, 1072 pp. (ISBN 978-3-85328-099-7)
- Komposch C (2024) Die semiaquatische und terrestrische Uferfauna – ripikole Spinnentiere und Insekten. *Acta ZooBot Austria* 160, 117–146
- NGP (2021) Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Wien. 341 pp.
- Pall K (2024) Wasserpflanzen in Seenot. *Acta ZooBot Austria* 160, 157–164
- Paternoster D, Danzinger F, Koukal T, Kudrnovsk, H, Lackner S, Berger A, Schadauer K, Wrška T, Stejskal-Tiefenbach M & Ellmayer T (2021) Strategischer Rahmen für eine Priorisierung zur Wiederherstellung von Ökosystemen auf nationalem und subnationalem Niveau. Endbericht, Umweltbundesamt Wien, Reports, Band 0741, ISBN 978-3-99004-561-9, 147
- Pletterbauer F, Melcher A H, Ferreira T & Schmutz S (2015) Impact of climate change on the structure of fish assemblages in European rivers. *Hydrobiologia* 744, 235–254 (DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2079-y>)
- Reid A J, Carlson A K, Creed I F, Eliason E J, Gell P A, Johnson P T J, Kidd K A, MacCormack T J, Olden J, Ormerod S, Smol J P, Taylor W W, Tockner K, Vermaire J, Dudgeon D, Cooke S J (2019) Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews* 94, 849–873 (DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12480>)
- Schmutz S, Jungwirth M, Ratschan C, Siemens M, Guttmann S, Paintner S, Unfer G, Weiss S, Hanfland S, Schenekar T, Schubert M, Brunner H, Born O, Woschitz G, Gum B, Friedl T, Komposch C, Mühlbauer M, Honsig-Erlenburg W, Hackländer K, Haidvogel G, Eberstaller J, Friedrich T, Geist J, Gumpinger C, Graf C, Hofpointner M, Honsig-Erlenburg G, Latzer D, Pinter K, Rechberger A, Schähle Z, Schotzko N, Seliger C, Sutter G, Schröder W, Zauner G (2023) Der Huchen stirbt aus – was tun? Gefährdungsfaktoren und notwendige Maßnahmen in Bayern und Österreich. Sonderheft Österreichs Fischerei 176 (DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7633497>)
- Schmutz S, Jurajda P, Kaufmann S, Lorenz A W, Muhar S, Paillex A, Poppe M, Wolter C (2016) Response of fish assemblages to hydromorphological restoration in central and northern European rivers. *Hydrobiologia* 769(1), 67–78 (DOI: [10.1007/s10750-015-2354-6](https://doi.org/10.1007/s10750-015-2354-6))
- Schmutz S, Kremser H, Melcher A, Jungwirth M, Muhar S, Waidbacher H, Zauner G (2014) Ecological effects of rehabilitation measures at the Austrian Danube: a meta-analysis of fish assemblages. *Hydrobiologia* 729, 49–60 (DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1511-z>)

Schuster A (2024) Amphibien – gefährdete Wanderer zwischen zwei Welten. Acta ZooBot Austria 160, 147–155

WWF (2022) Living Planet Report 2022 – Building a nature-positive society. Almond R E A, Grooten M, Juffe Bignoli D, Petersen T (Eds). WWF, Gland, Switzerland. 118 pp.

Eingelangt: 2023 01 31

Anschriften:

Stefan Schmutz, E-Mail: stefan.schmutz@boku.ac.at (corresponding author)

Thomas Friedrich, E-Mail: thomas.friedrich@boku.ac.at

Wolfram Graf, E-Mail: wolfram.graf@boku.ac.at

Gertrud Haidvogel, E-Mail: gertrud.haidvogel@boku.ac.at

Patrik Leitner, E-Mail: patrik.leitner@boku.ac.at

Astrid Schmidt-Kloiber, E-Mail: astrid.schmidt-kloiber@boku.ac.at

Günther Unfer, E-Mail: guenther.unfer@boku.ac.at

Thomas Hein, E-Mail: thomas.hein@boku.ac.at

Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement –
BOKU, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien.

Samuel Auer, E-Mail: samuel.auer@blattfisch.at

Stefan Auer, E-Mail: auer@blattfisch.at

Daniel Daill, E-Mail: daill@blattfisch.at

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

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

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

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

Constanze Englisch, E-Mail: constanze.englisch@univie.ac.at

Christian Griebler, E-Mail: christian.griebler@univie.ac.at

Carina Zित्रa, E-Mail: carina.zित्रa@univie.ac.at

Department of Functional & Evolutionary Ecology, University of Vienna,
Djerassiplatz 1, A-1030 Vienna.

Stephan Koblmüller, E-Mail: stephan.koblmueeller@uni-graz.at

Institut für Biologie, Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz.

Christian Komposch, E-Mail: c.komposch@oekoteam.at

ÖKOTEAM, Institut für Tierökologie und Naturraumplanung, Ingenieurbüro für Biologie, Bergmannsgasse 22, A-8010 Graz.

Karin Pall, Bio- und Management Consulting systema GmbH,

E-Mail: karin.pall@systema.at

systema GmbH, Bensasteig 8, A-1140 Wien.

Alexander Schuster, E-Mail: alexander.schuster@ooe.gv.at

Amt der Oö. Landesregierung, Direktion für Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung, Abteilung Naturschutz. Bahnhofplatz 1, A-4021 Linz.

Gewässer im Ausnahmezustand – das leise Verschwinden der Süßwasserfische in Österreich

Thomas Friedrich, Stefan Schmutz, Günther Unfer,
Gertrud Haidvogel, Stephan Koblmüller

Die Fischfauna Österreichs steht durch anthropogene Einflüsse und Umweltveränderungen vor erheblichen Herausforderungen. Während historische Aufzeichnungen einen früheren Fischreichtum dokumentieren, gelten heute mehr als die Hälfte der heimischen Fischarten als gefährdet oder ausgestorben. Der dramatische Rückgang der Fischdichten und -biomassen sowie der Verlust von Arten auf lokaler und regionaler Ebene wird durch verschiedene Stressoren wie Wasserverschmutzung, Veränderungen der Hydrologie, Zerstörung und Degradierung von Habitaten und Wanderrouten bis hin zum Klimawandel, zur Ausbreitung invasiver Arten und Überfischung verursacht. Diese anhaltenden multifaktoriellen Auswirkungen und kumulativen negativen Effekte erschweren die Bemühungen zur Erhaltung und Wiederherstellung der biologischen Vielfalt in Süßwasser und machen deutlich, dass gezielte integrative Maßnahmen erforderlich sind, um den langfristigen Erhalt der einheimischen Fischbiozönose zu gewährleisten und die ökologische Integrität aquatischer Ökosysteme zu sichern.

Friedrich T, Schmutz S, Unfer G, Haidvogel G, Koblmüller S (2024) Waters in a state of emergency – the quiet disappearance of freshwater fishes in Austria.

The fish fauna of Austria faces significant challenges caused by human impacts and environmental changes. While historical records document a former abundance of fish, today, over half of the native fish species are considered endangered or extinct. The dramatic decline in fish densities and biomasses as well as species on local and regional levels, is caused by various stressors such as water pollution, flow modification, destruction and degradation of habitat and migration routes to invasion by exotic species, climate change and overfishing. These ongoing multifactorial impacts and cumulative negative effects hamper conservation and restoration efforts of freshwater biodiversity and highlight the need for targeted integrative measures to ensure long-term preservation of the native fish biocenosis and safeguard the ecological integrity of aquatic ecosystems.

Keywords: biodiversity loss, Danube, multifactorial impacts, freshwater fish.

Einleitung

Während die weltweite Klimakrise und der allgemeine Verlust an Biodiversität alarmierende Ausmaße erreichen, bleibt der Verlust der Artenvielfalt in Süßwasser oft unbemerkt. Der Rückgang der Biodiversität in Süßwasserökosystemen übertrifft jedoch die meisten terrestrischen Ökosysteme bei weitem, da Süßwasserökosystem in der Regel einer intensiven menschlichen Nutzung unterliegen und seit jeher Anziehungspunkt für menschliche Siedlungen und Aktivitäten waren. Die Aussterberate bei Süßwasserfischen ist um ein Vielfaches höher als bei den meisten Land- und Meeresorganismen. Als Indikatororganismen reagieren sie sehr sensibel auf vielfältige menschliche Eingriffe in Gewässerökosysteme wie Wasserverschmutzung, Veränderungen der Hydrologie, Zerstörung und Degradierung von Habitaten und Wanderrouten bis hin zum Klimawandel, zur Ausbreitung invasiver Arten und Überfischung. Besonders besorgniserregend sind die kumulativen Effekte dieser Stressoren, die sich oft gegenseitig verstärken und oftmals schwer quantifizierbar sind. Der vorliegende Artikel soll die Ursachen für den Rückgang der heimischen Fischfauna darstellen und Zusammenhänge erklären. Anhand von Fallbeispielen sollen die Gefährdungsursachen genauer beschrieben werden und mögliche Restaurationsmaßnahmen aufgezeigt werden.

Diversität und Überfluss – ein Blick in die Vergangenheit

Die Gewässerlandschaft in Österreich ist stark durch die Alpen, aber auch den Übergang zum pannonischen Raum, sowie der Lage am Donaustrom geprägt. Die Vielfalt der Fließgewässer umfasst fünf Fischregionen, von der Oberen Forellenregion (Epirhithral) bis zur Brachsenregion der March (Metapotamal), von kälteliebenden, rheophilen Fischarten wie Bachforelle (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) und Huchen (*Hucho hucho* Linnaeus, 1758) bis hin zu wärmeliebenden, indifferenten Arten wie der Brachse (*Abramis brama* Linnaeus, 1758). Die Donau selbst ist durch ihre geographische Lage als Verbindungsglied vom alpinen zum panto-kaspischen Raum der fischartenreichste Fluss Mitteleuropas (Jungwirth et al. 2014). Die Diversität der Fischfauna der österreichischen Donau enthielt einst Langstreckenwanderer, wie die anadromen Störarten, welche besonders auf longitudinale Konnektivität angewiesen sind, ebenso wie ausgesprochen stationäre Bewohner periodisch austrocknender (Au-)Gewässer, wie den Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis* Linnaeus, 1758), der temporale laterale Konnektivität benötigt.

Die Vielfalt stehender Gewässer umfasst ein breites Spektrum an Gewässertypen, vom Tieflandsee im pannonischen Raum bis zu verschiedenen Seentypen in den Alpen und Voralpen, welche z. T. sehr diverse post-glaziale Reliktfischarten beherberg(t)en. Die Seeforelle (*Salmo trutta*) war früher in den Alpen- und Voralpenseen allgegenwärtig. Von den einst dominanten Artenkomplexen des „Seesaiblings“ (*Salvelinus sp.*) und der „Reinanke/Felchen“ (*Coregonus sp.*) sind einzelne autochthone Populationen bereits verschwunden. Diese Arten sind anhand ihrer Morphologie taxonomisch kaum zu klassifizieren, infolge umfassender Besatzmaßnahmen in den letzten Jahrhunderten ist zudem eine genetische Klassifizierung äußerst schwierig (Kottelat 1997; Kottelat & Freyhof 2007; Pamminger-Lahnsteiner et al. 2009; Winkler et al. 2011; Wolfram & Mikschi 2007). In der Regel beherbergten aber alle größeren Seen des österreichischen Alpenbogens je nach Höhenlage zumindest eine, oftmals zwei verschiedene Arten/Ökotypen/Populationen von Seesaiblingen respektive Coregonen.

Die kleinen österreichischen Anteile am Einzugsgebiet der Elbe und des Rheins werden größtenteils von denselben Fischarten wie im Donaueinzugsgebiet bewohnt, beherbergen jedoch im Elbegebiet zusätzlich zum Beispiel den Aal (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) oder im Bodensee den ausgestorben geglaubten und 2011 wiederentdeckten Tiefseesaibling (*Salvelinus profundus* Schillinger, 1901) (Doenz & Seehausen 2020). Regelmäßige Änderungen von Systematik und Taxonomie aber auch die Entdeckung neuer Arten wie den Smaragdgressling (*Romanogobio skywalkeri* Friedrich et al., 2018) oder der Wiener Elritze (*Phoxinus marsilii* Heckel, 1836) durch molekularbiologische Untersuchungen (Friedrich et al. 2018a; Palandačić et al. 2020; Zangl et al. 2020; Zangl et al. 2022) machen die Festlegung einer genauen Artenzahl in Österreich nahezu unmöglich. Je nach Autor umfasst die heimische Fischfauna zwischen 70–80 Arten (Kottelat & Freyhof 2007; Wolfram & Mikschi 2007).

Während sich die ehemalige Fischbiodiversität österreichischer Flüsse und Seen trotz der erwähnten methodischen Schwierigkeiten gut bestimmen lässt, lassen sich Daten zu früheren Fischhäufigkeiten und Fischbiomassen kaum rekonstruieren. Aufschlussreiche, wenngleich meist nur anekdotische Hinweise, ergeben sich aber aufgrund der historischen Bedeutung von Fischen als Nahrungsmittel und der damit florierenden Berufsfischerei. Entsprechende Aufzeichnungen belegen, dass aus den mittelgroßen Alpenflüssen

Huchen (*Hucho hucho*), Äschen (*Thymallus thymallus* Linnaeus, 1758), Hechte (*Esox lucius* Linnaeus, 1758), Nasen (*Chondrostoma nasus* Linnaeus, 1758) oder Barben (*Barbus barbus* Linnaeus, 1758) regelmäßig und in größeren Mengen in Klosterküchen und adelige Haushalte gelangten. Aus der oberösterreichischen Enns wurden z. B. von 1734 bis 1739 in Summe knapp 700 kg Huchen und eine ähnliche Menge an Nasen an das Stift Garsten geliefert (Haidvogel & Waidbacher 2008). Das Stift Lambach erhielt aus seinen Fischereirevieren an der Traun von 1803 bis 1810 insgesamt über 6 t Nasen, knapp 3 t Äschen, mehr als 1 t Huchen, etwa 1 t Barben sowie an die 800 kg Hechte und Forellen (Haidvogel & Waidbacher 2008). Anfang der 1880er wurden jährlich um die 230 t Fisch vor allem aus der niederösterreichischen Donau an den zentralen Wiener Fischmarkt geliefert. Als Folge der systematischen Regulierung der Donau, die damals bereits voll im Gang war, waren diese Mengen bis 1914 allerdings bereits auf lediglich ca. 60 t gesunken (Haidvogel 2019).

Die Ausfänge bzw. gelieferten Fischmengen des 18. und 19. Jahrhunderts erscheinen vor dem Hintergrund heutiger Fischbiomassen groß. Dabei zeigen fischhistorische Analysen, dass der potentielle Fischreichtum von Flüssen und Seen bereits im Spätmittelalter durch Überfischung und verschiedene Gewässernutzungen reduziert war (Hoffmann 2023). Ab dem späten 19. Jahrhundert führten systematische Eingriffe wie Gewässerregulierungen, Energiegewinnung oder Gewässerverschmutzung – aber auch Überfischung – zu einer Reduktion der Fischbiomassen sowie zu einer Verschiebung der Verbreitungszonen und -häufigkeiten einzelner Arten (z. B. Haidvogel et al. 2015).

Aktuelle Situation

Auf europäischer Ebene fallen 40 % der Süßwasserfischarten in die verschiedenen Gefährdungskategorien der Roten Liste (Freyhof & Brooks 2011), auf globaler Ebene 25 % (IUCN n. d.). Damit zählen Süßwasserfische zu den am stärksten gefährdeten taxonomischen Gruppen. Die letzte nationale Rote Liste der österreichischen Fischfauna anhand der Kriterien der IUCN erfolgte vor über 15 Jahren durch Wolfram & Mikschi (2007) und zeigt ein noch dramatischeres Bild. Bereits zu diesem Zeitpunkt waren 54 % der heimischen Fischarten „gefährdet“, „stark gefährdet“ oder „vom Aussterben bedroht“, 8 % „ausgestorben“ oder „regional ausgestorben“ und nur 34 % „nahezu gefährdet“ oder „nicht gefährdet“ (Abb. 1).

Die anhaltenden beziehungsweise in vielen Bereichen zwischenzeitlich verstärkten negativen Einflüsse im Spannungsfeld energetische Nutzung, Klimakrise, Neobiota und fischfressende Prädatoren lassen bei einer Neuevaluierung zum heutigen Zeitpunkt eine deutlich schlechtere Einstufung vieler Arten befürchten. So konnte zum Beispiel bei Erhebungen der Hundsfisch (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) im größten bekannten Verbreitungsgebiet im Nationalpark Donauauen 2023 durch völlige Austrocknung des Wasserkörpers nicht mehr nachgewiesen werden (Jung pers. Komm.). Gleichzeitig sind durch die weitere Verfeinerung der taxonomischen Klassifizierung und die Beschreibung neuer Arten mit kleineren Verbreitungsarealen zusätzliche Verschlechterungen in der Evaluierung zu erwarten.

In der Roten Liste nicht abgebildet, jedoch von hoher ökologischer und naturschutzfachlicher Relevanz, ist der Gefährdungsgrad lokaler, autochthoner Population, welche sich an die spezifischen Bedingungen im jeweiligen Gewässer angepasst haben. Für viele Fischarten fehlen diesbezügliche populationsgenetische Untersuchungen, aber einzelne Arten,

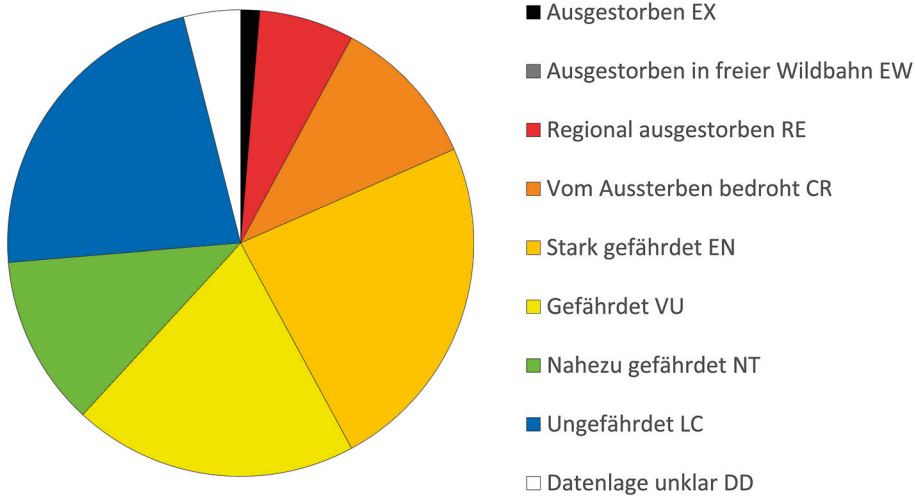


Abb. 1: Rote Liste Einstufung der österreichischen Fischfauna (Wolfram & Mikschi 2007). Aktualisiert um die Einstufung des neu entdeckten Smaragdgresslings (*Romanogobio skywalker*) analog zum Steingressling (*Romanogobio uranoscopus* Agassiz, 1828) (Friedrich et al. 2018a; Ratschan et al. 2021) sowie einer Herabstufung des 2011 im Bodensee wiederentdeckten Tiefseesaibling (*Salvelinus profundus*) von „ausgestorben“ auf „vom Aussterben bedroht“. – Fig. 1: Red List classification of the Austrian fish fauna (Wolfram & Mikschi 2007). Updated to include the classification of the newly discovered emerald gudgeon (*Romanogobio skywalker*) analogous to the stone gudgeon (*Romanogobio uranoscopus* Agassiz, 1828) (Friedrich et al. 2018a; Ratschan et al. 2021) and a downgrading of the deep-sea charr (*Salvelinus profundus*) rediscovered in Lake Constance in 2011 from “extinct” to “threatened with extinction”.

wie die Bachforelle oder die Äsche, zeigen auch auf dem geographisch begrenzten Staatsgebiet Österreichs sehr deutliche Differenzierungen von einzelnen Populationen. So gibt es zum Beispiel genetische Unterschiede und somit auch entsprechende autökologische Anpassungen zwischen nördlichem Alpenbogen, inneralpinen Bereichen, Gewässern der böhmischen Masse oder der beginnenden pannonischen Tiefebene (Weiss et al. 2001; Weiss et al. 2002; Weiss et al. 2013). Eine ähnliche Situation ist auch bei vielen anderen heimischen Arten mit kurzen bis mittleren Wanderdistanzen zu erwarten, wodurch lokal angepasste Population oftmals um ein Vielfaches stärker bedroht sind, als in der Roten Liste dargestellt. Eine dringend notwendige Neubearbeitung der österreichischen Roten Liste für Süßwasserfische muss neben der taxonomischen Aktualisierung eine Identifikation von „evolutionary significant units“ (ESU) für einzelne Arten mittels genetischer Untersuchungen und eine entsprechende Einstufung der ESUs in die Gefährdungskategorien enthalten, um als Basis für Managemententscheidungen zu dienen (Crandall et al. 2000; Fraser & Bernatchez 2001; Sheth & Thaker 2017).

Analog zum Rückgang der Artendiversität ist ein starker Rückgang der Fischdichten und Biomassen zu verzeichnen. Die aktuellen fischökologischen Daten des Gewässerzustandsüberwachungsverordnung Messstellennetzes von 2.707 Stellen in Österreich zeigt, dass bei 34% der Stellen die Biomasse als K.o.-Kriterium schlagend wird, da bei kleinen Gewässern 25 kg/ha, bei größeren 50 kg/ha aktuell nicht erreicht werden. Vor dem Hintergrund historischer Biomassen von oftmals deutlich über 100 kg bis zu mehreren hundert

Kilo im Hyporhithral und Potamal ist dieser Rückgang dramatisch. Die Zielerreichung des nach Wasserrahmenrichtlinie vorgesehenen guten fischökologischen Zustandes wird aktuell von 65 % aller Gewässer verfehlt (BML 2023).

Ursachen für den Rückgang

Die Gewässerökosysteme Österreichs unterliegen multiplen Stressoren (Schinegger et al. 2016; Muhar et al. 2019; Birk et al. 2020), welche sich je nach Lebensraumtypen unterschiedlich auf die Fischzönosen auswirken. Aufbauend auf der Datengrundlage der Nationalen Gewässerbewirtschaftungspläne 2009/2015 und 2021 sowie einer Vielzahl von Einzelstudien lassen sich die Ursachen und deren Wirkung auf Fischzönosen je Gewässertyp zusammenfassen (Tab. 1). Augenscheinlich ist dabei, dass vor allem hydromorphologische Belastungen durch Regulierungen, Migrationsbarrieren und Kraftwerksbetrieb (z. B. Gerster & Rey 1994; Schmutz et al. 2015; Melcher et al. 2017; Greimel et al. 2018) den stärksten negativen Impact auf die Fischbiozönosen in allen Lebensraumtypen aufweisen. Effekte des Klimawandels (z. B. Borgwardt et al. 2020), der Schifffahrt (z. B. Ratschan et al. 2012; Jung et al. 2023), der Land- und Forstwirtschaft (z. B. Höfler et al. 2016) oder

Tab. 1: Ursachenmatrix und Auswirkungen auf abiotische Habitatparameter sowie auf Fischbiozönosen in verschiedene Lebensraumtypen. – Tab. 1: Matrix of causes and effects on abiotic habitat parameters and on fish biocoenoses in different habitat types.

Ursache	Wasserqualität	Hydrologie	Konnektivität	Morphologie	Sedimente	Lebensraumtypen				
						Oberläufe	Untersläufe	Auen	Ufer	Seen
Fluss/Uferregulierungen	gering	mäßig	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Wasserkraft	mäßig	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	mäßig
Urbanisierung	mäßig	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Schifffahrt	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	stark	gering
Land- und Forstwirtschaft	mäßig	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	stark	mäßig
Trinkwasser	gering	mäßig	gering	gering	gering	mäßig	gering	gering	gering	gering
Bewässerung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Invasive Spezies	gering	keine	keine	gering	gering	mäßig	stark	stark	stark	stark
Fischzucht	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	mäßig
Verschmutzung – Nährstoffe	mäßig	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	mäßig
Verschmutzung – Spurenstoffe	stark	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	stark
Klimawandel	mäßig	mäßig	gering	gering	gering	gering	mäßig	gering	gering	stark
Überfischung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	mäßig	gering	gering	mäßig
Kumulative Effekte	mäßig	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark

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

invasiver Arten (z. B. Palandačić et al. 2022; Pamminger-Lahnsteiner et al. 2009; Weiss et al. 2001) wirken zudem aktuell bereits sehr stark in einzelnen Lebensraumtypen beziehungsweise lokal. Hervorzuheben sind aber die kumulativen Wirkungen der vielen Stressoren, welche sich zum einen addieren, vielfach aber zusätzlich gegenseitig verstärken. Dies ist besonders bei stark anthropogen überprägten Gewässertypen wie den großen Fließgewässern zu beobachten.

Restauration von Fischpopulationen

Die Sanierung der Oberflächengewässer in Österreich fokussierte seit Inkrafttreten der EU-WRRL vor allem auf die Wiederherstellung des Längskontinuums. Die Entwicklung der Fischbestände hat jedoch gezeigt, dass ohne die Sanierung anderer hydromorphologischer Defizite die Erreichung des Zielzustandes (guter Zustand) nicht möglich ist (Muhar et al. 2016; Schmutz et al. 2016). Auch die morphologische Sanierung alleine, bei gleichzeitiger starker hydrologischer Belastung, zum Beispiel durch Schwall, bringt nur unwesentliche Verbesserungen der Fischbiozönose (Schmutz et al. 2015; Melcher et al. 2017). Für eine Restauration der Fischbestände und den Erhalt der Biodiversität ist somit ein ganzheitlicher Ansatz notwendig, der alle wesentlichen Systemkomponenten umfasst. Ziel der Lebensraum verbessernden Maßnahmen sollte die Wiederherstellung typspezifischer eigendynamischer hydromorphologischer Prozesse sein, eingebettet in einen integrativen Nutzungsansatz (Greimel et al. 2018; Hohensinner et al. 2022; Schmutz 2023). Gleichzeitig sind für sensible Lebensraumtypen und stark gefährdete Arten ein Verschlechterungsverbot des Status Quo und entsprechende „No-Go Bereiche“ für weitere wasserwirtschaftliche Nutzungen unumgänglich (Schmutz et al. 2023).

Obwohl der Gesamttrend nach wie vor stark negativ ist, geben einzelne Projekte Hoffnung. Vor allem großräumige Revitalisierungsmaßnahmen mit Anbindung an die Vorfluter, wie am Traisen-Unterlauf, oder auch großräumige vernetzte Ufersanierung und Nebengewässeranbindungen wie in der Donau (Wachau, Nationalpark Donauauen) zeigen innerhalb kurzer Zeit einen massiven Anstieg des Fischbestandes (z. B. Friedrich et al. 2018b; Zauner et al. 2015).

Neben der hydromorphologischen Sanierung, welche unsere Gewässer in gewissem Ausmaß auch gegen andere Einflüsse, wie zum Beispiel Effekte des Klimawandels, resilient macht, sind im Einzelfall freilich weitere Probleme wie Wellenschlag, Verschmutzung, invasive Arten oder Prädation zu adressieren. In Einzelfällen, in welchen ein Wiederbesiedelungspotential gefährdeter Arten durch Sukzession nicht vorhanden ist, kann auch ein Initialbesatz nach dem aktuellen Stand der Technik vielversprechend sein (Friedrich et al. 2019).

Die aktuelle dramatische Situation verlangt jedenfalls die zeitnahe Umsetzung zielführender Sanierungsmaßnahmen, um der Abnahme der Biodiversität effektiv entgegenzuwirken.

Fallbeispiel: Huchen

Wie eine neue umfassende Studie zeigt (Schmutz et al. 2023), lebte der im Donaueinzugsgebiet endemisch vorkommende Huchen (Abb 2.) früher in mehr als 250 Flüssen und auf über 7.400 km Flusslänge in Bayern und Österreich. Heute findet man Populationen in sehr gutem Zustand nur noch in 0,7 % des ursprünglichen Verbreitungsgebiets. Im rest-

lichen Donaueinzugsgebiet kommt diese Art heute nur mehr in Restbeständen vor. Als Endglied der Nahrungspyramide stellt der Huchen einen idealen Indikator für den Zustand der Gewässer dar. Zu den Hauptursachen für den anhaltenden Rückgang der Huchen-Bestände zählen: der Ausbau der Wasserkraft, Flussregulierungen, der Klimawandel sowie steigende Populationen von Fischfressern wie Fischotter, Gänsesäger und Kormoran und vor allem die kumulative Wirkung dieser Faktoren.

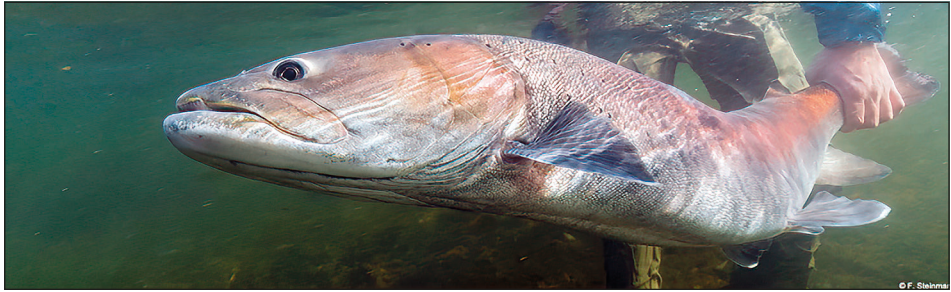


Abb. 2: Huchen (*Hucho hucho*) © F. Steinmann. Fig. 2: Danube Salmon (*Hucho hucho*) © F. Steinmann.

Da aktuell bereits ca. 80 % der Flussstrecken für die Wasserkraft genutzt werden, spielt die Wasserkraft eine besonders große Rolle als Ursache für den Rückgang dieser Wanderfischart, die auf frei fließende Gewässerabschnitte angewiesen ist. Auch in der längsten noch weitgehend intakten und frei fließenden Fließstrecke in Österreich, der Oberen Mur zwischen Zeltweg und Leoben (ca. 50 Flkm), wo der letzte sehr gute Huchenbestand lebt, sind zwei weitere Kleinwasserkraftwerke geplant. Die Umsetzung dieser beiden Kraftwerke würde die Situation für den Huchen deutlich verschärfen, gleichzeitig wäre der Beitrag dieser beiden Kraftwerke zur Steigerung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Ressourcen verschwindend gering.

Bestehende Wasserkraftwerke sollten so betrieben werden, dass der Huchen und seine Beutefische weniger belastet werden. So sind Fischwanderhilfen an die Größe des Huchens (bis 1,5 m lang und über 30 kg schwer) anzupassen und Abstieghilfen einzubauen, damit der Huchen und seine Beutefische nicht durch die Turbinen Schaden erleiden (Unfer & Rauch 2019). Speicherkraftwerke werden je nach Stromnachfrage an- oder abgeschaltet, dabei entstehen sogenannte Schwall/Sunk-Erscheinungen. Hochwasserwellen und Niederwasser wechseln einander dabei abrupt ab. Die Fische werden dabei verdriftet oder laufen Gefahr, zu stranden. Verschiedene Maßnahmen wie Ausgleichsbecken können helfen, die negativen Auswirkungen zu mindern (Greimel et al. 2018), aber trotz entsprechender EU-Gesetze werden sie von den Kraftwerksbetreibenden nur sehr zögerlich umgesetzt. Restwasserstrecken sollten so dotiert werden, dass auch diese Großfischart ausreichend Lebensraum vorfindet. Zudem bedarf es eines ökologischen Spülungs- und Geschiebemanagements von Stauräumen, da bei der herkömmlichen Spülweise immer wieder Fischbestände stark dezimiert werden (Gerster & Rey 1994).

Auch Flussregulierungen degradieren den Lebensraum des Huchens stark. Obwohl Österreich bei der Revitalisierung federführend war und seit über 30 Jahren entsprechende Maßnahmen lokal umsetzt, fehlt bislang eine flächige Umsetzung. Jene 8.500 km verbaute

Flusstrecken, die laut NGP 2021 prioritär zu revitalisieren wären, sollte man daher umgehend sanieren.

Waren Fischotter vor 30 Jahren noch praktisch ausgestorben, so leben in Österreich heute wieder rund 4.000 Exemplare. Ihr Schutz, ebenso wie der von Gänsesäger und Kormoran, bedroht nun zunehmend die Fischbestände. Da der Lebensraum bereits so stark degradiert ist und die Fischbestände als Folge so stark zurückgegangen sind, haben Fischpopulationen offensichtlich ihr Resilienzvermögen gegenüber diesen Fressfeinden verloren. Angesichts der akuten Bedrohung des Huchens sollte dieser Art in den wenigen noch vorkommenden Beständen der Vorzug gegeben und Fischfresser entsprechend reguliert werden (Schmutz et al. 2023).

Das Beispiel des Huchens zeigt, dass diese Fischart in Österreich Gefahr läuft auszusterben. Die Ursachen dafür sind bekannt und Strategien zum Schutz und zur Wiederherstellung intakter Huchenpopulationen liegen vor (Schmutz et al. 2023), es liegt an den Entscheidungsträgern, diese umzusetzen.

Fallbeispiel: Störe

Störe sind eine alte Fischordnung (Acipenseriformes), deren Ursprung über 200 Millionen Jahre zurückliegt. Rezente Störarten haben zum Teil einen sehr langen Lebenszyklus von bis zu über 150 Jahren, die Geschlechtsreife tritt bei solchen Arten sehr spät ein. Große Störarten wie z. B. der Hausen (*Huso huso*, Linnaeus, 1758) werden teilweise bis zu sieben Meter lang und über eine Tonne schwer. Die meisten Vertreter der Störe sind anadrom, es gibt aber auch potamodrome Arten und Populationen, welche ihren gesamten Lebenszyklus im Süßwasser verbringen.

Weltweit gelten Störe als die am stärksten gefährdete Tiergruppe (IUCN 2020), da sie äußerst empfindlich auf eine Vielzahl von anthropogenen Einflüssen reagieren. Wegen ihres Kaviars und Fleisches wurden sie in der Vergangenheit stark überfischt. Trotz Fangmoria stellt die anhaltende Wilderei – insbesondere in Osteuropa – nach wie vor ein massives Problem für die geringen Restbestände dar (WWF 2023).

Aufgrund ihrer langen Generationsintervalle von bis zu 20 Jahren und ihres unregelmäßigen Laichverhaltens von 2–7 Jahren benötigt eine Erholung der Bestände auch unter idealen Umständen lange Zeiträume. Der Lebenszyklus umfasst lange Laichwanderungen, die zwischen wenigen dutzend und mehreren tausend Kilometern betragen. Wanderhindernisse stellen daher eine ernsthafte zusätzliche Bedrohung für die Störbestände dar, zumal viele Wanderhilfen für diese Tiere nicht funktional sind. Zudem muss für abgelaichte Adulte sowie Juvenile die Möglichkeit einer gefahrlosen Passage flussab gegeben sein (Friedrich et al. 2019).

Während Überfischung und Migrationsbarrieren die Hauptursachen für den weltweiten Rückgang sind, dürfen weitere Faktoren wie Hybridisierung mit allochthonen Genotypen und Störarten (Ludwig et al. 2009) oder Auswirkungen von Verschmutzung und Schwermetallbelastung (z. B. Poleksic et al. 2010) nicht übersehen werden. In Anbetracht all dieser unterschiedlichen Bedrohungen wird deutlich, warum Störe eine so schwierige Herausforderung für das Management von Flusseinzugsgebieten und angrenzenden marinen Bereichen darstellen, gleichzeitig aber einer der besten Indikatoren für gesunde Flusssysteme sind.

Fünf Störarten waren im österreichischen Donaueinzugsgebiet heimisch (Holčík 1989). In der Vergangenheit spielten ihre Bestände eine wichtige wirtschaftliche Rolle als Nahrungsquelle für die menschliche Bevölkerung im Donauroum. Die intensive Überfischung der Störbestände begann bereits im Mittelalter, sodass zu Beginn des 18. Jahrhunderts der Fang großer Störe in der Oberen Donau bereits als außergewöhnlich galt (Fitzinger & Heckel 1836).

Die anadromen Arten Waxdick (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833), Sternhausen (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) und Hausen (*Huso huso*) sind durch den Bau der Dämme am Eisernen Tor in den Jahren 1972 und 1984 aus Österreich endgültig verschwunden und auf den Unterlauf der Donau beschränkt. Durch Wilderei und eingeschränkte Habitatverfügbarkeit sind die drei Arten dort hochgradig vom Aussterben bedroht. Der Glattdick (*Acipenser nudiiventris* Lovetsky, 1828) wurde 1936 zum letzten Mal in Österreich gefangen und gilt im gesamten Donauroum als regional ausgestorben (Freyhof et al. 2022), es befinden sich auch keine genetisch autochthonen Tiere in Gefangenschaft.

Aktuell ist in der österreichischen Donau nur noch eine Süßwasserart, der Sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), in geringer Zahl zu finden. Es ist ein reproduzierender Bestand an der bayrisch-österreichischen Grenze bei Jochenstein bekannt (Friedrich et al. 2016). Die Anzahl der reproduzierenden Tiere wurde mittels einer populationsgenetischen Untersuchung mit ~ 100 berechnet, wobei viele Tiere nahe miteinander verwandt waren (Friedrich et al. 2022). Eine passive Ausdrift und aktive Abwanderung über flussabwärtige Kraftwerke sind dokumentiert (Ratschan pers. Komm.), wodurch sich die Population ausdünnert. Eine zweite Population ohne nachgewiesene Reproduktion von 40–140 Individuen findet sich unterhalb Wiens (Friedrich et al. 2022, Neuburg & Friedrich 2023). Seit 2018 wurden im Rahmen des LIFE-Sterlet Projektes Muttertiere des Freudenu-Bestands künstlich vermehrt und ~ 240.000 im Donauwasser aufgezogene Jungfische in die Abschnitte Wachau, Nationalpark Donauauen sowie Thaya und March ausgewildert. Für die anderen Strecken Österreichs konnten aktuell bei eDNA Untersuchungen keine verwertbaren Nachweise erbracht werden (Meulenbroek et al. 2022).

Die aktuellen Bestände sind ob ihrer geringen Größe nach wie vor durch potentielle Verschlechterung des Lebensraums und die Einführung von allochthonen Genotypen und Störarten, aber auch kumulativen Effekten aus Hydromorphologie und Klimawandel, wie das Fischsterben mit etlichen Sterlets in der Thaya im Sommer 2022 gezeigt hat, bedroht.

Die Wiederansiedelung der anadromen Störarten ist in der österreichischen Donau erst realistisch, wenn an den drei flussab gelegenen Wasserkraftwerken sowohl die flussaufwärtige als auch flussabwärtige Passierbarkeit hergestellt ist (Friedrich et al. 2019). Gleichzeitig sind zur Abwendung des völligen Erlöschens dieser Arten ein multilateraler, systemischer Aufbau von lebenden Genbanken und die Mitigation negativer Einflüsse wie Wilderei dringen notwendig. Dieser Prozess wird aktuell im Projekt LIFE-Boat 4 Sturgeon in acht Ländern implementiert.

Zur Stärkung des Sterletbestandes im österreichischen Donaueinzugsgebiet ist es unerlässlich, in einem ganzheitlichen Ansatz bestehende und potentielle Habitats genauer zu identifizieren, zu beschreiben, zu erhalten bzw. zu restaurieren. Weiters sind die Migrationskorridore auch für diese Art mittels geeigneter Wanderhilfen an den österreichischen Donaukraftwerken in beide Richtungen zu öffnen. Zusätzlich ist die im LIFE-Sterlet und

LIFE-Boat 4 Sturgeon gestartete Populationsstärkung mittels fitten, geprägten und genetisch autochthonen Jungfischen in geeigneten Flussabschnitten bis zur selbstständigen Tragfähigkeit der Population fortzuführen.

Fallbeispiel: Kleinfische

Auch wenn die mitteleuropäischen Gewässer ichthyologisch vergleichsweise gut untersucht sind, gab es in den letzten Jahren viele, zum Teil überraschende Erkenntnisse, auch was die in Österreich vorkommenden Fischarten angeht. Vor allem bei Kleinfischen innerhalb der Ordnung der Karpfenartigen (Cypriniformes) wurden durch integrative taxonomische Ansätze, und dabei v. a. auch durch die verstärkte Anwendung von molekulargenetischen Methoden, neue Erkenntnisse zur taxonomischen Diversität gewonnen.

In der Rote Liste der österreichischen Fischfauna ist mit der Elritze (*Phoxinus phoxinus* Linnaeus, 1758) eine einzige Art der Gattung *Phoxinus* gelistet, die in Österreich weit verbreitet ist, allerdings aufgrund von Gewässerverbauung einen negativen Bestandstrend aufweist (Wolfram & Mikschi 2007). Tatsächlich verbirgt sich hinter dieser Art allerdings ein Komplex aus mehreren genetisch unterschiedlichen, morphologisch sehr ähnlichen Arten (Palandačić et al. 2017). So kommen nach aktuellem Stand in Österreich mit *P. csikii* (Hankó, 1922), *P. lumaireul* (Schinz, 1840), *P. marsilii* und *P. phoxinus* vier unterschiedliche Arten der Gattung vor (Palandačić et al., 2020). Neben anthropogener Einschleppung, vor allem von *P. phoxinus*, scheinen die aktuellen Verbreitungsmuster vor allem natürliche Prozesse widerzuspiegeln (Palandačić et al. 2020). Nichtsdestotrotz gelten einige Arten des *Phoxinus*-Komplexes als invasiv (Palandačić et al. 2020) und stellen eine Gefahr für autochthone Bestände dar, sodass beabsichtigtes oder unbeabsichtigtes Einbringen von allochthonen Arten vermieden werden sollte.

Auch bei den Gründlingen lieferten rezente Studien neu Erkenntnisse zur Diversität in Österreich. Bis 1989 wurden nur zwei Gründlingsarten für Österreich beschrieben, erst Wanzenböck et al. (1989) brachte gesicherte Nachweise des Donau-Weißflossengründlings (*Romanogobio vladykovi* Fang, 1943) und des Sandgresslings (*R. carpathorossicus* Vladykov, 1925), wobei die aktuell gültige Nomenklatur mit der Einteilung in die Gattungen *Gobio* und *Romanogobio* (Bănărescu 1961) erst mit Kottelat & Freyhof (2007) in die Praxis umgesetzt wurde.

Mit dem Smaragdgressling (*Romanogobio skywalkeri* Friedrich et al., 2018a) (Abb. 3) wurde rezent eine in der Oberen Mur endemische Reliktart entdeckt und beschrieben (Friedrich et al. 2018a). Aufgrund ihres nach gegenwärtigem Wissenstand sehr beschränkten Verbreitungsgebiets (Witt & Friedrich 2022) stellen Veränderungen des Lebensraums und Populationsfragmentierung durch z. B. Kraftwerksbauten eine besondere Gefahr für das langfristige Überleben der Art dar. Tatsächlich sollte der Smaragdgressling als Art des Anhangs II nach FFH-Richtlinie behandelt werden (Ratschan et al. 2021) und somit besondere Beachtung bzw. besonderen Schutz erfahren. Gleiches gilt für den Sandgressling (*R. carpathorossicus* Vladykov, 1925), eine Art die bis vor kurzem als Lokalmorphe des Kesslergündlings (*R. kesslerii* Dybowski, 1862) galt (Bănărescu 1999), genetisch aber deutlich von dieser verschieden ist (Friedrich et al. 2018a). Nachdem der Kesslergündling zwar in der Roten Liste Österreich gelistet ist (Wolfram & Mikschi 2007), allerdings in Österreich nicht vorkommt und hier durch den Sandgressling ersetzt wird (Kottelat & Freyhof 2007; Friedrich et al. 2018a), geht der Schutzstatus der einen Art auf die andere Art über

(Ratschan et al. 2021). Gründlinge der Gattung *Gobio* sind in Österreich laut Roter Liste (Wolfram & Miksch 2007) mit einer Art, dem Gründling, *G. gobio* (Linnaeus, 1758), bzw. laut Kottelat & Freyhof (2007), mit zwei Arten, *G. gobio* im Nordwesten und dem Donau-Gründling, *G. obtusirostris* (Valenciennes, 1842), im Osten und Süden, mit einer potentiellen Hybridzone in der Oberen Donau, vertreten. Tatsächlich stellt sich die Situation viel komplexer dar, mit einer natürlichen, durch nacheiszeitliche Kolonisierungsprozesse bedingten Hybridzone, die zumindest die gesamte Osthälfte Österreichs umfasst und nicht nur Gründling und Donau-Gründling beherbergt, sondern auch eine dritte, noch unbeschriebene Art bzw. divergente genetische Linie, die nah verwandt ist zu einigen am Balkan vorkommenden Arten (Zangl et al. 2020). Die exakten Verbreitungsgrenzen der einzelnen Arten / Linien sind noch nicht bekannt.



Abb. 3: Adulter Smaragdgressling (*Romanogobio skywalker*). © Clemens Ratschan – Fig. 3: Adult emerald gudgeon (*Romanogobio skywalker*). © Clemens Ratschan.

Genetische Daten zeigen auch ein bedeutendes Ausmaß an kryptischer Diversität bei Bachschmerlen, *Barbatula barbatula* (Linnaeus, 1758) (Zangl et al. 2022). In Österreich kommen zwei sehr divergente genetische Linien vor, mit großteils allopatrischer Verbreitung, aber auch gemeinsamen Vorkommen (Zangl et al. 2022).

Die genannten Beispiele zeigen, dass einige der allgemein als weit verbreitet geltenden Arten tatsächlich Artkomplexe aus mehreren Arten mit stark eingeschränkten Verbreitungsgebieten darstellen. Vielfach ist nicht bekannt, ob und in welchem Ausmaß Genfluss zwischen den kryptischen Arten / Linien besteht und wie sich das auf die Integrität der einzelnen Arten auswirkt. Auch wenn, wie im Fall von Elritzen und Gründlingen, und vermutlich auch den Bachschmerlen, natürliche Prozesse zu Arealerweiterungen, sekundärem Kontakt zwischen vormals geografisch isolierten Arten / Linien und Genfluss zwischen den Arten führten, sollte in jedem Fall der absichtliche Besatz mit gebietsfremden (potentiell invasiven) Arten tunlichst vermieden werden.

Fallbeispiel: Bachforelle

Die Bachforelle (*Salmo trutta*) ist die am weitesten verbreitete Fischart in Österreichs Gewässern. Sie ist die erste Fischart, die im Längsverlauf unserer Fließgewässer auftritt und kommt vom Gebirgsbach bis in die Barbenregion der größeren Flüsse vor, ist aber auch für alle kühlen und sauerstoffreichen Seen Österreichs typisch; dort bildet sie oft als „Seeforelle“ einen eigenen Ökotyp aus. Die Breite ihres Verbreitungsgebiets ist auch spiegelbildlich für die Vielfalt ihrer unterschiedlichen Formen und Populationen und Zeichen für ihre Plastizität und Anpassungsfähigkeit an unterschiedlichste Lebensraumbedingungen. Diese Anpassungsfähigkeit der Bachforelle bildet die Basis einer enormen Diversität innerhalb einer einzigen Art und macht die Bachforelle zum idealen Beispiel dafür, wie wichtig der Schutz innerartlicher Vielfalt ist.

Auf dem Niveau der Art gilt die Bachforelle aktuell nicht als bedroht (Piccolo et al. 2017). Allerdings ist die Betrachtung der Art Bachforelle als Gesamtes aus Sicht des Biodiversitätsschutzes weder geeignet noch aussagekräftig, vielmehr ist eine Betrachtung auf dem Niveau von Populationen bzw. lokaler Anpassungen angezeigt (z. B. Laikre 1999). Die Unterschiedlichkeit der abiotischen Verhältnisse in unseren Gewässern (Abflussgeschehen, geologischer Untergrund, Höhenlage, Temperatur etc.) war und ist Treiber natürlicher Selektionsprozesse. Nach Generationen der natürlichen Auslese und so entstehender lokaler Anpassung an unterschiedliche Umwelten manifestieren sich letztendlich auch merkbare genetische Unterschiede zwischen Populationen. So können sich selbst entlang eines einzigen Flusssystems Bachforellenpopulationen sowohl in ihrem Aussehen als auch in ihren genetischen Eigenschaften unterscheiden, wobei genetische Unterschiede größer werden, je weiter voneinander entfernt Populationen leben („isolation by distance“, z. B. Griffiths et al. 2009). Derart entstand unter den Bachforellen Österreichs innerartliche Vielfalt, die letztendlich dazu geführt hat, dass Forellen der Böhmisches Masse, zum Beispiel in Kamp oder Großer Mühl, zwar der gleichen Art zugehören, sich aber in ihrer Lebensweise und bedingt durch völlig andere Lebensraumeigenschaften sehr stark von Bachforellen in alpinen Bächen und Flüssen unterscheiden (Pinter et al. 2017).

Zu den vielfältigen Beeinträchtigungen des Lebensraums, mit denen Fische in österreichischen Gewässern konfrontiert sind (z. B. Gewässerregulierung, Wasserkraft, Einleitungen etc.), kommt bei der Bachforelle noch eine weitere wesentliche Komponente hinzu, die die natürliche Bachforellen-Biodiversität stark gefährdet, nämlich der Besatz als Werkzeug der fischereilichen Bewirtschaftung. Sowohl die künstliche Aufzucht von Forellen als auch der Fischbesatz haben in Österreich lange Tradition, die bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurückreicht und sich im Laufe des 20. Jahrhunderts quantitativ vervielfacht hat (Pinter et al. 2019). Seit jeher dienten Besatzmaßnahmen der Bestandsaufstockung. Bestandsreduktion aufgrund der Entnahmen durch die Fischerei sollten ebenso kompensiert werden wie rückläufige Bestände durch Lebensraumdegradierung. Zudem versuchte man, den fischereilichen Ertrag der Gewässer durch Besatz zu maximieren. Während anfänglich noch primär Wildfische für die Nachzucht abgestreift und vermehrt wurden, haben mit fortschreitendem „Know How“ zur Forellenzucht sowohl Kunstfutter als auch Bachforellensämme Einzugs gehalten, die die Überlebensraten der Brut in den Zuchtbetrieben deutlich steigern konnten. So sind mittlerweile domestizierte Zuchtlinien der Bachforelle (v. a. dänischer Abstammung) in heimischen Zuchtbetrieben weitverbreitet und Mutterfischstämme werden über viele Jahre, ja Jahrzehnte, immer besser an die Lebensbedingungen in den Fischzuchten angepasst (Pinter 2008, Pinter et al. 2019). Gleichzeitig weichen ge-

züchtete Bachforellen aber im Phäno- und Genotyp, aber auch im Verhalten, immer stärker von ihren wildlebenden Artgenossen in den Freigewässern ab.

Der Besatz dieser letztlich stark domestizierten Bachforellen hatte und hat freilich wesentliche negative Folgen für die wildlebenden Populationen (Pinter et al. 2019). Durch die Einkreuzung fremden und domestizierten Zuchtmaterials in lokal optimal an die Lebensbedingungen der verschiedenen Gewässer angepasste Wildfischpopulationen kommt es zur so genannten „outbreeding depression“ (z. B. Muhlfeld et al. 2009). Das bedeutet, dass der Genpool einer Population durch „Blutauffrischung“ wohl insgesamt größer wird, dass bei dieser Auskreuzung aber lokale Anpassungen, also genetische Vielfalt und Einzigartigkeit verlorengehen. In weiterer Konsequenz führt der österreichweite Besatz genetisch relativ einheitlichen Fischzuchtmaterials zu genetischer Homogenisierung (Olden et al. 2004), die genetische Vielfalt österreichischer Bachforellenpopulationen geht verloren und die hohe Biodiversität lokal adaptierter Wildfische wird durch den Besatz genetisch relativ einheitlicher domestizierter Zuchtforellen ersetzt.

Diese Entwicklung wurde nicht zuletzt durch Besatzpflichten befeuert, die in einigen Landesfischereigesetzen verankert waren und vereinzelt immer noch bestehen, während die genetische Integrität von Besatzfischen auf Seite der Gesetzgebung kaum/nicht beachtet wurde. Das aktuelle Verständnis einer nachhaltigen fischereilichen Bewirtschaftung umfasst aber auch, dass die Bedürfnisse der Fischerei, z. B. das Ernten von Fischen, mit übergeordneten gesellschaftlichen Zielen – in diesem Fall mit dem Naturschutz und der Erhaltung der Biodiversität – besser in Einklang gebracht werden müssen (Arlinghaus et al., 2002).

Danksagung

Wir bedanken uns bei Ernst Mikschi und Josef Wanzenböck für die kritische Durchsicht und Anregungen für das Manuskript.

Literatur

- Arlinghaus R, Mehner T, Cowx I G (2002) Reconciling traditional inland fisheries management and sustainability in industrialized countries, with emphasis on Europe. *Fish and fisheries* 3(4), 261–316
- Bănărescu P M (1961) Weitere systematische Studien über die Gattung *Gobio* (Pisces, Cyprinidae), insbesondere im Donaubecken. *Vest. Ceskolov. Zool. Spol.* 25, 318–346
- Bănărescu P M (1999) *Gobio kessleri* Dybowski, 1862. In: Bănărescu P M (ed.), *The Freshwater Fishes of Europe*, Vol. 5/1, Cyprinidae 2. Aula, Wiebelsheim, 135–162
- Birk S, Chapman D, Carvalho L, Spears B M, Andersen H E, Argillier C, Auer S, Baattrup-Pedersen A, Banin L, Beklioglu M, Bondar-Kunze E, Borja A, Branco P, Bucak T, Buijse A D, Cardoso A C, Couture R M, Cremona F, de Zwart D, Feld C K, Ferreira M T, Feuchtmayr H, Gessner M O, Gieswein A, Globevnik L, Graeber D, Graf W, Gutiérrez-Cánovas C, Hanganu J, Işkın U, Järvinen M, Jeppesen E, Kotamäki N, Kuijper M, Lemm J U, Lu S, Solheim A L, Mischke U, Moe S J, Nöges P, Nöges T, Ormerod S J, Panagopoulos Y, Phillips G, Posthuma L, Pouso S, Prudhomme C, Rankinen K, Rasmussen J J, Richardson J, Sagouis A, Santos J M, Schäfer R B, Schinegger R, Schmutz S, Schneider S C, Schülting L, Segurado P, Stefanidis K, Sures B, Thackeray S J, Turunen J, Uyarra, M C, Venohr M, von der Ohe P C, Willby N, Hering D (2020) Impacts of multiple stressors on freshwater biota across spatial scales and ecosystems. *Nat Ecol Evol* 4, 1060–1068 (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1216-4>)

- BML (2023) Erhebung der Wassergüte in Österreich gemäß Hydrographiegesetz idF des BGBl. Nr. 252/90 (gültig bis Dezember 2006) bzw. Gewässerzustandsüberwachung in Österreich gemäß Wasserrechtsgesetz, BGBl. I Nr. 123/06, idgF; BMLRT, Abteilung 1/2, Nationale und internationale Wasserwirtschaft und Ämter der Landesregierungen
- Borgwardt F, Unfer G, Auer S, Waldner K, El-Matbouli M, Bechter T (2020) Direct and Indirect Climate Change Impacts on Brown Trout in Central Europe: How Thermal Regimes Reinforce Physiological Stress and Support the Emergence of Diseases. *FRONT ENV SCI-SWITZ.* 2020 8, 59
- Crandall K A, Bininda-Emonds O R R, Mace G M, Wayne R K (2000) Considering evolutionary processes in conservation biology. *Trends Ecol Evol.* 2000 Jul 1 15(7), 290–5, pmid:10856956
- Doenz C J, Seehausen O (2020) Rediscovery of a presumed extinct species, *Salvelinus profundus*, after re-oligotrophication. *Ecology* 101(8), e03065. 10.1002/ecy.3065
- Fitzinger L J, Heckel J (1836) Monographische Darstellung der Gattung Acipenser. *Annalen Wien Museums* 1, 261–326
- Fraser D J, Bernatchez L (2001) Adaptive evolutionary conservation: towards a unified concept for defining conservation units. *Molecular Ecology* 10(12), 2741–2752. pmid:11903888
- Freyhof J, Brooks E (2011) European Red List of Freshwater Fishes. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 72 pp.
- Freyhof J, Chebanov M, Pourkazemi M. (2022) *Acipenser nudiiventris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022: e.T225A135062224. (DOI: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T225A135062224.en>), accessed on 29 August 2023
- Friedrich T, Pekarik L, Ratschan C, Zauner G (2016) Restoration programs for the Sterlet (*Acipenser ruthenus*) in the Upper and Middle Danube. *Danube News* 33, 4–4, ISSN 2070-1292
- Friedrich T, Wiesner C, Zangl L, Daill D, Freyhof J, Koblmüller S (2018a) *Romanogobio skywalker*, a new gudgeon (Teleostei: Gobionidae) from the upper Mur River, Austria. *Zootaxa.* 4403(2), 336–350 (DOI: 10.11646/zootaxa.4403.2.6)
- Friedrich T, Erhard F, Pinter K, Reckendorfer W, Schmutz S, Unfer G (2018b) Ökologische Sukzession der Fischfauna im neuen Traisen-Laufes in den Jahren 2014 bis 2017. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 70(5-6), 282–290, ISSN 0945-358X
- Friedrich T, Reinartz R, Gessner J (2019) Sturgeon re-introduction in the Upper and Middle Danube River Basin. *J Applied Ichthyology* 35, 1059–1068 (DOI: <https://doi.org/10.1111/jai.13966>)
- Friedrich T, Lieckfeldt D, Ludwig A (2022) Genetic Assessment of Remnant Sub-Populations of Sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) in the Upper Danube. *Diversity* 14(10), 893. <https://doi.org/10.3390/d14100893>
- Gerster S, Rey P (1994) Ökologische Folgen von Stauraumpülungen. 219, Schriftenreihe Umwelt. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). 43 pp.
- Greimel F, Schülting L, Graf W, Bondar-Kunze E, Auer S, Zeiringer B, Hauer C (2018) Hydropeaking Impacts and Mitigation. In: Schmutz S & Sendzimir J, *Riverine Ecosystem Management, Aquatic Ecology Series* 8, 91–110, Springer, Cham; ISBN 978-3-319-73250-3
- Griffiths A M, Koizumi I, Bright D, Stevens J R (2009) A case of isolation by distance and short-term temporal stability of population structure in brown trout (*Salmo trutta*) within the River Dart, southwest England. *Evolutionary Applications* 2, 537–554
- Haidvogel G, Waidbacher H (2008) Ehemalige Fischfauna an ausgewählten österreichischen Fließgewässern. Unveröffentlichter Projektbericht, Überarbeitete Fassung der Version von 1997. Wien.
- Haidvogel G, Pont D, Dolak H, Hohensinner S (2015) Long-term evolution of fish communities in European mountainous rivers: past log driving effects, river management and species introduction (Salzach River, Danube). *Aquatic Sciences* 77(3), 395–410

- Haidvogel G (2019) Fisch in Wien. Von Hausen und Karpfen zu Kabeljau und Co. In: Zentrum für Umweltgeschichte (Hrsg.): Wasser Stadt Wien – Eine Umweltgeschichte. Universität für Bodenkultur Wien, Technische Universität Wien, 278–291, ISBN 978-3-900932-67-1
- Hoffmann R (2023) *The Catch. An environmental History of An Environmental History of Medieval European Fisheries*. Cambridge University Press.
- Höfler S, Gumpinger C, Hauer C (2016) Ökologische Maßnahmen an kleinen und mittelgroßen Fließgewässern – Auswirkungen auf die Qualitätselemente der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie und Grenzen der Wirksamkeit – unter besonderer Berücksichtigung der Feinsedimentproblematik. – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 9-10(16) (DOI: 10.1007/s00506-016-0351-2)
- Hohensinner S, Schachner T, Schmutz S (2022) Habitatrestauration mit Ablaufdatum? Integration dynamischer Prozesse in der Sanierung von Fließgewässern. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 74 (11-12), 423–432, ISSN 0945-358X
- Holčík J (1989) *The freshwater fishes of Europe, Part II general introduction to fishes/Acipenseriformes, vol. 1*. AULA-Verlag, Wiesbaden.
- IUCN (n.d.). Global-freshwater-fish-assessment <https://www.iucn.org/theme/species/our-work/freshwater-biodiversity/our-projects/global-freshwater-fish-assessment>. Letzter Besuch 13.02.2024
- IUCN (2020) Sturgeon more critically endangered than any other group of species. (2020, February 20). <https://www.iucn.org/content/sturgeon-more-critically-endangered-any-other-group-species>. Letzter Besuch 13.02.2024
- Jung M, Ratschan C, Mühlbauer M, Zauner G (2023) Auswirkungen des verringerten Personenschiffsverkehrs während der COVID-19-Pandemie auf das Jungfischaufkommen in der österreichischen Donau. Österreichs Fischerei 76(5-6), 137–155
- Jungwirth M, Haidvogel G, Hohensinner S, Waidbacher H, Zauner G (2014) *Österreichs Donau. Landschaft – Fisch – Geschichte*. Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement, BOKU Wien, 420 pp., ISBN: 978-3-900932-20-6
- Kottelat M (1997) European Freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes (exclusive of former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologia, Bratislava, Section Zoology* 52(Suppl. 5), 1–271
- Kottelat M, Freyhof J (2007) *Handbook of European Freshwater Fishes*. Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, xiv + 646 pp.
- Laikre L (ed.) (1999) Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the Concerted action on identification management and exploitation of genetic resources in brown trout (*Salmo trutta*). ("Troutconcert"; EU FAIR CT97-3882)
- Ludwig A, Lippold S, Debus L, Reinartz R (2009) First evidence of hybridization between endangered sterlets (*Acipenser ruthenus*) and exotic Siberian sturgeons (*Acipenser baerii*) in the Danube River. *Biol. Invasions* 11, 753–760 (DOI: doi: 10.1007/s10530-008-9289-z)
- Melcher AH, Bakken T H, Friedrich T, Greimel F, Humer N, Schmutz S Zeiringer B, Webb J A (2017) Drawing together multiple lines of evidence from assessment studies of hydropeaking pressures in impacted rivers. *FRESHWATER SCIENCE* 36(1), 220–230
- Meulenbroek P, Hein T, Friedrich T, Valentini A, Eros T, Schabuss M, Zornig H, Lenhardt M, Pekarik L, Jean P, Dejean T, Pont D (2022) Sturgeons in large rivers: detecting the near-extinct needles in a haystack via eDNA metabarcoding from water samples. *BIODIVERSITY CONSERVATION* 31(11), 2817–2832 <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02459-w>
- Muhar S, Januschke K, Kail J, Poppe M, Schmutz S, Hering D, Buijse A D (2016) Evaluating good-practice cases for river restoration across Europe: context, methodological framework, selected results and recommendations. *HYDROBIOLOGIA* 769(1), 3–19

- Muhar S, Seliger C, Schinegger R, Scheickl S, Brändle J, Hayes D S, Schmutz S (2019) Status and Protection of Rivers – A pan-Alpine overview. In: Muhar S, Muhar A, Egger G, Siegrist D. Rivers of the Alps: Diversity in Nature and Culture 512, Haupt, Bern; ISBN 978-3-258-08114-4
- Muhlfeld C C, Kalinowski S T, McMahon T E, Taper M L, Painter S, Leary R F, Allendorf F W (2009). Hybridization rapidly reduces fitness of a native trout in the wild. *Biology letters* 5(3), 328–331
- Neuburg J, Friedrich T (2023) First description of a remnant population of sterlet (*Acipenser ruthenus*, LINNAEUS 1758) in the eastern Austrian Danube. *Journal for Nature Conservation*, 75, 126473 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126473>)
- Olden J D, LeRoy Poff N, Douglas M R, Douglas M E & Fausch K D (2004) Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution* 19, 18–23
- Palandačić A A, Naseka A, Ramler D, Ahnelt H (2017) Contrasting morphology with molecular data: an approach to revision of species complexes based on the example of European *Phoxinus* (Cyprinidae). *BMC Evolutionary Biology* 17, 184 (DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-017-1032-x>)
- Palandačić A, Kruckenhauser L, Ahnelt H, Mikschi E (2020) European minnows through time: museum collections aid genetic assessment of species introductions in freshwater fishes (Cyprinidae: *Phoxinus* species complex). *Heredity* 124, 410–422 (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41437-019-0292-1>)
- Palandačić A, Witman K, Spikmans F (2022) Molecular analysis reveals multiple native and alien *Phoxinus* species (Leuciscidae) in the Netherlands and Belgium. *Biological Invasions* 24, 2273–2283 (DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02784-9>)
- Pamminger-Lahnsteiner B, Weiss S, Winkler K A, Wanzenböck J (2009) Composition of native and introduced mtDNA lineages in *Coregonus* sp. in two Austrian lakes: Evidence for spatio-temporal segregation of larvae? *Hydrobiologia* 632(1), 167–75
- Piccolo J J, Unfer G, Lobón-Cerviá J (2017) Why conserve native brown trout? Brown trout: Biology, ecology and management, 641–647
- Pinter K (2008) Rearing and stocking of brown trout, *Salmo trutta* L.: Literature review and survey of Austrian fish farmers within the frame of the project-initiative TROUTCHECK. Diploma thesis. Boku Vienna.
- Pinter K, Unfer G, Lundsgaard-Hansen B, Weiss S (2017) Besatzwirtschaft in Österreich und mögliche Effekte auf die innerartliche Vielfalt der Bachforellen. *Österreichs Fischerei* 70, 15–33
- 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
- Poleksic V, Lenhardt M, Jarić I, Djordjevic D, Gačić Z, Cvijanovic G, Raskovic B (2010) Liver, gills, and skin histopathology and heavy metal content of the Danube sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758). *Environmental Toxicology and Chemistry* 29, 515–521 (DOI: [doi: 10.1002/etc.82](https://doi.org/10.1002/etc.82))
- 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* 65/3, 50–74
- Ratschan C, Friedrich T, Freyhof J (2021) Handelt es sich beim in der Mur endemischen Smaragd-gressling (*Romanogobio skywalkeri*) um ein Schutzgut nach Anhang II der FFH-Richtlinie? *Österreichs Fischerei* 74/7, 192–199, ISSN 0029-9987
- Schinegger R, Palt M, Segurado P, Schmutz S (2016) Untangling the effects of multiple human stressors and their impacts on fish assemblages in European running waters. *Science of the total Environment* 573, 1079–1088
- Schmutz S, Bakken T H, Friedrich T, Greimel F, Harby A, Jungwirth M, Melcher A, Unfer G, Zeiringer B (2015) Response of Fish Communities to Hydrological and Morphological Alterations in Hydropeaking Rivers of Austria. *River Research and Applications* 31(8), 919–930 (DOI: [10.1002/rra.2795](https://doi.org/10.1002/rra.2795))

- Schmutz S, Jurajda P, Kaufmann S, Lorenz A W, Muhar S, Paillex A, Poppe M, Wolter C (2016) Response of fish assemblages to hydromorphological restoration in central and northern European rivers. *HYDROBIOLOGIA* 769(1), 67–78
- Schmutz S (2023): Gewässersanierung am Beispiel Österreich – ein gemeinsamer Weg. Rundgespräche Forum Ökologie, Gefährdung und Schutz von Oberflächengewässern 49,101–109, Bayrische Akademie der Wissenschaften
- Schmutz S, Jungwirth M, Ratschan C, vSiemens M, Guttman S, Paintner S, Unfer G, Weiss S, Hanfland S, Schenekar T, Schubert M, Brunner H, Born O, Woschitz G, Gum B, Friedl T, Komposch C, Mühlbauer M, Honsig-Erlenburg W, Hackländer K, Haidvogel G, Eberstaller J, Friedrich T, Geist J, Gumpinger C, Graf C, Hofpointner M, Honsig-Erlenburg G, Latzer D, Pinter K, Rechberger A, Schähle Z, Schotzko N, Seliger C, Sutter G, Schröder W, Zauner G (2023) Der Huchen stirbt aus – was tun? Gefährdungsfaktoren und notwendige Maßnahmen in Bayern und Österreich. Sonderheft Österreichs Fischerei 176. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7633497>
- Sheth B P, Thaker V S (2017) DNA barcoding and traditional taxonomy: An integrated approach for biodiversity conservation. *Genome* 60(7), 618–28, pmid:28431212
- Unfer G, Rauch P (2019) Fischschutz und Fischabstieg in Österreich. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien. Endbericht
- Wanzenböck J, Kovacek H, Hertzog-Strachil B (1989). Zum Vorkommen der Gründlinge (Gattung: *Gobio*; Cyprinidae) im österreichischen Donauraum. *Österreichs Fischerei* 42, 118–12
- Weiss S, Schlötterer C, Waidbacher H, Jungwirth M (2001) Haplotype (mtDNA) diversity of brown trout *Salmo trutta* in tributaries of the Austrian Danube: massive introgression of Atlantic basin fish – by man or nature? *Molecular Ecology* 10, 1241–1246
- Weiss S, Persat H, Eppe R, Schlötterer C, Uiblein F (2002) Complex pattern of colonization and refugia revealed for European grayling *Thymallus thymallus*, based on complete sequencing of the mitochondrial DNA control region. *Molecular Ecology* 11, 1393–1407
- Weiss S, Kopun, T, Sušnik Bajec S (2013) Assessing natural and disturbed population structure in European grayling *Thymallus thymallus*: melding phylogeographic, population genetic and jurisdictional perspectives for conservation planning. *Journal of fish biology* 82(2), 505–521
- Winkler K A, Paminger-Lahnsteiner B, Wanzenböck J, Weiss S (2011) Hybridization and restricted gene flow between native and introduced stocks of Alpine whitefish (*Coregonus* sp.) across multiple environments. *Molecular Ecology* 20(3),456–72, pmid:21199024
- Witt C, Friedrich T (2022) Not a galaxy far, far away. A first look into the microhabitat of *Romanogobio skywalkeri*. *Journal of Applied Ichthyology* 38, 44–52. <https://doi.org/10.1111/jai.14286>
- Wolfram G, Mikschi E (2007) Rote Liste der Fische (Pisces) Österreichs. Böhlau Verlag
- WWF (2023) Poaching of sturgeon: a continuing threat to the survival of wild sturgeon in the Lower Danube Region. Updated evidence for sturgeon trafficking (2016-2022) Report June 2023. 36 pp.
- Zangl L, Daill D, Gessl W, Friedrich T, Koblmüller S (2020) Austrian gudgeons of the genus *Gobio* (Teleostei: Gobionidae): a mixture of divergent lineages. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 58, 327–340 (DOI: <https://doi.org/10.1111/jzs.12340>)
- Zangl L, Schäffer S, Daill D, Friedrich T, Gessl W, Mladinic M, Sturmhuber C, Wanzenböck J, Weiss S, Koblmüller S (2022) A comprehensive DNA barcode inventory of Austria's fish species. *PLOS ONE* 17(6), e0268694 (DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268694>)
- Zauner G, Jung M, Ratschan C, Mühlbauer M (2015) Fischökologische Sanierung von Fließstrecken und Stauhaltungen der österreichischen Donau gem. WRRL: Immer der Nase (*Chondrostoma nasus*) nach. *Österreichs Fischerei* 68, 177–196

Eingelangt: 2024 01 19

Anschriften:

Thomas Friedrich, E-Mail: thomas.friedrich@boku.ac.at,
ORCID: 0000-0002-9881-5392 (corresponding author)

Stefan Schmutz, E-Mail: stefan.schmutz@boku.ac.at, ORCID: 000-0002-3013-0450

Günther Unfer, E-Mail: guenther.unfer@boku.ac.at, ORCID: 0000-0002-2398-153X

Gertrud Haidvogel, E-Mail: gertrud.haidvogel@boku.ac.at,
ORCID: 0000-0003-0784-4057

Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt, Institut für Hydrobiologie und
Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendelstraße 33,
A-1180 Wien.

Stephan Koblmüller, E-Mail: stephan.koblmueLLer@uni-graz.at,

ORCID: 0000-0002-1024-3220, Institut für Biologie, Universität Graz,

Universitätsplatz 2, A-8010 Graz.

Wirbellose Fließgewässer-Organismen im Wandel – unter besonderer Berücksichtigung der Insektenfauna

Wolfram Graf, Patrick Leitner, Astrid Schmidt-Kloiber

Das Thema Artensterben wird in den letzten Jahrzehnten international intensiv diskutiert. Dabei werden vor allem terrestrische Organismen wie „Nützlinge“ – z. B. Bienen –, ihre Ökosystemleistungen und ihre Bedeutung für uns Menschen in den Vordergrund gestellt. Analysen unter der Wasseroberfläche werden zwar in Fachjournalen zahlreich publiziert, erreichen die Öffentlichkeit jedoch nur selten. Die überproportional hohe Biodiversität in aquatischen Lebensräumen im Vergleich zu terrestrischen ist zum Großteil auf Wirbellose – das sogenannte Makrozoobenthos – zurückzuführen. Diese Tiere übernehmen wesentliche ökologische Funktionen im Stoffkreislauf von Gewässern und tragen so zum Beispiel zur Selbstreinigungskraft bei. Aufgrund ihrer deutlichen Reaktion auf Umweltveränderungen, werden sie weltweit als Indikatoren für verschiedene Fragestellungen beispielsweise in Biomonitoring-Systemen eingesetzt. Gerade diese Sensitivität führt aber auch dazu, dass sich die Artenzusammensetzung verschiebt, und in einigen Fällen können Arten aufgrund verschiedener menschlicher Nutzungsansprüche von aquatischen Systemen (wie Siedlungsdruck, Wasserkraft, Schifffahrt oder Erholung) sogar regional verschwinden. Dieser Artikel fasst den Wissensstand über die Diversität und Gefährdungssituation des Makrozoobenthos in Österreich, sowie dessen Reaktionen auf spezifische anthropogene Eingriffe zusammen. Darüber hinaus werden Schwierigkeiten bei der Erhebung der aquatischen Biodiversität sowie Lösungsansätze skizziert.

Graf W, Leitner P, Schmidt-Kloiber A (2024) Invertebrate stream organisms in transition – with special consideration of the insect fauna.

In recent decades, the topic of species loss has been intensively discussed internationally. Often the focus is on terrestrial organisms such as “beneficial insects”, e. g. bees, their ecosystem services, and their importance for us humans. Analyses below the water surface are published in numerous scientific journals, but rarely reach the general public. The disproportionately high biodiversity in aquatic ecosystems compared to terrestrial ones is largely due to invertebrates – the so-called benthic invertebrates. These animals take over essential ecological functions in the nutrient cycle of water bodies and thus contribute, for example, to the self-purification capacity. Due to their distinct reaction to environmental changes, they are used as indicators in biomonitoring systems worldwide. However, it is this sensitivity that leads to shifts in species composition and even the regional disappearance of species due to diverse human pressures on aquatic ecosystems (land-use, hydropower, navigation, recreation etc.). This article summarises the state of knowledge on the diversity and endangerment of benthic invertebrates in Austria as well as reactions to specific anthropogenic interventions. In addition, difficulties in the context of aquatic biodiversity surveys and possible solutions are outlined.

Keywords: biodiversity loss, macroinvertebrates, Austria, multiple stressors.

Einleitung

Das Thema Insektensterben wird in den letzten Jahrzehnten international intensiv diskutiert, dabei werden v. a. terrestrische „Nützlinge“ (z. B. Bienen), ihre Ökosystemleistungen und ihre Bedeutung für uns Menschen in den Vordergrund gestellt. Analysen unter der Wasseroberfläche werden zwar in Fachjournalen zahlreich publiziert, erreichen die Öffentlichkeit jedoch nur selten.

Die überproportional hohe Biodiversität in aquatischen Ökosystemen, wird zum Großteil durch Wirbellose – das sogenannte Makrozoobenthos (eine Sammelbezeichnung für stammesgeschichtlich äußerst heterogene Organismengruppen) – erreicht. Diese Tiere übernehmen wesentliche ökologische Funktionen im Stoffkreislauf von Gewässern, und stellen daneben aufgrund ihres hohen Biomassetransfers vom Wasser in die terrestrischen Lebensräume durch emergierende Insekten eine wesentliche Lebensgrundlage für landlebende Organismen wie Spinnen, Käfer, Amphibien, Fledermäuse und Vögel dar. Aufgrund ihrer deutlichen Reaktionen hinsichtlich Umwelt-Veränderungen werden die aquatischen Stadien des Makrozoobenthos als Indikatoren in Biomonitoring-Systemen weltweit eingesetzt. Gerade aber diese Sensitivität führt durch multiple Stressoren zu Verschiebungen der Artenzusammensetzung bis hin zum regionalen Verschwinden von Arten aufgrund vielfältiger menschlicher Nutzungsansprüche.

Der weltweite Rückgang der aquatischen Biodiversität wurde v. a. in den letzten Jahrzehnten dokumentiert und Lösungsansätze intensiv diskutiert (u. a. Dudgeon et al. 2006; Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019; Cardoso et al. 2020a,b; Didham et al. 2020; Harvey et al. 2020; Jähnig et al. 2021). Österreich, als mitteleuropäisches Land mit hohem Flächenverbrauch und intensiver Landwirtschaft, ist von Artenverlusten naturgemäß ebenfalls betroffen.

In diesem Artikel wird der aktuelle Wissensstand zur Vielfalt und Bedrohungssituation verschiedener Gruppen des Makrozoobenthos sowie die Reaktionen auf bestimmte menschliche Eingriffe dargestellt, sowie Lösungsansätze zur Biodiversitätserfassung skizziert.

Wissensstand

Befeuert durch eine Studie von Hallmann et al. (2017), die einen drastischen Rückgang der Insekten-Biomasse in deutschen Naturschutzgebieten feststellen, rückte das Insektensterben international zunehmend in den Fokus wissenschaftlicher Analysen. Der weltweite Verlust an aquatischer Insekten-Biodiversität wird vor allem durch Habitat-Verlust aufgrund von Landwirtschaft und Urbanisierung sowie generell durch Verschmutzung (auch Lichtverschmutzung) und Klimaveränderungen verursacht (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019). In Bezug auf die Dichte wird ein Rückgang bei terrestrischen, jedoch eine Zunahme der aquatischen Insektenfauna festgestellt (van Klink et al. 2020). Bei der Analyse der Artenvielfalt von wirbellosen Wasserorganismen in Europa über einen Zeitraum von 52 Jahren wird nach einer Erholung der Diversität in der Periode 1990 bis 2000, ab 2010 eine Stagnation der Populationen konstatiert (Haase et al. 2023). Dies ist auf multiple Stressoren, invasive Arten und den Klimawandel zurückzuführen. Eine gesamtgültige Einschätzung ist aufgrund der teilweise kontrastierenden Aussagen der genannten Arbeiten, basierend auf der zum Teil groben taxonomischen Auflösung und der variierenden Stressor-spezifischen Sensitivität der unterschiedlichen Arten, schwierig. Generell hängt die Aussagekraft aller groß-skalierten Analysen wesentlich mit der Datenlage insgesamt und der Auswahl methodisch vergleichbarer Datensätze zusammen und wird daher nicht zu Unrecht häufig in Frage gestellt.

Was wissen wir über Entwicklungen der österreichischen aquatischen Fauna?

Zum aktuellen Zustand von Insekten in Österreich schreiben Rabitsch et al. (2020) treffend:

„Insektensterben ist ein komplexes und multifaktorielles Phänomen. Es ist nicht zu erwarten, dass es nur eine einzige Hauptursache für den Biodiversitätsverlust auf allen räumlichen Skalen und funktionellen Ebenen gibt. Für Österreich liegen keine quantitativen Daten vor, die einen Insektenrückgang belegen oder widerlegen könnten. Indizien, insbesondere lokale Studien und Gefährdungsanalysen (Rote Listen) lassen aber keinen Zweifel, dass die Rückgänge in Österreich stattgefunden haben und stattfinden. Auch wenn für viele Insektengruppen keine aktuellen Gefährdungsanalysen vorliegen, zeigen die vorhandenen Daten übergeordnete Bedrohungsbilder: Besonders gefährdet sind Insektenarten in ostösterreichischen Offenlandstandorten sowie Arten von natürlichen Fließgewässer-Uferstandorten, Feuchtwiesen, Quellen und Mooren.“

Durch die Heterogenität der phylogenetischen Gruppen des Makrozoobenthos sowie die hohe Zahl an Arten ist eine aktuelle Bestandsaufnahme – trotz einer überschaubaren Anzahl von Bearbeitern – laufenden Veränderungen unterworfen. Die aktuellste Zusammenfassung der österreichischen aquatischen Fauna ist die „Fauna Aquatica Austriaca“ (Moog & Hartmann 2017), in der 3.429 Arten gelistet werden. Dabei stellen die Zweiflügler mit 38 % bzw. 1.290 Arten, die Wasserkäfer mit 17 % bzw. 577 Arten und die Köcherfliegen 9 % bzw. 314 Arten, die dominanten Gruppen, gefolgt von Steinfliegen und Ruderfußkrebsen mit jeweils 4 % und den Eintagsfliegen (3 %); alle anderen Gruppen liegen darunter (Abb. 1), machen jedoch insgesamt 862 Arten aus und übertreffen damit weitaus populärere Tiergruppen hinsichtlich ihrer Diversität.

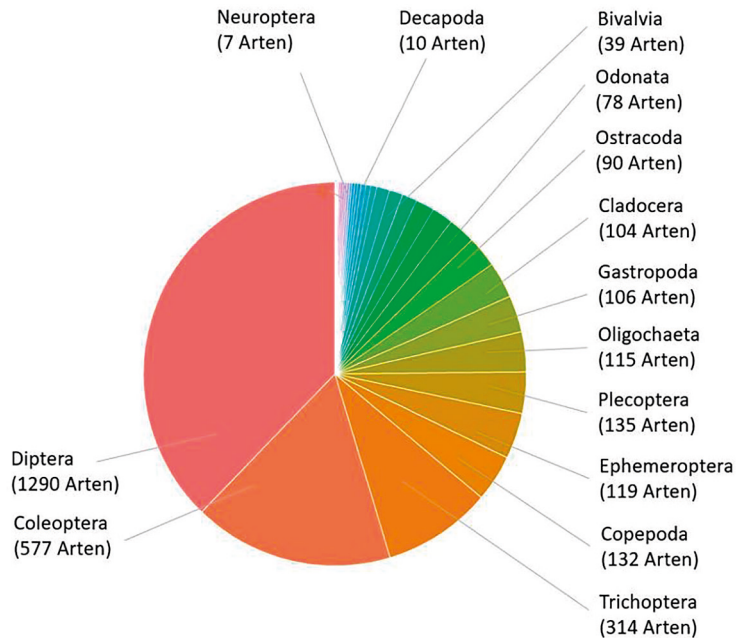


Abb. 1: Artenzahlen der unterschiedlichen Gruppen des Makrozoobenthos nach Fauna Aquatica Austriaca (Moog & Hartmann 2017). – Fig. 1: Number of species of the different macro-invertebrate groups according to Fauna Aquatica Austriaca (Moog & Hartmann 2017).

Ein wesentliches Instrument, um Entwicklungen, Gefährdung von Arten und Ursachen dafür aufzuzeigen, sind die Roten Listen gefährdeter Tier Österreichs. Innerhalb der aquatischen Evertebraten sind Käfer (Jäch et al. 2005), Köcherfliegen (Malicky 2009), Weichtiere (Reischütz & Reischütz 2007), Libellen (Raab et al. 2006), Schlammfliegen und Schwammhafte (Gepp 2005), höhere Krebse (Petutschnig et al. 2009) und Urzeitkrebse (Eder & Hödl 2002) in Österreich bezüglich ihrer Gefährdung eingestuft. Das bedeutet, dass nur für 18 % der bekannten aquatischen Arten Einstufungen vorliegen (Abb. 2). Innerhalb der klassifizierten Gruppen sind 49 % oder 307 Arten in einer der drei Gefährdungsstufen („critically endangered“, „endangered“ bzw. „vulnerable“) gelistet (Abb. 3). Für 45 Arten ist die Datenlage für eine Einstufung unzureichend, was dringenden Forschungsbedarf hinsichtlich dieser Arten andeutet.

Hinsichtlich internationaler Richtlinien wie der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, scheinen dort nur 16 der 3.429 österreichischen Makrozoobenthos-Arten auf, für die Österreich eine Berichtspflicht hat und deren Entwicklung daher näher untersucht wird. Neben der absurd geringen Anzahl erscheint auch die Auswahl der Tierarten absonderlich, da keine einzige der als besonders sensitiv gegenüber Umweltveränderungen angesehene Art der sogenannten EPT-Gruppe (Ephemeroptera/Eintagsfliegen, Plecoptera/Steinfliegen, Trichoptera/Köcherfliegen), die weltweit in der ökologischen Beurteilung von Fließgewässern verwendet wird, aufscheint.

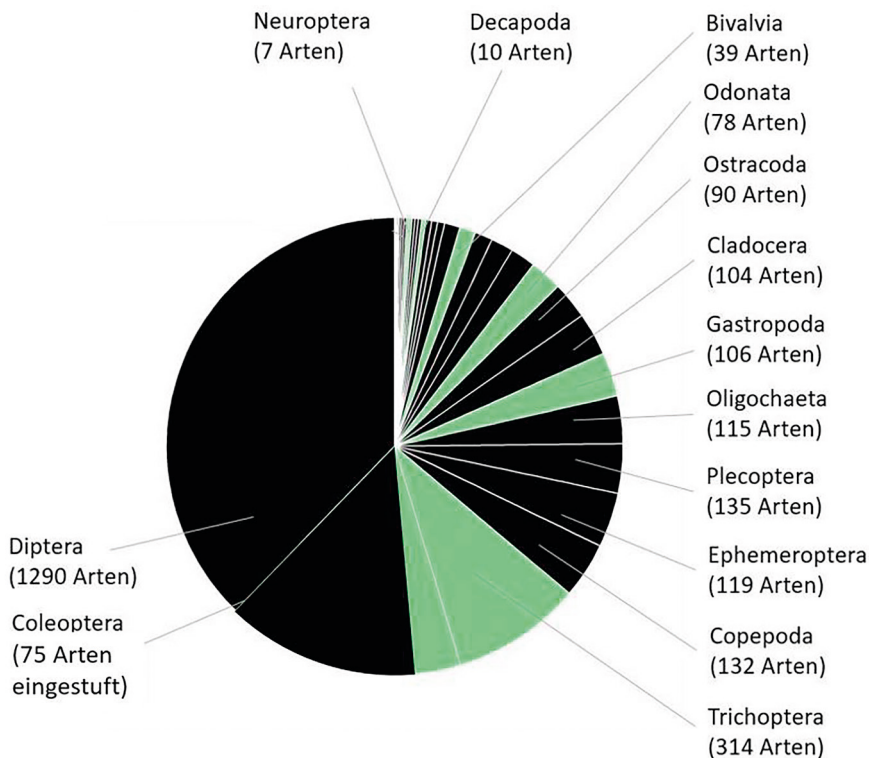


Abb. 2: Anteil der in den Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs eingestuft Gruppen; grün: eingestuft, schwarz: nicht bearbeitet. – Fig 2: Proportion of groups classified in the Austrian Red Lists of Threatened Species; green: classified, black: not processed.

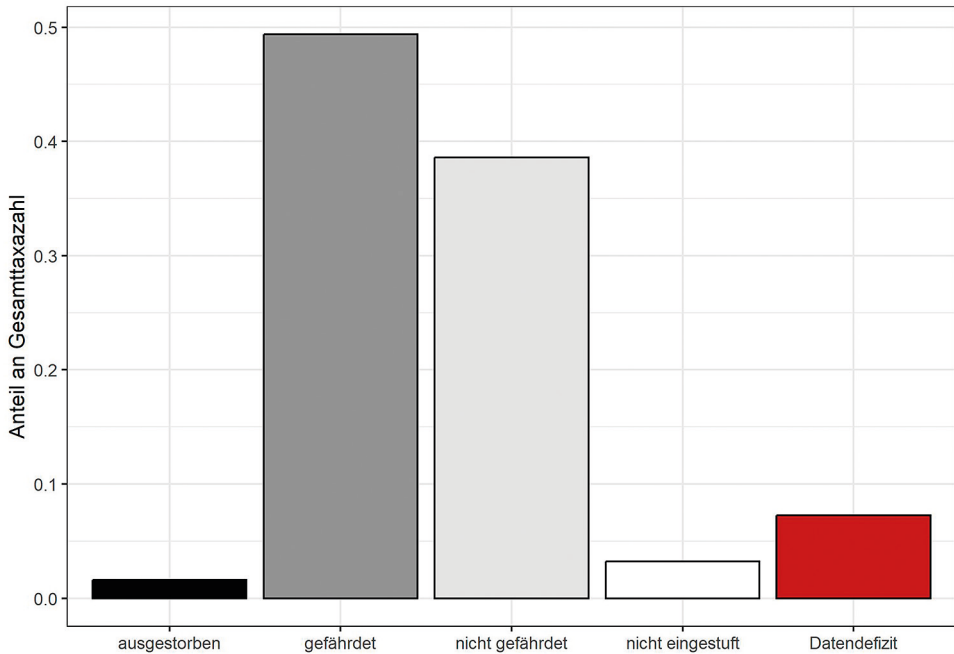


Abb. 3: Prozentuelle Verteilung aller klassifizierten Gruppen österreichischer aquatischer Evertbraten in zusammengefassten Gefährdungsstufen (gefährdet = vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet). – Fig. 3: Percentage distribution of all classified Austrian aquatic macro-invertebrate groups, summarised in threat levels (endangered = threatened with extinction, critically endangered, endangered).

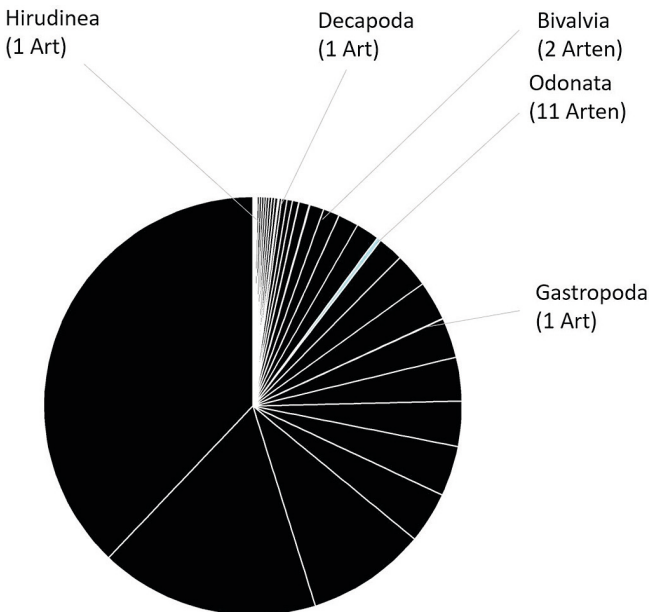


Abb. 4: In den Anhängen II, IV und V der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie aufgeführte aquatische Makrovertebraten. (https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/naturschutz/arten_der_anhaenge_ii_iv_v_oesterreich.pdf). – Fig. 4: Aquatic macro-invertebrates listed in Annexes II, IV and V of the Habitats Directive. (https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/naturschutz/arten_der_anhaenge_ii_iv_v_oesterreich.pdf).

Raritäten: flusstypische Arten und Endemiten

Die Diversität aquatischer Organismen Österreichs ist relativ gut bekannt und kann als leicht steigend dargestellt werden. Einerseits werden regelmäßig neue Arten – zumeist Neobiota (also gebietsfremde Arten) – gemeldet, andererseits jedoch ist eine faktenbasierte Dokumentation eines Rückganges/Verlustes von spezifischen Arten – auch aufgrund natürlicher Schwankungen von Populationen – schwierig und liegt weitgehend außerhalb der Aufgaben der verantwortlichen Institutionen. So wurde z. B. die Steinfliegenart *Isogenus nubecula* seit 66 Jahren in Österreich nicht mehr nachgewiesen und muss wohl als verschollen eingestuft werden. Ohne historisches und eindeutig identifizierbares Sammlungsmaterial sind langfristige Entwicklungen aber schwer nachvollziehbar, was den hohen Wert von Museen unterstreicht.



Abb. 5: *Isogenus nubecula*, eine Charakterart größerer Flüsse. Die Art ist heute noch in naturnahen Flüssen wie Loire und Allier (Frankreich) häufig. Aufgrund von Museumsmaterial und historischen Schriften (Bauer & Löw 1857) weiß man, dass sie einst an der Donau ebenfalls häufig war. Der letzte Nachweis gelang 1958 an der Donau. – Fig. 5: *Isogenus nubecula*, a character species of large rivers. The species is still common today in near-natural rivers such as the Loire and Allier (France). Based on museum material and historical publications (Bauer & Löw 1857), we know that it was once also common in the Danube, where it was last recorded in 1958.

Da größere Fließgewässer des intensiv genutzten Flachlandes von anthropogenen Veränderungen besonders betroffen waren und sind, ist es erfreulich, dass europaweit sehr seltene Arten noch in einzelnen Gewässerabschnitten Österreichs vorkommen. Als Stellvertreter vieler gefährdeter, aber weitgehend unbekannter Organismen, sei die Steinfliege *Agnentina elegantula* erwähnt, die weltweit nur noch im Gewässersystem Lafnitz/Raab in Österreich und Ungarn vorkommt (Abb. 6 u. 7). Ein einziger negativer Einfluss im Einzugsgebiet kann diese Population jedoch vernichten, was die Wichtigkeit eines Flusseinzugsgebietsmanagements unterstreicht. Derzeit gibt es jedoch keine systematische Überwachung der Bestandsentwicklung dieser und anderer gefährdeter Arten.



Abb. 6: *Agnentina elegantula*, das vielleicht seltenste aquatische Insekt Mitteleuropas. – Fig. 6: *Agnentina elegantula*, perhaps the rarest aquatic insect in Central Europe.

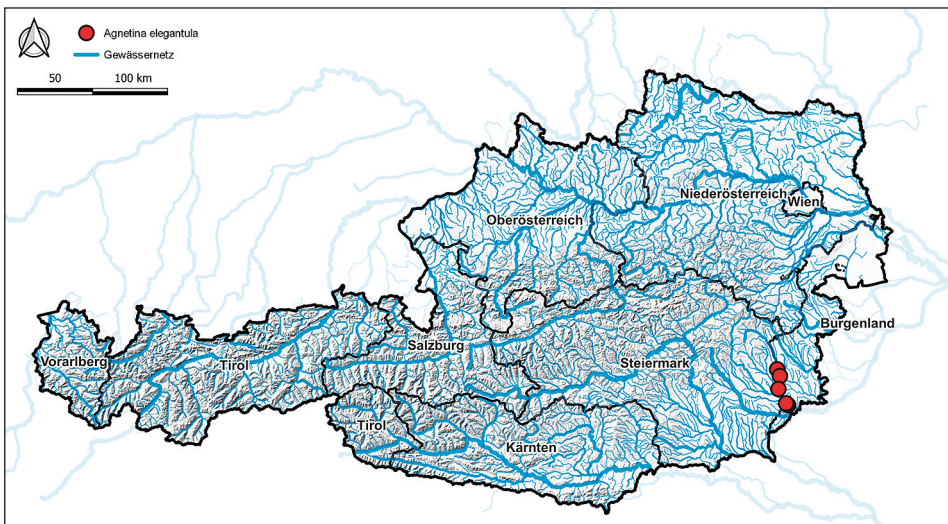


Abb. 7: Vorkommen der Steinfliege *Agnentina elegantula* in Österreich. – Fig. 7: Occurrence records of the stonefly *Agnentina elegantula* in Austria.

Endemiten sind Tiere oder Pflanzen, die ausschließlich in einem bestimmten geografischen Gebiet vorkommen und nirgends sonst auf der Welt zu finden sind. Aus naturschutzfachlicher Sicht sind gerade die Areale endemischer Arten bedeutsam, da sich spezifische Arten – auch aufgrund des manchmal noch immer geringen Kenntnisstandes über die alpine Fauna – auf einzelne kleine Einzugsgebiete beschränken und geringste Veränderungen den weltweiten Verlust dieser Arten nach sich ziehen können (Rabitsch & Essl 2009). In Österreich sind das Steirische Randgebirge und die Süd-Ostalpen als aquatische Endemiten-Zentren bekannt, die sich weiters am Rand der letzten Vergletscherung am Alpenbogen in südwestlicher Richtung verteilen. Unser Kenntnisstand über das Vorkom-

men der Endemiten, die meist Bewohner von Quellen bzw. Oberläufen sind, ist lückenhaft, da regelmäßige, flächendeckende Aufsammlungen fehlen. Dennoch wurden in den letzten 20 Jahren alleine hinsichtlich der Köcherfliegen 16 Endemiten der Alpen neu für die Wissenschaft beschrieben, was auf weitere unentdeckte Arten hinweist.

Aquatisches Monitoring in Österreich

Gemäß den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) werden österreichische Gewässer seit mehr als zwei Jahrzehnten intensiv untersucht. Im Rahmen der WRRL erfolgt die Erhebung von Arten aber nicht primär zur Erfassung der Biodiversität, sondern um den ökologischen Zustand der Gewässer zu beurteilen. So werden beispielsweise für das WRRL-Monitoring keine Referenzgewässer (also keine naturbelassenen Gewässer) und keine Oberläufe oder Quellen (<10 km² Einzugsgebiet) untersucht. Damit werden wesentliche, arten- und endemitenreiche Gewässersysteme nicht beprobt. Weiters werden ausschließlich aquatische Stadien, die oftmals nicht auf Artniveau bestimmbar sind, untersucht. Aufgrund der Ziele und des daraus folgenden Untersuchungsdesigns der WRRL, können Ergebnisse dieser Untersuchungen nur bedingt auch für ein Biodiversitätsmonitoring herangezogen werden. Entwicklungen dominanter und relativ toleranter Gruppen sind durch das WRRL-Monitoring gut beobachtbar, kleinräumig verteilte Arten (Endemiten in Quellregionen oder Arten von Mikrohabitaten) werden jedoch großflächig ignoriert.

Aquatische Wirbellose haben – mit Ausnahme fischereiwirtschaftlich relevanter Gruppen wie höhere Krebse – keinen kommerziellen Wert und werden in der Regel – außerhalb rechtlicher Vorgaben – nicht systematisch besammelt. Seltene Ausnahmen sind beispielsweise die invasive Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis*), die durch ihr massenhaftes Auftreten den Stoffhaushalt von aquatischen Systemen massiv verändern kann und zudem hohe finanzielle Schäden durch das Verstopfen von Wasserleitungen verursacht (https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wasserqualitaet/fluesse_seen/quaggamuschel.html).

Als Folge davon, sind eindeutige Arealveränderungen für den Großteil der Arten – vor allem aufgrund der fehlenden Daten – bisher nicht erkenn- oder nachvollziehbar. Eine längerfristige und flächendeckende Aufnahme der aquatischen wirbellosen Fauna, die als Basis für die Abschätzung der Bestandsentwicklung dienen könnte, fehlt auf Landes- wie auch Bundesebene.

Da gewisse Arten ein spezielles Monitoring zur Erfassung benötigen (Adultfang am Tag, Emergenzfallen, Lichtfallen etc.) ist für ein umfassendes Biodiversitätsmonitoring taxonomisch geschultes Personal und der Einsatz unterschiedlicher Methoden unerlässlich.

Daher werden gesicherte Artnachweise im Wesentlichen von meist außer-akademischen Liebhabern – sogenannten Laien-Experten – erbracht (deren Arbeit nicht hoch genug geschätzt werden kann) und werden – wenn überhaupt – in z. T. unübersichtlichen Journalen, wie z. B. Vereinsorganen, publiziert. Eine Überführung dieser Daten in eine allgemein zugängliche Plattform erfolgt mit Ausnahme der Zoologisch-Botanischen Datenbank ZOBODAT (<https://www.zobodat.at>) des Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landeskultur GmbH nicht; eine Datenanalyse der Entwicklung einzelner Arten wird sporadisch im Zuge der Erstellung von Roten Listen durchgeführt.

Gefährdungsursachen

Die Reaktionen der wirbellosen Wasserfauna hinsichtlich spezifischer Stressoren sind so heterogen wie die Gruppe selbst. Über die Entwicklung von spezifischen aquatischen Habitatbedingungen und damit über das Vorkommen von aquatischen Organismen können österreichweit nur prozesshafte Überlegungen angestellt werden. Anthropogene Stressoren im alpinen Raum unterscheiden sich in ihrer Qualität und Quantität von jenen im intensiver genutzten Flachland und haben daher auch unterschiedliche Auswirkungen auf die Fauna. Während alpine Quellen und Bergbäche zwar von Überweidung, Wasserableitungen, Schwallereignissen und Verbauungen betroffen sind, ist ihre Beeinträchtigung in ihrer Gesamtheit generell noch als gering anzunehmen. Ausnahmen bestehen allerdings in den äußerst sensiblen Bereichen der Randgebirge und Südalpen, in denen besonders gehäuft Endemiten vorkommen, die in keiner Weise durch (inter)nationale Richtlinien geschützt sind und beispielsweise durch Beschneigungsteiche zunehmend gefährdet sind.

Flachländer hingegen weisen generell eine starke landwirtschaftliche Nutzung bei gleichzeitig hohem Besiedlungsdruck auf. Die Folgen sind Gewässerbegradigungen und -verbau, Eutrophierung, Verlust an Ufervegetation und Kleingewässern (z. B. Quellen, Mooren, Tümpeln) sowie das Abschneiden und Trockenfallen von Augewässern und Überschwemmungswiesen.

Zur allgemeinen ökologischen Situation von aquatischen Lebensräumen stellen Paternoster et al. (2021) fest, dass „... nach dem Nationalem Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 (BMLFUW 2015) mehr als 50 % der Gewässerbereiche in einer schlechteren ökologischen Zustandsklasse als „gut“ gemäß Wasserrahmen-Richtlinie der EU liegen, im Fall von Auen ergibt sich ein ähnliches Bild. Bei Mooren wiederum wird bei 2.716 Objekten oder bei 94 % der Gesamtfläche ein Restaurationsbedarf angenommen.“ In den meisten Fällen ist der Grund für das Verfehlen des EU-Zielzustandes (der „gute ökologische Zustand“) eine Degradation der hydromorphologischen Ausprägung der Gewässer (v. a. Verbauung, Aufstau etc.). Organische Verschmutzung, in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts noch weit verbreitet, spielt durch den Aufbau eines dichten Kläranlagennetzes heute nur noch eine untergeordnete Rolle.

Das vermehrt massive Auftreten invasiver, gebietsfremder Arten in Verbindung mit dem zunehmend dokumentierten Verlust einheimischer Faunen großer Flüsse wird europaweit beobachtet (z. B. Füreder & Pöckl 2007; Moog et al. 2007; Arbačiauskas et al. 2008; Graf et al. 2008; Panov et al. 2009). Die Donau ist – neben einem nördlichen Korridor über die Wolga zur Ostsee und einem zentralen Weg über den Dnjepr zur Elbe und zum Rhein – die wichtigste südliche Migrationsroute aquatischer ponto-kaspischer Elemente (Bij de Vaate et al. 2002). Die meisten Neozoen in der Donau stammen daher aus dieser Region und gehören zu den Krebstieren (Gattungen *Dikerogammarus*, *Echinogammarus*, *Chelicorophium*), während nur wenige andere wie die Garnele *Atyaephyra desmaresti*, die Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis* und die Mollusken *Corbicula fluminea*, *Sinanadonta woodiana* bzw. *Potamopyrgus antipodarum* aus anderen Regionen stammen (Mittelmeer, Ostasien und Neuseeland; Moog et al. 2007).

In kleineren Fließgewässern können v. a. Blasenschnecken (*Physella* spp.) und die Neuseeländische Zwergdeckelschnecke *Potamopyrgus antipodarum* neben dem Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*) und dem Marmorkrebs (*Procambarus virginialis*) als aquatische Neozoa dominant auftreten (u. a. Moog et al. 2013). Die verheerenden Auswirkungen der die

Krebspest übertragenden Großkrebse auf einheimische Arten sind weitgehend bekannt. Im Unklaren bleiben allerdings die Auswirkungen von z. T. massenhaft vorkommenden Mollusken wie *Corbicula* spp. (Asiatische Körbchenmuschel), *Dreissena rostriformis* (Quagga-Muschel) oder der Neuseeländischen Zwergdeckelschnecke auf den Stoffhaushalt der Gewässer.

Um die wirtschaftliche Bedeutung der Neobiota neben ihren ökologischen Effekten zu unterstreichen, werden die Gesamtkosten der „invasive alien species“ (IAS) in Europa zwischen 1960 und 2020 mit 140,20 Mrd. US-Dollar (bzw. 116,61 Mrd. Euro) angeführt (Haubrock et al. 2021). Ein systematisches Monitoring von aquatischen Neobiota wird mit wenigen Ausnahmen in Österreich nicht durchgeführt.

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor auf die Verbreitung von aquatischen Organismen ist die Wassertemperatur. Durch die Temperatur hervorgerufene Änderungen sind weitgehend bekannt und langfristige Reaktionen auf Temperaturerhöhungen wurden mittlerweile festgestellt (Domisch et al. 2011; Haase et al. 2019). Auch über die Temperaturpräferenzen von aquatischen Insekten ist einiges bekannt (Haidekker & Hering 2007), Effekte von Veränderungen auf die Biologie von aquatischen Evertebraten bzw. auf Interaktionen zwischen Lebensgemeinschaften sind bislang aber eher das Thema von Prognosemodellen (Hershkovitz et al. 2015; Pletterbauer et al. 2016), die allerdings selten nachevaluieren werden. Ein gezieltes Monitoring von Areal-Veränderungen von Arten findet in Österreich derzeit nicht statt.

Hydrologische Veränderungen, verbunden mit der Klimakatastrophe, können generell starke Auswirkungen auf aquatische Organismen haben. Grundwasserabsenkungen und/oder Wasserableitungen von Quellen (aufgrund von erhöhtem Wasserbedarf durch Dürren) können wichtige Bruthabitate von stenöken und kleinräumig verbreiteten aquatischen Organismen vernichten und die wenigen Populationen weiter reduzieren, was v. a. Endemiten betrifft. Auch derzeit noch permanent wasserführende Gewässer könnten in Zukunft weniger Wasser aufweisen, was eine Veränderung der tierischen Gemeinschaften hin zu an temporäre Gewässer angepasste Zönosen führen würde. Dieses Szenario betrifft vor allem den außer-alpinen Raum Österreichs. Die extrem hohe Versiegelung österreichischer Landschaften führt im Zusammenhang mit dem Klimawandel bei Extremereignissen zu katastrophalen Hochwässern, die auch die aquatische Fauna betreffen und teilweise zu hohen Bestandsverlusten bis hin zur Verödung von Abschnitten führen.

Künstliche Änderungen der Hydrologie, wie sie etwa im Zusammenhang mit Wasserkraftwerken (durch Schwall- und Sunkereignisse) auftreten, wirken sich ebenfalls negativ auf aquatische Lebensgemeinschaften aus (Holzapfel et al. 2017), in dem sie beispielsweise die Individuendichten spezifischer Arten reduzieren (Leitner et al. 2017; Schülting et al. 2016, 2018). In Kombination mit morphologischen Degradationen wie Begradigungen wirken sich diese hydraulischen Schwankungseffekte besonders stark auf bodenlebende Organismen aus. Restwasser-Situationen durch Wasserableitung (v. a. zur Stromproduktion) treten weitverbreitet in Österreich zwischen etwa 200 bis 2000 m Seehöhe auf. Neben dem Verlust der natürlichen Abflussdynamik und der Verringerung des Lebensraumes stellen vor allem Temperaturveränderungen und Sedimentation von Feinsubstraten eine Herausforderung für die Fauna dar.

Ebenfalls für die Stromproduktion errichtete Stauanlagen in Fließgewässern stellen einen weiteren Gefährdungsfaktor dar. Staudämme haben weitreichende Auswirkungen und

betreffen im Staubereich eine Veränderung der Fließgeschwindigkeit, der Temperatur sowie der Substratverhältnisse und führen damit zu drastischen Faunenveränderungen (Ofenböck et al. 2011). Darüber hinaus werden die Bereiche unterhalb der Dämme durch den Sedimentrückhalt in Stauanlagen langfristig in ihrer Sedimentzusammensetzung und Morphologie verändert, was wiederum zu deutlichen Habitatveränderungen führt.

Eine andere zunehmende Herausforderung sind die Versandung bzw. der Eintrag von Feinsedimenten aus landwirtschaftlichen Flächen, wobei die Substratstruktur von Bächen grundlegend geändert wird. Allerdings wird das Problem aufgrund seiner langsamen Auswirkungen über Generationen selten als solches erkannt. Versandete Gewässer weisen generell eine deutlich herabgesetzte Faundichte und Diversität auf (Leitner et al. 2015; Graf et al. 2016; Hauer et al. 2018). Dazu kommen noch diverse Schadstoffeinträge aus der Landwirtschaft und anderen Quellen, die eine große Unbekannte darstellen (Beketov et al. 2013; Davison et al. 2021; Veseli et al. 2022), da ihre Effekte auf spezifische Arten weitgehend unbekannt sind und/oder ignoriert werden.

Eine natürliche und heterogene Flussmorphologie wird oftmals von Totholzansammlungen mit geprägt, die ein wesentliches Element von Fließgewässern darstellen. Sie tragen

Tab. 1: Ursachenmatrix und Auswirkungen auf abiotische Habitatparameter sowie auf die benthischen Evertebraten in verschiedenen Lebensraumtypen. – Tab. 1: Matrix of causes and effects on abiotic habitat parameters and benthic evertibrates in different habitat types.

Verursacher	Ursache	Wasserqualität	Hydrologie	Konnektivität	Morphologie	Sedimente	Makrovertebraten		
							Oberläufe	Untersläufe	Auen
L/U/I/S	Fluss/Uferregulierungen	grün	gelb	rot	rot	rot	rot	rot	rot
W	Schwall & Sunk	gelb	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot
W	Stauhaltungen	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot
U/I	Boden-Versiegelung	grün	gelb	grün	grün	gelb	rot	rot	gelb
S	Wellenschlag	blau	blau	rot	gelb	rot	blau	rot	blau
L/F	Feinsedimenteintrag	gelb	blau	grün	gelb	rot	rot	rot	gelb
L/W/I/U/T	Wasserentnahmen	gelb	gelb	gelb	grün	gelb	gelb	gelb	gelb
L	Viehtritt	rot	rot	gelb	rot	rot	rot	grün	grün
S	Invasive Spezies	gelb	blau	blau	grün	gelb	gelb	rot	rot
L/I/U	Verschmutzung – Nährstoffe	gelb	grün	grün	grün	gelb	gelb	gelb	grün
L/I/U	Verschmutzung – Spurenstoffe	rot	blau	blau	blau	rot	rot	rot	rot
K	Temperaturerhöhung	gelb	rot	rot	blau	rot	rot	rot	gelb
K/U/I	hydrologische Extremereignisse	gelb	rot	gelb	rot	gelb	rot	rot	rot
	Kumulative Effekte	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot	rot

Wasserkraft	W	stark	rot
Urbanisierung	U	mäßig	gelb
Schifffahrt	S	gering	grün
Forstwirtschaft	F	keine	blau
Landwirtschaft	L	teilweise unbekannt	rot
Industrie	I		
Klimawandel	K		
Tourismus	T		

zur Nährstoffretention bei, sind aber auch ein wesentliches Habitat für etliche rare Arten (Dossi et al. 2018, 2020). Durch den gezielten Anbau von wirtschaftlichen Holzarten (Fichtenplantagen) sowie die Heranführung von landwirtschaftlichen Flächen bis an das Ufer der Gewässer, wird die Struktur der natürlicher Ufervegetation und damit auch das Ausmaß und die Qualität des Totholzes im Gewässer maßgeblich verändert, mit all ihren Auswirkungen auf die Faunengemeinschaften.

Ein gänzlich anderes Gefährdungsproblem wird durch Überweidung ausgelöst und betrifft v. a. Quellen und kleine Bäche der Almen, die durch Viehtritt verschlammten und in ihrer Struktur vernichtet werden. Zudem führt der Dung zur übermäßigen Eutrophierung dieser sensiblen Habitate, was zum völligen Verschwinden typischer Quell-Lebensgemeinschaften führen kann.

Nicht zuletzt trägt in den letzten Jahrzehnten das Phänomen der Lichtverschmutzung vermehrt zur Gefährdung von aquatischen Insekten bei. Adulte Stadien gewisser Arten werden von Lichtquellen angezogen und erleiden dadurch Verluste in ihrer Energiebilanz. Dieser Faktor wird vor allem in urbanen Bereichen zum Risiko (u. a. Eisenbeis & Hänel 2009; Jechow & Hölker 2019).

Einzelne der oben genannten Faktoren können sensitive Arten stark beeinträchtigen, zu meist ist es jedoch die Kombination vieler/aller, in den meisten Fällen kumulativ wirkender Stressoren, die ganze Lebensgemeinschaften langfristig und nachhaltig verändert (u. a. Hering et al. 2015; Cardoso et al. 2020a,b).

Conclusio

Fließgewässersysteme sind lineare Lebensräume und stark von den Eigenschaften des Einzugsgebietes geprägt. Lokale Eingriffe beeinträchtigen daher nicht nur eine spezifische Stelle, sondern wirken sich auf weite Strecken der darunterliegenden Flussabschnitte aus (z. B. Graf et al. 2016). Abholzung im Oberlauf beispielsweise kann zu schädlicher Sedimentation von Feinsubstraten in weit entfernten Gewässerabschnitten oder Schadstoffeintrag zum Veröden von ganzen Flussläufen führen. Darüber hinaus führt die großflächige Bodenversiegelung verstärkt zu katastrophalen Hochwasserereignissen, die in Zusammenspiel mit der Klimakatastrophe aquatische Lebensgemeinschaften stark reduzieren können. Daraus ergeben sich prinzipiell höhere anthropogen verursachte Gefährdungen für tierische Bewohner von flussab gelegenen Abschnitten. Aber auch die Fauna (alpiner) Quellen unterliegt anthropogener Gefährdung, wie z. B. durch Überweidung und deren Auswirkungen (Viehtritt, Eutrophierung) sowie in letzter Zeit auch durch Wasserableitungen für Teiche zur Kunstschneeproduktion. Fließgewässer sind immens sensible und dynamische Ökosysteme, die aufgrund ihrer Komplexität nur schwer zu managen sind. Sie beherbergen in ihrem natürlichen Zustand eine vielfältige benthische Lebensgemeinschaft. Die wenigen intakten Fließgewässer Österreichs sollten daher streng geschützt und unter keinen Umständen beeinträchtigt werden, um diese Faundiversität langfristig zu erhalten.

Österreich hat aufgrund seiner heterogenen Landschaft und der Vielzahl an Ökoregionen eine reichhaltige aquatische Fauna, die es zu erhalten gilt. Es besteht die Gefahr, eine schleichende und langsame Ausdünnung von Populationen durch die oben erwähnten Faktoren zu übersehen, da die gegenwärtige Datenlage weder Zustand noch Trends der

Biodiversität widerspiegelt. Gerade für die Prognose der Aussterbewahrscheinlichkeit innerhalb von zeitlichen Dimensionen würde es Informationen wie die artspezifische minimale Populationsgröße, die Bestandes-Entwicklung und den Genpool einer Art brauchen. Solche Daten sind aber nur durch ein systematisches, langfristiges und damit kostenintensives Monitoring zu generieren.

Aus naturschutzfachlicher Sicht stellen Rote Listen ein wirkungsvolles Planungsinstrument im Management von Gewässern dar. Die Basis für die seriöse Erstellung solcher Listen ist jedoch ein solider Kenntnisstand von Verbreitungsdaten, den es in Österreich derzeit nur für vereinzelte aquatische Wirbellose gibt „*Um aktuellen Ansprüchen gerecht zu werden, sind Investitionen erforderlich, insbesondere hinsichtlich der Digitalisierung der Daten. Bestehende Monitoringprogramme decken einen kleinen Teil der Insektenvielfalt ab, standardisierte, langfristig gesicherte Freiland-Erhebungen fehlen jedoch* (Rabitsch et al. 2020)“. Zur Datenverdichtung und um Abschätzungen der Bestandsentwicklung von Organismen unter den vielfältigen und anhaltenden anthropogenen Belastungen der aquatischen Ökosysteme vornehmen zu können, ist daher eine methodisch adäquate, langfristige und flächendeckende faunistische Erfassung der aquatischen Organismen bzw. spezieller Indikatorgruppen, dringend vonnöten. In erster Linie sind dabei Bestände von gefährdeten Arten (z. B. Endemiten), mittlerweile seltenen Arten oder Arten von Flachlandgewässern zu beobachten. Dementsprechend müssten für eine nachhaltige Bestandsdokumentation und zukunftsorientierte Maßnahmensetzung zur Erhaltung der Lebensräume und damit auch der aquatischen Fauna Österreichs folgende Punkte gewährleistet werden:

- Stärkung der taxonomischen und ökologischen Ausbildung
- Integration aquatischer Wirbelloser in bestehende internationale Regelwerke (FFH-Richtlinie) und internationale Gefährdungseinstufungen (IUCN Red Lists)
- Langfristiges, standardisiertes und artspezifisches Monitoring von (ausgesuchten) Arten hinsichtlich Bestandes- und Arealentwicklung
- Hydromorphologische Verbesserungsmaßnahmen (Renaturierungen)
- Stressor-spezifische Wirkungsanalysen (v. a. hinsichtlich Spurenstoffe)
- Geeignetes Datenmanagement und geeignete Dateninfrastruktur
- Gemeinsame Strategie und politisches Bekenntnis in Bezug auf Umsetzung und Finanzierung

Gleichzeitig verweisen wir auf den umfassenden Maßnahmenkatalog von Schiemer et al. (2022).

Literatur

- Arbačiauskas K, Semenchenk V, Grabowski M, Leuven R, Paunović M, Son M O, Csányi B, Gumuliauskaitė S, Konopacka A, Nehring S, van der Velde G, Vezhnovetz V, Panov VE (2008) Assessment of biocontamination of benthic macroinvertebrate communities in European inland waterways. *Aquatic Invasions* 3(2), 211–230
- Beketov M A, Kefford B J, Schäfer R B, Liess M (2013) Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *PNAS* 110(27), 11039–11043
- Bij de Vaate A, Jazdezewski K, Ketelaars H A M, Gollach S & Van der Velde G (2002) Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Can J Fish Aquat Sci* 59, 1159–1174

- Brauer F & Löw F (1857) *Neuroptera austriaca*. Die im Erzherzogthum Österreich bis jetzt gefundenen Neuropteren nach der analytischen Methode zusammengestellt, nebst einer kurzen Charakteristik aller europäischen Neuropteren-Gattungen. Carl Gerold's Sohn, Wien, 74 pp.
- Cardoso A C, Couture R M, Cremona F, de Zwart D, Feld C K, Ferreira M T, Feuchtmayr H, Gessner M O, Gieswein A, Globevnik L, Graeber D, Graf W, Gutiérrez-Cánovas C, Hanganu J, Işkın U, Järvinen M, Jeppesen E, Kotamäki N, Kuijper M, Lemm J U, Lu S, Solheim A L, Mischke U, Moe S J, Nöges P, Nöges T, Ormerod S J, Panagopoulos Y, Phillips G, Posthuma L, Pouso S, Prudhomme C, Rankinen K, Rasmussen J J, Richardson J, Sagouis A, Santos J M, Schäfer R B, Schinegger R, Schmutz S, Schneider S C, Schülting L, Segurado P, Stefanidis K, Sures B, Thackeray S J, Turunen J, Uyarra, M C. Venohr M. von der Ohe P C, Willby N, Hering D (2020a) Impacts of multiple stressors on freshwater biota across spatial scales and ecosystems. *Nat Ecol Evol* 4 1060–1068 (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1216-4>)
- Cardoso P, Barton P S, Birkhofer K, Chichorro F, Deacon C, Fartmann T, Fukushima C S, Gaigher R, Habel J C, Hallmann C A, Hill M J, Hochkirch A, Kwak M L, Mammola S, Noriega J A, Orfinger A B, Pedraza F, Pryke J S, Roque F O, Settele J, Simaika J P, Stork N E, Suhling F, Vorster C, Samways M J (2020b) Scientists' warning to humanity on insect extinctions. *Biological Conservation* 242, 108426
- Davison H, Macadam C R, Smith D (2021). Pharmaceuticals in freshwater environments and their potential effects on freshwater invertebrates. <https://cdn.buglife.org.uk/2021/09/Pharmaceuticals-in-freshwater-environments-and-their-potential-effects-on-freshwater-invertebrates-September-2021.pdf>
- Didham R K, Basset Y, Collins C M, Leather S R, Littlewood N A, Menz M H M, Müller J, Packer L, Saunders M E, Schönrogge K, Stewart Aja, Yanoviak S P, Hassall C (2020) Interpreting insect declines seven challenges and a way forward *Insect Conservation and Diversity* 13, 103–114
- Domisch S, Jähniß S C & Haase P (2011) Climate-change winners and losers stream macroinvertebrates of a submontane region in Central Europe *Freshwater Biology* 56, 2009–2020 (DOI: <https://doi.org/10.1111/j1365-2427201102631x>)
- Dossi F, Leitner P, Pauls S U, Graf W (2018) In the mood for wood -habitat specific colonization patterns of benthic invertebrate communities along the longitudinal gradient of an Austrian river *Hydrobiologia* 805, 245–258
- Dossi, F, Leitner, P, Graf W (2020) Age matters substrate-specific colonization patterns of benthic invertebrates on installed large wood *Aquatic Ecology* 54, 741–760
- Dudgeon D, Arthington A H, Gessner M O, Kawabata Z-I, Knowler D J, Lévêque C, Naiman R J, Prieur-Richard A-H, Soto D, Stiassny M L J, Sullivan C A (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81, 163–182 (DOI: <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>)
- Eder E & Hödl W (2002) Large freshwater branchiopods in Austria diversity, threats and conservational status In Escobar-Briones E, Alvarez F (eds) *Modern approaches to the study of Crustacea*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 281–289
- Eisenbeis G, Hänel A (2009) Light pollution and the impact of artificial night lighting on insects. In: McDonnell MJ, Hahs AK, Breuste JH, eds. *Ecology of Cities and Towns: A Comparative Approach*. Cambridge University Press, 243–263
- Füreder L & Pöckl M (2007) Ecological traits of aquatic NIS invading Austrian freshwaters. In Gjirardi F (ed.) *Biological invaders in inland waters Profiles, distribution, and threats*. 233–259
- Gepp J (2005) Rote Liste der Neuropterida (Netzflügler) Österreichs. In Zulka K P (Red.) *Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf Teil 1 Säugtiere, Vögel, Heuschrecken, Wasserkäfer, Netzflügler, Schnabelfliegen, Tagfalter Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Gesamtherausgeberin Ruth Wallner) Band 14/1 Wien, Böhlau, 285–312*

- Graf W, Csányi B, Leitner P, Paunovic M, Chiriac G, Stubauer I, Ofenböck T, Wagner F (2008) Macroinvertebrates. In Liška, I, Wagner, F, Slobodník, J (eds.) Joint Danube Survey Final Scientific Report ICPDR, Wien, 41–53
- Graf W, Leitner P, Hanetseder I, Ittner L D, Dossi F & Hauer C (2016) Ecological degradation of a meandering river by local channelization effects. A case study in an Austrian lowland river. *Hydrobiologia*, 772(1), 145–160
- Graf W, Moritz, C, Schmidt-Kloiber A, Hartmann A, Dossi F, Leitner P (2019) Makrozoobenthos. Vielfalt von der Quelle bis zur Mündung- Alles beginnt in den Alpen. In: Muhar S, Muhar A, Egger G & Siegrist D (eds.) Flüsse der Alpen – Vielfalt in Natur und Kultur: 150–162, Haupt Verlag. (ISBN: 978-3-258-08114-4)
- Harvey J A, Heinen R, Gols R, Thakur M P (2020) Climate change-mediated temperature extremes and insects: From outbreaks to breakdowns. *Global Change Biology* 26, 6685–6701 (Doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.15377>)
- Haase P, Bowler D E, Baker N J, Bonada N, Domisch S, Garcia Marquez J R, Welte E A. (2023) The recovery of European freshwater biodiversity has come to a halt. *Nature*, 620(7974), 582–588 (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06400-1>)
- Haase P, Pilotto F, Li F, Sundermann A, Lorenz A W, Tonkin J D & Stoll S (2019) Moderate warming over the past 25 years has already reorganized stream invertebrate communities. *Science of the Total Environment* 658,1531–1538 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.234>)
- Hallmann C A, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, Stenmans W, Müller A, Sumser H, Hörren T, Goulson D, de Kroon H (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas PLoS ONE 12(10) e0185809 (DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>)
- Haubrock P J, Turbelin A J, Cuthbert R N, Novoa A, Taylor N G, Angulo E, Ballesteros-Mejia L, Bodey T W, Capinha C, Diagne C, Essl F, Golivets M, Kirichenko N, Kourantidou M, Leroy B, Renault D, Verbrugge L, Courchamp F (2021) Economic costs of invasive alien species across Europe In Zenni RD, McDermott S, García-Berthou E, Essl F (Eds) The economic costs of biological invasions around the world *NeoBiota* 67, 153–190 (DOI: <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.58196>)
- Hauer C, Leitner P, Unfer G, Pulg U, Habersack H, Graf W (2018) The Role of Sediment and Sediment Dynamics in the Aquatic Environment In: Schmutz, S & Sendzimir J (eds) Riverine Ecosystem Management – Science for Governing Towards a Sustainable Future 8, 151–169, Springer, Cham, Switzerland (ISBN 978-3-319-73250-3)
- Hering D, Carvalho L, Argillier C, Beklioglu M, Borja A, Cardoso A C, Duel H, Ferreira T, Globevnik L, Hangau J, Hellsten S, Jeppesen E, Kodeš V, Solheim A I, Nógés T, Ormerod S, Panagopoulos Y, Schmutz S, Venohr M, Birk S (2015) Managing aquatic ecosystems and water resources under multiple stress – An introduction to the MARS project. *Science of the Total Environment*, 503–504, 10–21 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.106>)
- Hershkovitz Y, Dahm V, Lorenz A W, Hering D (2015) A multi-trait approach for the identification and protection of European freshwater species that are potentially vulnerable to the impacts of climate change. *Ecological Indicators* 50, 150–160
- Holzapfel P, Leitner P, Habersack H, Graf W, Hauer C (2017) Evaluation of hydropedaling impacts on the food web in alpine streams based on modelling of fish- and macroinvertebrate habitats. *Science of the Total Environment* 575, 1489–1502
- Jäch M A, Dietrich F, Raunig B (2005) Rote Liste der Zwergwasserkäfer (Hydraenidae) und Kralenkäfer (Elmidae) Österreichs. (Insecta Coleoptera) In Zulka, K P (Red) Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf Teil 1 Säugetiere, Vögel, Heuschrecken, Wasserkäfer, Netzflügler, Schnabelfliegen, Tagfalter Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 14(1) Wien, Böhlau 211–284

- Jähnič S C, Baranov V, Altermatt F, Cranston P, Friedrichs-Manthey M, Geist J, He F, Heino J, Hering D, Hölker F, Jourdan J, Kalinkat G, Kiesel J, Leese F, Maasri A, Monaghan M T, Schäfer R B, Tockner K, Tonkin J D, Domisch S (2021) Revisiting global trends in freshwater insect biodiversity WIREs Water 8:e1506
- Jechow A, Hölker F (2019) How dark is a river? Artificial light at night in aquatic systems and the need for comprehensive night-time light measurements. WIREs Water 6:e1388
- Leitner P, Hauer C, Graf W (2017) Habitat use and tolerance levels of macroinvertebrates concerning hydraulic stress in hydropeaking rivers – A case study at the Ziller River in Austria. Science of The Total Environment 575, 112–118 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.011>)
- Leitner P, Hauer C, Ofenböck T, Pletterbauer F, Schmidt-Kloiber A, Graf W (2015) Fine sediment deposition affects biodiversity and density of benthic macroinvertebrates a case study in the freshwater pearl mussel river Waldaist (Upper Austria). Limnologia, 50, 54–57
- Malicky H (2009) Rote Liste der Köcherfliegen Österreichs (Insecta, Trichoptera). In Zulka, K P (Red) Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf Teil 3 Flusskrebse, Köcherfliegen, Skorpione, Weberknechte, Zikaden Grüne Reihe des Lebensministeriums (Gesamtherausgeberin Ruth Wallner) Band 14(3) Wien, Böhlau 319–358
- Moog O, Hartmann A (Eds.) (2017) Fauna Aquatica Austriaca, 3 Lieferung 2017 BMLFUW, Wien
- Moog O, Graf W, Ofenböck T (2007) Benthic invertebrate neozoa in Austrian rivers. In: Rabitsch, W F Essl & Klingenstein F (eds) Biological Invasions – from Ecology to Conservation. NEOBIOTA 7, 132–139
- Moog O, Leitner P, Huber T (2013) Aquatische Neobiota in Österreich – Aquatische Wirbellose Neozoa Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt u. Wasserwirtschaft, 54–90
- Ofenböck T, Graf W, Hartmann A, Huber T, Leitner P, Stubauer I & Moog O (2011) Abschätzung des ökologischen Zustandes von Stauen auf Basis von Milieufaktoren. Lebensministerium, Wien, 1–100
- Panov V E, Alexandrov B, Arbačiauskas K, Binimelis R, Copp G H, Grabowski M, Lucy F, Leuven R S E W, Nehring S, Paunović M, Semenchenko V, Son M O (2009) Assessing the risks of aquatic species invasions via European inland waterways from concepts to environmental indicators. Integrated Environmental Assessment and Management 5, 110–126
- Paternoster D, Danzinger F, Koukal T, Kudrnovsky H, Lackner S, Berger A, Schadauer K, Wrbka T, Stejskal-Tiefenbach M, Ellmayer T (2021) Strategischer Rahmen für eine Priorisierung zur Wiederherstellung von Ökosystemen auf nationalem und subnationalem Niveau. Endbericht, Umweltbundesamt Wien, Reports, Band 0741, 147p. ISBN 978-3-99004-561-9.

- 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) 14(2) 363–433, Wien, Böhlau
- Sánchez-Bayo F, Wyckhuys K A G (2019) Worldwide decline of the entomofauna A review of its drivers *Biological Conservation*, 232, 8–27 (DOI: <https://doi.org/101016/j.biocon201901020>)
- Schiemer F, Aubrecht G, Essl F, Gusenleitner F, Haring E, Herzig A, Kiehn M, Komposch C, Lindner R, Pöllinger U, Sauberer N, Scherzinger W, Schlick-Steiner B, Schön B, Schröck C, Steiner F, Sturmbauer C, Tribsch A, Winkler H, Zulka K P (2022) Dringende Erfordernisse zur Erhaltung und Förderung der österreichischen Biodiversität. Eine Stellungnahme von Naturschutzexperten. *Acta ZooBot Austria* 158, 1–12
- Schülting L, Feld K, Graf W (2016) Effects of hydro- and thermopeakng on benthic macroinvertebrate drift. *Science of the Total Environment* 573, 1472–1480
- Schülting L, Feld K, Zeiringer B, Hudek H & Graf W (2018) Macroinvertebrate drift response to hydropeakng. An experimental approach to assess the effect of varying ramping velocities. *Ecohydrology* (DOI: <https://doi.org/10.1002/eco.2032>)
- Van Klink R, Bowler D E, Gongalsky K B, Swengel A B, Gentile A, Chase J M (2020) Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science* 24, 368, 417–420 (DOI: [10.1126/science.aax9931](https://doi.org/10.1126/science.aax9931))
- Veseli M, Rožman M, Vilenica M, Petrović M, Previšić A (2022). Bioaccumulation and bioamplification of pharmaceuticals and endocrine disruptors in aquatic insects. *Science of the total Environment* 838(2), 156208 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156208>)

Eingelangt: 2023 12 15

Anschriften:

Wolfram Graf, E-Mail: wolfram.graf@boku.ac.at, ORCID: 0000-0001-6559-0644
(korrespondierender Autor)

Patrick Leitner, E-Mail: patrick.leitner@boku.ac.at, ORCID: 0000-0001-8122-4265

Astrid Schmidt-Kloiber, E-Mail: astrid.schmidt-kloiber@boku.ac.at,
ORCID:0000-0001-8839-5913

Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt, Institut für Hydrobiologie und
Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Straße 33,
A-1180 Wien.

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 Interstitial 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 ungebremste 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	gering	mäßig	stark	stark	stark	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	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Schifffahrt	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Land- und Forstwirtschaft	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
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	gering	gering	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	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Verschmutzung – Spurenstoffe	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
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	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering

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 Verschlämmung 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 Weitergerippte 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 Habitats 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 Seearmungen, 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. *virginalis* 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, kühlere 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 auszufern, 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 Teilhabitats 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 Geländeversickerung 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-Nitratrichtlinie 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 Güllödüngung 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).

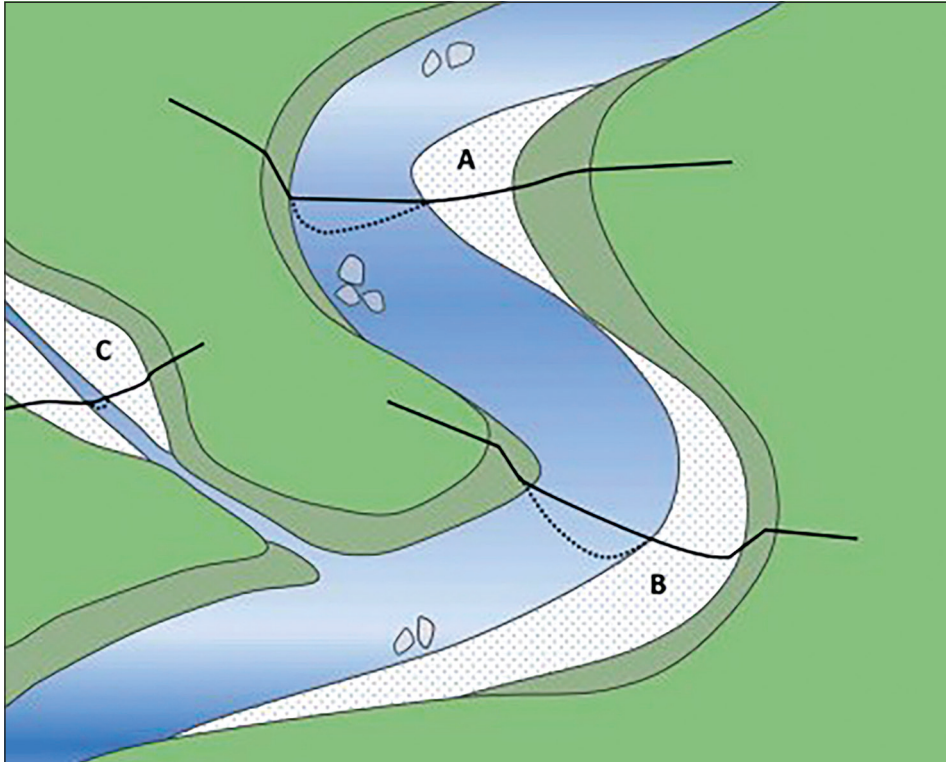


Abb. 3: Typen von Sedimentationsflächen in Abhängigkeit von deren Position im Gewässer (A: Innenbogen, B: Außenbogen, C: Zufluss). Entnommen aus Auer et al. (2022) © blattfisch e.U. – Fig. 3: Types of sedimentation areas depending on their position in the watercourse (A: inner bend, B: outer bend, C: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

Biodiversity decline in aquatic ecosystems – is groundwater fauna at particular risk?

Constanze Englisch, Carina Zित्रa, Christian Griebler

The terrestrial subsurface harbours the largest available freshwater reserves on our planet: In particular, shallow aquifers are home to a vast but insufficiently explored biodiversity. Whilst biodiversity research gained a strong momentum in the past decades, threats to groundwater ecosystems increased as well and we may lose species before their discovery and formal description. Negative impacts to groundwater fauna mainly encompass groundwater pollution, warming, and habitat loss. Given their peculiar adaptation to the usually dark and energy poor environment including a slow metabolism and low reproduction rates, as well as further special characteristics of groundwater fauna like their fragmented distribution, and high number of endemic species, groundwater invertebrates seem to be specifically at risk. We firmly propose to establish ecological measures in routine groundwater monitoring and to take action in the development of biodiversity conservation strategies and groundwater ecosystem protection.

Englisch C, Zित्रa C, Griebler C (2024) Rückgang der biologischen Vielfalt in aquatischen Ökosystemen – ist die Grundwasserfauna besonders gefährdet?

Der terrestrische Untergrund beherbergt das weltweit größte Reservoir an verfügbarem Süßwasser. Zudem sind oberflächennahe Grundwasserökosysteme Lebensraum einer großen, bisher aber unzureichend erforschten Biodiversität an wirbellosen Tieren, der sogenannten Stygofauna. Während die Erforschung dieser verborgenen Vielfalt an Evertebraten in den letzten Jahrzehnten gehörig Fahrt aufnahm, stiegen gleichzeitig auch die negativen Einflüsse auf das Grundwasser, weshalb die Möglichkeit besteht, dass Grundwasserarten aussterben, noch bevor sie entdeckt und formal beschrieben werden. Negative Einflüsse auf die Lebensgemeinschaften umfassen chemische Verunreinigungen, Erwärmung und Übernutzung der Grundwasservorkommen. Wegen der besonderen Anpassungen der Grundwassertiere an den lichtlosen und energiearmen Lebensraum, wie etwa niedriger Stoffwechsel oder geringe Reproduktionsraten, sowie weiterer spezieller Merkmale wie sehr fragmentierte, räumliche Verteilung der Organismen, und einer großen Anzahl an endemischen Arten, scheint die Grundwasserfauna ganz besonders gefährdet. In diesem Überblicksartikel wird eingefordert ein ökologisches Monitoring für Grundwasserlebensräume zu etablieren und Strategien für die Ausweisung von Schutzgebieten und Maßnahmen zur Erhaltung der Biodiversität zu entwickeln.

Keywords: groundwater, stygofauna, threats, monitoring, protection.

Introduction

Groundwater ecosystems harbour hidden hotspots of biodiversity. Fauna in groundwater habitats are particularly adapted to the dark and generally energy-poor environment. In the following, we identify the most important threats to groundwater biodiversity and summarize its risk status. Moreover, we outline measures that could be adopted for a better protection and conservation of groundwater ecosystems and important ecosystem services they supply. Thereby, we hope to foster political and societal action and demand that groundwater ecosystems are considered in water legislation already today, for a prosperous tomorrow.

Groundwater fauna and its habitats – a brief Intro

Groundwater systems are extraordinary aquatic ecosystems that exceed all surface inland waters in their overall spatial dimension and volume. While lakes, rivers and wetlands contain only about 3 % of the world's available (unfrozen) freshwater, groundwater comprises 97 % (Danielopol et al. 2003). Groundwater ecosystems are dark and typically limited in space, energy- and resource poor environments that select for very specific morphological, and physiological adaptations (Gibert & Deharveng 2002). Groundwater animals usually lack pigmentation, have reduced or no eyes, and their bodies are small and elongated for better mobility in the interstitial space (Botosaneanu 1986; Gibert et al. 1994; Culver et al. 2023). Compared to their surface water congeners, metabolic rates of groundwater taxa are low, which enables them to tolerate oxygen- and nutrient-deficiencies over extended periods of time. Furthermore, groundwater fauna, which is also called stygofauna, has a longer life expectancy than their epigean relatives. To give one example, surface water isopods rarely live longer than two years, but groundwater isopods may live up to >20 years (Carpenter 2021). For the cave olm (*Proteus anguinus*), specimens with an age of more than 60 years have been recorded, and it is even estimated that they may live longer than 100 years (Voituron et al. 2010). Comparably little is known about dispersal and migration, reproduction rates, food web interactions and feeding behavior of stygofauna, a consequence of their secluded habitats (Mammola et al. 2020). For a long time, groundwater systems were erroneously considered a “biological desert”, thought to harbor little to no life. Contrary, groundwater ecosystems are places of surprisingly high biodiversity. For instance, in Austrian groundwater, amphipods comprise at least 2–3 times more species than known from surface waters – a picture that is mirrored in many regions of the world. The high proportion of endemic species and the high cryptic diversity point at groundwaters as hotspots of a very specialized biodiversity that also consists to a considerable degree of relic forms whose present distribution reflects old river basins (e.g. of the Danube), the extent of primordial seas (e.g. the ancient Mediterranean Sea Tethys), or the glaciation during the ice ages (e.g. Würm ice age) (Galassi et al. 2009; Stoch & Galassi 2010; Robertson et al. 2023). While living in groundwater ecosystems seems to be quite challenging, the fact that environmental conditions are comparably constant is advantageous as it allows to optimize adaptation. According to the ecological K-strategy, Gibert et al. (1994) discusses the A-strategy to be realized with animals in groundwater habitats, a strategy that usually occurs in physically predictable, but ecologically unfavorable, environments. Naturally, extreme hydrological events and/or fast changes in temperature are the exception. It is assumed that the high stability of conditions in groundwater systems is one reason why epigean organisms regularly enter subterranean aquatic habitats, possibly to seek refuge from adverse conditions at the surface, and in many cases lastingly colonize it (Zagmajster et al. 2014; Robertson et al. 2023).

Stygofauna living permanently and throughout their life cycle in groundwater habitats are termed stygobionts, while those that only spend parts of their life cycle in these environments are considered stygophiles. Stygoxenes are surface water species accidentally and usually fatally trapped in groundwater ecosystems (Gibert et al. 1994; Culver et al. 2023). First observations of stygobionts and stygophiles were made in caves and springs, comprising mainly invertebrates, with few, very regional species of cave fish and amphibians. The most common taxonomic groups of stygofauna are crustaceans. These are Ostracoda, Copepoda, Amphipoda, and Isopoda that can be typical stygobionts and stygophiles. The

group of Syncarida, that includes the order Bathynellacea, are stygobionts exclusively. Besides, groundwater habitats are populated by Cnidaria, Rotifera, Gastrotricha, Platyhelminthes, Annelida (Oligochaeta and Polychaeta), Gastropoda, Bivalvia, Nematoda, Tardigrada, Acari and Insecta (e.g. Coleoptera, Plecoptera, Trichoptera) (Fig. 1). The majority of these forms are meiofauna (< 1 mm), but body sizes range from $\leq 100 \mu\text{m}$ (e.g. Rotifera or small nematodes) to $\geq 1 \text{ cm}$ (e.g. large amphipods or insect larvae) with only a few very large forms (i.e., several centimeters to decimeters in large oligochaetes or cave fish and salamander) (Marmonier et al. 2023).

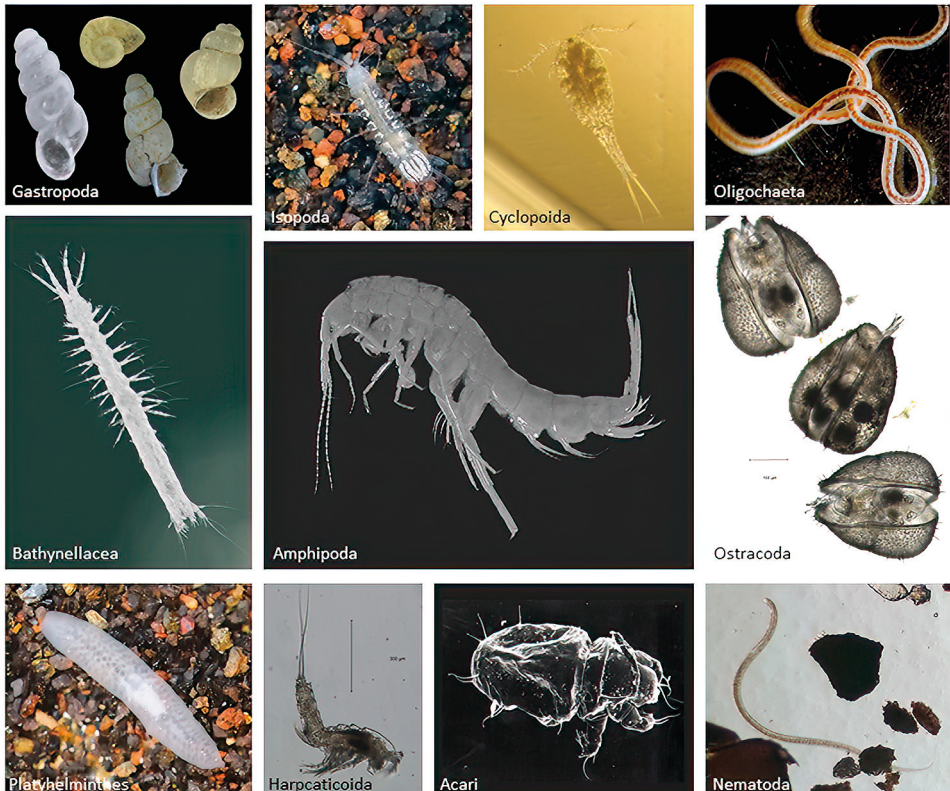


Fig. 1: Examples of some of the most common fauna groups in groundwater ecosystems. Sizes are not true to scale. Photos: Gastropoda & Amphipoda – Constanze Englisch; Isopoda, Oligochaeta & Platyhelminthes – Günther Teichmann; Cyclopoida – Günther Teichmann & Maria Avramov; Bathynellacea – Erhard Christian; Ostracoda & Harpacticoida – Santiago Gaviria; Acari – Peter Pospisil & Dan L. Danielopol; Nematoda – Florian Scharhauser. – Abb. 1: Beispiele für einige der häufigsten Tiergruppen in Grundwasserökosystemen. Die Größenangaben sind nicht maßstabsgetreu. Fotos: Gastropoda & Amphipoda – Constanze Englisch; Isopoda, Oligochaeta & Platyhelminthes – Günther Teichmann; Cyclopoida – Günther Teichmann & Maria Avramov; Bathynellacea – Erhard Christian; Ostracoda & Harpacticoida – Santiago Gaviria; Acari – Peter Pospisil & Dan L. Danielopol; Nematoda – Florian Scharhauser.

So far, about 2,000 groundwater animals have been described at species level from Europe (Mösslacher & Hahn 2003), but new taxa are continuously being discovered. In fact, the global maximum estimate for subterranean metazoan richness is about 100,000 species, of which about a third is assumed to be aquatic (Culver & Holsinger 1992; Malard et al. 2023a). Knowledge on the distribution of groundwater metazoans is limited and indicates the existence of patchy biodiversity hotspots (Iannella et al. 2020), but lacks clear-cut spatial patterns. This is likely related to the very heterogeneous groundwater environments that enforce highly variable biodiversity patterns at regional scales by modulating local species pools. At larger scales, biogeographical patterns crystallize. In Europe, a latitudinal cave and groundwater fauna “biodiversity ridge” has been observed between approx. 42° N and 47° N, where both metazoan biodiversity and the number of known biodiversity hotspots is comparatively high (Culver & Sket 2000; Culver et al. 2006; Deharveng et al. 2009; Eme et al. 2017; Pipan et al. 2021; Zagamajster et al. 2023). This pattern reflects the maximum extent of glaciations during the last ice ages (Riss/Würm ice age), during which most aquatic species living in glaciated areas either became extinct, sought refuge in groundwater habitats or migrated southwards (Thienemann 1950; Culver et al. 2006). Regions that were fully glaciated during the ice ages therefore hold little groundwater biodiversity at low abundances, even after re-colonisation, but harbour relic species (Deharveng et al. 2009; Martin et al. 2009). This pattern is partly also related to the structure of groundwater habitats. While glacier activities in low altitudes grinded coarse rock and sediment material into fine sediments with little pore space and slow water flow velocities as well as typically hypoxic to anoxic conditions, in the high biodiversity belt we find extended karst systems such as the Dinaric karst, the Alps and the Pyrenees. Austria’s groundwater fauna reflects these general patterns of European subterranean biodiversity, as the maximum extent of the Würm/Riss glaciations was partially located here, making it a border region to the high biodiversity ridge (Fig. 2). The exact position in the northern slope of the biodiversity ridge, however, is so far not well defined since large areas of Austria’s subsurface have not yet been explored in detail.

Large scale biogeographic patterns are also present in the eastern United States with higher taxonomic richness of stygobionts between the borders of Pleistocene glaciation and the coastal plain, than within/along the respective limits (Strayer et al. 1995; Marmonier et al. 2023). For most continents we currently lack the data basis to extract such clear large-scale groundwater biodiversity patterns.

Differences in spatial patterns of species richness at varying spatial scales suggest that they are influenced, besides historic climate events and structural properties (habitat availability, opportunity for dispersal) by current climate conditions (precipitation and groundwater recharge) and surface productivity (Zagamajster et al. 2023), among others. Groundwater fauna depends on a minimum supply of dissolved oxygen. In consequence, fauna in groundwater is found in large quantities close to the groundwater table and in the vicinity of surface waters. Where oxygen penetrates deeply, e.g. in karstified rock and highly permeable and energy poor alluvial aquifers, fauna may occasionally conquer deeper zones with a lower boundary in distribution of approximately 2,000–4,000 meters, mainly controlled by oxygen, temperature, and pressure (Borgonie et al. 2011; Sendra & Reboleira 2012; Fišer et al. 2014).

Several additional environmental factors driving groundwater biodiversity, usually acting together, were identified (by e.g. Deharveng et al. 2009; Malard et al. 2009). The size of

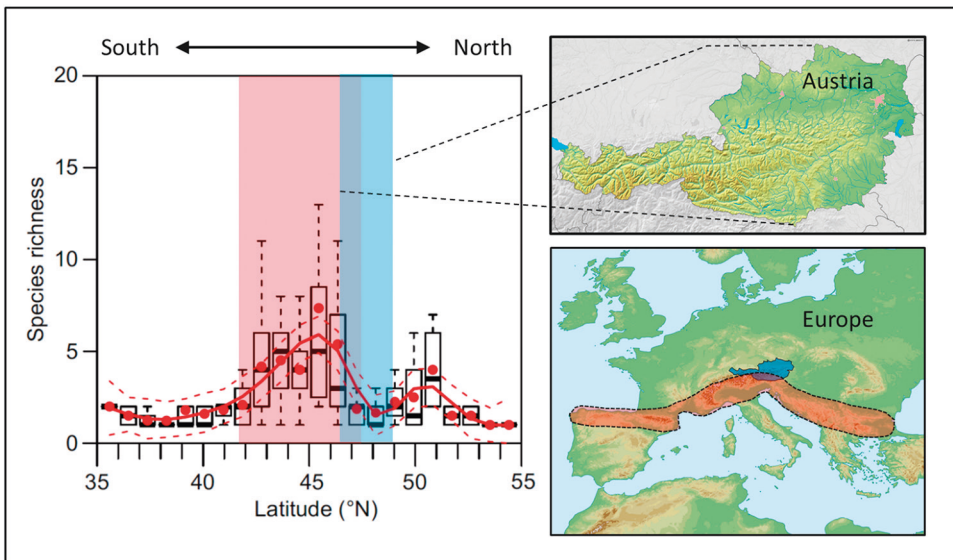


Fig. 2: The latitudinal groundwater fauna biodiversity ridge in Europe (red area within the dashed line). Left figure was modified from Eme et al. (2017); right upper map is from https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Austria_topographic_map.png; © User: Reinim19; right lower map is from https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Western%20_Europe_DEMIS_topographic_map.svg; © User: Pethrus. – Abb. 2: Das latitudinale Biodiversitätsband der europäischen Grundwasserfauna (roter Bereich innerhalb der gestrichelten Linie). Die linke Abbildung wurde verändert aus Eme et al. (2017), übernommen; die rechte obere Karte stammt von https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Austria_topographic_map.png; © User: Reinim19; die rechte untere Karte stammt aus https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Western%20_Europe_DEMIS_topographic_map.svg; © User: Pethrus.

void space in the aquifer appears an important property as well as connectivity of interstitial space and the degree of hydrological connectivity to the surface. Co-acting, these habitat properties steer the availability of dissolved oxygen and organic matter as key resources for stygofauna (Dole-Olivier et al. 2009; Johns et al. 2015; Korbel & Hose 2015). Other properties known to modulate stygofauna biodiversity and community composition are the altitude and the depth of the groundwater table, *i.e.* stygofauna abundances generally decrease with an increasing distance between land surface and groundwater table, and highest taxonomic richness in Europe was found at mid altitudes between 200 and 500 m.a.s.l. (Dole-Olivier et al. 2009). With respect to temperature, a vast portion of stygobionts is sensitive to a rapid and pronounced temperature increase (Briemann et al. 2011; Griebler et al. 2016; Spengler & Hahn 2018; Di Lorenzo & Reboleira 2022; Di Lorenzo et al. 2023), yet, with individual species being more resilient to temperature changes than previously thought (Di Cicco et al. 2023). On the other hand, no clear patterns with respect to groundwater composition and hydrochemistry have yet been observed, but long-term exposure to, e.g. high salinity may increase stygofauna mortality (Castaño-Sánchez et al. 2020; Becher et al. 2022).

Major threats to groundwater ecosystems and fauna biodiversity

Groundwater and as such all subterranean aquatic ecosystems experience serious pressures. On a global scale, there are three major critical threats to groundwater resources and consequently to groundwater biodiversity and ecosystem functioning. These are (1) contamination with priority pollutants (e.g. petroleum hydrocarbons, chlorinated solvents), anthropogenic chemicals (e.g. pesticides, pharmaceuticals), and nutrients (e.g. nitrate), (2) overuse of groundwater, as well as (3) heat and climate change effects (Griebler et al. 2019; Mammola et al. 2019). Increasing land use change for urbanization and agricultural activities are pressures integrating more than one of the threats mentioned above (Burri et al. 2019; Kretschmer et al. 2023).

Intense agriculture is a key driver of negative impacts to groundwater ecosystems through the import of nutrients, organic and inorganic contaminants into aquifers, changes in groundwater recharge due to deforestation, monocultures and soil compaction, and groundwater abstraction for irrigation (Marmonier et al. 2018; Tweed et al. 2018; Rohde et al. 2021). Urbanization comes along with groundwater contamination from leaking sewage pipelines, surface run-off and a reduced groundwater recharge through extensive surface sealing. Additionally, urbanization favors groundwater warming, the evolution of subsurface heat islands and reducing conditions in the aquifer(s) (McDonough et al. 2020; Becher et al. 2022). New pressures to urban groundwater ecosystems include active heat discharge, i.e. from the use of groundwater as cooling agent in industry and for air conditioning of buildings (Menberg et al. 2013; Blum et al. 2021). Sources of contamination are landfills and infiltration of contaminated surface waters (Uhl et al. 2022). Intervention in the morphology and hydrology of surface waters via bank stabilization and the construction of dams disconnect the vital surface water-groundwater interface (Piégay et al. 2009). Threats from industry include, besides the improper storage of waste and direct release of contaminants, underground and surface mining activities (Mammola et al. 2019; Li et al. 2021). Increasing demands for drinking water supply may additionally drive overexploitation of groundwater resources. Climate change with its increase in air temperature, in evapotranspiration, and extreme weather events such as long-lasting droughts, accelerates water needs for irrigation and promotes groundwater overexploitation (Scanlon et al. 2012; Kretschmer et al. 2023; Benz et al. 2024).

In conclusion, there are many factors caused by human activities that directly or indirectly impact groundwater quantity and quality with a potential negative effect to groundwater fauna biodiversity (Castaño-Sánchez et al. 2020; Becher et al. 2022; Kretschmer et al. 2023). Intensification of these activities and threats is expected in the near future.

Is groundwater fauna currently at risk?

A solid assessment of the risk status of groundwater fauna, e.g. species richness and size of populations, is extremely difficult since only a fraction of the subsurface habitats has been explored and long-term monitoring data are almost completely absent. There are serious knowledge gaps regarding overall taxonomic richness, species-specific biogeographic ranges, vertical extent and live-limiting conditions, autecology, and ecological niches, as well as food web interactions and the ecological roles of fauna (Mammola et al. 2020; Griebler et al. 2023a; Marmonier et al. 2023). While groundwater is by far the largest freshwater biome,

it is not easily accessible, which is one reason why exploration of groundwater fauna produces rather patchy patterns. Moreover, stygofauna comprises high proportions of cryptic, rare, and endemic species as well as relic species, which makes generalisations with respect to ecological prerequisites and risk assessment of stygofauna difficult to achieve (Malard et al. 2023b). At present, it is estimated that about 50 % of the global groundwater biodiversity is not known yet, therefore if we consider a biodiversity loss occurring in groundwater habitats similar to what is observed for surface aquatic and terrestrial ecosystems (Dudgeon et al. 2006; Newbold et al. 2015; Leclère et al. 2020; Albert et al. 2021), extinction rates among still unknown groundwater species may be suspected to be high (Niemi et al. 2013; Griebler et al. 2023a). To put it in a nutshell, it's possible that we try to 'count the books while the library burns', as stated by Lindenmayer et al. (2013).

While risk assessment of groundwater fauna and biodiversity is difficult, there is clear evidence for the high sensitivity of groundwater organisms and high vulnerability of groundwater ecosystems to disturbance once it occurs. First, stygofauna has adapted to its specific habitat over thousands of years to successfully thrive in these comparably stable and energy-deprived environments (Fišer et al. 2023), providing it with a limited potential to tolerate and adapt to short- and mid-term changes in key living conditions. Due to highly fragmented populations, low dispersal capacities, and low reproduction rates, the integrity and resilience of groundwater fauna communities is furthermore susceptible to rapid disturbances (Di Lorenzo et al. 2023). Second, the resistance of an ecosystem to disturbance is to some extent related to its energetical status and productivity. Groundwater ecosystems, typically being energy-poor and oligotrophic (low productivity) environments, are as such particularly vulnerable to disturbance (Kovarík 2015; Hose et al. 2022). Two examples are briefly highlighted in the following.

(1) Groundwater ecosystems do have a natural capacity to purify incoming water from organic matter and nutrients, including organic and inorganic contaminants. This ecosystem service is based on a sensitive balance between the low microbial biomass and activity in aquifers, the flux of matter to the aquifer, the comparatively long residence time of compounds introduced, as well as the large dimensions of aquifers (Griebler et al. 2019). Groundwater ecosystems can buffer inputs of dissolved organic carbon and nutrients to a certain degree by increasing microbial biomass and activity (Fillinger et al. 2023). This is particularly the case at the boundary of the saturated and unsaturated zones, as well as in the hyporheic zones. However, an overload with organic carbon, nutrients and contaminants can readily exceed the ecosystem's capacity for "natural attenuation". Frequent consequences are the accumulation of contaminants (as occasionally seen for nitrate, pesticides, heavy metals, and heat) as well as the shift to reducing conditions (Stenger et al. 2008; Stuart et al. 2012; Benz et al. 2018b; Vesper 2019). Both constitute a serious threat to groundwater fauna richness and abundance (Castaño-Sánchez et al. 2020; Di Lorenzo et al. 2023).

(2) The sealing of surfaces, the construction of urban subsurface infrastructure like underground parking lots, sewage pipelines, district heating networks, subway tunnels, as well as the use of geothermal energy, lead to excessive warming of groundwater below cities (Huang et al. 2009; Menberg et al. 2013; Benz et al. 2018b; Hemmerle et al. 2019). However, groundwater temperature is not only rising steadily in urban aquifers. With some delay, climate warming is reaching down into the subsurface (Benz et al. 2016, 2018a; Epting et al. 2021; Noethen et al. 2023; Benz et al. 2024). Since an increase in temperature stimulates metabolic activities, groundwater warming accelerates the energy require-

ments of stygofauna (as well as microbes) in a typically energy-poor environment. Higher metabolism is linked to faster consumption of available oxygen. Additionally, solubility of oxygen is negatively correlated to groundwater temperature. Moreover, many groundwater invertebrates are cold-stenothermic with low tolerance to chronically elevated water temperatures (Briellmann et al. 2011; Becher et al. 2022; Di Lorenzo et al. 2023). Consequently, in oligotrophic groundwater ecosystems warming can lead to a loss of biodiversity via starvation, heat stress, and oxygen deficiency.

A wide range of environmental factors and habitat properties shape groundwater fauna. The significance of individual factors for a condition should however be interpreted critically, as several influencing factors typically overlap. Indeed, experience from laboratory experiments testing the toxicity of selected chemicals and tolerance of individual taxa must be interpreted with caution (Di Lorenzo et al. 2023) for the following reasons: In their natural environment, organisms are typically exposed to a multitude of limitations, mixtures of contaminants, and combinations of stressors that amplify each other, i.e. increased groundwater temperature, eutrophication, and the presence of toxic contaminants. Under laboratory conditions, however, only a small selection of species that are abundant and resilient enough for laboratory testing can be tested for a limited number of stressors at a time. Testing biases like excluded or added negative as well as positive cumulating effects (e.g. food supply under laboratory conditions: more regular/higher availability could benefit productivity and increase resilience, or starvation could falsify sensitivity thresholds and decrease resilience) can hardly be prevented. Therefore, it is challenging to gain a realistic, holistic impression of impacting factors on groundwater ecosystems or fauna populations.

Various studies have addressed the negative effects of intensive agricultural land use on groundwater fauna biodiversity and density (Korbel et al. 2013a, 2013b; Marmonier et al. 2018). Also, the locally fast warming of groundwater and the overall ongoing contamination of aquifers in cities clearly put groundwater fauna diversity at risk (Becher et al. 2022). A fact that seriously impacts groundwater fauna biodiversity is the overexploitation of groundwater. Abstraction of groundwater from many aquifers worldwide by far exceeds the natural renewal rate (Gleeson et al. 2012). Regional declines of groundwater levels by several meters over the past years to decades are very common in many regions of the world (Mammola et al. 2019). At many sites, groundwater drawdown exceeds dozens of meters (Konikow & Kendy 2005). In comparison to other pressures, the ecological consequences of groundwater abstraction for fauna have received little attention. Lowering of groundwater levels first and foremost is habitat loss to groundwater fauna (Di Lorenzo & Galassi 2013; Stumpp & Hose 2013), which in consequence also means a loss of populations, species, and ecosystem functions and services (Larned 2012). In fact, an increasing distance between land surface and groundwater table correlates negatively with the abundance and richness of groundwater fauna, which can be explained by a progressive scarcity of food and oxygen (Danielopol et al. 2000; Detry et al. 2005; Hancock et al. 2008; Stumpp & Hose 2013). Groundwater overuse in karstic areas may lead to disappearance of cave drip-pools, larger standing water bodies and subterranean rivers with its related invertebrate communities (Brancelj & Stoch 2022; Pipan & Culver 2022). In addition, lowering of groundwater levels can lead to salt water intrusion in coastal areas and the disconnection between (freshwater) surface waters and aquifers, with detrimental consequences for groundwater quality (Uhl et al. 2022).

Tab. 1: Cause-Effect matrix for key groundwater ecosystem pressures, environmental conditions, and biodiversity/density of groundwater fauna. GW = groundwater; SW = surface water. – Tab. 1: Ursache-Wirkungs-Matrix für die wichtigsten Belastungen des Grundwasser-Ökosystems, Umweltbedingungen und Artenvielfalt/Dichte der Grundwasserfauna. GW = Grundwasser; SW = Oberflächenwasser.

	Habitat availability/loss	Deterioration of GW quality	Warming of GW	Reduction in GW fauna abundance	Loss in GW fauna biodiversity
GW Contamination	strong	strong	moderate	strong	strong
GW Overuse	strong	moderate	moderate	moderate	moderate
Urbanization	strong	strong	strong	strong	strong
Conventional agriculture	strong	strong	moderate	strong	strong
Mining activities	strong	strong	no	strong	strong
Climate change	moderate	moderate	moderate	no	no
SW contamination	moderate	strong	moderate	moderate	moderate
Invasive species	no	moderate	moderate	no	no

strong	strong
moderate	moderate
minor	minor
no	no
No studies available	No studies available

Measures for the protection of groundwater ecosystems and conservation of groundwater fauna

Existing laws and directives for the protection of groundwater are mostly resource-focused with no intentional consideration of biotic communities and their importance for the maintenance of essential ecosystem functions (Tomlinson et al. 2007; Griebler et al. 2010; Mammola et al. 2022b; Griebler et al. 2023a). This is in contrast to current regulations dedicated to surface waters, such as the European Water Framework Directive (EU-WFD 2000). Groundwater ecosystems and fauna are highly vulnerable to environmental changes and disturbance and therefore require similar consideration and protection (Hose et al. 2022; Griebler et al. 2023a). Fortunately, there are some positive developments. There are good examples of the protection of cave habitats and subterranean fauna at international and national level. Several European countries located at the subterranean biodiversity ridge (i.e. Slovenia, France or Croatia) already protect selected cave systems and established Red Lists including stygobionts (Baillie et al. 1996; Allanic 2012). A particular good-practice example is the Croatian Red Book of Cave Fauna which is the first Red List dealing with nearly 200 subterranean species. Here, about one third of all listed species are considered “Critically Endangered” (Ozimec 2011). The long Austrian tradition in speleology has led to the implementation of the Natural Caves Law (Naturhöhlengesetz 2013) that protects groundwater habitats in natural caves and therefore plays an indirect role (by not protecting species themselves, but rather their habitats) in the conservation of cave fauna, including stygobionts. Apart from caves, other groundwater ecosystems receive

protection only indirectly, via protection of drinking water resources and the protection of surface terrestrial and aquatic ecosystems, i.e., in National Parks. In Austria, only a handful of groundwater species are covered by existing legislation (e.g., through the Habitats Directive or the Species Protection Ordinance). The Austrian Red List contains only a few groundwater/spring snails (Reischütz & Reischütz 2007).

Similar to surface ecosystems, groundwater habitats face increasing pressures and groundwater fauna is, globally as well as on the Austrian scale, at risk. One may argue that groundwater fauna, due to the protective features of soils and sediments covering aquifers, is less exposed to negative threats when compared to surface aquatic communities. As already mentioned above, because of the scarcity of available autecological and ecotoxicological information of groundwater fauna and associated difficulties in systematic risk assessment, we are unable to provide a final clue. Worth highlighting, the achievement of protection statuses for groundwater species, e.g. to be listed on IUCN Red Lists (IUCN 1948), is extremely challenging. In this context, the Red List criteria and thresholds for the admission of invertebrate species has been repeatedly criticized to be inappropriate (Cardoso et al. 2011, 2012) and so far, no major changes in the Red List assessment system were implemented to specifically target groundwater fauna.

Effective steps towards the protection of groundwater ecosystems and conservation of (aquatic) subterranean fauna require equal treatment by law of all kinds of aquatic and terrestrial ecosystems (Hahn et al. 2018). Groundwater ecosystems provide essential services (Griebler and Avramov 2015) and deserve targeted protection. Protection and conservation of groundwater fauna must be implemented by water directives and regulations that define clear targets as well as sustainable management strategies for groundwater use. Such legal actions need to be accompanied by monitoring programs as well as measures to build awareness regarding the role of groundwaters in supplying vital ecosystem services but also as hotspots for biodiversity. In the best case, groundwater ecosystem protection targets large, interconnected areas. Furthermore, ideally landscape and surface waters are encompassed as well, since these habitats are primary links to the groundwater systems. Besides, international, national and regional regulations for the protection on bigger spatial scales such as the Convention on Biological Diversity (CBD 1993), the Convention on Wetlands of International Importance (Ramsar 1975), the World Heritage Convention (WHC 1975), the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES 1975), or the currently being developed IUCN Red List of Ecosystems (RLE) (Keith et al. 2015) are or may become dedicated tools to tackle conservation of groundwater biodiversity (Niemiller et al. 2018). Indeed, nature conservation areas have already proven to be effective in sustaining biodiversity, ecosystem functioning and ecosystem services in several surface areas as well as a few subterranean cases (Ozimec 2011; Tanalgo et al. 2022; Griebler et al. 2023b).

A key motivation for groundwater protection and conservation is that groundwaters provide vital ecosystem services like water purification that depend on healthy groundwater communities (Griebler & Avramov 2015), and any negative feedback on groundwater quality and availability through groundwater biodiversity loss will have direct and dramatic consequences for human well-being (e.g. provision of drinking water). To build a strong foundation for the establishment of effective conservation measures and policies, further research is necessary that should focus on closing knowledge gaps in stygofauna species identification, distribution and limiting conditions (e.g. through a combination of exper-

imental and explorative in-situ research). Use should be made of modern methods (e.g. eDNA, species distribution modelling) to characterize stygofauna biodiversity patterns and their susceptibility to human impact (Mammola et al. 2021; Griebler et al. 2023a). In parallel, species extinction risk should be assessed and threshold values for anthropogenic stressors defined to provide guidelines for the sustainable use of groundwater. Finally, an integrative groundwater management strategy should be implemented based on biological and ecological criteria and anchored in national and international legal frameworks (Wynne et al. 2021; Griebler et al. 2023a). This should specifically include standardized monitoring and sampling methods and guidelines for sustainable groundwater use (Ferreira et al. 2022).

As stated by Griebler et al. (2023a), “a direct dialogue with policymakers and stakeholders aiming to achieve legal protection and recognition for the biological component of groundwater ecosystems is necessary. Concretely, it would be important to obtain: (i) legal equality for groundwater and surface water ecosystems; (ii) explicit implementation of the terms ‘groundwater ecosystems’ and ‘groundwater ecological status’ in the laws pertaining to water and to conservation inclusive impact regulation; (iii) definition and legal consideration of biological references, indicator parameters and threshold values for the monitoring of groundwater ecosystems, (iv) implementation of these ecological criteria and thresholds into groundwater management plans”. Recommendations and tools for the application of such integrative groundwater management strategies that incorporate biological properties into groundwater assessments have already been formulated and await broad application and testing (Hahn 2006; Korbel & Hose 2017; Fillingner et al. 2019; Hose et al. 2023). But not only policy-makers and stakeholders need to be aware of the societal relevance of groundwaters. Generally, the public awareness about groundwater habitats and species should be increased through popular science events, the involvement of the public through citizen science, art projects to visualize groundwater organisms, guided cave tours, or workshops targeted at the general public, starting with children’s school education (Danielopol 1998; North & van Beynen 2016; Alther et al. 2021; Mammola et al. 2022a).

Summary and Conclusion

Groundwater ecosystems are fascinating hidden habitats for a large variety of organisms. Groundwater fauna has adapted to the demanding, energy-poor but usually stable environment for thousands of years and has in this process developed highly diverse communities that largely consist of cryptic, endemic, and relic species (Deharveng et al. 2009; Fišer et al. 2023). Our current knowledge about distribution patterns and drivers of groundwater fauna biodiversity as well as community structures, living conditions or vulnerability to stressors/changes is steadily increasing (Di Lorenzo et al. 2023; Zagmajster et al. 2023). Still there are serious knowledge gaps that need to be filled (Mammola et al. 2020). Limited access to the groundwater environment and difficulties of studying stygofauna under laboratory conditions result in a fragmented picture, leading to challenges in defining conservation measures. These challenges are presumably also a reason that groundwater fauna biodiversity on the large scale appears to be very heterogenous, showing rather patchy biodiversity hotspots than clear patterns (Deharveng et al. 2009; Malard et al. 2009).

Factors that have shown to play a role in groundwater fauna biodiversity distribution, besides historic events (e.g. former extent of glaciation during last ice age or former extent of

surface water like the Tethys), are sediment void size, the interconnectedness, the hydrological exchange with surface water, the availability of dissolved oxygen and organic matter, and the thermal stability (Thienemann 1950; Marmonier et al. 2023). Regularly, altitude as well as the depth of the groundwater table have appeared to be drivers of richness and density (Dole-Olivier et al. 2009). The majority of the mentioned factors are strongly impacted by anthropogenic actions that pose a potential threat to groundwater biodiversity. The exploitation of groundwater as a resource with disregard to its biological properties and ecological health of the ecosystem as well as the numerous negative aspects that accompany consistently advancing land use changes including urbanization, deforestation, agriculture, and industrialization put groundwater fauna biodiversity at serious risk (Castaño-Sánchez et al. 2020; Rohde et al. 2021; Becher et al. 2022).

Protection and conservation measures of groundwater fauna and habitats are mostly lacking (e.g. severe underrepresentation of groundwater species on Red Lists like the IUCN, absence of actions for the protection of groundwater ecosystems in legal frameworks, etc.), even though they are urgently needed. Therefore, it is vital that actions are taken to close knowledge gaps, spread awareness of the importance of the biological groundwater properties not only with stakeholder and policy makers but including the general public, with the aim to create guidelines for the sustainable use of groundwater resources and implement the use of integrative groundwater management strategies as a standard practice. Ultimately, we all depend on a healthy groundwater ecosystem and should therefore protect it not less than we already protect surface waters (Griebler et al. 2023a).

Acknowledgments

We are grateful to the reviewers, Wolfram Graf and Gabriel Singer, for their critical and constructive contribution to this manuscript. Work on this review was funded by the Vienna Science and Technology Fund (W/WTF) [10.47379/ESR20040], and by Biodiversa+, the European Biodiversity Partnership under the 2021-2022 BiodivProtect joint call for research proposals, i.e. the project 'DarCo', co-funded by the European Commission (GA N°101052342) and the Austrian Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (I 6371-B). Finally, support was granted to CG in the frame of the project Stygofauna Austria funded by the biodiversity funds of the Austrian Federal Ministry of Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology.

References

- Albert J S, Destouni G, Duke-Sylvester S M, Magurran A E, Oberdorff T, Reis R E, Winemiller K O, Ripple W J (2021) Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio* 50, 85–94. DOI <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>
- Allanic Y (2012) Crustacés d'eau douce de France métropolitaine. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 25 pp.
- Alther R, Bongni N, Borko Š, Fišer C, Altermatt F (2021) Citizen science approach reveals groundwater fauna in Switzerland and a new species of *Niphargus* (Amphipoda, Niphargidae). *Subterranean Biology* 39, 1–31. DOI <https://doi.org/10.3897/subtbiol.39.66755>
- Baillie J, Groombridge B, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (Eds.) (1996) 1996 IUCN red list of threatened animals. IUCN, Gland, 368 pp.

- Becher J, Englisch C, Griebler C, Bayer P (2022) Groundwater fauna downtown – Drivers, impacts and implications for subsurface ecosystems in urban areas. *Journal of Contaminant Hydrology* 248, 104021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2022.104021>
- Benz S A, Bayer P, Winkler G, Blum P (2018a) Recent trends of groundwater temperatures in Austria. *Hydrology and Earth System Sciences* 22, 3143–3154. DOI <https://doi.org/10.5194/hess-22-3143-2018>
- Benz S A, Bayer P, Goettsche F M, Olesen F S, Blum P (2016) Linking Surface Urban Heat Islands with Groundwater Temperatures. *Environmental Science & Technology* 50, 70–78. DOI <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03672>
- Benz S A, Bayer P, Blum P, Hamamoto H, Arimoto H, Taniguchi M (2018b) Comparing anthropogenic heat input and heat accumulation in the subsurface of Osaka, Japan. *Science of The Total Environment* 643, 1127–1136. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.253>
- Benz S A, Irvine D J, Rau G C, Bayer P, Menberg K, Blum P, Jamieson R C, Griebler C, Kurylyk B L (2024) Global groundwater warming due to climate change. *Nature Geoscience* 17: 545–551. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01453-x>.
- Blum P, Menberg K, Koch F, Benz S A, Tissen C, Hemmerle H, Bayer P (2021) Is thermal use of groundwater a pollution? *Journal of Contaminant Hydrology* 239, 103791. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2021.103791>
- Borgonie G, García-Moyano A, Litthauer D, Bert W, Bester A, van Heerden E, Möller C, Erasmus M, Onstott T C (2011) Nematoda from the terrestrial deep subsurface of South Africa. *Nature* 474, 79–82. DOI <https://doi.org/10.1038/nature09974>
- Botosaneanu L (Ed.) (1986) *Stygofauna Mundi. A faunistic, distributional, and ecological synthesis of the world fauna inhabiting subterranean waters (including the marine interstitial)*. E.J. Brill & Dr. W. Backhuys, Leiden, The Netherlands, 740 pp.
- Brancelj A, Stoch F (2022) The Ecology of Aquatic Cave Environments. In: Mehner T, Tockner K (Eds.), *Encyclopedia of Inland Waters (Second Edition)*. Elsevier, Oxford, 449–459. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00187-0>
- Briellmann H, Lueders T, Schreglmann K, Ferraro F, Avramov M, Hammerl V, Blum P, Bayer P, Griebler C (2011) Oberflächennahe Geothermie und ihre potenziellen Auswirkungen auf Grundwasser-ökosysteme. *Grundwasser* 16, 77–91. DOI <https://doi.org/10.1007/s00767-011-0166-9>
- Burri N M, Weatherl R, Moeck C, Schirmer M (2019) A review of threats to groundwater quality in the anthropocene. *Science of The Total Environment* 684, 136–154. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.236>
- Cardoso P, Borges P A V, Triantis K A, Ferrández M A, Martín J L (2011) Adapting the IUCN Red List criteria for invertebrates. *Biological Conservation* 144, 2432–2440. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.06.020>
- Cardoso P, Borges P A V, Triantis K A, Ferrández M A, Martín J L (2012) The underrepresentation and misrepresentation of invertebrates in the IUCN Red List. *Biological Conservation* 149: 147–148. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.02.011>
- Carpenter J H (2021) Forty-year natural history study of *Babalana geracei* Carpenter, 1981, an anchialine cave-dwelling isopod (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from San Salvador Island, Bahamas: reproduction, growth, longevity, and population structure. *Subterranean Biology* 37, 105–156. DOI <https://doi.org/10.3897/subtbiol.37.60653>
- Castaño-Sánchez A, Hose G C, Reboleira A S P S (2020) Ecotoxicological effects of anthropogenic stressors in subterranean organisms: A review. *Chemosphere* 244, 125422. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125422>
- CBD (1993) Convention on Biological Diversity. Available from: <https://www.cbd.int/> (October 18, 2023)

- CITES (1975) Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Available from: <https://cites.org/eng/disc/text.php> (October 18, 2023)
- Culver D, Sket B (2000) Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells. *Journal of Cave and Karst Studies* 62, 11–17
- Culver D C, Holsinger J R (1992) How many species of troglobites are there? *NSS Bulletin* 54, 79–80
- Culver D C, Pipan T, Fišer Ž (2023) Chapter 4 – Ecological and evolutionary jargon in subterranean biology. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution* (Second Edition). Academic Press, San Diego, 89–110. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.00017-2>
- Culver D C, Deharveng L, Bedos A, Lewis J, Madden M R, Reddell J, Sket B, Trontelj P, White D (2006) The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. *Ecography* 29, 120–128. DOI <https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04435.x>
- Danielopol D L (1998) Conservation and protection of the biota of karst: assimilation of scientific ideas through artistic perception. *Journal of Cave and Karst Studies* 60, 67
- Danielopol D L, Pospisil P, Rouch R (2000) Biodiversity in groundwater: a large-scale view. *Trends in Ecology & Evolution* 15, 223–224. DOI [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01868-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01868-1)
- Danielopol DL, Griebler C, Gunatilaka A, Notenboom J (2003) Present state and future prospects for groundwater ecosystems. *Environmental Conservation* 30, 104–130. DOI <https://doi.org/10.1017/S0376892903000109>
- Datry T, Malard F, Gibert J (2005) Response of invertebrate assemblages to increased groundwater recharge rates in a phreatic aquifer. *Journal of the North American Benthological Society* 24, 461–477. DOI <https://doi.org/10.1899/04-140.1>
- Deharveng L, Stoch F, Gibert J, Bedos A, Galassi D, Zagmajster M, Brancelj A, Camacho A, Fiers F, Martin P, Giani N, Magniez G, Marmonier P (2009) Groundwater biodiversity in Europe. *Freshwater Biology* 54, 709–726. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.01972.x>
- Di Cicco M, Di Lorenzo T, Fiasca B, Galmarini E, Vaccarelli I, Cerasoli F, Tabilio Di Camillo A, Galassi D M P (2023) Some like it hot: Thermal preference of the groundwater amphipod *Niphargus longicaudatus* (Costa, 1851) and climate change implications. *Journal of Thermal Biology* 116, 103654. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103654>
- Di Lorenzo T, Galassi D M P (2013) Agricultural impact on Mediterranean alluvial aquifers: do groundwater communities respond? *Fundamental and Applied Limnology* 182, 271–282
- Di Lorenzo T, Reboleira A S P S (2022) Thermal acclimation and metabolic scaling of a groundwater asellid in the climate change scenario. *Scientific Reports* 12, 17938. DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20891-4>
- Di Lorenzo T, Avramov M, Galassi D M P, Iepure S, Mammola S, Reboleira A S P S, Hervant F (2023) Chapter 20 – Physiological tolerance and ecotoxicological constraints of groundwater fauna. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution* (Second Edition). Academic Press, San Diego, 457–479. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.15004-8>
- Dole-Olivier M-J, Malard F, Martin D, Lefebvre T, Gibert J (2009) Relationships between environmental variables and groundwater biodiversity at the regional scale. *Freshwater Biology* 54, 797–813. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02184.x>
- Dudgeon D, Arthington A H, Gessner M O, Kawabata Z-I, Knowler D J, Lévêque C, Naiman R J, Prieur-Richard A-H, Soto D, Stiassny M L J, Sullivan C A (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81, 163–182. DOI <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- Eme D, Zagmajster M, Delić T, Fišer C, Flot J-F, Konecny-Dupré L, Pálsson S, Stoch F, Zakšek V, Douady C J, Malard F (2017) Do cryptic species matter in macroecology? Sequencing European

- groundwater crustaceans yields smaller ranges but does not challenge biodiversity determinants. *Ecography* 41, 424–436. DOI <https://doi.org/10.1111/ecog.02683>
- Epting J, Michel A, Affolter A, Huggenberger P (2021) Climate change effects on groundwater recharge and temperatures in Swiss alluvial aquifers. *Journal of Hydrology X* 11, 100071. DOI <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2020.100071>
- Ferreira R L, Bernard E, da Cruz Júnior F W, Piló L B, Calux A, Souza-Silva M, Barlow J, Pompeu P S, Cardoso P, Mammola S, García A M, Jeffery W R, Shear W, Medellín R A, Wynne J J, Borges P A V, Kamimura Y, Pipan T, Hajna N Z, Sendra A, Peck S, Onac B P, Culver D C, Hoch H, Flot J-F, Stoch F, Pavlek M, Niemiller M L, Manchi S, Deharveng L, Fenolio D, Calaforra J-M, Yager J, Griebler C, Nader F H, Humphreys W F, Hughes A C, Fenton B, Forti P, Sauro F, Veni G, Frumkin A, Gavish-Regev E, Fišer C, Trontelj P, Zagmajster M, Delic T, Galassi D M P, Vaccarelli I, Komnenov M, Gainett G, da Cunha Tavares V, Kováč L, Miller A Z, Yoshizawa K, Di Lorenzo T, Moldovan O T, Sánchez-Fernández D, Moutaouakil S, Howarth F, Bilandžija H, Dražina T, Kuharić N, Butorac V, Lienhard C, Cooper S J B, Eme D, Strauss A M, Saccò M, Zhao Y, Williams P, Tian M, Tanalgo K, Woo K-S, Barjakovic M, McCracken G F, Simmons N B, Racey P A, Ford D, Labegaliní JA, Colzato N, Ramos Pereira MJ, Aguiar LMS, Moratelli R, Du Preez G, Pérez-González A, Reboleira A S P S, Gunn J, Mc Cartney A, Bobrowiec P E D, Milko D, Kinuthia W, Fischer E, Meierhofer M B, Frick W F (2022) Brazilian cave heritage under siege. *Science* 375, 1238–1239. DOI <https://doi.org/10.1126/science.abo1973>
- Fillinger L, Griebler C, Hellan J, Joulain C, Weaver L (2023) Chapter 9 – Microbial diversity and processes in groundwater. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution (Second Edition)*. Academic Press, San Diego, 211–240. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.00009-3>
- Fillinger L, Hug K, Trimbach A M, Wang H, Kellermann C, Meyer A, Bendinger B, Griebler C (2019) The D-A-(C) index: A practical approach towards the microbiological-ecological monitoring of groundwater ecosystems. *Water Research* 163, 114902. DOI <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114902>
- Fišer C, Pipan T, Culver D C (2014) The Vertical Extent of Groundwater Metazoans: An Ecological and Evolutionary Perspective. *BioScience* 64, 971–979. DOI <https://doi.org/10.1093/biosci/biu148>
- Fišer C, Brancelj A, Yoshizawa M, Mammola S, Fišer Ž (2023) Chapter 18 – Dissolving morphological and behavioral traits of groundwater animals into a functional phenotype. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution (Second Edition)*. Academic Press, San Diego, 415–438. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.00012-3>
- Galassi D M P, Huys R, Reid J W (2009) Diversity, ecology and evolution of groundwater copepods. *Freshwater Biology* 54, 691–708 (DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02185.x>)
- Gibert J, Deharveng L (2002) Subterranean Ecosystems: A Truncated Functional Biodiversity. *BioScience* 52, 473–481. DOI [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0473:SEATFB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0473:SEATFB]2.0.CO;2)
- Gibert J, Stanford J A, Dole-Olivier M-J, Ward J V (1994) Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects of research. In: Gibert J, Danielopol D L, Stanford J A (Eds.), *Groundwater Ecology*. Academic Press, San Diego, 11–13
- Gleeson T, Wada Y, Bierkens M F P, van Beek L P H (2012) Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature* 488, 197–200. DOI <https://doi.org/10.1038/nature11295>
- Griebler C, Avramov M (2015) Groundwater ecosystem services: a review. *Freshwater Science* 34, 355–367. DOI <https://doi.org/10.1086/679903>
- Griebler C, Avramov M, Hose G (2019) Groundwater Ecosystems and Their Services: Current Status and Potential Risks. In: Schröter M, Bonn A, Klotz S, Seppelt R, Baessler C (Eds.), *Atlas of Ecosystem Services: Drivers, Risks, and Societal Responses*. Springer International Publishing, Cham, 197–203. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-96229-0_31

- Griebler C, Hahn H J, Mammola S, Niemiller M L, Weaver L, Saccò M, Bichuette M E, Hose G C (2023a) Chapter 24 – Legal frameworks for the conservation and sustainable management of groundwater ecosystems. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution* (Second Edition). Academic Press, San Diego, 551–571. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.15005-X>
- Griebler C, Stein H, Kellermann C, Berkhoff S, Brielmann H, Schmidt S, Selesi D, Steube C, Fuchs A, Hahn H J (2010) Ecological assessment of groundwater ecosystems – Vision or illusion? *Ecological Engineering* 36, 1174–1190. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.01.010>
- Griebler C, Brielmann H, Haberer C M, Kaschuba S, Kellermann C, Stumpp C, Hegler F, Kuntz D, Walker-Hertkorn S, Lueders T (2016) Potential impacts of geothermal energy use and storage of heat on groundwater quality, biodiversity, and ecosystem processes. *Environmental Earth Sciences* 75, 1391. DOI <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6207-z>
- Griebler C, Karwautz C, Rasch G, Fillinger L, Veits R, Junker R, Gaviria S, Fuchs A, Scharhauser F, Eisendle U, Englisch C, Steger J, Greilhuber M, Schiemer F, Pflingstl T, Pospisil P, Danielopol D L (2023b) Inventory of a world hotspot of groundwater fauna biodiversity – the Lobau wetland and the Danube Floodplain National Park (Austria) revisited. *Acta ZooBot Austria* 159, 21–65
- Hahn H J (2006) The GW-Fauna-Index: A first approach to a quantitative ecological assessment of groundwater habitats. *Limnologia* 36, 119–137. DOI <https://doi.org/10.1016/j.limno.2006.02.001>
- Hahn H J, Schweer C., Griebler C (2018) Grundwasserökosysteme im Recht? – Eine kritische Betrachtung zur rechtlichen Stellung von Grundwasserökosystemen (Groundwater ecosystems rights considered? – A critical evaluation of the legal status of groundwater ecosystems) *Grundwasser* 23, 209–218
- Hancock P J, Boulton A J, Hancock P J, Boulton A J (2008) Stygofauna biodiversity and endemism in four alluvial aquifers in eastern Australia. *Invertebrate Systematics* 22, 117–126. DOI <https://doi.org/10.1071/IS07023>
- Hemmerle H, Hale S, Dressel I, Benz S A, Attard G, Blum P, Bayer P (2019) Estimation of Groundwater Temperatures in Paris, France. *Geofluids* 2019, 1–11. DOI <https://doi.org/10.1155/2019/5246307>
- Hose G C, Chariton A A, Daam M A, Di Lorenzo T, Galassi D M P, Halse S A, Reboleira A S P S, Robertson A L, Schmidt S I, Korbel K L (2022) Invertebrate traits, diversity and the vulnerability of groundwater ecosystems. *Functional Ecology* 36, 2200–2214. DOI <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14125>
- Hose G C, Di Lorenzo T, Fillinger L, Galassi D M P, Griebler C, Hahn H J, Handley K M, Korbel K, Reboleira A S, Siemensmeyer T, Spengler C, Weaver L, Weigand A (2023) Chapter 22 – Assessing groundwater ecosystem health, status, and services. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution* (Second Edition). Academic Press, San Diego, 501–524. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.00022-6>
- Huang S, Taniguchi M, Yamano M, Wang C (2009) Detecting urbanization effects on surface and subsurface thermal environment – A case study of Osaka. *Science of The Total Environment* 407, 3142–3152. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.04.019>
- Iannella M, Fiasca B, Di Lorenzo T, Biondi M, Di Cicco M, Galassi D M P (2020) Jumping into the grids: mapping biodiversity hotspots in groundwater habitat types across Europe. *Ecography* 43, 1825–1841. DOI <https://doi.org/10.1111/ecog.05323>
- IUCN (1948) International Union for Conservation of Nature. Available from: <https://www.iucn.org/> (October 17, 2023)
- Johns T, Jones J I, Knight L, Maurice L, Wood P, Robertson A (2015) Regional-scale drivers of groundwater faunal distributions. *Freshwater Science* 34, 316–328. DOI <https://doi.org/10.1086/678460>
- Keith D A, Rodríguez J P, Brooks T M, Burgman M A, Barrow E G, Bland L, Comer P J, Franklin J, Link J, McCarthy M A, Miller R M, Murray N J, Nel J, Nicholson E, Oliveira-Miranda M A, Regan T J, Rodríguez-Clark K M, Rouget M, Spalding M D (2015) The IUCN Red List of Ecosys-

- tems: Motivations, Challenges, and Applications. *Conservation Letters* 8, 214–226. DOI <https://doi.org/10.1111/conl.12167>
- Konikow L F, Kendy E (2005) Groundwater depletion: A global problem. *Hydrogeology Journal* 13, 317–320. DOI <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0411-8>
- Korbel K L, Hose G C (2015) Habitat, water quality, seasonality, or site? Identifying environmental correlates of the distribution of groundwater biota. *Freshwater Science* 34, 329–343. DOI <https://doi.org/10.1086/680038>
- Korbel K L, Hose G C (2017) The weighted groundwater health index: Improving the monitoring and management of groundwater resources. *Ecological Indicators* 75, 164–181. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.039>
- Korbel K L, Hancock P J, Serov P, Lim R P, Hose G C (2013a) Groundwater Ecosystems Vary with Land Use across a Mixed Agricultural Landscape. *Journal of Environmental Quality* 42, 380–390. DOI <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0018>
- Korbel K L, Lim R P, Hose G C, Korbel K L, Lim R P, Hose G C (2013b) An inter-catchment comparison of groundwater biota in the cotton-growing region of north-western New South Wales. *Crop and Pasture Science* 64, 1195–1208. DOI <https://doi.org/10.1071/CP13176>
- Kovarik J (2015) A Composite Spatial Model Incorporating Groundwater Vulnerability and Environmental Disturbance to Guide Land Management. USF Tampa Graduate Theses and Dissertations. Available from: <https://digitalcommons.usf.edu/etd/5863>
- Kretschmer D, Wachholz A, Reinecke R (2023) Chapter 21 – Global groundwater in the Anthropocene. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution* (Second Edition). Academic Press, San Diego, 483–500. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.00021-4>
- Larned S T (2012) Phreatic groundwater ecosystems: research frontiers for freshwater ecology. *Freshwater Biology* 57, 885–906. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02769.x>
- Leclère D, Obersteiner M, Barrett M, Butchart S H M, Chaudhary A, De Palma A, DeClerck F A J, Di Marco M, Doelman J C, Dürauer M, Freeman R, Harfoot M, Hasegawa T, Hellweg S, Hilbers J P, Hill S L L, Humpenöder F, Jennings N, Krisztin T, Mace G M, Ohashi H, Popp A, Purvis A, Schipper A M, Tabeau A, Valin H, van Meijl H, van Zeist W-J, Visconti P, Alkemade R, Almond R, Bunting G, Burgess N D, Cornell S E, Di Fulvio F, Ferrier S, Fritz S, Fujimori S, Grooten M, Harwood T, Havlík P, Herrero M, Hoskins A J, Jung M, Kram T, Lotze-Campen H, Matsui T, Meyer C, Nel D, Newbold T, Schmidt-Traub G, Stehfest E, Strassburg B B N, van Vuuren D P, Ware C, Watson J E M, Wu W, Young L (2020) Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature* 585, 551–556. DOI <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2705-y>
- Li P, Karunanidhi D, Subramani T, Srinivasamoorthy K (2021) Sources and Consequences of Groundwater Contamination. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 80, 1–10. DOI <https://doi.org/10.1007/s00244-020-00805-z>
- Lindenmayer D B, Piggott M P, Wintle B A (2013) Counting the books while the library burns: why conservation monitoring programs need a plan for action. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11, 549–555. DOI <https://doi.org/10.1890/120220>
- Malard F, Griebler C, Rétaux S (2023a) Groundwater ecology and evolution: an introduction. In: *Groundwater Ecology and Evolution*. Academic Press, San Diego, xvii–xxix
- Malard F, Machado E G, Casane D, Cooper S, Fišer C, Eme D (2023b) Chapter 8 – Dispersal and geographic range size in groundwater. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution* (Second Edition). Academic Press, San Diego, 185–207. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.15003-6>
- Malard F, Boutin C, Camacho A I, Ferreira D, Michel G, Sket B, Stoch F (2009) Diversity patterns of stygobiotic crustaceans across multiple spatial scales in Europe. *Freshwater Biology* 54, 756–776. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02180.x>

- Mammola S, Frigo I, Cardoso P (2022a) Life in the darkness of caves. *Frontiers for Young Minds* 10. DOI <https://doi.org/10.3389/frym.2022.657265>
- Mammola S, Lunghi E, Bilandžija H, Cardoso P, Grimm V, Schmidt S I, Hesselberg T, Martínez A (2021) Collecting eco-evolutionary data in the dark: Impediments to subterranean research and how to overcome them. *Ecology and Evolution* 11, 5911–5926. DOI <https://doi.org/10.1002/ece3.7556>
- Mammola S, Cardoso P, Culver D C, Deharveng L, Ferreira R L, Fišer C, Galassi D M P, Griebler C, Halse S, Humphreys W F, Isaia M, Malard F, Martínez A, Moldovan O T, Niemiller M L, Pavlek M, Reboleira A S P S, Souza-Silva M, Teeling E C, Wynne J J, Zagmajster M (2019) Scientists' Warning on the Conservation of Subterranean Ecosystems. *BioScience* 69, 641–650. DOI <https://doi.org/10.1093/biosci/biz064>
- Mammola S, Amorim I R, Bichuette M E, Borges P A V, Cheeptham N, Cooper S J B, Culver D C, Deharveng L, Eme D, Ferreira R L, Fišer C, Fišer Ž, Fong D W, Griebler C, Jeffery W R, Jugovic J, Kowalko J E, Lilley T M, Malard F, Manenti R, Martínez A, Meierhofer M B, Niemiller M L, Northup D E, Pellegrini T G, Pipan T, Protas M, Reboleira A S P S, Venarsky M P, Wynne J J, Zagmajster M, Cardoso P (2020) Fundamental research questions in subterranean biology. *Biological Reviews* 95, 1855–1872. DOI <https://doi.org/10.1111/brv.12642>
- Mammola S, Meierhofer M B, Borges P A V, Colado R, Culver D C, Deharveng L, Delić T, Di Lorenzo T, Dražina T, Ferreira R L, Fiasca B, Fišer C, Galassi D M P, Garzoli L, Gerovasileiou V, Griebler C, Halse S, Howarth F G, Isaia M, Johnson J S, Komerički A, Martínez A, Milano F, Moldovan O T, Nanni V, Nicolosi G, Niemiller M L, Pallarés S, Pavlek M, Piano E, Pipan T, Sanchez-Fernandez D, Santangeli A, Schmidt S I, Wynne J J, Zagmajster M, Zakšek V, Cardoso P (2022b) Towards evidence-based conservation of subterranean ecosystems. *Biological Reviews* 97, 1476–1510. DOI <https://doi.org/10.1111/brv.12851>
- Marmonier P, Galassi D M P, Korbel K, Close M, Dattay T, Karwautz C (2023) Chapter 5 – Groundwater biodiversity and constraints to biological distribution. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution* (Second Edition). Academic Press, San Diego, 113–140. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.00003-2>
- Marmonier P, Maazouzi C, Baran N, Blanchet S, Ritter A, Saplaïroles M, Dole-Olivier M-J, Galassi D M P, Eme D, Dolédec S, Piscart C (2018) Ecology-based evaluation of groundwater ecosystems under intensive agriculture: A combination of community analysis and sentinel exposure. *Science of The Total Environment* 613–614, 1353–1366. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.191>
- Martin P, De Broyer C, Fiers F, Michel G, Sablon R, Wouters K (2009) Biodiversity of Belgian groundwater fauna in relation to environmental conditions. *Freshwater Biology* 54, 814–829. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.01993.x>
- McDonough L K, Santos I R, Andersen M S, O'Carroll D M, Rutledge H, Meredith K, Oudone P, Bridgeman J, Goody D C, Sorensen J P R, Lapworth D J, MacDonald A M, Ward J, Baker A (2020) Changes in global groundwater organic carbon driven by climate change and urbanization. *Nature Communications* 11, 1279. DOI <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14946-1>
- Menberg K, Bayer P, Zosseder K, Rumohr S, Blum P (2013) Subsurface urban heat islands in German cities. *Science of The Total Environment* 442, 123–133. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.043>
- Mösslacher F, Hahn H J (2003) 4. Die Fauna. In: Griebler C, Mösslacher F (Eds.), *Grundwasser-Ökologie*. Facultas Universitätsverlag, Wien, 159–208
- Naturhöhengesetz (2013) § 10 Naturhöhengesetz, idF LGBl 87/2013. Available from: <https://rdb.manz.at/document/ris.In.LST40013766> (November 6, 2023)
- Newbold T, Hudson L N, Hill S L L, Contu S, Lysenko I, Senior R A, Börger L, Bennett D J, Choimes A, Collen B, Day J, De Palma A, Díaz S, Echeverria-Londoño S, Edgar M J, Feldman A, Garon M, Harrison M L K, Alhousseini T, Ingram D J, Itescu Y, Kattge J, Kemp V, Kirkpatrick L, Kleyer M, Correia D L P, Martin C D, Meiri S, Novosolov M, Pan Y, Phillips H R P, Purves D W, Robinson

- A, Simpson J, Tuck S L, Weiher E, White H J, Ewers R M, Mace G M, Scharlemann J P W, Purvis A (2015) Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520, 45–50. DOI <https://doi.org/10.1038/nature14324>
- Niemiller M L, Taylor S J, Bichuette M E (2018) Conservation of Cave Fauna, with an Emphasis on Europe and the Americas. In: Moldovan O T, Kováč L, Halse S (Eds.), *Cave Ecology. Ecological Studies*. Springer International Publishing, Cham, 451–478. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-98852-8_22
- Niemiller M L, Graening G O, Fenolio D B, Godwin J C, Cooley J R, Pearson W D, Fitzpatrick B M, Near T J (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. *Biodiversity and Conservation* 22, 1799–1820. DOI <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0514-4>
- Noethen M, Hemmerle H, Bayer P (2023) Sources, intensities, and implications of subsurface warming in times of climate change. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 53, 700–722. DOI <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2083899>
- North L, van Beynen P (2016) All in the training: Techniques for enhancing karst landscape education through show cave interpretation. *Applied Environmental Education & Communication* 15, 279–290. DOI <https://doi.org/10.1080/1533015X.2016.1237901>
- Ozimec R (2011) Red book of Dinaric cave fauna – an example from Croatia. Prelovšek M, Zupan Hajna N (Eds.), *Inštitut Za Raziskovanje Krasa ZRC SAZU, Postojna/Karst Research Institute ZRC SAZU, Postojna*, 182–190pp
- Piégay H, Alber A, Slater L, Bourdin L (2009) Census and typology of braided rivers in the French Alps. *Aquatic Sciences* 71, 37. DOI <https://doi.org/10.1007/s00027-009-9220-4>
- Pipan T, Culver D C, Deharveng L (Eds.) (2021) *Hotspots of Subterranean Biodiversity*. MDPI – Multidisciplinary Digital Publishing Institute. DOI <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-2360-6>
- Pipan T, Culver D C (2022) Epikarst: An Important Aquatic and Terrestrial Habitat. In: Mehner T, Tockner K (Eds.), *Encyclopedia of Inland Waters (Second Edition)*. Elsevier, Oxford, 437–448. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00076-1>
- Ramsar (1975) Ramsar Convention. Available from: <https://www.dceew.gov.au/water/wetlands/ramsar> (October 18, 2023)
- Reischütz A, Reischütz P (2007) Rote Liste der Weichtiere (Mollusca) Österreichs. Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 2: Reptilien, Amphibien, Fische, Nachtfalter, Weichtiere. *Grüne Reihe des BLFUW* 14, 363–433
- Robertson A, Brancelj A, Stein H, Hahn H J (2023) Chapter 2 – Classifying groundwater ecosystems. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution (Second Edition)*. Academic Press, San Diego, 39–60. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.00007-X>
- Rohde M M, Stella J C, Roberts D A, Singer M B (2021) Groundwater dependence of riparian woodlands and the disrupting effect of anthropogenically altered streamflow. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118, e2026453118. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.2026453118>
- Scanlon B R, Faunt C C, Longuevergne L, Reedy R C, Alley W M, McGuire V L, McMahon P B (2012) Groundwater depletion and sustainability of irrigation in the US High Plains and Central Valley. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 9320–9325. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.1200311109>
- Sendra A, Reboleira A (2012) The world's deepest subterranean community – Krubera-Voronja Cave (Western Caucasus). *International Journal of Speleology* 41. DOI <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.41.2.9>
- Spengler C, Hahn H J (2018) Thermostress: Ökologisch begründete, thermische Schwellenwerte und Bewertungsansätze für das Grundwasser. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 11, 525

- Stenger R, Barkle G, Burgess C, Wall A, Clague J (2008) Low nitrate contamination of shallow groundwater in spite of intensive dairying: the effect of reducing conditions in the vadose zone—aquifer continuum. *Journal of Hydrology (New Zealand)* 47, 1–24
- Stoch F, Galassi D M P (2010) Stygobiotic crustacean species richness: a question of numbers, a matter of scale. In: Naselli-Flores L, Rossetti G (Eds.), Fifty years after the “Homage to Santa Rosalia”: Old and new paradigms on biodiversity in aquatic ecosystems. *Developments in Hydrobiology* 213. Springer Netherlands, Dordrecht, 217–234. DOI https://doi.org/10.1007/978-90-481-9908-2_16
- Strayer D L, May S E, Nielsen P, Wollheim W, Hausam S (1995) An endemic groundwater fauna in unglaciated eastern North America. *Canadian Journal of Zoology* 73, 502–508. DOI <https://doi.org/10.1139/z95-057>
- Stuart M, Lapworth D, Crane E, Hart A (2012) Review of risk from potential emerging contaminants in UK groundwater. *Science of The Total Environment* 416, 1–21. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.11.072>
- Stumpp C, Hose G C (2013) The Impact of Water Table Drawdown and Drying on Subterranean Aquatic Fauna in In-Vitro Experiments. *PLOS ONE* 8, e78502. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078502>
- Tanalgo K C, Oliveira H F M, Hughes A C (2022) Mapping global conservation priorities and habitat vulnerabilities for cave-dwelling bats in a changing world. *Science of The Total Environment* 843, 156909. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156909>
- Thienemann A (1950) Die Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas – Versuch einer historischen Tiergeographie. *Die Binnengewässer* 18, 1–809
- Tomlinson M, Boulton A J, Hancock P J, Cook P G (2007) Deliberate omission or unfortunate oversight: Should stygofaunal surveys be included in routine groundwater monitoring programs? *Hydrogeology Journal* 15, 1317–1320. DOI <https://doi.org/10.1007/s10040-007-0211-z>
- Tweed S, Celle-Jeanton H, Cabot L, Huneau F, De Montety V, Nicolau N, Travi Y, Babic M, Aquilina L, Vergnaud-Ayraud V, Leblanc M (2018) Impact of irrigated agriculture on groundwater resources in a temperate humid region. *Science of The Total Environment* 613–614, 1302–1316. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.156>
- Uhl A, Hahn H J, Jäger A, Luftensteiner T, Siemensmeyer T, Döll P, Noack M, Schwenk K, Berkhoff S, Weiler M, Karwautz C, Griebler C (2022) Making waves: Pulling the plug – Climate change effects will turn gaining into losing streams with detrimental effects on groundwater quality. *Water Research* 220, 118649. DOI <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118649>
- Vesper D J (2019) Contamination of cave waters by heavy metals. In: *Encyclopedia of Caves*. Academic Press, 320–325. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814124-3.00035-2>
- Voituron Y, de Fraipont M, Issartel J, Guillaume O, Clobert J (2010) Extreme lifespan of the human fish (*Proteus anguinus*): a challenge for ageing mechanisms. *Biology Letters* 7, 105–107. DOI <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0539>
- WHC (1975) UNESCO World Heritage Centre. Available from: <https://whc.unesco.org/en/convention/> (October 18, 2023)
- Wynne J J, Howarth F G, Mammola S, Ferreira R L, Cardoso P, Lorenzo T D, Galassi D M P, Meddellin R A, Miller B W, Sánchez-Fernández D, Bichuette M E, Biswas J, BlackEagle C W, Boonyanusith C, Amorim I R, Borges P A V, Boston P J, Cal R N, Cheeptham N, Deharveng L, Eme D, Faille A, Fenolio D, Fišer C, Fišer Ž, ‘Ohukani’ōhi’a Gon S M, Goudarzi F, Griebler C, Halse S, Hoch H, Kale E, Katz A D, Kováč L, Lilley T M, Manchi S, Manenti R, Martínez A, Meierhofer M B, Miller A Z, Moldovan O T, Niemiller M L, Peck S B, Pellegrini T G, Pipan T, Phillips-Lander C M, Poot C, Racey P A, Sendra A, Shear W A, Silva M S, Taiti S, Tian M, Venarsky M P, Pakarati S Y, Zgarnajster M, Zhao Y (2021) A conservation roadmap for the subterranean biome. *Conservation Letters* 14, e12834. DOI <https://doi.org/10.1111/conl.12834>

Zagmajster M, Ferreira RL, Humphreys WF, Niemiller ML, Malard F (2023) Chapter 6 – Patterns and determinants of richness and composition of the groundwater fauna. In: Malard F, Griebler C, Rétaux S (Eds.), *Groundwater Ecology and Evolution* (Second Edition). Academic Press, San Diego, 141–164. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819119-4.00006-8>

Zagmajster M, Eme D, Fišer C, Galassi D, Marmonier P, Stoch F, Cornu J-F, Malard F (2014) Geographic variation in range size and beta diversity of groundwater crustaceans: insights from habitats with low thermal seasonality. *Global Ecology and Biogeography* 23, 1135–1145. DOI <https://doi.org/10.1111/geb.12200>

Received: 2023 11 11

Addresses:

Christian Griebler, E-Mail: christian.griebler@univie.ac.at (corresponding author)

Constanze Englisch, E-Mail: constanze.englich@univie.ac.at

Carina Zitra, E-Mail: carina.zittra@univie.ac.at

University of Vienna, Department of Functional & Evolutionary Ecology, Djerassiplatz 1, 1030 Vienna, Austria.

Von der Speisekarte auf die Rote Liste – Zustand, Gefährdung und Schutz heimischer Flusskrebse in Österreich

Stefan Auer, Samuel Auer, Clemens Gumpinger

In früheren Zeiten besiedelten heimische Flusskrebse einen Großteil der Gewässer Österreichs. Unter den vier heimischen Flusskrebsarten genoss vor allem der Edelkrebs (*Astacus astacus*) als bedeutendes Nahrungsmittel breite Bekanntheit in der Bevölkerung. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurde mit der Einschleppung von Flusskrebsarten aus Nordamerika, die Krebspest (*Aphanomyces astaci*) – eine für alle heimischen Krebsarten letale Krankheit – nach Europa gebracht. Neben dem Lebensraumverlust und der Gewässerverschmutzung sind die Krebspest und die Ausbreitung invasiver Flusskrebsarten für den Rückgang von bis zu 80 % der heimischen Flusskrebspopulationen verantwortlich. Heute ist einem großen Teil der Bevölkerung nicht mehr bekannt, dass Flusskrebse zur heimischen Gewässerfauna zählen. Die wirtschaftliche Bedeutung der Flusskrebse ist in Österreich verloren gegangen. Im Gegenzug hat sich jedoch die Bedeutung der heimischen Flusskrebsarten im Artenschutz erhöht. Zum Erhalt der heimischen Flusskrebse sind lokale wie überregionale Planungen und Maßnahmen erforderlich, mit der isolierte Bestände vor invasiven Arten geschützt werden können.

Auer S, Auer S, Gumpinger C (2024) From the menu to the Red List – Threats and protection of native crayfish in Austria.

In earlier times, native crayfish inhabited a large part of Austria's waters. Among the four native crayfish species, the noble crayfish (*Astacus astacus*) in particular enjoyed widespread popularity among the human population as an important food source. From the middle of the 19th century, with the introduction of crayfish species from North America, the crayfish plague, caused by the oomycete *Aphanomyces astaci* – a disease lethal to all native crayfish species – was brought to Europe. In addition to habitat loss and water pollution, crayfish plague and the spread of invasive crayfish species are responsible for the decline of up to 80% of native crayfish populations. Today, many people are unaware that crayfish are part of the native aquatic fauna. The economic importance of crayfish has been lost in Austria. In turn, however, the importance of native crayfish species for species conservation measures has increased. For the conservation of native crayfish, local and supra-regional strategies and measures are needed to protect isolated populations from invasive species.

Keywords: freshwater crayfish, invasive species, crayfish plague, conservation status, species conservation, endangered species

Einleitung – Aktueller Zustand der heimischen Flusskrebse

In Österreich gibt es vier heimische Flusskrebsarten, wobei das Verbreitungsgebiet des Edelkrebses *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) und des Steinkrebses *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) weite Landesteile abdeckt. Hingegen ist der Dohlenkrebs *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) auf wenige Einzugsgebiete in Oberkärnten und Tirol beschränkt (Petutschnig 2001). Der Galizische Sumpfkrebse *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) kommt in Österreich nur ganz im Osten vor, am westlichen Rand seines Verbreitungsareals (Souty-Grosset et al. 2006). Bei den bekannten Vorkommen der beiden letztgenannten Arten wird vermutet, dass sie auf Besatzmaßnahmen zurückgehen, die vor 1900 stattgefunden haben (Petutschnig 2009).

Obwohl ein Großteil der österreichischen Gewässer vom kleinen Mittelgebirgsbach über große Fließgewässer, wie der Donau bis hin zu kleinen Teichen von zumindest einer der vier heimischen Flusskrebarten grundsätzlich besiedelbar ist, finden sich aktuell nur mehr in wenigen Gewässern heimische Flusskrebse. Neben dem Lebensraumverlust und der Gewässerverschmutzung ist die Krebspest *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906) für den Rückgang von bis zu 80 % der heimischen Flusskrebspopulationen verantwortlich (Berger & Füreder 2013; Souty-Grosset et al. 2006). Bei diesem dramatischen Rückgang handelt es sich um einen Trend, der mit dem Einschleppen der Krebspesterreger im 19. Jahrhundert eingesetzt hat und der bis heute ungebremst andauert. Die Entwicklung führte so weit, dass heimische Flusskrebse heute beinahe ausschließlich in isolierten, abgelegenen Gewässern anzutreffen sind. Rezente Untersuchungen zeigen, dass gerade in den letzten Jahrzehnten viele dieser isolierten Flusskrebsbestände verschwunden sind (Auer et al. 2015, 2018), und dass in vielen Fällen die Gefährdung der verbliebenen heimischen Flusskrebsbestände zunimmt (Auer et al. 2022a, 2022b; Müller & Weinländer 2022).

Der dramatische Rückgang und die zunehmende Gefährdung der verbliebenen heimischen Flusskrebsbestände führen dazu, dass ihr Fortbestand in Österreich nicht gesichert ist. Dementsprechend finden sich in der Roten Liste gefährdeter Tierarten Österreichs (Petutschnig 2009) alle vier heimischen Flusskrebarten wieder (Tab. 1).

Tab. 1: Liste der gefährdeten Flusskrebse Österreichs mit Gefährdungskategorie (Petutschnig 2009). – Tab. 1: List of endangered crayfish species in Austria with endangerment category (Petutschnig 2009).

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdungskategorie
<i>Astacus astacus</i>	Edelkrebs	EN – stark gefährdet
<i>Austropotamobius torrentium</i>	Steinkrebs	VU – gefährdet
<i>Austropotamobius pallipes</i>	Dohlenkrebs	CR – vom Aussterben bedroht
<i>Pontastacus leptodactylus</i>	Galizischer Sumpfkrebs	CR – vom Aussterben bedroht

Der Edelkrebs wird in der Roten Liste als stark gefährdet (EN) geführt. Bei der vormalig wirtschaftlich bedeutenden Flusskrebsart wurde der größte Bestandesrückgang unter den heimischen Flusskrebsen dokumentiert (Souty-Grosset et al. 2006). War die Art vor Ausbruch der Krebspest in zahlreichen Bächen, Flüssen und Seen vertreten, die eine ausreichend hohe Wassertemperatur während der Sommermonate erreichen, besiedeln Edelkrebse heute beinahe ausschließlich isolierte Stillgewässer (Petutschnig 2009).

Im Gegensatz zum Edelkrebs ist die Datenlage zum aktuellen Vorkommen des Steinkrebse in Österreich deutlich schlechter. Der Steinkrebs (Abb. 1) wurde aufgrund seiner geringen Größe nie wirtschaftlich genutzt und die bevorzugte Besiedelung von kleinen Oberläufen, oft außerhalb von fischereilich genutzten Gewässerabschnitten, führte in vielen Fällen zu einem unbemerkten Verschwinden der Art in zahlreichen Gewässern (Auer et al. 2022a). In der Roten Liste gefährdeter Tiere Österreichs wurde der Steinkrebs als gefährdet (VU) beurteilt. Die Einstufung basiert vor allem darauf, dass der Steinkrebs aufgrund seiner isolierten Vorkommen weniger stark als der Edelkrebs von der Ausbreitung der Krebspest betroffen ist (Petutschnig 2009). Aufgrund aktueller Studien wird von den Autoren der vorliegenden Abhandlung die Gefährdungskategorie des Steinkrebse in Österreich jedoch als stark gefährdet (EN) eingeschätzt und damit um eine Klasse höher

als es die Einstufung der Roten Liste (Petutschnig 2009) vorsieht. Dies wird damit begründet, dass bei mehreren Verbreitungsstudien der letzten Jahre in vielen grundsätzlich geeigneten Gewässern keine Steinkrebse mehr nachgewiesen werden konnten (Auer et al. 2018, 2022a; Auer et al. in prep.) und dadurch die Art stärker zurückgegangen ist als angenommen. Außerdem ist durch die dokumentierte Verbreitung der Krebspest über andere Vektoren als invasive Flusskrebse von einer erhöhten Gefährdung auch von Steinkrebsbeständen in isolierten Gewässern auszugehen (Auer et al. 2018, 2022b).

Neben den auf alle Flusskrebsarten wirkenden Risikofaktoren, wie der Krebspest, wirkt sich beim Dohlenkrebs und beim Galizischen Sumpfkrebs die schlechte Bestandssituation mit der eingeschränkten Verbreitung besonders auf die Gefährdung dieser beiden Arten aus. Der Dohlenkrebs und der Galizische Sumpfkrebs sind in Österreich demnach unmittelbar vom Aussterben (CR) bedroht (Petutschnig 2009).

Die heimischen Flusskrebsarten sind jedoch nicht nur in Österreich gefährdet, sondern auch auf europäischer Ebene. Dabei führen in den anderen europäischen Ländern die gleichen Gefährdungsursachen wie in Österreich zu einem dramatischen Rückgang der autochthonen Flusskrebsarten. Für gefährdete und schützenswerte Tierarten sieht die Europäische Union eine Einstufung der Gefährdung und die Zuordnung zu Schutzkategorien entsprechend der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, kurz FFH-Richtlinie vor (Europäische Kommission 1992). Darin finden sich in der aktuellen Bewertung für den sogenannten Artikel 17-Bericht (Ellmauer et al. 2019) drei der vier heimischen Flusskrebsarten (Tab. 2).

Tab. 2: Heimische Flusskrebse in der FFH-Richtlinie mit ihrer Zuordnung zu den Anhängen (Europäische Kommission, 1992) und der Bewertung des Erhaltungszustands für Österreich im Rahmen des Artikel 17 Berichts aus dem Jahr 2019 (Ellmauer et al., 2019). – Tab. 2: Native crayfish species in the Habitats Directive with their assignment to the appendices (European Commission, 1992) and the assessment of the conservation status for Austria as part of the Article 17 report from 2019 (Ellmauer et al., 2019).

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Anhänge		Artikel 17 Bewertung	
		II	V	alpin	kontinental
<i>Astacus astacus</i>	Edelkrebs		x	U1	U2
<i>Austropotamobius torrentium</i>	Steinkrebs	x	x	U1	U2
<i>Austropotamobius pallipes</i>	Dohlenkrebs	x	x	U2	–
<i>Pontastacus leptodactylus</i>	Galizischer Sumpfkrebs	–	–	–	–

U1: ungünstig – unzureichend
U2: ungünstig – schlecht

Der Erhaltungszustand des Edelkrebses wird abhängig von der Region als ungünstig – unzureichend (U1) bzw. als ungünstig – schlecht (U2) angesehen. Das bedeutet, dass das Überleben des Edelkrebses in Österreich zumindest regional ernsthaft gefährdet ist und im alpinen Raum negative Einflüsse konkrete Aktionen erfordern, um den Zustand der Art zu verbessern (Ellmauer et al. 2019). Darüber hinaus wird der Edelkrebs im Anhang V der FFH-Richtlinie geführt, wodurch der Erhaltungszustand zu überwachen und gegebenenfalls zu verbessern ist. Außerdem müssen die Entnahme und Nutzung der Art geregelt werden (Europäische Kommission 1992). Diese Regelung erfolgt in Österreich in den jeweiligen Fischereigesetzen der Bundesländer, die Schonzeiten und Nutzungsverbote vorsehen.

Beim Steinkrebs führte die Zustandsbewertung im Jahr 2019 zu den gleichen Ergebnissen wie beim Edelkreb. Der Erhaltungszustand des Steinkrebes wird als ungünstig – unzureichend (U1) in der alpinen Region und als ungünstig – schlecht (U2) in der kontinentalen Region eingestuft (Ellmauer et al. 2019). Wie der Edelkreb ist der Steinkreb im Anhang V der FFH-Richtlinie gelistet (Europäische Kommission 1992). Anders als beim Edelkreb ist die Nutzung des Steinkrebes jedoch ganzjährig in ganz Österreich untersagt. Neben dem Anhang V findet sich der Steinkreb auch im Anhang II der FFH-Richtlinie. Für die Art besteht aufgrund ihrer Gefährdung also eine besondere Verantwortung und es sind entsprechende Schutzgebiete für den Steinkreb auszuweisen.



Abb. 1: Steinkrebse besiedeln vorwiegend die Oberläufe kleiner Bäche. © S. Auer. – Fig. 1: Stone crayfish mainly colonise the upper reaches of small streams. © S. Auer.

Der Erhaltungszustand des Dohlenkrebes wurde im Jahr 2019 als unzureichend – schlecht (U2) bewertet. Die Art hat in Österreich nur Vorkommen in der alpinen Region. Der Dohlenkreb wird im Anhang V sowie im Anhang II der FFH-Richtlinie genannt, wodurch für ihn die gleichen Regelungen und Schutzmaßnahmen wie beim Steinkreb zur Anwendung zu bringen sind.

Der Galizische Sumpfkreb scheint bislang nicht in der FFH-Richtlinie auf, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass die Art in den osteuropäischen Ländern noch eine ausreichend weite Verbreitung aufweist.

Ursachen für den Rückgang der heimischen Flusskrebse

Die Ursachen für den Rückgang der heimischen Flusskrebse decken sich grundsätzlich bei allen vier heimischen Arten. Auf Grundlage von Experteneinschätzungen der Autoren der vorliegenden Abhandlung wurde eine Ursachenmatrix mit Auswirkungen auf die abiotischen Habitatparameter und die heimischen Flusskrebarten erstellt (Tab. 3).

Tab. 3: Ursachenmatrix mit Auswirkungen auf abiotische Habitatparameter und die heimischen Flusskrebarten. – Tab. 3: Matrix of causes and effects on abiotic habitat parameters and on native crayfish species.

Ursache	Habitatparameter					Flusskrebarten			
	Wasserqualität	Hydrologie	Konnektivität	Morphologie	Sedimente	Edelkreb	Steinkreb	Dohlenkreb	Gal. Sumpfkreb
Fluss/Uferregulierungen	gering	Mäßig	Stark	Stark	Stark	Mäßig	Stark	Keine	Mäßig
Wasserkraft	Mäßig	Stark	Stark	Stark	Stark	gering	gering	gering	gering
Urbanisierung	gering	gering	gering	gering	gering	Mäßig	Keine	Keine	Mäßig
Schifffahrt	gering	gering	gering	gering	gering	Keine	Keine	Keine	Keine
Land- und Forstwirtschaft	Mäßig	gering	gering	gering	gering	Mäßig	Stark	Keine	Mäßig
Trinkwasser	gering	Mäßig	gering	gering	gering	Keine	Keine	Keine	Keine
Bewässerung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Invasive Spezies	gering	Keine	Keine	Keine	gering	Stark	Stark	Stark	Stark
Fischzucht	gering	gering	gering	gering	gering	Stark	Stark	Stark	Stark
Verschmutzung – Nährstoffe	Mäßig	gering	gering	gering	gering	Mäßig	Stark	Stark	Mäßig
Verschmutzung – Spurenstoffe	teilweise unbekannt	gering	gering	gering	gering	teilweise unbekannt	Stark	Stark	teilweise unbekannt
Klimawandel	Mäßig	gering	gering	gering	gering	gering	Mäßig	gering	gering
Überfischung	gering	gering	gering	gering	gering	Keine	Keine	Keine	Keine
Kumulative Effekte	Mäßig	Stark	Stark	Stark	Stark	Stark	Stark	Stark	Stark

Wirkung (Legende)

<i>Stark</i>	Stark
<i>Mäßig</i>	Mäßig
<i>gering</i>	gering
<i>Keine</i>	Keine
<i>teilweise unbekannt</i>	teilweise unbekannt

Aufgrund der vorwiegenden Besiedelung von Oberläufen und einer hohen Sensibilität gegenüber Gewässerverschmutzungen wirken sich beim Steinkreb und beim Dohlenkreb einige Ursachen stärker aus als bei den beiden anderen, in tieferen Lagen verbreiteten Flusskrebarten (Tab.3).

Die größte Gefährdung für die heimischen Flusskrebse geht von einer weiteren Verbreitung der Krebspesterreger und der Ausbreitung invasiver, nicht-heimischer Flusskrebarten aus. Nach wie vor stellen aber auch der Verlust von geeigneten Lebensräumen und Gewässerverschmutzungen Ursachen für den Rückgang der heimischen Flusskrebbestände dar. Die vier genannten Punkte werden im Folgenden genauer behandelt.

Krebspest

Bei der Krebspest handelt es sich um eine Krankheit die von *A. astaci*, einem Eipilz (Oomycetes), verursacht wird. Eipilze werden auch Scheinpilze genannt, da sie in ihrer Lebensweise Pilzen sehr ähneln, tatsächlich aber näher mit Braunalgen als mit Pilzen verwandt sind.

Die ersten Krebspesterreger wurden in Europa im 19. Jahrhundert, vermutlich mit Flusskrebarten aus Nordamerika eingeschleppt, wobei die ersten dokumentierten Krebspestausbrüche 1859 in Italien erfolgten (Rezinciuc et al. 2015; Svoboda et al. 2017). Von dort breitete sich die Krankheit rasch auf weite Teile Europas aus. 20 Jahre nach dem ersten Krebspestausbruch in Italien wurden auch in Österreich Massensterben unter den heimischen Flusskrebsen verzeichnet, die auf Krebspesterreger zurückzuführen sind (Aldermann 1996). Bis heute sind grob geschätzt etwa 80 % der heimischen Flusskrebspopulationen durch die Ausbreitung der Krebspest verschwunden. (Berger & Füreder 2013; Souty-Grosset et al. 2006).

A. astaci wird zu den hundert schlimmsten invasiven Arten der Welt gezählt (Martín-Torrijos 2021) und der Erreger findet sich auf der Liste der invasiven Arten der EU-Richtlinie über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten (Europäische Union 2014). Die EU-Richtlinie sieht strenge Bestimmungen zur Prävention und Abschwächung der nachteiligen Auswirkungen durch die Verbreitung der Krebspesterreger und nicht heimischer Flusskrebse vor, die in Österreich bislang jedoch nur ansatzweise verfolgt werden.

Die rasante und anhaltende Verbreitung der Krebspesterreger liegt zum einen an der hohen Widerstandskraft amerikanischer Flusskrebse gegenüber der Krankheit und zum anderen an der langen Lebensdauer der Erregersporen von *A. astaci* im Wasser. Beide Faktoren führten und führen immer wieder zu Gewässerbewirtschaftungen die ein Massensterben heimischer Flusskrebse nach sich ziehen.

Die amerikanischen Flusskrebse haben im Laufe der Evolution weitgehend eine Resistenz gegenüber den Krebspesterregern entwickelt und zeigen bei Befall in der Regel keine Krankheitssymptome (Aldermann 1996). Amerikanische Flusskrebse sind in der Lage die Krebspesterreger einzukapseln, sodass sie sich nicht weiter im Gewebe des Krebses verbreiten können (Jussila et al. 2021). Im Zuge der Häutung, oder bei Verletzungen, spätestens aber nach dem Tod eines befallenen Flusskrebse, werden die Erreger frei und suchen einen neuen Wirt im freien Wasser (Söderhäll & Cerenius 1999). Dazu bilden die Krebspesterreger massenhaft Sporen aus, die sich mit einer Geißel fortbewegen können (Söderhäll & Cerenius 1999). Diese Sporen sind im Wasser mehrere Tage überlebensfähig (Hager 2006). Treffen die Erregersporen auf einen heimischen Flusskrebs, beginnt eine Kettenreaktion, die schneeballartig zum Massensterben bis hin zur Auslöschung ganzer Flusskrebspopulationen innerhalb weniger Tage führen kann (Söderhäll & Cerenius, 1999). Die heimischen Flusskrebse sind gegenüber den Krebspesterregern sehr anfällig da sie nicht in der Lage sind, die Erreger einzukapseln oder durch andere Mechanismen abzuwehren (Rezinciuc et al. 2015). Wenige Stunden nach dem Befall zeigen heimische Flusskrebse ein lethargisches Verhalten und Lähmungserscheinungen (Rezinciuc et al. 2015). In dieser Zeit breitet sich der Erreger im Gewebe des Flusskrebse aus und bricht mitunter sogar im Bereich der Gelenkshäute und Augen pilzartig aus dem Panzer hervor (Abb. 2; Söderhäll & Cerenius 1999). Nach wenigen Tagen tritt der Tod infizierter Flusskrebse auf und Massen an Sporen treten aus dem toten Körper aus auf der Suche nach neuen Wirten (Alderman 1996).

Die Skizzierung des Lebenszyklus und des Verbreitungspotentials des Krebspesterregers zeigt, dass die Krankheit die invasive Ausbreitung nicht heimischer Flusskrebse massiv begünstigt. Gleichzeitig ist aber auch eine Verbreitung von Krebspesterregern ohne invasive Flusskrebse möglich. In mehreren Fällen wurde der Ausbruch der Krebspest in abgelegenen Oberläufen (Auer et al. 2015) und isolierten Bergseen (Auer et al. in prep. 2022b) dokumentiert, ohne dass amerikanische Flusskrebse die Gewässer dabei besiedelt haben. Die Vektoren, die für die Verbreitung der Krebspesterreger verantwortlich sind, bleiben meist unerkannt. Neben Tieren kommen aufgrund ihrer hohen Mobilität oftmals Menschen für die Übertragung der Krebspesterreger in Frage. Über nasse Kleidung und Gegenstände, wie Angelausrüstung und Gummistiefel können Sporen der Krebspesterreger unbeabsichtigt von einem Gewässer in ein anderes gelangen und einen Krebspestausbruch verursachen (Gumpinger et al. 2018). Transportwässer von Besatzfischen, sowie Baumaschinen und Geräte, die im Wasserbau Verwendung finden, sind ebenfalls potentielle Vektoren (Hennings & Riechmann 2015) für die Verbreitung der Krebspest in abgelegene Gewässer.



Abb. 2: Im Endstadium tritt der Krebspesterreger pilzartig aus dem Panzer des Steinkrebse hervor. © S. Auer. – Fig. 2: In the final stage, the crayfish plague pathogen emerges from the carapace of the stone crayfish like a fungus. © S. Auer.

Invasive Flusskrebarten

Auch wenn eine eingehende Betrachtung der Ausbreitung nicht heimischer Flusskrebse immer die Berücksichtigung der Verbreitung der Krebspesterreger erfordert, so darf nicht außer Acht gelassen werden, dass invasive Flusskrebse per se eine Gefährdung für heimische Flusskrebse darstellen. Nicht heimische Flusskrebse sind selbst ohne die Übertragung von Krankheiten wie der Krebspest in der Lage heimische Flusskrebsebestände zu bedrohen (Bubb et al. 2006). In der direkten Konkurrenz um Nahrung und Lebensraum haben invasive Flusskrebarten meist mehrere Vorteile. Die Invasoren sind in der Regel toleranter

gegenüber negativen Umwelteinflüssen, weisen schnellere Fortpflanzungsraten auf, zeigen ein ausgeprägtes Ausbreitungsverhalten und sind in vielen Fällen den heimischen Flusskrebse gegenüber aggressiv und physisch überlegen (Ercoli et al. 2014).

Da im letzten Jahrzehnt plötzlich mehrere neue nicht heimischer Flusskrebsarten in verschiedenen europäischen Gewässern aufgetaucht sind (Weiperth et al. 2023, Chucholl & Chucholl 2021), deren Einfluss auf die heimischen, aber auch auf die etablierten nicht heimischen Flusskrebse noch nicht klar ist, werden die nicht heimischen Flusskrebse nachstehend in zwei Gruppen geteilt. Während die etablierten nicht heimischen Flusskrebse vorwiegend auf bewusste Besatzmaßnahmen im vorigen Jahrhundert zurückgehen, haben viele Vorkommen der neuen nicht heimischen Flusskrebse ihren Ursprung im Aquarienhandel.

Etablierte nicht heimische Flusskrebse

Da der Signalkrebs *Pazifastacus leniusculus* (Dana, 1852) mit Beginn der 1970er Jahren systematisch in vielen Gewässern in ganz Österreich besetzt worden ist, handelt es sich um die mit Abstand verbreitetste nicht heimische Flusskrebsart in Österreich (Hager 2006). Die Signalkrebsbestände haben sich rasch etabliert und breiten sich bis heute ungebrems in den heimischen Gewässern aus. Als Ausbreitungshemmnis in den größeren Fließgewässern gelten ausschließlich zu geringe Wassertemperaturen in den Sommermonaten, die eine erfolgreiche Fortpflanzung der Signalkrebse verhindern (Auer et al. 2020).

Neben dem Signalkrebs ist auch der Kamberkrebs *Orconectus limosus* (Rafinesque, 1817) bereits vor Jahrzehnten in mehreren Bundesländern Österreichs angesiedelt worden (Spitzky 1971). Obwohl der Kamberkrebs auch in der Lage ist Fließgewässer zu besiedeln, kommt die Art bis heute vorwiegend in Seen vor und die Verbreitungsgefahr geht vor allem von menschlichen Aktivitäten aus (Petutschnig 2009).

Der Rote Amerikanische Sumpfkrebs *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) wurde im Jahr 2005 das erste Mal in Österreich dokumentiert und bis heute gibt es nur wenige Nachweise der Art im Inland (Petutschnig 2009). Da der Rote Amerikanische Sumpfkreis jedoch in mehreren Ländern Europas seit Jahrzehnten weit verbreitet ist und dort zum Teil massive Probleme verursacht, ist die Art ebenfalls zu den etablierten nicht heimischen Flusskrebsen zu zählen. Neben der Gefahr für die heimischen Flusskrebse wirken sich die umfassenden Grabtätigkeiten des Roten Amerikanischen Flusskrebses häufig negativ auf die Gewässer und deren Uferbereiche aus.

Neue nicht heimische Flusskrebse

In den letzten Jahren häuften sich in Europa Berichte über Erstnachweise und die Ausbreitung von nicht heimischen Flusskrebsarten im Freiland (Weiperth et al. 2020). Die invasiven Arten gelangten vermutlich zum überwiegenden Teil über den Aquarienhandel in die heimischen Gewässer. Viele Arten zeigen sich dabei äußerst robust gegenüber den Umweltbedingungen im Freiland und breiten sich schnell aus. Die neuen Invasoren führen zu neuen zwischenartlichen Konkurrenzsituationen unter den Flusskrebsen, deren Ausgang schwer absehbar ist. Die Tatsache, dass im Jahr 2023 in Ungarn 25 unterschiedliche nicht heimische Flusskrebsarten im Freiland nachgewiesen worden sind, von denen acht Arten selbsterhaltende Populationen bildeten (Weiperth et al. 2023), verdeutlicht das Gefährdungspotential für heimische Flusskrebse.

Im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern wurde in Österreich bislang nur eine neue nicht heimische Flusskrebssart nachgewiesen: Der Marmorkrebs (*Procambarus virginalis* Lyko, 2017) wurde in Teichen in Salzburg (Latzer & Pekny 2018) und Wien (Pichler & Timaeus 2020) festgestellt. Bei dem Marmorkrebs handelt es sich um eine besonders robuste Flusskrebssart, die erstmals in den 1990er-Jahren im Aquarienhhandel in Deutschland entdeckt worden ist und sich durch Jungfernzeugung fortpflanzt (Martin et al. 2010). Aus diesen Gründen ist die Art äußerst invasiv und breitet sich auch außerhalb Europas sehr schnell aus.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass neue nicht heimische Flusskrebssarten künftig in Österreich verbreitet auftreten und die heimischen Flusskrebssbestände zunehmend gefährden.

Lebensraumverlust

Der seit dem 19. Jahrhundert andauernde Verlust von Flusskrebsslebensräumen ist vor allem auf Gewässerregulierungen zurückzuführen. In den letzten Jahren wurden aber auch vermehrt negative Auswirkungen durch den Klimawandel auf die Lebensraumeignung von Gewässern festgestellt.

Gewässerregulierung

In Österreich, wie in vielen anderen Ländern Europas, hat sich die Gewässerlandschaft durch gezielte Eingriffe des Menschen seit dem 19. Jahrhundert stark verändert (Hohensinner et al. 2021). Im Zuge von Gewässerregulierungen zum Hochwasserschutz, zur Energieerzeugung, zur Verbesserung der Schiffbarkeit, sowie zur Landgewinnung sind bedeutende Wasserflächen in Österreich verloren gegangen. Dadurch kam es zu einem signifikanten Verlust von Lebensräumen für Flusskrebse. Die Regulierungsbestrebungen führen jedoch nicht nur zu einem quantitativen Verlust von Lebensräumen, sondern beeinflussen auch die Qualität der verbliebenen Gewässer negativ. Obwohl Flusskrebse in der Lage sind unterschiedliche Gewässertypen zu besiedeln und unter breit gefächerten hydrologischen Bedingungen vorkommen, stellen sie hohe Anforderungen an die Struktur der Gewässersohle (Gumpinger et al. 2018). Die Gewässersohle muss artspezifische Verstecke und die Möglichkeit zum Graben von Höhlen bieten, um ein dauerhaftes Vorkommen von Flusskrebss zu ermöglichen. Durch Gewässerregulierungen kommt es nach wie vor zu Versiegelungen der Sohle und zu einer Veränderung des Feststoffhaushalts. Letzteres führt gemeinsam mit einer Veränderung der Landnutzung zu einer erhöhten Feinsedimentfracht in vielen Gewässern (Höfler et al. 2016). Ein erhöhter Anteil von Feinsedimenten, also Sedimenten mit einer Korngröße unter 2 mm Durchmesser, führt zu einer Verlegung von Verstecken und Höhlen und verhindert unter Umständen das Graben von neuen Wohnhöhlen. Darüber hinaus können Feinsedimentablagerungen mit einem hohen organischen Anteil zur Sauerstoffzehrung im Gewässer führen (Gumpinger et al. 2018).

Die Regulierung der großen Gewässer ist in Österreich weitgehend abgeschlossen und es gibt kleinräumige Renaturierungsbemühungen, um die negativen Effekte der Gewässerverbauung lokal zu mindern. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass heute in den größeren Flüssen vor allem nicht heimische Flusskrebse anzutreffen sind. Im Gegensatz zu den großen Flüssen gibt es in zahlreichen kleinen Bächen und Gräben der Oberläufe noch einen Bedarf an neuen Regulierungen und Verbauungen zur Sicherung von Siedlungsräumen.

Im Zuge der Wildbachverbauung werden nach wie vor potentielle Steinkrebs- und Dohlenkrebslebensräume reguliert (Gumpinger et al. 2018). Neben der direkten Zerstörung des Lebensraums ist dabei auch die Gefahr der Verbreitung von Krebspesterregern durch Bautätigkeiten nicht außer Acht zu lassen.

Klimawandel

Der Klimawandel zeigt bislang drei bekannte Veränderung von Umweltbedingungen, die sich auf die Lebensraumqualität von Flusskrebsen auswirken und nachstehend kurz angeführt werden. Aufgrund multifaktorieller Auswirkungen des Klimawandels können das Ausmaß, die Art und Weise, sowie Bedeutung der Lebensraumveränderungen zum heutigen Stand nicht vollumfänglich abgeschätzt werden, und die nachfolgenden Punkte sind bestenfalls als Beispiele zu verstehen.

Feinsedimentbelastung: Durch die Zunahme von Starkniederschlagsereignissen erhöht sich das Erosionspotential in den Gewässern und im Gewässerumland. Die verstärkten Erosionstätigkeiten führen zu einer Erhöhung der Feinsedimentfrachten und wirken sich dadurch negativ auf Flusskrebslebensräume aus (Höfler et al. 2016). In gletscherbeeinflussten Gewässersystemen steigt zudem der Feinsedimentanteil auch durch die klimabedingte Verstärkung des Gletscherschluffs, wodurch eine Veränderung des Feststoffhaushalts zu erwarten ist (Gumpinger et al. 2018).

Dürre: In den letzten Jahren wurde mehrfach festgestellt, dass mit Steinkrebsen besiedelte Oberläufe regelmäßig austrocknen (Auer et al. 2022a; Dümpelmann & Schubert 2020). Steinkrebse sind grundsätzlich in der Lage sich mehrere Dezimeter einzugraben und gegebenenfalls in feuchten, bzw. wasserführenden Schichten zu überleben (Dümpelmann & Schubert 2020). Bei trocken-fallenden Bächen wurde jedoch auch dokumentiert, dass sich Steinkrebse in den verbliebenen Tümpeln gesammelt haben und dort, vermutlich aufgrund der hohen Wassertemperaturen, verendeten (Auer et al. 2022a). Mit der Zunahme von Dürreereignissen sinkt die Lebensraumeignung von kleinen Gewässern, wie Oberläufen und Teichen für Flusskrebse. Bislang ist davon vor allem der Steinkrebs betroffen, Auswirkungen auf die anderen heimischen Flusskrebse sind aber erwartbar.

Temperaturanstieg: Während Steinkrebse und Dohlenkrebse sommerkühle Gewässer mit 8 °C bevorzugen, benötigen die anderen beiden Arten deutlich höhere Wassertemperaturen von zumindest 16 °C in den Sommermonaten für eine erfolgreiche Fortpflanzung (Hager 1996). Allgemein nehmen die Temperaturen in den heimischen Gewässern klimawandelbedingt zu. Das bedeutet, dass sich der maßgeblich limitierende Faktor für die Verbreitung von Flusskrebsen in kühleren Gewässern langsam verändert. Es ist davon auszugehen, dass Gewässer wie die obere Enns bei einer weiteren Erhöhung der Wassertemperaturen von Flusskrebsen besiedelt werden können (Auer et al. 2020a). Dies führt zum einen zu einer theoretischen Vergrößerung des potentiell besiedelbaren Lebensraums für Edelkrebse, zum anderen zur Verschiebung der Verbreitungsgrenze für nicht heimische Flusskrebse. In Anbetracht der tatsächlichen Verbreitung heimischer und nicht heimischer Flusskrebse ist künftig vermutlich letzteres für den Artenschutz relevanter.

Gewässerverschmutzung

Die heimischen Flusskrebse zeigen in Abhängigkeit ihrer Art geringe Toleranzen gegenüber organischen Belastungen, reagieren aber sensibel auf chemische Verschmutzungen (LfU 2019). Durch anhaltende Bemühungen zur Verbesserung der Gewässergüte seit Ende

des vorigen Jahrhunderts, sind heute die meisten Fließgewässern und Seen in Österreich in einem zufriedenstellenden Zustand (BMLFW 2022) und basierend auf den untersuchten physikalisch-chemischen Parametern für Flusskrebse grundsätzlich besiedelbar (LFU 2019).

Neben den Standardparametern der Gewässergüteuntersuchung sind für eine umfassende Beurteilung der Lebensraumeignung für Flusskrebse aber auch Pestizid- und Medikamentenrückstände zu berücksichtigen. Da viele Insektizide unspezifisch auf das Nervensystem oder auf Stoffwechselkreisläufe von Insekten wirken, reagieren Flusskrebse, als nahe verwandte Organismengruppe bereits auf geringen Mengen von Pestizidrückständen im Wasser (Schulz et al. 2021). Fische und andere Wirbeltiere bleiben hingegen von den, auf Insekten abzielenden Stoffen oft unbeeinflusst, wodurch Gewässerverschmutzungen häufig nicht erkannt werden (Pilz et al. 2022). Trotz der möglicherweise gravierenden Auswirkungen auf Flusskrebse sind die Auswirkungen von Pestiziden, Arzneimitteln, chemischen Duftstoffen, sowie diversen Trägerstoffen und vor allem ihren Wechselwirkungen schlecht bis gar nicht untersucht.

Eine Untersuchung des Makrozoobenthos in einem kleinen Einzugsgebiet legt den Schluss nahe, dass Steinkrebse aufgrund von nachgewiesenen Pestiziden und Arzneistoffen in Bachabschnitten mit landwirtschaftlich geprägtem Umland nur mehr in Gewässern innerhalb von Waldflächen vorkommen (Pilz et al. 2022). Die aktuellen Vorkommen von bekannten Steinkrebsbeständen in Oberösterreich, die beinahe ausschließlich in Oberläufen mitten im Wald liegen (Auer et al. 2018, 2022a) unterstützen die Hypothese.

Auch wenn im Zusammenhang mit chemischen Stoffen im Gewässer vieles unklar ist, ist die Gewässerverschmutzung als eine mögliche Ursache für den Rückgang der heimischen Flusskrebse bei Artenschutzprojekten mit zu berücksichtigen.

Maßnahmen zum Schutz heimischer Flusskrebse

Die umfassende Gefährdung heimischer Flusskrebse kann in absehbarer Zeit durch kumulative Effekte zum Verschwinden der heimischen Bestände in Österreich führen. Um dem Artverlust entgegenzuwirken sind deshalb dringend Schutzmaßnahmen erforderlich, wie in nationalen und internationalen Berichten festgehalten wird.

In der nachstehenden Wirkungsmatrix (Tab. 4), die auf Experteneinschätzungen der Autoren der vorliegenden Abhandlung basiert, werden unterschiedliche Maßnahmen und ihr Schutzpotenzial im Hinblick auf die vier bedeutendsten Gefährdungsursachen und den Artenverlust, als ultimativem kumulativen Effekt anhaltender Gefährdungen, angeführt.

Die angeführten Schutzmaßnahmen unterscheiden sich zum Teil deutlich in ihrer Wirkungsweise auf die Gefährdungsursachen und werden im Folgenden in absteigender Bedeutung für den Artenschutz kurz behandelt.

Regionale und überregionale Planungen

Zunehmend auf isolierte Vorkommen beschränkte Restpopulationen von heimischen Flusskrebsen und die stete Ausbreitung nicht heimischer Flusskrebse und der Krebspesterreger, erfordern die Kenntnis der aktuellen Verbreitung heimischer und nicht heimischer Arten als Basis für ein Artenschutzmanagement. Nur auf Grundlage aktueller Verbreitungskarten und einer Übersicht der Lebensraumeignung und Immissionsbelastung der relevanten Gewässer können zielgerichtete und nachhaltig wirksame Maßnahmen

Tab. 4: Potenzial von Schutzmaßnahmen hinsichtlich verschiedener Gefährdungsursachen und ihre Bedeutung im Artenschutz für die vier heimischen Flusskrebsarten. – Tab. 4: Potential of protective measures with regard to various causes of threat and their importance in species protection for the four native crayfish species.

Schutzmaßnahme	Gefährdungen					Flusskrebsarten			
	Krebspest	Invasive Arten	Lebensraumverlust	Verschmutzung	Artverlust	Edelkrebs	Steinkrebs	Dohlenkrebs	Gal. Sumpfkrebs
Regionale und überregionale Planungen	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Sicherung isolierter Bestände	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Informationskampagnen	stark	stark	mäßig	stark	stark	stark	stark	mäßig	stark
Desinfektion	stark	stark	gering	gering	stark	stark	stark	gering	stark
Zucht und Wiederbesiedelung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	mäßig	gering	gering
Immissionsreduktion	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Gewässerrenaturierung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Nutzungsbeschränkungen	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Bekämpfung etab. invasiver Bestände	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering

Schutzpotenzial (Legende)

<i>stark</i>	stark
<i>mäßig</i>	mäßig
<i>gering</i>	gering
<i>keines</i>	keines
<i>teilweise unbekannt</i>	teilweise unbekannt

zum Schutz heimischer Flusskrebse geplant und umgesetzt werden. In Anbetracht der beschränkten Ressourcen im Artenschutz ist die Umsetzung von Einzelmaßnahmen ohne eine regionale Betrachtung der aktuellen Situation der heimischen Flusskrebse nicht empfehlenswert, da erst im Zusammenspiel mehrerer Maßnahmen eine ausreichende Schutzwirkung erzielt werden kann.

Obwohl auf regionaler Ebene bereits mehrfach Managementpläne zum Schutz heimischer Flusskrebse erstellt wurden, die den Rahmen für eine koordinierte Umsetzung von Schutzmaßnahmen und Ziele enthalten (Auer et al. 2018, 2020b, 2022a; Ressi et al. 2019), fehlen in Österreich überregionale Planungen bislang zu Gänze. Nationale Planungen zum Schutz heimischer Flusskrebse sind in mehreren Ländern Europas (Stucki & Zaugg 2011) vorhanden und ermöglichen neben vergleichbaren methodischen Ansätzen einen Überblick der Situation der heimischen Flusskrebse auf nationaler Ebene.

Regionale wie überregionale Planungen zum Schutz heimischer Flusskrebse sollten zumindest folgende Punkte berücksichtigen:

- Vorkommen, Ausbreitungstendenzen und Zustand heimischer und nicht heimischer Flusskrebse, mit einer standardisierten Methodik ermittelt wie in Auer et al. (2018, 2022c);

- Erhebung der Lebensraumqualität, sowie der Wasser- und Umlandnutzung besiedelter Gewässer;
- Standardisierte Einschätzung des Gefährdungspotentials durch nicht heimische Flusskrebse und Krebspesterreger wie in Auer et al. (2018, 2022c);
- Definition von quantifizierbaren Managementzielen und Priorisierung von Umsetzungsmaßnahmen zu ihrer Erreichung;

Sicherung isolierter Bestände

Es ist auszuschließen, dass Edel- und Steinkrebsbestände aufgrund der Ausbreitung nicht heimischer Flusskrebse wieder ihre ursprünglichen Verbreitungsgebiete in Österreich besiedeln können. Ein gesicherter Fortbestand heimischer Flusskrebse ist demnach nur mehr in isolierten, für nicht heimische Flusskrebse unerreichbaren Gewässern möglich. Daher soll der Fokus von Artenschutzmaßnahmen nicht auf Bestände gelegt werden, die akut von invasiven Arten bedroht sind, sofern noch andere, isolierte Populationen in der Region vorkommen. Die Ausweisung von Kernzonen mit gesicherten heimischen Flusskrebspopulationen kann als Teil einer regionalen Planung zum Artenschutz beitragen (Auer et al. 2022b; Stucki & Zaugg 2011). Neben einem geeigneten Isolationsgrad, der gegebenenfalls durch künstliche Wanderbarrieren wie Krebsperren (Gumpinger et al. 2018) erhöht werden kann, muss der isolierte Lebensraum, für die Besiedelung mit einer vitalen Population geeignet sein. Durch begleitende Maßnahmen wie Informationskampagnen und Bewirtschaftungseinschränkungen für das Gewässer und sein Umland kann der Schutz isolierter Bestände zusätzlich erhöht werden (Auer et al. 2018).

Informationskampagnen

Eine der größten Gefahren für die heimischen Flusskrebse geht von der Verbreitung nicht heimischer Flusskrebse und der Krebspesterreger durch menschliche Aktivitäten aus. Das Aussetzen nicht heimischer Arten im Freiland passiert in der Regel ohne Wissen über die Konsequenzen auf die heimische Fauna. Die Verschleppung von Krebspestereggern erfolgt ebenfalls meist unbewusst und unbemerkt. Es bedarf einer Themen-Sensibilisierung über gezielte Informationen an alle am und im Wasser tätigen Akteure im Bereich schützenswerter Flusskrebsbestände (Auer et al. 2018). Die Bewusstseinsbildung soll aber auch durch Verbände, Vereine, Veranstalter und Arbeitgeber an Personen herangetragen werden, die sich überregional regelmäßig in verschiedenen Gewässern aufhalten. Es ist von Menschen, die Kenntnis über die Gefahren von invasiven Flusskrebsarten und Krebspestereggern haben, zu erwarten, dass sie ihre Handlungen am Gewässer anpassen, um heimische Flusskrebse nicht zu gefährden.

Desinfektion

In Österreich wird die Desinfektion von Materialien zur Reduktion der Verbreitung der Krebspesterreger in der breiten Bevölkerung nicht thematisiert. Durch eine einfache, in der Praxis von professionellen Anwendern bewährten Desinfektion, beispielsweise mit Virkon S, wird der Einsatz von nassen Materialien an unterschiedlichen Gewässern unbedenklich, ohne dabei heimische Gewässerorganismen zu beeinträchtigen (Jussila et al. 2014). Sportgeräte, Gummistiefel und selbst Baumaschinen sind innerhalb weniger Minuten frei von Krankheitserregern und können unmittelbar nach der Behandlung eingesetzt werden. Im Zusammenhang mit den oben genannten Informationskampagnen wird die Bereitstel-

lung von Handlungsanleitungen und Desinfektionsausrüstungen in sensiblen Gewässern empfohlen. Bei der Ausführung professioneller Tätigkeiten in Gewässern sollte eine Desinfektion zwingend durchgeführt werden.

Zucht und Wiederbesiedelung

In geeigneten Lebensräumen mit hohem Isolationsgrad kann die Wiederbesiedelung mit heimischen Flusskrebsbeständen aus Zuchtprogrammen oder geeigneten, wildlebenden Spenderpopulationen eine sinnvolle Artenschutzmaßnahme sein. Dabei sind jedoch artspezifisch strenge Kriterien für das zu besetzende Gewässer und die Spenderpopulation zu definieren, um negative Auswirkungen auf bestehende, sowie neu zu gründende Flusskrebsbestände zu verhindern (Weißmair et al. 2022). Im Rahmen eines langjährigen Projekts in Oberösterreich zur Schaffung von Genpools ist es durch Zucht- und Wiederbesiedlungsmaßnahmen gelungen, in mehreren Seen und Teichen Edelkrebsbestände im guten Erhaltungszustand zu etablieren (Auer et al. 2022d).

Immissionsreduktion

Maßnahmen zur Immissionsreduktion sollten zum Schutz von Flusskrebsen vor allem auf Bewirtschaftungseinschränkungen des unmittelbaren Gewässerumlands abzielen. Durch landwirtschaftliche Tätigkeiten gelangen Nährstoffe aber auch Pestizide und Arzneimittel ins Gewässer. Durch den Verzicht der Ausbringung von Gülle und Pestiziden in sensiblen Bereichen, kann der Gewässereintrag gefährdender Stoffe deutlich reduziert werden (Pilz et al. 2022). Das ebenfalls problematische Einschwemmen von Feinsedimenten, kann wiederum durch Anpassungen in der Bewirtschaftungsweise umliegender land- und forstwirtschaftlicher Flächen erreicht werden (Höfler et al. 2016). Darüber hinaus empfiehlt sich grundsätzlich die Anlage von Pufferstreifen durch Ufergehölze oder Waldflächen entlang von sensiblen Gewässern (Auer et al. 2018).

Gewässerrenaturierungen

Renaturierungen, also die Herstellung natürlicher, oder naturnahe Lebensräume degradierter Gewässer sind vor allem für den Steinkrebs von Bedeutung. Im Zuge der Wildbachverbauung werden nach wie vor Gewässer durch technische Verbauungen derart umgestaltet, dass sie Steinkrebsen keinen geeigneten Lebensraum mehr bieten (Gumpinger et al. 2018). Durch den fachgerechten Rückbau verbauter Gewässerabschnitte können die Lebensräume unter gewissen Voraussetzungen jedoch wiederhergestellt werden, sodass sie sich zur Wiederbesiedelung (gegebenenfalls durch Besatzmaßnahmen) mit heimischen Flusskrebsen eignen.

Nutzungsbeschränkungen

Die fischereiliche Nutzung von heimischen Flusskrebsen betrifft in Österreich nur den Edelkrebs. Ein Nutzungsverzicht bei Populationen mit geringen Dichten kann zu einer Sicherung oder rascheren Erholung von schwachen Beständen führen. In vielen Fällen führt jedoch die Nutzung von Edelkrebsen zum Nahrungserwerb im Rahmen der geltenden Fischereigesetze zu einem umsichtigen Umgang der Fischereiberechtigten mit den heimischen Beständen und wirkt sich nicht negativ auf die Bestandsentwicklung aus (Auer et al. 2020b). Bei einer laufenden Kontrolle der Bestandsentwicklung kann die nachhaltige Nutzung von Edelkrebsbeständen auch zum Schutz der Art beitragen.

Bekämpfung etablierter invasiver Flusskrebsbestände

Obwohl seit Jahrzehnten in Europa versucht wird, wildlebende nicht heimische Flusskrebsbestände zu eliminieren, haben sich bislang keine Erfolge eingestellt. Durch eine systematische Entnahme, zeitweises Trockenlegen und selbst den Einsatz von Gift gelingt erfahrungsgemäß nur eine temporäre Dichtereduktion. Da es sich bei allen diesen Methoden um sehr zeitaufwändige oder folgenschwere Maßnahmen handelt, wird die Bekämpfung etablierter invasiver Flusskrebsbestände nur in Ausnahmefälle ein geeignetes Mittel zum nachhaltigen Schutz heimischer Flusskrebs darstellen.

Zusammenfassung

Die heimischen Flusskrebsarten sind in Österreich stark gefährdet und können künftig aufgrund der anhaltenden Ausbreitung nicht heimischer Flusskrebse und der Krebspesterreger nur durch einander ergänzende Schutzmaßnahmen auf regionaler Ebene in isolierten Beständen gesichert fortbestehen.

Literatur

- Alderman DJ (1996) Geographical spread of bacterial and fungal diseases of crustaceans. *Revue Scientifique Technique Off. Int. Epiz.* 15, 603–632. DOI <https://doi.org/10.20506/rst.15.2.943>
- Auer S, Auer S, Gumpinger C (2022a) Managementplan zum Schutz der Steinkrebsvorkommen im Naturpark Attersee-Traunsee. Im Auftrag des Naturparks Attersee-Traunsee, Wels 32 pp.
- Auer S, Auer S, Gumpinger C (2022b) Erhebung der Flusskrebsbestände im Laudach- und Offensee anhand von eDNA-Analysen und konventionellen Nachweismethoden zur Validierung der Ergebnisse. Im Auftrag der Österreichischen Bundesforste AG, Wels 16 pp.
- Auer S, Auer S, Gumpinger C (2022c) Methodik zur Erfassung und Bewertung von Edelkrebsbeständen in stehenden Gewässern. Im Auftrag der Österreichischen Bundesforste AG, Wels 28 pp.
- Auer S, Auer S, Gumpinger C (in prep.) Reconquering old territories – case studies from Austria on the reestablishment of populations after a crayfish plague outbreak. Report as basis for the presentation at the CrayfIT, the Regional European IAA Meeting in Pavia, Italy (September 2023)
- Auer S, Gumpinger C, Guttmann S (2015) Occurrence and distribution of the crayfish plague pathogen (*Aphanomyces astaci*) in small brooks in the Upper Austrian flysch formation/Report as basis for the presentation at the European Crayfish Conference in Landau, Wels 18 pp.
- Auer S, Picher-Scheder C, Gumpinger C (2020a) Erfassung der Flusskrebsbestände im Nationalpark Gesäuse zur Abschätzung der Ausbreitungstendenz des Signalkrebse und seines Gefährdungspotentials. Im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH, Wels 37 pp.
- Auer S, Picher-Scheder C, Gumpinger C (2020b) Erfassung der Steinkrebsbestände im Naturpark Ybbstal zur Ermittlung der Verbreitung und des Erhaltungszustands als Managementgrundlage. Im Auftrag der Stadtgemeinde Waidhofen, Wels, 41 pp.
- Auer S, Weißmair W, Auer S, Gumpinger C (2022d) Artenschutzprojekt Edelkrebs/Zwischenbericht 2022. Im Auftrag des Amtes der OÖ Landesregierung, Linz 14 pp.
- Auer S, Weißmair W, Gumpinger C. (2018) Managementplan Bäche der Steyr- und Ennstaler Voralpen (Managementplan). Im Auftrag des Amtes der OÖ Landesregierung, Linz 40 pp.
- Berger C, Füreder L (2013) Linking Species Conservation Management and Legal Species Protection: A Case Study on Stone Crayfish. *Freshwater Crayfish* 19, 161–175

- Bubb DH, Thom TJ, Lucas MC (2006) Movement, dispersal and refuge use of co-occurring introduced and native crayfish. *Freshwater Biology* 51, 1359–1361
- BMLFW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft) Abteilung I/2: Nationale und internationale Wasserwirtschaft (2022) Wassergüte in Österreich/Jahresbericht 2018-2020/Überwachung des Gewässerzustands gemäß GZÜV (BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.F. BGBl. II Nr. 128/2019), Wien 240 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. DOI <https://doi.org/10.1111/fwb.13813>
- Dümpelmann C, Schubert L (2020) Artensteckbrief Steinkrebs (*Austropotamobius torrentium*)/Stand 2020, Im Auftrag des Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie/Abteilung Naturschutz, Gießen 10 p.
- Ellmauer T, Igel V, Kudrnovsky H, Moser D, Paternoster D (2019) Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich 2016–2018 und Grundlagenstellung für den Bericht gemäß Art.17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019: Endbericht, Kurzfassung, Reports, Bd. REP-0729. Umweltbundesamt, Wien. Im Auftrag der österreichischen Bundesländer.
- Ercoli F, Ruokonen T. J, Hämäläinen H, Jones R (2014) Does the introduced signal crayfish occupy an equivalent trophic niche to the lost native noble crayfish in boreal lakes? *Biological Invasions*, 16(10), 2025–2036. DOI <http://doi.org/10.1007/s10530-014-0645-x>
- Europäische Kommission (1992) Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie; FFH-Richtlinie): Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Konsolidierter Text, 59 pp.
- Europäische Union: Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 2. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten. Amtsblatt der Europäischen Union, L 317/35, 4.11.2014.
- Gumpinger C, Schauer M, Auer S (2018): Artenschutz im Gebirgsbach – Zum Umgang mit Steinkrebsvorkommen in Gewässern in der Zuständigkeit der Wildbach- und Lawinenverbauung. In: Schutz vor Naturgefahren, Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreich. Bregenz, 82 (182), 42–153, ISBN 978-3-9504159-6-4, 1
- Hager J (1996) Edelkrebse – Biologie, Zucht, Bewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag, Graz, Stuttgart, 127 pp.
- Hager J (2006) Die Einführung des Signalkrebse (*Pacifastacus leniusculus* Dana) in Europa. *Forum Flusskrebse* 5/2006, 3–21
- Hennings R, Riechmann H (2015) Ausbau Unfallpunkt Bundesstraße 460 Fürth-Leberbach: Monitoring der Orchideen und Steinkrebs im Jahre 2014 und abschließender Endbericht über das Monitoring 2012 bis 2014. – FISHCALC, Büro für Fischereiberatung, unveröffentlichter Bericht im Auftrag von HessenMobil, Bensheim.
- Höfler S, Gumpinger C, Hauer C (2016) Coarse sand as a specific problem for aquatic ecosystems in granite-dominated landscapes. In: Wieprecht S., Haun S., Weber K., Noack M. & C. Terheiden (Ed.): Proceedings of the 13. Int. Symposium on River Sedimentation (Stuttgart, 19. – 22. September 2016), 865
- Hohensinner S, Egger G, Muhaer S, Vaudor L, Piégay H (2021) What remains today of pre-industrial Alpine rivers? Census of historical and current channel patterns in the Alps. *River Research Applications* 37, 128–149
- Jussila J, Edsman L, Maguire I, Diéguez-Uribeondo J & Theissing K (2021) Money Kills Native Ecosystems: European Crayfish as an Example. *Front. Ecol. Evol.* 9, 648495 DOI 10.3389/fevo.2021.648495

- Jussila J, Toljamo A, Makkonen, Kukkonen H, Kokko H (2014) Practical disinfection chemicals for fishing and crayfishing gear against crayfish plague transfer. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2014) 413, 02. DOI 10.1051/kmae/2014002
- Latzer D, Pekny R (2018). Erstnachweis des Marmorkrebses (*Procambarus fallax f. virginalis*) in Salzburg bzw. In Österreich. *Österreichs Fischerei* 71(8/9), 227–240
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019) Fische, Muscheln, Krebse. https://www.lfu.bayern.de/natur/fische_muscheln_krebse/krebse/index.htm, geprüft am 05.01.2022
- Martin P, Dorn NJ, Kawai T, van der Heiden C, Scholtz G (2010) The enigmatic Marmorkrebs (marbled crayfish) is the parthenogenetic form of *Procambarus fallax* (Hagen,1870). *Contributions to Zoology* 79(3), 107–118
- Müller M, Weinländer M (2022) Edelkrebs und Kamberkrebs im Weißensee im Jahr 2022/Tätigkeitsbericht für den Naturpark Weißensee und den Fischereiverband Spittal/Drau, Weißensee 29 pp.
- Martín-Torrijos L, Martínez-Ríos M, Casabella-Herrero G (2021) Tracing the origin of the crayfish plague pathogen, *Aphanomyces astaci*, to the Southeastern United States. *Sci Rep* 11, 9332 (2021). DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88704-8>
- Pichler A, Timaeus L. (2020) Erstnachweis des Marmorkrebses (*Procambarus virginalis*) in Wien. *Biodiversität und Naturschutz in Ostösterreich – BCBEA* 5/2, 94–96
- Pilz I, Armingier P, Pichler-Scheder C, Lerchegger-Nitsche B, Auer S, Auer, S, Gumpinger C (2022) Auswirkungen von Pestiziden und Arzneimittel auf Makrozoobenthosgemeinschaften und Steinkrebsbestände im Suzbach. Im Auftrag der OÖ. Landesregierung, Wels 96 pp.
- Petutschnig J (2001) Flusskrebsvorkommen in Kärnten. *Rudolfinum, Jahrbuch des Landesmuseums für Kärnten* 2000, 291–304
- Petutschnig J (2009) Rote Liste der Flusskrebse (Decapoda) Österreichs. In: Zulka, K. P. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 3: Flusskrebse, Köcherfliegen, Skorpione, Weberknechte, Zika
- Ressi W, Petutschnig J, Angermann K., Melcher D (2019) Natura 2000-Gebietsmanagementplan Mösserner Moor AT2123000, Bericht (Hauptteil). Im Auftrag der Kärntner Landesregierung/Abteilung 8 – Umwelt, Energie und Naturschutz. Klagenfurt 53 pp.
- Rezinciuc S, Sandoval-Sierra J, Oidtmann B, Diéguez-Uribeondo J (2015) The Biology of Crayfish Plague Pathogen *Aphanomyces astaci*: Current Answers to Most Frequent Questions, in: Kawai, T., Faulkes, Z., Scholtz, G. (Eds.), *Freshwater Crayfish*, 182–204, CRC Press. DOI <https://doi.org/10.1201/b18723-12>
- Schulz R, Bub S, Petschick L, Stehle S, Wolfram, J (2021) Applied pesticide toxicity shifts toward plants and invertebrates, even in GM crops. *Science*, 372(6537), 81–84. DOI <https://doi.org/10.1126/science.abe1148>
- Söderhäll K, Cerenius, L (1999). The crayfish plague fungus: history and recent advances. *Freshwater Crayfish* 12, 11–35
- Souty-Grosset C, Holdich DM, Noël PY, Reynolds J, Haffner P. (2006) *Atlas of Crayfish in Europe*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Spitz R (1971) Resistente Amerikanische Flusskrebse ersetzen die europäischen, der Krebspest erliegenden Arten. *Salzburgs Fischerei* 2, 18–25
- Stucki P, Zaugg B (2011) Aktionsplan Flusskrebse Schweiz. Artenförderung von Edelkrebs, Dohlenkrebs und Steinkrebs. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1104, 61 pp.
- Svoboda J, Mrugała A, Kozubíková-Balcarová E, Petrusek A (2017) Hosts and transmission of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci*: a review. *J Fish Dis* 40, 127–140. DOI <https://doi.org/10.1111/jfd.12472>

- Weiperth A, Banyai M, Berenyi A, Müller F, Urbanyi B, Ferincz A (2023) Once, twice, three times, or whenever possible? Reproductive biology and populations dynamics studies of three invasive crayfish and one shrimp species in Hungary. In Book of Abstracts /CrayfIT, the Regional European IAA Meeting in Pavia, Italy (September 2023), 40 pp.
- Weiperth A, Bláha M, Szajbert B, Seprős R, Bányai Z, Patoka J, Kouba A. (2020) Hungary: a European hotspot of nonnative crayfish biodiversity. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 421, 43 pp.
- Weißmair W, Auer S, Gumpinger C (2022) Artenschutzprojekt Edelkrebs (*Astacus astacus*) Oberösterreich/Bestandssicherung und Wiederansiedelung – Übersicht der Bearbeitungsperiode 2017-2021. Im Auftrag des Amtes der OÖ Landesregierung. Sierning und Wels 23 pp.

Eingelangt: 2024 01 22

Anschriften:

Stefan Auer, E-Mail: auer@blattfisch.at (corresponding author)

Samuel Auer, E-Mail: samuel.auer@blattfisch.at

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

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

Die semiaquatische und terrestrische Uferfauna – ripikole Spinnentiere und Insekten

(Arachnida: Araneae, Opiliones; Insecta: Coleoptera, Saltatoria)

Christian Komposch

Wirbellose Tiere machen mehr als 98,5 % der zoologischen Artenvielfalt aus; Insekten und Spinnentiere stellen mit mehr als 44.000 Arten 82 % der heimischen Tierwelt. Die Aulandschaften Österreichs zählen mit etwa 20.000 Tierarten zu den artenreichsten Lebensräumen unserer Breiten. Den Extrembiotop Schotterbank hingegen besiedeln nur wenige Spezialisten, insbesondere aus den Tiergruppen Spinnen, Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Springschwänze. Sie sind ein integraler Bestandteil dieses Ökosystems und durch ihren hohen Anpassungsgrad wertvolle Biotopdeskriptoren sowie Bioindikatoren für die Beurteilung der Naturnähe von Auenlebensräumen.

Ripikole Wirbellose sind bis zu einem gewissen Grad ein Spiegelbild der aquatischen rhithralen Kiesläicher: Als Pendant zu Huchen, Bachforelle und Äsche unter der Wasseroberfläche sind die ripikolen semiterrestrischen Wirbellosen auf dynamische, regelmäßig umgelagerte und damit vegetationslose und ein Lückensystem aufweisende Alluvionen über der Wasseroberfläche angewiesen. Ein Überleben dieser Schotterbank-Fauna nahe der Wasserlinie ist nur durch ein dichtes Netz an qualitativ hochwertigen Habitatsinseln möglich, welches im Sinne des Metapopulationskonzepts den Verlust von Teilpopulationen durch Hochwasserereignisse verkraften und kompensieren kann. Mit der Verbauung und energiewirtschaftlichen Nutzung der Fließgewässer wurden diese Biotope und Ökosystem gestört, degradiert oder gänzlich zerstört. Stark negativ wirken sich zudem Schwall- und Sunk-Ereignisse auf diese sensiblen Zönosen aus. Weitere Gefährdungsursachen sind der Eintrag von Feinsedimenten und Bioziden aus der Landwirtschaft, das Vordringen von Neozoen und der Klimawandel. Der Großteil dieser hoch stenotopen ripikolen Arten findet sich in den höchsten Gefährdungskategorien der aktuellen Roten Listen oder ist bereits regional ausgestorben. Prominente Beispiele hierfür sind die Flussufer-Riesenwolfspinne (*Arctosa cinerea*), der Ritter-Ahlenläufer (*Bembidion eques*) oder der flugunfähige Kurzflügelkäfer *Hydrosmecta leptotyphloides*.

Die Zahl der an Fließgewässer angepassten Spinnentierarten ist hoch: Unter den Weberknechten sind 21 von 71 (30 %) aktuell aus Österreich nachgewiesenen Arten mehr oder weniger stark an das Kleinklima im Umfeld von Fließgewässern gebunden, in der heimischen Spinnenfauna sind es mehr als 120 Spezies (12 %): 35 Arten sind ripikol, 85 Spezies hygrobiont. Ein Verzeichnis ausgewählter arachnologischer Indikatorarten wird präsentiert.

Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern können im Gegensatz zu anderen Ökosystemen schnell wirksam werden, wenn sie 1) ausreichend großflächig umgesetzt werden, 2) dynamische Prozesse ermöglichen und 3) das Wiederbesiedlungspotenzial für die ripikole Fauna vorhanden ist. Dargestellt werden die Monitoring-Ergebnisse an der Oberen Drau, der Unteren Gail, der Neudensteiner Insel und der Unteren Lavant in Kärnten vom 2. bis zum 18. Sukzessionsjahr. Allen gemeinsam sind die kurzfristige Förderung seltener und gefährdeter Pionierarten. Aufgrund unzureichender bzw. fehlender dynamischer Umlagerungs- und Erosionsprozesse verschwinden diese allerdings zumeist nach wenigen Jahren und werden durch eurytope Uferarten ersetzt. Das aktuell beschlossene Renaturierungsgesetz (Nature Restoration Law) der EU stellt eine rechtlich bindende Grundlage und historische Chance für die Wiederherstellung von Fließgewässer-Ökosystemen dar. Bei aller Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit des Ausbaues erneuerbarer Energiequellen darf nicht vergessen werden, dass unsere Bäche und Flüsse für die Wasserkraftnutzung bereits in einem immens hohen und ökologisch nicht mehr vertretbaren Ausmaß ausgebeutet wurden. Folglich ist die Erhaltung der letzten frei fließenden Flussabschnitt das Gebot der Stunde!

Komposch C (2024) Semiaquatic and terrestrial Invertebrates of river banks – ripicolous arachnids and insects (Arachnida: Araneae, Opiliones; Insecta: Coleoptera, Saltatoria).

Invertebrates comprise over 98.5% of the diversity of zoological species in Austria. Arachnids and insects with more than 44,000 species represent 82% of the national fauna. River and floodplain habitats shelter around 20,000 animal species and are thus among the most species-diverse ecosystems of Austria. In contrast, gravel banks are extreme habitats populated by few specialists; the majority of these stenotopic species belong to the Araneae, Carabidae, Staphylinidae and Collembola. They are an integral part of the ecosystem: due to their high levels of adaptation they are valuable habitat descriptors and bioindicators for evaluating the heterogeneity of floodplain habitats.

To a certain degree, ripicolous invertebrates are mirror images of the aquatic rheophilic gravel spawning fish. As counterparts to fish, such as *Hucho hucho*, *Salmo trutta* and *Thymallus thymallus*, these ripicolous arachnids and insects depend on dynamic, regularly rearranged gravel banks which are free of vegetation and rich in micro cavities above the water surface. Survival of this gravel bank fauna near the water line is possible only due to the presence of a tight net of high-quality habitat-islands, which can bear and compensate for the loss of subpopulations of these metapopulation strategists after flood events. River obstruction and hydropower exploitation lead to disturbance, degradation and destruction of these habitats and ecosystems. Hydropeaking results in a strong negative impact on these sensitive coenoses. Additional factors which endanger the habitats are the introduction of fine sediments and biocides from agricultural practice, the spread of alien species and climate warming.

The majority of these highly stenotopic ripicolous species are placed into high Red List categories, such as endangered, and several are already regionally extinct. Prominent examples are the wolf spider *Arctosa cinerea*, the carabid beetle *Bembidion eques* and the flightless rove beetle *Hydrosmecta leptotyphloides*. The number of stenotopic arachnids found along riverbanks is high. For example, 21 of 71 (30%) species of harvestmen (Opiliones) that are recorded in Austria are to varying degrees strictly bound to riverine environments. Regarding the local spider fauna (Araneae), 120 species (12%) are ripicolous (35) or hygrobiotic (85). This paper presents an inventory of the arachnological indicator species.

In contrast to other ecosystems, such as forests, renaturation measures in river systems can succeed quickly, 1) if the implementation is sufficient in size, 2) if dynamic processes are allowed to play out, and 3) if nearby source populations of the ripicolous fauna exist to support recolonization. The monitoring data cover 2 to 18 years of succession for the Carinthian rivers: Upper Drau, Lower Gail, the Neudenstein island in the Drau River and the Lower Lavant. These results across these sites share the fact that rare and endangered pioneer species only briefly occur, and that they are replaced by more eurytopic species within a couple years. This is clearly due to the lack of dynamic processes which are required to create early successional pioneer habitats.

The recently enacted “Nature Restoration Law” of the European Union (10/2023) is a legal commitment and represents a historic chance to repair and improve river ecosystems. Although there is a need to expand renewable energy sources, our rivers are already greatly exploited for hydropower. Thus, protection of the last free flowing river sections is crucial.

Keywords: spiders, beetles, bioindicators, ripicolous fauna, gravelbank, floodplains, restoration, dynamic processes, nature conservation.

*Alle reden von Artenvielfalt – die Wirbellosen bilden sie!***Einleitung**

Wirbellose und allen voran Spinnentiere und Insekten sind in einer Arten- und Individuenfülle in sämtlichen Landlebensräumen des Planeten Erde zu finden, die alle anderen Formen höheren Lebens um ein Vielfaches übertrifft. Es ist eine im Überfluss sprudelnde Quelle der Artenvielfalt und damit auch Schutzobjekten und Bioindikatoren. Ihr allgegenwärtiges Auftreten erlaubt die Dokumentation und Bewertung von Auswirkungen vielfältiger Eingriffe. Die Berücksichtigung der Wirbellosen im Zuge von Projekten, die Lebensräume und Landschaften verändern, und auch bei naturschutzfachlichen Planungen ist unverzichtbar und seit mehreren Jahrzehnten Stand der Technik (Komposch 2022).

Es ist somit offensichtlich, dass es zur repräsentativen Abbildung von Naturzuständen ausnahmslos der Berücksichtigung der Wirbellosen bedarf! Mit dem entsprechenden Basiswissen und den Tiergruppen-Experten ist es gut machbar, die „biologische Werkzeugwahl“ im Angewandten Naturschutz nicht längst überholten Routinen zu überlassen, sondern den Gegebenheiten und Notwendigkeiten der jeweiligen Fragestellung anzupassen!

Der vorliegende Überblick beschreibt die Bedeutung wirbelloser Tiere für die Biodiversität und deren Erforschung, unter besonderer Berücksichtigung der ripikolen Fauna mit Hauptaugenmerk auf die Situation in Österreich (Abb. 1).



Abb. 1: Naturnahe Aulandschaft mit Schotterbänken und Auwäldern an der Gail bei Weidenburg (Kärnten). – Fig. 1: Near-natural floodplain landscape with gravel banks and riparian forests on the River Gail near Weidenburg (Carinthia). Foto/photo: C. Komposch, ÖKOTEAM.



Abb. 2–3: Spinnentiere und Insekten sind die Grundbausteine der Artendiversität. Im Bild die Wolfspinne *Pirata knorri* und der Kurzflügelkäfer *Paederus schoenherri*. – Fig. 2–3: Arachnids and insects are the basic building blocks of species diversity. The photos show the wolf spider *Pirata knorri* and the rove beetle *Paederus schoenherri*. Fotos/photos: C. Komposch, ÖKOTEAM.

Wirbellose und Biodiversität

In der Fauna Österreichs umfassen die in unserem Denken dominant vertretenen Wirbeltiergruppen Fische, Amphibien und Reptilien, Vögel und Säugetiere gemeinsam mit circa 660 Spezies weniger als 1,3 % des Artenspektrums. Hinsichtlich der Biodiversität sind sie im Verhältnis zu den über 53.000 wirbellosen Tierarten Österreichs (Geiser 2018) eine nahezu vernachlässigbare Größe. Für eine repräsentative Betrachtung der Biodiversität und Artenvielfalt von Ökosystemen und Lebensräumen bedarf es der Gliederfüßer (Arthropoda): Mit mehr als 44.000 Arten stellen Spinnentiere und Insekten gemeinsam 82 % der heimischen Tierwelt (Abb. 2–3). Die Aulandschaften Österreichs zählen mit etwa 20.000 Tierarten zu den artenreichsten Lebensräumen unserer Breiten. So beherbergen die Lechauen in Nordtirol – seit langem als Hotspot der Biodiversität bekannt – mindestens 290 Spinnenarten, 135 Laufkäfer- und 327 Kurzflügler-Spezies; die Artenzahl ripikoler Taxa an dem naturnahen Flussabschnitt beträgt 40 für Spinnen, 46 für Laufkäfer und 67 für Kurzflügler (Steinberger 1996; Schatz 2009).

1. Aktueller Zustand der Gefährdung der ripikolen Spinnentier- und Insektenfauna

Vegetationslose Schotterbänke sind Extremlebensräume. Prägende Umweltbedingungen sind Hochwasserereignisse, die zu regelmäßiger Überflutung des Lebensraums und einer Umwälzung des Substrates führen. Der Lebensraum Schotterbank wird von nur wenigen tierischen Spezialisten besiedelt. Die semiaquatische und terrestrische Wirbellosenfauna ist keine taxonomische Einheit. Sie setzt sich vielmehr aus mehreren Tiergruppen zusammen: es sind dies innerhalb der Arthropoden die Insekten, Spinnentiere, Hundert- und Tausendfüßer sowie Krebstiere. Die ripikole Fauna, also die Tierwelt der Schotterbänke, ist nicht nur ein integraler Bestandteil des Ökosystems Fließgewässer, sondern umfasst durch ihren hohen Anpassungsgrad auch wertvolle Biotopdeskriptoren sowie Bioindikatoren für die Beurteilung der Naturnähe von Auenlebensräumen (u. a. Zulka et al. 1998).

Die artenreichsten Taxa sind Spinnen (Araneae), Laufkäfer (Carabidae), Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) und Springschwänze (Collembola); weitere relevante Besiedler von Alluvionen sind Wanzen (Heteroptera), Heuschrecken (Saltatoria) und Zikaden (Auchenor-

rhynga). Auf den Heißbländen gesellen sich zu den genannten Tiergruppen noch die Ameisen (Formicidae) hinzu (Abb. 4).

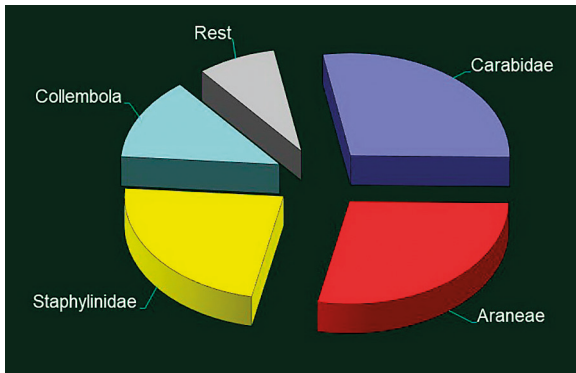


Abb. 4: Verteilung der Artendiversität der Schotterbankfauna: Die an deutschen Mittelgebirgsbächen am artenreichsten vertretenen Tiergruppen sind Laufkäfer, Spinnen, Kurzflügelkäfer und Springschwänze. – Fig 4: Distribution of the species diversity of the gravel bank fauna: the animal groups with the highest species diversity in German low mountain streams are ground beetles, spiders, rove beetles and springtails. Verändert nach/modified from Smit et al. (1997).

Die natürlichen „Katastrophenereignisse“ Hochwässer (Abb. 5) bedeuten den Tod unzähliger Individuen und führen – trotz unterschiedlichster evolutiver Überlebensstrategien (Abb. 6) der einzelnen Taxa – zur Auslöschung ripikoler Teilpopulationen. Zugleich aber stellen sie durch das Zurücksetzen der Sukzession auf frühe, vegetationslose Pionierstadien den passenden, konkurrenzarmen Lebensraum für diese Spezialisten bereit (u. a. Plachter 1998; Schatz 2009).

Man muss also sehr „zäh“ sein, um es umgangssprachlich zu formulieren, um in diesen alles andere als konstanten Biotopen überleben zu können. Folglich könnte man eine geringe Gefährdung durch anthropogene Einflüsse erwarten. Der Gefährdungsgrad dieser hoch spezialisierten Tierarten – aufgrund der vorhin ausgeführten breiten taxonomischen Zugehörigkeit zu mehreren Tiergruppen – jeweils nur sektoral tiergruppenspezifisch analysiert werden. Ein aktuelles Bild wird auf Bundeslandebene mit den Roten Listen gefährdeter Tiere Kärntens gezeichnet: der Anteil an gefährdeten Arten beträgt für die Tiergruppe Spinnen insgesamt 68 %, für Kurzflügelkäfer 60 % und Laufkäfer 50 % (Degaspero 2023; Komposch 2023; Paill 2023).

Bei Betrachtung der ripikolen Gilden aus diesen Tiergruppen liegen die Werte an Rote-Liste-Arten für Staphyliniden bei 90,3 %, Araneen 82,4 %, Carabiden 68,2 % und Heuschrecken 60,0 % (berechnet aus den Einstufungen der Roten Liste gefährdeter Tiere Kärntens (Degaspero 2023; Komposch 2023; Paill 2023; Wöss & Zuna-Kratky 2023). Der Mittelwert für die ripikolen Zönosen aus diesen vier Gruppen beträgt für die 257 betrachteten Arten 80,5 %. So rar sind inzwischen geeignete Habitate geworden. Aufgeschlüsselt nach den Gefährdungskategorien liegen hierzu folgende Werte vor: RE – Regionally Extinct: 12 spp. (5,8 %), CR – Critically Endangered: 54 spp. (26,1 %), EN – Endangered: 66 spp. (31,9 %), VU – Vulnerable: 72 spp. (34,8 %) und DD – Data Deficient: 3 spp. (1,5 %).

Ripikole Spinnenarten wie die österreichweit vom Aussterben bedrohte Flussufer-Riesenvolfspeine (*Arctosa cinerea*; Kat. CR – Critically Endangered) und der stark gefährdete Steinlaufwolf (*Pardosa morosa*; EN – Endangered) sind in ihrem Vorkommen an dynamisch umgelagerte Schotterbänke gebunden (Komposch 2003, 2023).



Abb. 5: Hochwasserereignis am Tagliamento nach einsetzendem Regen. – Fig. 5: Flood event on the Tagliamento after the onset of rain. Foto/photo: C. Komposch, ÖKOTEAM.



Abb. 6: Vielfältige Überlebensstrategien der Wirbellosenfauna: Eingraben im Sediment und Überdauern in kleinen Luftblasen im Lückensystem. Davonlaufen. Wegfliegen. Schwimmen oder auf der Wasseroberfläche laufend entfliehen. Erhöhte Bereiche wie Steine, Felsen, Gräser oder Bäume erklettern. Balloonen bzw. Fliegen am Fadenfloß. – Fig. 6: Diverse survival strategies of the invertebrate fauna: burrowing in the sediment and surviving in small air bubbles in the interstitial system. Running away. Flying away. Swimming or running away on the water surface. Climbing elevated areas such as stones, rocks, grasses or trees. Ballooning or flying on a thread raft. Fotos/photos: C. Komposch, G. Kunz, Hutchinson, Zvoznikov.

Eine taxaübergreifende Gefährdungsbilanz der Tierwelt Kärntens führt nach Auswertung von 27 Tiergruppen zu dem Ergebnis, dass „naturnahe Verlandungszonen der Stillgewässer“, „kollin-montane Schotter- und Sandbänke“ sowie „naturnahe Weichholzauen“ unter den Top 4 der bedrohtesten Lebensräume zu finden sind (Komposch & Lamprecht 2023).

Spinnentier-Charakterarten von Alpenflüssen

Die Lebensraum-, Struktur- und Kleinklimavielfalt in Flusslandschaften ist ausgesprochen hoch. Die Lebensbedingungen auf einer Sandbank, auf einer Heißlände oder in einem Auwald sind allerdings grundlegend unterschiedlich, sei es mikroklimatisch oder durch die Faktoren Dynamik und Konkurrenz bedingt. Ein verbindendes Merkmal ist hingegen die Herausforderung an die tierischen Bewohner, hier leben und überleben zu können.

Es gilt, sich bestmöglich an (i) die Dynamik des Wasserregimes mit ihren Überflutungen der Landlebensräume, (ii) die mechanische Umwälzung der Bodenoberfläche und ihre Überdeckung mit Sedimenten sowie (iii) die Temperaturextreme in den Offenlandbiotopen anzupassen. Im Laufe der Evolution ist dies einer Reihe von Spinnentierarten gelungen (Abb. 7).

Die Zahl der an Fließgewässer von der Quellflur in der Alpinstufe bis zur Harten Au in den Tieflagen angepassten Spinnentierarten ist hoch. Unter den Weberknechten sind 21 von 71 aktuell aus Österreich nachgewiesenen Arten mehr oder weniger stark an das Kleinklima im Umfeld von Fließgewässern gebunden; dies entspricht 30 % des Artenspek-



Abb. 7: Dynamisch umgelagerte Schotterbänke in der Aufweitungsstrecke der Gail bei Villach. – Fig. 7: Dynamically shifted gravel banks in the widened section of the River Gail near Villach. Foto/photo: C. Komposch, ÖKOTEAM.

trums (Abb. 8–9). In der heimischen Spinnenfauna sind mehr als 120 Spezies an Uferbiotope angepasst: 35 Arten sind ripikol, 85 Spezies hygrobiont – in Summe machen diese Spezialisten etwa 12 % des Artenspektrums aus (Abb. 10–11, Tab. 1).

Tab. 1: Ausgewählte Charakterarten von Fließgewässer-Feuchtlebensräumen aus den Spinnentierordnungen Weberknechte (Opiliones) und Spinnen (Araneae). Alphabetische Reihung. Abkürzungen: Rote Liste: Rote Liste Österreich für Weberknechte (Komposch 2009a), Rote Liste Kärnten für Spinnen (Komposch 2023). E = Endemitenstatus: Endemit (E) oder Subendemit (SE) (sensu lato) des Alpenraums: a.2 Österreich-Endemit: Regionalendemit; b.3 Österreich-Subendemit s. str.: Überregionaler Subendemit; c.2 Österreich-Subendemit s. l.: Regional-Subendemit; c.3 Österreich-Subendemit s. l.: Überregionaler Subendemit; f. Alpen-Subendemit (vgl. Komposch 2009b, 2018). – Tab. 1: Selected character species of riverine wetland habitats from the arachnid orders of the harvestmen (Opiliones) and spiders (Araneae). Alphabetical order. Abbreviations: Red List: Austrian Red List of harvestmen (Komposch 2009a), Carinthian Red List of spiders (Komposch 2023). E = endemic status: endemic (E) or sub-endemic (SE) (sensu lato) to the Alpine region: a.2 Austrian endemic: regional endemic; b.3 Austrian sub-endemic s. str.: supra-regional sub-endemic; c.2 Austrian sub-endemic s. l.: regional sub-endemic; c.3 Austrian sub-endemic s. l.: supra-regional sub-endemic; f. Alpine sub-endemic (see Komposch 2009b, 2018).

Art, Ordnung	RL	E	Habitat-Biotop	Habitat/Struktur	Anmerkung
Weberknechte (Opiliones)					
<i>Gyas annulatus</i> , Weißstirniger Riesenweberknecht	EN	E-c.3	Felsbiotop bachnah	Fels und Block	Stratenwechsel Juvenile-Adulte
<i>Gyas titanus</i> , Schwarzer Riesenweberknecht	EN	SE-f	Bachschlucht	Fels und Block	Flagship-species im Naturschutz
<i>Holoscotolemon unicolor</i> , Ostalpen-Klauenkanker	EN	E-c.2	Schluchtwald	Bodenstreu	Einziger Laniator im Ostalpenraum
<i>Lacinius ephippiatus</i> , Gesattelter Zahnäugler	NT	–	Au- & Bruchwald	Boden, Vegetation	Ufervegetation von Fließgewässern
<i>Leiobunum rotundum</i> , Braunrückenkanker	NT	–	Flussufer	Vegetation	Diplostenök: Flussufer & Stadt
<i>Nemastoma schuelleri</i> , Schüllers Mooskanker	EN	E-a.2	Bachau	Laubstreu	Montan- und Subalpinstufe
<i>Paranemastoma bicuspidatum</i> , Schwarzer Zweidorn	EN	E-b.3	Quellflur, Bachau	Moos, Bachufer	Hygrobiont, lebt zT im Wasser
Spinnen (Araneae)					
<i>Araneus alsine</i> , Orangen-Kreuzspinne, Pracht-Kreuzspinne	VU	–	Feuchtgebiet	Vegetation	In Quellfluren, Feuchtwiesen
<i>Arctosa cinerea</i> , Flussufer-Riesenwolfspinne, Uferwühlwolf	CR	–	Flussufer	Schotterbank	Ripikol – lebt an der Wasserlinie
<i>Arctosa maculata</i> , Gefleckte Bärin, Gefleckter Wühlwolf	EN	–	Bachufer	Alluvionen	Ripikol, weiter verbreitet
<i>Arctosa stigmosa</i> , Stämmiger Wühlwolf	CR	–	Flussufer	Sandbank	Österreich: Lech, Untere Vellach
<i>Clubiona phragmitis</i> , Schilfsackspinne	VU	–	Auwald	Vegetation	Feuchtgebiete, Schilfgürtel
<i>Diplocephalus crassilobus</i> , Schotterbank-Doppelköpfchen	EN	–	Flussufer	Schotterbank	Ripikol

Art, Ordnung	RL	E	Habitat-Biotop	Habitat/Struktur	Anmerkung
<i>Diplocephalus helleri</i> , Gebirgs-Doppelköpfchen	VU	SE	Bachufer	Schotterbank	Ripikol; diplo-stenök
<i>Gnaphosa rhenana</i> , Rhein-Plattbauchspinne	CR	SE	Flussufer	Schotterbank	Ripikol
<i>Heliophanus patagiatus</i> , Kies-Sonnenspringer	CR	–	Flussufer	Schotterbank	Selten gefunden
<i>Janetschekia monodon</i> , Uferspinnchen	EN	E	Bachufer	Schotterbank	Ripikol; bis zum Gletscherand
<i>Larinioides sclopetarius</i> , Brückenkreuzspinne	NT	–	Flussufer	Brücken	Hemisyntroph
<i>Oedothorax agrestis</i> , Ufer-Feldspinnchen	VU	–	Bach- & Flussufer	Alluvionen	Ripikol
<i>Pachygnatha terilis</i> , Südalpen-Dickkieferspinne	EN	E	Au- & Bruchwald	Boden, Vegetation	In unterschiedlichen Straten
<i>Pardosa morosa</i> , Steinlaufwolf	EN	–	Flussufer	Schotterbank	Stenotop ripikol
<i>Pardosa nebulosa</i> , Riesen-Laufwolf	CR	–	Flussufer	Schotterbank	Österreich: Drau, Lavant, Mur
<i>Pardosa saturator</i> , Gebirgsbach-Laufwolf	EN	E	Flussufer	Schotterbank	Auch in Erosionsrinnen
<i>Piratula knorri</i> , Gebirgsbach-Pirat	VU	–	Bach- & Flussufer	Schotterbank	Auch auf kleinen Schotterflächen
<i>Porrhomma convexum</i> , Großes Kleinauge	VU	–	Höhle	Boden	Feuchtbioptop
<i>Prinerigone vagans</i> , Sägezahnschnecke	EN	–	Flussufer	Alluvionen	Ripikol
<i>Tetragnatha extensa</i> , Gewöhnliche Streckerspinne	NT	–	Fluss- & Bachufer	Vegetation	Häufig an Fließgewässern
<i>Troglohyphantes subalpinus</i> , Subalpine Höhlenbaldachinspinne, Blockwald-Höhlenweber	EN	E	Schluchtwald	Spaltensystem	Rezent beschriebene Art
<i>Xysticus viduus</i> , Kies-Krabben-spinne	CR	–	Flussufer	Sandbank	Ripikol



Abb. 8–9: Hygrobite Weberknechte in der Spritzwasserzone von Bächen: Schwarzer Riesenweberknecht (*Gyas titanus*) und Schwarzer Zweidorn (*Paranemastoma bicuspidatum*). – Fig. 8–9: Hygrobitic harvestmen in the splash zone of streams: *Gyas titanus* and *Paranemastoma bicuspidatum*. Fotos/photos: C. Komposch, ÖKOTEAM.



Abb. 10–11: Stenotop-ripikole Wolfspinnen als hochgradig gefährdete Rote-Liste-Arten: Flussufer-Riesenwolfspinne (*Arctosa cinerea*) und Gebirgsbach-Laufwolf (*Pardosa saturator*). – Fig. 10–11: stenotopic-ripicolous wolf spiders as highly endangered Red List species: *Arctosa cinerea* and *Pardosa saturator*. Fotos/photos: C. Komposch, ÖKOTEAM.

Beispiele für die projektspezifische Auswahl von Wirbellosengruppen und zielführende Indikatoren

Für die nachfolgend beispielhaft angeführten, ökologischen Aspekte besitzen die angeführten Tiergruppen hohe bis sehr hohe Indikatorwirkung (Abb. 12–13, Tab. 2). Die jeweilige projekt- und aussagenspezifische Auswahl der Zieltaxa ist von Experten durchzuführen.

Tab. 2: Ausgewählte Beispiele zum Einsatz von terrestrischen und semiaquatischen wirbellosen Tieren als Biotopdeskriptoren und Bioindikatoren zur Beschreibung ausgewählter ökologischer Aspekte in speziellen Lebensraumtypen und Strukturen (eigene Zusammenstellung). – Tab. 2: Selected examples of the use of terrestrial and semi-aquatic invertebrates as biotope descriptors and bioindicators to describe selected ecological aspects in specific habitat types and structures (own compilation).

Ökologische Aspekte	Tiergruppen & Zielarten	Indikatoren & Aussagen
Fließgewässer- ufer: Substrat- ausstattung semiaquatischer und terrestrischer Biotope (Terrestrische Schotter- und Sandbänke)	Spinnen (<i>Arctosa</i> , <i>Pardosa</i> , <i>Pirata</i> , Linyphiidae diversa, u. a. <i>Oedothorax</i> <i>Diplocephalus</i> , <i>Janetschekia monodon</i>); Laufkäfer (<i>Bembidion</i> , <i>Dyschirius</i> , <i>Nebria</i> , <i>Thalassophilus longicornis</i> etc.); Kurzflügelkäfer (<i>Hydromecta</i> , <i>Thinobius</i> , <i>Aloconata</i> , <i>Apimela</i> , <i>Octomirus</i>); Heuschrecken (<i>Tetrix tuerki</i> , <i>Chorthippus pullus</i>)	Grabende Zwergformen (Käfer) bzw. große Wolfspinnen (<i>Arctosa</i> spp.) sind auf das Vor- handensein von Sandsubstraten angewiesen, Hohlraumbesiedler (Spinnen) benötigen dynamisch umgelagerte, unverschlammte, qualitativ hochwertige Kiessubstrate. Das Vor- handensein und die Dichte anspruchsvoller Schotterbank-Spezialisten („ripikole Arten“, Pionierarten) gibt Auskunft über die Qualität (Geschiebetransport, Korngröße, Ausdehnung, Lage, Überflutungshäufigkeit, Sukzessions- stadium, Kolmatierung etc.) des Lebensraums und die räumliche und zeitliche Vernetzung der terrestrischen Schotterbänke. Die kleinräumige Einnischung der einzelnen Arten ist auch inner- halb der Schotterbank hoch spezifisch. <i>Arctosa</i> <i>cinerea</i> ist ein Modellbeispiel für die Meta- populationsstrategie.

Ökologische Aspekte	Tiergruppen & Zielarten	Indikatoren & Aussagen
Schwallauswirkung in der Uferzone & Ufer- und Böschungsstruktur	Spinnen, Laufkäfer; Kurzflügelkäfer, Ameisen, Weberknechte	Das Verhältnis großer zu kleiner Spinnen (Wolfspinnen versus Zwergspinnen) spiegelt die Belastung der Uferlinie durch den Schwallbetrieb wider. Auswirkungen des Schwall auf Laufkäfergemeinschaften manifestieren sich z. B. im Verhältnis der auftretenden Schotter- zu Schlamm spezialisten. Flachufer zeigen andere Zönosen als Steilufer, u. a. bedingt durch die Fluchtmöglichkeiten bei Hochwasser. So bieten steilere Ufer an Schwall-Strecken („Todeszonen“) günstigere Fluchtmöglichkeiten für laufende, epigäische Arten.
Habitatdynamik	Spinnen, Laufkäfer, Kurzflügelkäfer, Zikaden	Die regelmäßige Umlagerung von Sedimentbänken, Erosion an Uferböschungen und damit das Vorhandensein früher Sukzessionsstadien wird von Spezialisten natürlicher Flüsse gefordert. Störungen des Abflussregimes und des Geschiebetransportes oder Verbauungsmaßnahmen äußern sich schnell in einer Reduktion der Abundanzen bzw. im Verschwinden von sensiblen Pionierarten.
Umland – Auwald	Weberknechte, Zikaden, Spinnen	Die (fehlende) Überflutungsdynamik ist am Vorhandensein wenig mobiler Bodenweberknechte ablesbar. Präsenz oder Absenz von hygrophilen Arten (va. Bodenbewohnern) zeigt auf, ob ein schmaler Auwaldstreifen noch ein ursprüngliches Waldklima aufweist. Oligo- und monophage Zikadenarten subsumieren das Auftreten spezieller Pflanzenarten, klimatischer und bewirtschaftungstechnischer Faktoren.
Vernetzung Fluss – Umland	Spinnen (Fam. Wolfspinnen; u. a. <i>Arctosa cinerea</i>); Weberknechte (Fam. Brett-, Faden- und Scherenkanker); Zikaden	Wolfspinnen, insbesondere die flagship-species Flussufer-Riesenwolfspinne sind Indikatoren für das Nebeneinander von naturnahen Schotterbänken (Sommerlebensraum) und geeigneten flussferneren, sandigen Substraten (Überwinterungsquartiere), z. B. auf Heißbländen.
Umland – Nebengewässer	Libellen, Spinnen, Laufkäfer	Hochmobile Arten der genannten Gruppen beginnen mit der Besiedlung neu entstandener bzw. geschaffener Strukturen – in Abhängigkeit vom Wiederbesiedlungspotenzial der Umgebung – unmittelbar nach deren Entstehung.

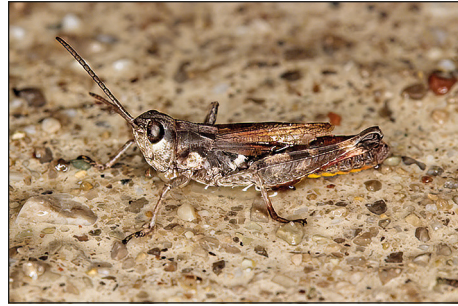


Abb. 12–13: Schotterbankspezialisten unter den Insekten: Heers Ahlenläufer (*Bembidion terminale*) und Kiesbank-Grashüpfer (*Chorthippus pullus*). – Fig. 12–13: Gravel bank specialists among the insects: *Bembidion terminale* and *Chorthippus pullus*. Fotos/photos: C. Komposch, ÖKOTEAM.

Bioindikation und Naturschutz

Gewässergebundene Weberknechte und Spinnen sind als feinfühligere Biotopdeskriptoren und Bioindikatoren in der naturschutzfachlichen Landschaftsbewertung und Evaluierung von Maßnahmen einsetzbar. Im aktuell erschienenen „Handbuch Naturschutzfachkraft“ werden diese Artengruppen ausführlich charakterisiert (Komposch 2022).

Lauf- und Kurzflügelkäfer zählen zu den standardmäßig eingesetzten Zeigergruppen bei der Bewertung von Fließgewässerlebensräumen (u. a. Trautner & Assmann 1998; Degaspero 2015; Paill & Fritze 2020).

Die Bindung an Fließgewässer erfolgt über das Kleinklima, den Lebensraumtyp oder Strukturen. Eine entsprechende Berücksichtigung fanden die beiden genannten Spinnentierordnungen bereits in der RVS-Artenschutz (FSV 2015) und in den Tierartenschutzverordnungen des Landes Kärnten (Kärntner Landesregierung 2007, 2015).

2. Ursachen der Bestandsrückgänge und Gefährdung

Die wesentlichsten Faktoren für das Vorhandensein oder Fehlen der semiaquatischen und terrestrischen Uferfauna inklusive den ripikolen Zönosen sind neben den hydrologischen Verhältnisse (natürliches und künstliches Abflussverhalten) und dem Kleinklima (Bodenfeuchtigkeit, Temperatur) die Präsenz, Ausdehnung und Qualität der Sedimentbänke und geeigneter Strukturen.

Maßgebliche negative Veränderungen dieser Rahmenbedingungen gehen auf Ufersicherungen, unökologisch ausgeführten Hochwasserschutz und Verbauung in Form von Einengung des Flusses sowie die energiewirtschaftliche Nutzung mit Stauhaltung, Geschieberückhalt (bereits bei den Zubringern beginnend), Verschlammung, Kolmatierung, Stauraum-Entleerungen und -spülungen, verringerte Wasserführung in Restwasserstrecken und Schwallenfluss zurück.

Für Wirbellose relevante Biotoptypen, Strukturen und Parameter sind:

- Alluvionen: Sedimentbänke mit unterschiedlichen Korngrößen (Grobblock, Grobschotter, Kies, Sandbänke, Schlammfluren, Lehmsubstrat), die Ausprägung des Lü-

ckensystems, Dynamik der Umlagerungsprozesse, Substrattiefe, Anbindung ans Umland, Böschungsneigung etc. (Abb. 14)

- Steilufer: von feucht-kühlen schottrigen Uferbiotopen bis hin zu sonnenexponierten Lehmprallwänden
- Heißländen: vegetationsarme, wärmebegünstigte Schotter- und Sandflächen
- die Vegetation (vegetationsfreie Sedimentbänke über Reitgrasfluren bis hin zur Weichen und Harten Au; relevant va. für mono- und oligophage Insekten und netzbaue Spinnen),
- Auwälder: Weiche Au (*Salix* spp.)
- Auwälder: Harte Au, insbesondere Altbestände mit liegendem und stehendem Totholz
- Felsen, Erdabbrüche, liegendes und stehendes Totholz, Schwemmholz, Moospolster, Laubstreu (Diese Strukturelemente können in all den hier genannten Biototypen vorhanden sein.)
- das Vorhandensein und die Vernetzung geeigneter „Habitatinseln“ (Metapopulation)

Die hohe Gefährdung der ripikolen Insekten- und Spinnentierzönosen ist auch durch die kleinflächige und strukturabhängige Einnischung der einzelnen Taxa an den Flussufern und Schotterbänken bedingt. Wird beispielsweise jede Korngrößenfraktion von



Abb. 14: Naturnahe Flusslandschaft mit Alluvionen an der Sava südlich der Trziska-Mündung (Slowenien). – Fig. 14: Near-natural river landscape with alluviums on the Sava south of the Trziska estuary (Slovenia). Foto/photo: C. Komposch, ÖKOTEAM.

Schlamm- und Feinsandsedimenten bis hin zu Grobschotter- und Felsbiotopen von spezifischen Laufkäfer- und Kurzflüglergemeinschaften besiedelt, werden die einzelnen Teilflächen einer Schotterbank von jeweils ihr eigenen Spinnenarten genutzt: Selbst auf einer für das menschliche Auge uniform erscheinenden Schotterbank sind die einzelnen ripikolen Arten – substrat-, kleinklima- und konkurrenzbedingt – dabei klein- und kleinstäumig eingemischt. Ein Lehrbuchbeispiel hierfür ist die Gilde der schotterbankbesiedelnden Wolfspinnen (Komposch et al. 2015, Abb. 15–16): *Arctosa cinerea* besiedelt vorzugsweise die unmittelbare Uferlinie mit größeren Korngrößen. *Pardosa morosa* findet sich ebenfalls ufernah, aber auch auf feineren Korngrößen. *Pardosa wagleri* erreicht auf den Schotterbänken wenige Meter von der Wasserlinie ihre höchsten Abundanzen. *Pardosa torrentum* bleibt hingegen uferferner und ist die dominante Wolfspinnenart der Heißländer.

Entscheidend für das Vorkommen oder Fehlen anspruchsvoller Arten ist vielfach das räumliche Nebeneinander eines Biotopmosaiks bzw. eines geeigneten Lebensraumtyps mit den erforderlichen Strukturen.

Ein Beispiel hierfür wären die beiden Riesenweberknechte (*Gyas titanus* und *G. annulatus*): Ihre Jungtiere leben im spaltenreichen, permanent nass-feucht-kühlem Uferschotterkörper und in Schuttkegeln von Bächen und Flüssen, während adulte Tiere an das Vorhanden-

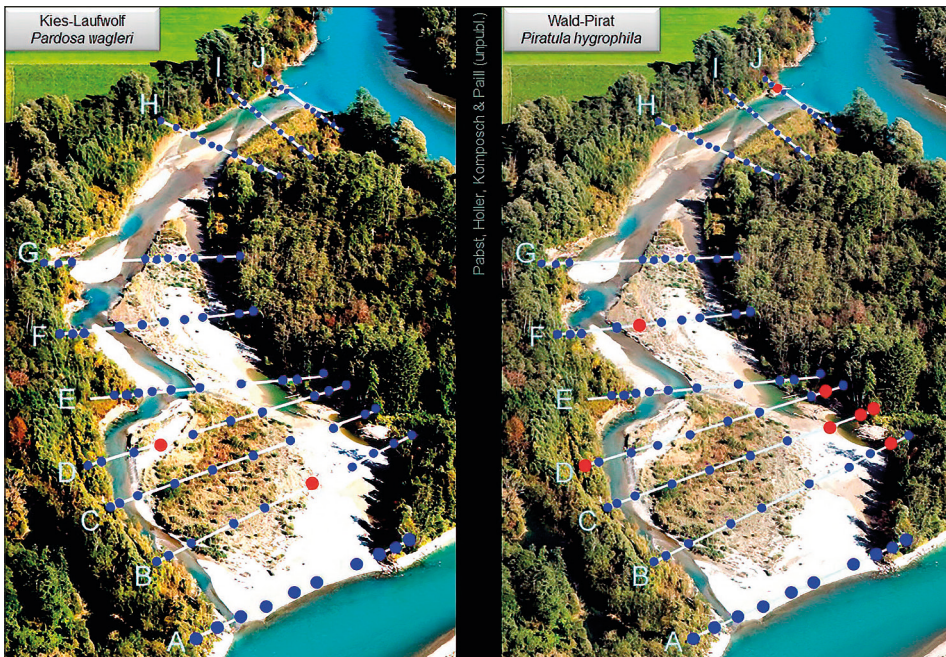


Abb. 15: Die Aufweitung Kleblach an der Oberen Drau in Kärnten: Arachnologisch-entomologische Beprobung von 100 Untersuchungsflächen (10 Transekte á 10 Quadratproben) durch T. Höller & L. Pabst (Pabst et al. 2014). Beispielhafte Darstellung des kleinräumigen Auftretens der beiden Wolfspinnenarten *Pardosa wagleri* und *Piratula hygrophila*. – Fig. 15: The Kleblach widening on the Upper Draava in Carinthia: Arachnological-entomological sampling of 100 study sites (10 transects á 10 quadrat samples) by T. Höller & L. Pabst (Pabst et al. 2014). Exemplary representation of the small-scale occurrence of the two wolf spider species *Pardosa wagleri* and *Piratula hygrophila*.

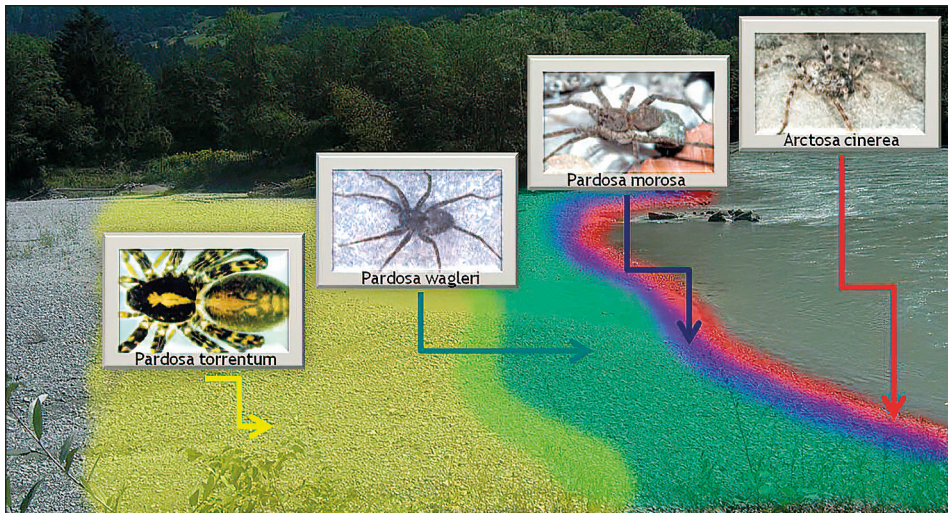


Abb. 16: Schematisches Beispiel für eine enge ökologische Einnischung der Wolfspinnenarten *Arcetosa cinerea*, *Pardosa morosa*, *P. wagleri* und *P. torrentum* an Flussufern (Obere Drau, Kärnten). – Fig. 16: Schematic example of close ecological niching of the wolf spider species *Arcetosa cinerea*, *Pardosa morosa*, *P. wagleri* and *P. torrentum* on riverbanks (Upper Drava, Carinthia). Grafik/illustration: C. Komposch, ÖKOTEAM.

sein angrenzender, feucht-/nasser und senkrechter Felswände bzw. Totholz gebunden sind. Ein Überleben ist nur durch ein enges Nebeneinander der erforderlichen Lebensraumtypen und Strukturen in qualitativ passender Ausprägung für Juvenile und Adulte innerhalb dieser engen mikroklimatischen Rahmenbedingungen möglich.

Eine Analyse der Gefährdungsursachen für die semiaquatische & terrestrische Wirbellosenfauna in den relevanten gewässergeprägten Lebensraumtypen weist über die Parameter Wasserqualität, Hydrologie, Konnektivität, Morphologie und Sedimente die Fluss- und Uferregulierungen, die Energiewirtschaft sowie die Landwirtschaft und kumulative Effekte als Hauptverantwortliche für den Rückgang dieser anspruchsvollen Fauna aus (Tab. 3).

3. Notwendige Ökologische Maßnahmen

Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern können – im Vergleich zu anderen Ökosystemen (Wald, extensives Grünland, alpine Lebensräume etc.) – leicht geplant und effizient umgesetzt werden. Diese Ökologischen Maßnahmen sind – zumindest hinsichtlich der Wiederherstellung der frühen Sukzessionsstadien wie Schotterbänke und andere Alluvionen, Heißläden und Weiche Au – auch ausgesprochen schnell wirksam. Der Erfolg von Renaturierungsmaßnahmen bedarf allerdings 1) einer ausreichenden Flächengröße, 2) des Vorhandenseins einer Vielzahl an gut vernetzten „Habitatinseln“ (Metapopulation), 2) funktionierender dynamischer Prozesse und 3) eines Wiederbesiedlungspotenzials für die ripikole Fauna. Reliktäre Populationen ripikoler Arten können sich allerdings über viele Jahre und Jahrzehnte an Schuttkegeln und Schotterbänken im Mündungsbereich von Seitengewässern halten.

Tab. 3: Auswirkungen von anthropogenen Gefährdungsursachen für die semiaquatische & terrestrische Wirbellosenfauna über die Parameter Wasserqualität, Hydrologie, Konnektivität, Morphologie und Sedimente in den Lebensraumtypen Oberläufe, Unterläufe, Auen, Ufer, Seen, Alluvionen, Steilufer, Heißländen, Weiche und Harte Au. Skalierung: keine – gering – mäßig – stark – unbekannt. Die Wasserqualität inkludiert hier den Parameter Wassertemperatur. Unter Neobiota sind hier alle Alien Species zu verstehen, nicht nur die invasiven Arten. – Tab. 3: Effects of anthropogenic threats on the semi-aquatic & terrestrial invertebrate fauna via the parameters water quality, hydrology, connectivity, morphology and sediments in the habitat types headwaters, lower reaches, floodplains, banks, lakes, alluvions, steep banks, gravel patches, soft and hardwood floodplain forests. Scaling: none – low – moderate – high – unknown. Water quality includes the water temperature parameter. Neobiota here refers to all alien species, not just invasive species.

Gefährdungs- ursachen	Wasserqualität	Hydrologie	Konnektivität	Morphologie	Sedimente	Lebensraumtypen												
						Oberläufe	Unterläufe	Auen	Ufer	Seen	Alluvionen	Steilufer	Heißländen	Weiche Au	Harte Au			
Fluss-/Uferregulierungen	keine	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Energiewirtschaft: Laufkraftwerke (Stauräume)	keine	stark	gering	stark	stark	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Energiewirtschaft: Ausleitungskraftwerke (Tiroler Wehr; Restwasserstrecken)	gering	stark	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	gering	stark	stark	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Energiewirtschaft: Speicherkraftwerk (Schwallbetrieb)	gering	stark	gering	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Urbanisierung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Schifffahrt	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Landwirtschaft	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Forstwirtschaft	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Tourismus	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Trinkwasser	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Bewässerung	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Alien Species (va. invasive)	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Verschmutzung – Nährstoffe	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Verschmutzung – Spurenstoffe	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Klimawandel	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark
Kumulative Effekte	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark	stark



Beispiele für durchgeführte Erfolgskontrollen mit Wirbellosen

Im Folgenden werden 4 Fallbeispiele vorgestellt, bei denen die wirbellose Fauna dokumentiert wurde. An dieser Stelle werden konkret die Maßnahmen anhand der Bioindikatoren Spinnen beurteilt.

Oberer Drau (Oberdrauburg flussabwärts bis Spittal an der Drau, Kärnten):

- Literatur: Komposch et al. (2003b); ÖKOTEAM – Komposch et al. (2003b, 2012); Brandl (2006); Komposch (2009a, 2009b); Pabst et al. (2014)
- Hier zeichneten sich schöne, geradezu bemerkenswerte Erfolge in den ersten Sukzessionsjahren ab. Stenotope Pionierbesiedler wie *Pardosa morosa* und *P. wagleri* waren in nahezu allen Aufweitungen individuenreich vertreten.
- An der Oberen Drau wurden u. a. im Rahmen mehrerer LIFE-Projekte in Summe die umfangreichsten Aufweitungen an einem Kärntner Fluss vorgenommen. Die Vorzeigaufweitung ist jene in Kleblach, in der ein Seitenarm, eine Insel mit Auwaldrest und ausgedehnte Schotterbänke geschaffen wurden (Abb. 17).
- Kritisch zu sehen sind die Kleinflächigkeit einzelner Aufweitungen (Greifenburg, Sachsenburg etc.) sowie das Nicht-Berücksichtigen eines Auenverbundes für die wenig mobilen Waldarten (Auwaldbesiedler, z. B. Boden-Weberknechte).
- Die Vollständigkeit der lokalen ripikolen Spinnenzönosen – dokumentiert für den Referenzstandort Untere Vellach (ÖKOTEAM – Komposch et al. 2003b) – wird trotz der einzigartigen longitudinalen Maßnahmenumsetzungen an keiner einzigen Aufweitung der Oberen Drau erreicht (Abb. 18).



Abb. 17: Großräumige Aufweitung an der Oberen Drau bei Kleblach (Kärnten). – Fig. 17: Large-scale widening of the Upper Drava near Kleblach (Carinthia). Foto: C. Komposch, ÖKOTEAM.

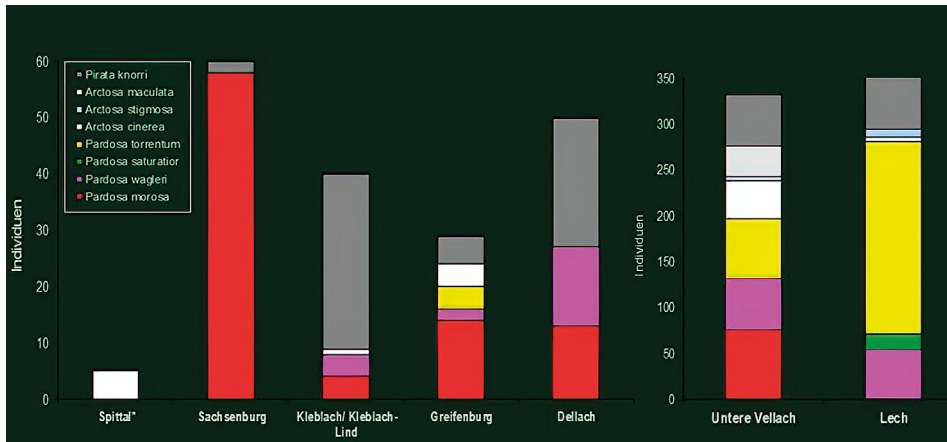


Abb. 18: Visualisierung der ripikolen Wolfspinnenzönosen der einzelnen Renaturierungsstrecken an der Oberen Drau in Kärnten im Vergleich zu den Referenzstrecken Unterer Vellach (Kärnten) und Lech (Nordtirol): Die einzelnen Lycosiden-Arten sind in unterschiedlichen Farben dargestellt. Aufgetragen sind die nachgewiesenen Individuenzahlen (beachte die unterschiedliche Skalierung zwischen Oberer Drau und Unterer Vellach/Lech). – Fig. 18: Visualisation of the ripicolous wolf spider coenoses of the individual restoration sections of the Upper Drava in Carinthia in comparison to the reference sections Lower Vellach (Carinthia) and Lech (North Tyrol): The individual lycosid species are shown in different colours. The numbers of individuals detected are shown (note the different scaling between the Upper Drava and Lower Vellach/Lech).

- Eine unzureichende Dynamik, fehlende Hochwässer und eine wohl noch zu geringe Aufweitunggröße hinsichtlich der Breite der Aufweitungen führten dazu, dass durch die fortschreitende Vegetationsentwicklung die stenotopen ripikolen Gilden mittel- und langfristig nicht gehalten werden konnten. Bereits im 10. bzw. 12. Jahr nach Umsetzung der Aufweitungen konnten diese ripikolen Wolfspinnen an mehreren Renaturierungsstrecken nicht mehr nachgewiesen werden (Abb. 19)!
- Der Schwallbetrieb, einerseits durch die schwallbelastete Drau aus Osttirol selbst, aber vor allem über die Möll an der Aufweitung Spittal an der Drau wirksam, führt zu den vergleichsweise niedrigsten Besiedlungsdichten an Spinnen (0,4 Individuen/m²) und Laufkäfern (1,6 Ind./m²) des Gebiets (Pabst et al. 2014). Größere Spinnen haben auf schwallbeeinflussten flachen Schotterbänken nur geringe Überlebenschancen; dies zeigt sich in einer signifikant zu Kleinspinnen hin verschobenen Gilde im Verhältnis absolute Besiedlungsdichten Lycosidae zu Linyphiidae (ÖKOTEAM – Komposch et al. 2003b; Schatz et al. 2003; Unfer et al. 2004, Abb. 20).
- Abgeleitete Aussagen zu den Ökologischen Maßnahmen:
 - Verstärktes Augenmerk auf die Breite der Aufweitungen mit mindestens 3-facher Breite des verbauten und regulierten Flusses. Erst dadurch werden Rahmenbedingungen geschaffen, die Arten des Metapopulationsprinzips (*Arctosa cinerea*, *Tetrix tuerki* etc.) zumindest theoretische Lebensmöglichkeiten bieten.
 - Installation von Schwallausgleichsbecken vor der Einleitung von schwallbelasteten Fließgewässern.

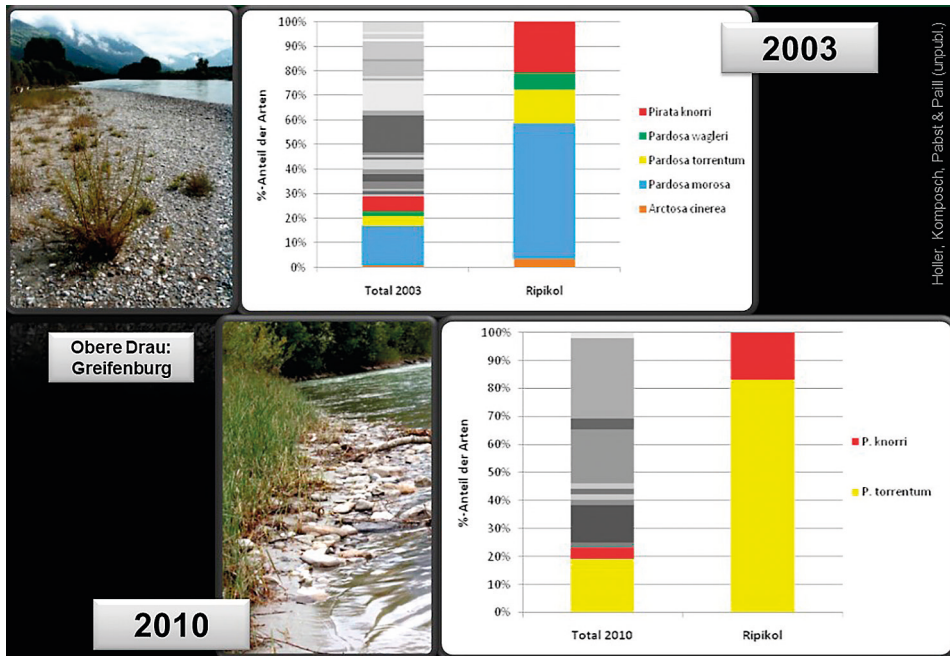


Abb. 19: Vergleich der ripikolen Wolfspinnenzönosen der Renaturierungsstrecke Greifenburg an der Oberen Drau in Kärnten in den Jahren 2003 und 2010: Die einzelnen Lycosiden-Arten (links gesamt, rechts ripikole Arten) sind in unterschiedlichen Farben dargestellt. Relative Anteile nachgewiesener Individuenzahlen in gestapelter Darstellung. – Fig. 19: Comparison of the ripicolous wolf spider coenoses of the Greifenburg restoration section on the Upper Drava in Carinthia in 2003 and 2010: The individual lycosid species (total on the left, ripicolous species on the right) are shown in different colours. Relative proportions of detected individual numbers in stacked representation.

- Kein Anlegen von flachen Schotterbänken an stark schwallbeeinträchtigten Flussabschnitten; hier sind steilere Uferflanken vorteilhafter.
- Notwendigkeit einer Langzeit-Evaluierung der gesetzten Maßnahmen (Langzeit-Monitoring). Die Erfolge der ersten Jahre sind in vielen Fällen weder lang- noch mittelfristig zu halten.

Fallbeispiel Untere Gail (zwischen Vorderberg und Nötsch, Kärnten):

- Literatur: ÖKOTEAM – Komposch et al. (2015)
- Bemerkenswert ist das Auftreten von *Arctosa cinerea*! Die weitere ripikole Wolfspinnernart *Pardosa morosa* ist individuenreich vorhanden, *Pardosa wagleri* konnte hingegen nur als Einzelindividuum nachgewiesen werden.
- Bei aller Freude über das Anlegen neuer Bühnen und den Versuch einer ökologischen Gestaltung des Flussbettes ist hier negativ zu beurteilen, dass im Zuge dieses Projekts die flusspezifischen Strukturierungen lediglich innerhalb des Doppeltrapezprofils durchgeführt wurden, obwohl sich die ausgedehnten, infrastrukturlosen Weide- und Ackerflächen des Feistritzer Moores für großräumige und mutigere Hochwasser- und Naturschutzmaßnahmen angeboten hätten (Abb. 21).

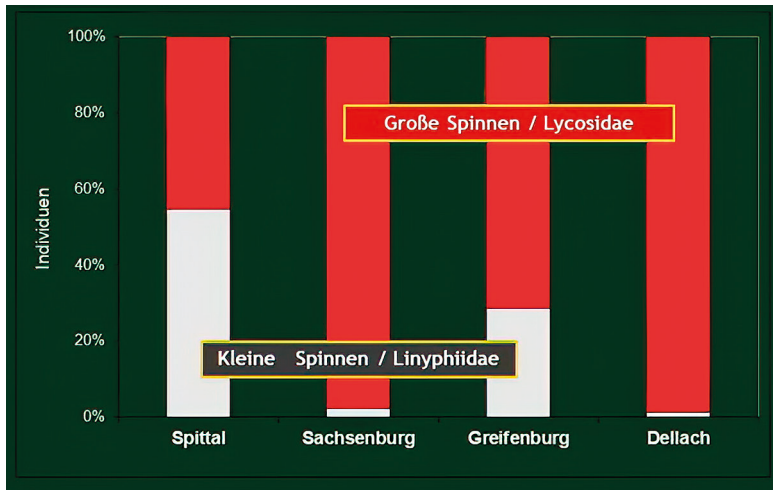


Abb. 20: Visualisierung der Auswirkungen des Schwall auf die Spinnengemeinschaften an den Renaturierungsstrecken Spittal an der Drau, Sachsenburg, Greifenburg und Dellach an der Oberen Drau in Kärnten. Alle vier genannten Flussabschnitte weisen eine Schwallbeeinflussung auf. Die ripikole Fauna ist im Abschnitt „Spittal“ durch den zusätzlichen Schwall aus der Möll den größten negativen Wirkungen ausgesetzt, die Schotterbänke in Greifenburg sind so flach ausgebildet, dass hier selbst die vergleichsweise geringe Schwallamplitude stark negativen Einfluss nimmt. Dargestellt ist das relative Verhältnis der Wolfspinnen (Lycosidae, große Spinnen) zu Baldachin- und Zwergspinnen (Linyphiidae, kleine Spinnen). – Fig. 20: Visualisation of the effects of hydropeaking on the spider communities in the renaturation sections Spittal an der Drau, Sachsenburg, Greifenburg and Dellach on the Upper Drava in Carinthia. All four of these river sections are characterised by hydropeaking. The ripicolous fauna is exposed to the greatest negative effects in the „Spittal“ section due to the additional hydropeaking from the Möll, while the gravel banks in Greifenburg are so shallow that even the comparatively low hydropeaking amplitude has a strong negative impact here. The relative ratio of wolf spiders (Lycosidae, large spiders) to sheet weavers and dwarf spiders (Linyphiidae, small spiders) is shown.

- Die große und aufgrund eines fehlenden Langzeitmonitorings unbeantwortete Frage lautet: Sind die gesetzten Maßnahmen geeignet, um diesen anspruchsvollen Pionierbesiedlern ein langfristiges Überleben zu ermöglichen oder führten die Baggerarbeiten im Zuge der Baumaßnahmen lediglich zu einem kurzfristigen „Aufflackern“ der ripikolen Zönosen? Die Kartierungsergebnisse im 4. Sukzessionsjahr lassen Letzteres erwarten.
- Abgeleitete Aussagen zu Ökologischen Maßnahmen:
 - Weniger Bauen von Strukturen in den Aufweitungsstrecken als vielmehr Bereitstellen von Raum und Gewährleisten dynamischer Prozesse mit Seitenerosion und regelmäßigen Umlagerungen und Neubildung von Schotterbänken.
 - Deutlich großräumigere Planung und Umsetzung der Lateralausdehnung von Aufweitungen.
 - Umsetzung langfristigerer Evaluierungs- und Monitoringprojekte! Vorgeschlagener Rhythmus: 1., 2., 3., 5., 10. Jahr und in weiterer Folge alle 5–10 Jahre ein weiterer Monitoringdurchgang.



Abb. 21: Schotterböschungen innerhalb des Doppeltrapezprofils an der Unteren Gail im Feistritzer Moos (Kärnten). – Fig. 21: Gravel embankments within the double trapezoid profile on the Lower Gail in Feistritzer Moos (Carinthia). Foto/photo: C. Komposch, ÖKOTEAM.

Fallbeispiel Untere Lavant (Aich, St. Andrä, Kärnten):

- Literatur: Komposch et al. (2015), Petutschnig & Honsig-Erlenburg (2015)
- Hervorzuheben ist der Nachweis der sehr seltenen ripikolen Wolfspinnenart *Pardosa nebulosa*.
- Auffallend ist die Unvollständigkeit der ripikolen Wolfspinnenzönose: die naturschutzfachliche Flaggschiffart *Arctosa cinerea* ist trotz des Vorhandenseins großflächiger naturnaher Flussabschnitte (noch?) nicht zurückgekehrt.
- Die im Jahr 2009 umgesetzten Renaturierungsmaßnahmen an der Unteren Lavant sind bescheidmäßig vorgeschriebene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen („Lavantumlegung“) im Zuge des Koralmtunnelbaues der Österreichischen Bundesbahn (ÖBB). Sie sind ein Versuch, der ursprünglich im Flusssystem und an den Lavantufern beheimateten Tierwelt einen Teil ihres Lebensraums zurückzugeben (Petutschnig & Honsig-Erlenburg 2015). Das Monitoring der terrestrischen und semiaquatischen Spinnentier- und Insektenfauna fand im 2. und 4./5. Sukzessionsjahr statt (Komposch et al. 2015).
- Bezüglich der mittel- und langfristigen Wirksamkeit der gesetzten Ökologischen Maßnahmen gilt Ähnliches wie zuvor gesagt. Aufgrund der großzügigen Lateralausdehnung der Aufweitungen und kontinuierlicher Seitenerosion und der Umlagerung von Schotterbänken ist hier allerdings – im Gegensatz zu den Maßnahmen an der Drau und Gail – mit einer nachhaltigen Wirksamkeit zu rechnen (Abb. 22).

- Abgeleitete Aussagen zu Ökologischen Maßnahmen:
 - Fortsetzung dieser Ökologischen Maßnahmen in den hart verbauten und regulierten Abschnitten der Lavant oberhalb und unterhalb von Mettersdorf/Aich: Synergienutzung für den Hochwasserschutz & Naturschutz. Der geringe Verbauungsgrad der überwiegend landwirtschaftlich genutzten Talraums in diesem Abschnitt bietet beste Voraussetzungen für ausgedehnte Aufweitungsmaßnahmen.
 - Notwendigkeit einer mittel- und langfristigen Evaluierung der gesetzten Maßnahmen. Aus arachnologischer Sicht spannend ist die Frage, ob die naturschutzfachliche Flaggschiffart *Arctosa cinerea* aus eigener Kraft in die wiederhergestellten Habitate einwandern kann.



Abb. 22: Dynamisch umgelagerte Schotterbänke an der Umlegungsstrecke der Unteren Lavant bei Aich (Kärnten). – Fig. 22: Dynamically shifted gravel banks at the diversion section of the Lower Lavant near Aich (Carinthia). Foto/photo: C. Komposch, ÖKOTEAM.

Fallbeispiel Neudenstein Insel („Flachwasserbiotop Neudenstein“, Draustau, Kärnten):

- Wieser et al. (1992); Komposch (1995, 1996a, 1996b, 2001); ÖKOTEAM – Komposch et al. (2019)
- Bemerkenswert ist die Dokumentation der beiden Spinnenarten *Enoplognatha tecta* und *Tetragnatha shoshone* auf der Neudensteiner Insel – es handelt sich hierbei um zwei Erstnachweise für Österreich. Als naturschutzfachlich wertvoll sind weiters die hohen Abundanzen der Wolfspinne *Pardosa torrentum* auszuweisen.
- Die künstlich aufgeschüttete, atollförmige Insel im Völkermarkter Stausee der Drau bei Neudenstein gilt als eines der Vorzeigeprojekte des Amtlichen Naturschutzes in Kärnten (Reichelt 1993).

- Das in den Sukzessionsjahren 2, 3, 4 und 10 (sowie stichprobenartig auch 18) durchgeführte Monitoring der wirbellosen Fauna zeigt einen dynamischen und interessanten Verlauf: ripikole Arten bzw. Spezies der offenen Verlandungszonen weisen in den ersten Jahren nach den Aufschüttungsarbeiten auf den vegetationslosen bis -armen Erd- und Schuttflächen eine exponentielle Populationsentwicklung auf. Allerdings waren für den Großteil dieser Arten bereits im 10. Sukzessionsjahr die Umweltbedingungen so ungünstig, dass diese Populationen stark bis massiv eingebrochen sind. Inzwischen dürfte das Gros dieser Pionierbesiedler infolge fehlender Flussdynamik und daraus resultierender flächendeckender Vegetationsbedeckung, insbesondere durch Sträucher und Bäume, verschwunden sein (Abb. 23). Die Fauna setzt sich nun weitgehend aus eurytopen Arten zusammen.



Abb. 23: Die fehlende Dynamik im Völkermarkter Stausee der Drau (Kärnten) führte zu einer raschen Verbuschung und Verwaldung der ehemals vegetationsfreien und naturschutzfachlich wertvollen Pionierbiotope. – Fig. 23: The lack of dynamics in the Völkermarkt reservoir of the Drava (Carinthia) led to rapid scrub encroachment and reforestation of the formerly vegetation-free and ecologically significant pioneer biotopes. Foto/photo: C. Komposch, ÖKOTEAM.

- Abgeleitete Aussagen zu Ökologischen Maßnahmen:
 - Der Versuch, in Stauräumen mittel- und langfristig wertvolle Biotope für Spinnentiere und Insekten zu schaffen, ist wenig empfehlenswert. Ein ähnliches Unterfangen in einem dynamischen Lebensraum wie einer freien Fließstrecke der Drau wäre um ein Vielfaches wertvoller und positiver zu bewerten.
 - Sollen dennoch Stauräume weiterhin auch für Ökologische Maßnahmen genutzt werden, wäre das künstliche Einbringen einer substratumlagernden Dynamik anzudenken: dies beispielsweise mit amphibischen Panzerfahrzeugen des Bundesheeres oder gezielten Sprengungen zu bewerkstelligen, wäre mehr als nur einen Versuch

wert! Ein begleitendes Monitoring und eine Evaluierung dieses lohnenden Pilotprojekts sind selbstverständlich unverzichtbar!

- Aufgabe bzw. Zurückstecken sektoraler ornithologischer Wert- und Zielvorstellungen (störungsarmer Rückzugsraum für Vögel) zugunsten eines gesamtheitlichen (ökologischen) Konzeptes zur naturschutzfachlichen Maximierung der Maßnahmenwirksamkeit.

4. Resümee

Die ripikole Spinnentier- und Insektenfauna ist österreichweit hochgradig gefährdet und vielfach lokal bereits ausgestorben – der Großteil der Schotterbankbesiedler findet sich in den Rote-Liste-Kategorien RE – Regionally Extinct, CR – Critically Endangered und EN – Endangered wieder. Anhand der schützenswerten relikitär vorhandenen Populationen sind Wiederbesiedlungsprozesse möglich.

Ripikole Wirbellose sind bis zu einem gewissen Grad ein Spiegelbild der aquatischen rithralen Kieslaicher: Als Pendant zu Huchen, Bachforelle, Äsche und Strömer unter der Wasseroberfläche sind diese semiterrestrischen Wirbellosen (*Arctosa cinerea*, *Pardosa* spp., *Bembidion* spp., *Hydrosmehta* spp., *Chorthippus pullus*, *Cryptostemma alienum* etc.) auf dynamische, regelmäßig umgelagerte und damit vegetationslose und ein Lückensystem aufweisende Alluvionen über der Wasseroberfläche angewiesen (Abb. 24). Ein Überleben der ripikolen Fauna nahe der Wasserlinie ist nur durch ein dichtes Netz an qualitativ hochwertigen Habitatinseln möglich, welches im Sinne des Metapopulationskonzeptes den Verlust von Teilpopulationen durch Hochwasserereignisse verkraften und kompensieren kann.



Abb. 24: Naturschutzfachlich wertvoller Lebensraum Schotterbank zu Lande und zu Wasser: Habitat der Flussufer-Riesenvolfspinne (*Arctosa cinerea*) und des Huchens (*Hucho hucho*). – Fig. 24: Gravel banks – ecologically significant habitats above and below water: habitat of *Arctosa cinerea* and *Hucho hucho*. Foto-montage/photo montage: C. Komposch, ÖKOTEAM.

Als naturschutzfachlich wertvolle Maßnahmen sind in Hinblick auf die ripikole Tierwelt zwei Ökologische Maßnahmen essenziell: zum einen ist dies der konservierende, bewahrende Naturschutz unwiederbringlicher Ressourcen an Biotopen mitsamt ihren Lebensgemeinschaften, zum anderen ist es der Versuch der großflächigen und qualitativ bestmöglichen Wiederherstellung naturnaher Flusslandschaften (vergl. auch Plachter 1986).

➤ **Erhalt der naturnahen Fluss- und Bachlandschaften**

- Oberste Prämisse ist – trotz der gebetsmühlenartig verkündeten Energiemangel – der Erhalt der letzten freien Fließstrecken, die Reste der intakten Ausysteme und sämtlicher Schotterbänke an unseren Bächen und Flüssen (Abb. 25–26).
- Die energiewirtschaftliche Nutzung, das Bestreben nach einem „Vollausbau“ der Wasserkraft an Bächen und Flüssen als gesicherte Wertanlage, Renditen für Konzerne und ihre Aktionäre und letztlich der Wunsch unserer Gesellschaft nach einem ungehemmten Energieverbrauch steht diesem Ziel diametral entgegen. Der politische Rückenwind in Zeiten der Suche nach erneuerbarer Energie u. a. auch durch internationale Konflikte beflügelt die fortgesetzte Zerstörung der letzten freien Fließstrecken und naturnahen Flussufergemeinschaften – perfiderweise unter der Flagge des Umweltschutzes! Das hierbei angewandte Ausspielen des Naturschutzes gegen den Umweltschutz wird u. a. von Schiemer et al. (2022) aufgezeigt.



Abb. 25: Naturflusslandschaft Untere Vellach in Kärnten, Referenzstrecke für die Beurteilung ursprünglicher Artengemeinschaften – von der Fischfauna bis zu den Spinnen, Lauf- und Kurzflügelkäfern. – Fig. 25: Natural river landscape of the Lower Vellach in Carinthia, reference section for the assessment of original species communities – from the fish fauna to spiders, ground beetles and rove beetles. Foto/photo: U. Scherling.

➤ **Wiederherstellung/Renaturierung**

- Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern gelingen – so ausreichend Raum zur Verfügung gestellt und dynamische Prozesse zugelassen werden – sehr gut. Schnell sind auch positive Entwicklungen erkenn- und messbar, nach wenigen Hochwässern ähnelt das ehemals verbaute Flussufer einer Naturlandschaft. Jene anspruchsvollen Zielarten, deren Überleben an die Metapopulationsstrategie gebunden ist, sollen als Gradmesser für die räumliche longitudinale und laterale Ausdehnung der Aufweitung sowie die Habitatvernetzung dienen.
- Im Gegensatz zu sehr träge reagierenden Ökosystemen wie Wald- oder Gebirgsbiotope ist in den Flusslandschaften vieles möglich: Anspruchsvolle Arten und Zönosen besiedeln rasch die neu geschaffenen bzw. entstandenen Sedimentbänke. Kurzfristig sind oftmals gute Erfolge zu verzeichnen!
- Allerdings sind die Aufweitungen im bisherigen Rahmen nicht bzw. räumlich und zeitlich nur bedingt dazu geeignet, den anspruchsvollsten Arten geeignete Lebensbedingungen zu bieten. Als Beispiele seien hier die Flussufer-Riesenwolfspinne (*Arc-tosa cinerea*), der Riesen-Laufwolf (*Pardosa nebulosa*) oder Türks Dornschröcke (*Tetr-atrix tuerki*) genannt. Damit einhergehend ist auch die Unvollständigkeit der Gilden im Vergleich zu ursprünglichen Uferzönosen von Naturflusslandschaften festzustellen.
- Renaturierungsmaßnahmen sind so zu planen und umzusetzen, dass sie größtmögliche Chancen für eine mittel- bis langfristige Funktionalität erlauben!
- Das gegenwärtig diskutierte Renaturierungsgesetz (Nature Restoration Law; 10/2023) der Europäischen Gemeinschaft stellt eine rechtlich bindende Grundlage für die Wiederherstellung von Ökosystemen zur Sicherung von Europas Biodiversität dar. Es ist eine historische Chance, weite Bereiche der degradierten Flussökosysteme wieder in einen guten ökologischen Zustand zurückzuführen.

➤ **Monitoring und Evaluierung**

- Die Vollständigkeit der Gilden – als Referenz sollten regional vergleichbare Naturlandschaften dienen – ist als Gradmesser für das Erreichen des Projektziels anzusehen.
- Zielvorstellungen der Renaturierungsmaßnahmen sind bereits im Zuge der Planungen zu definieren und anschließend zu evaluieren – und zwar nicht nur kurzfristig in den ersten 3–5 Jahren, sondern vor allem mittel- und langfristig! Hier bestehen massive Defizite: Es ist die übliche und nicht legitime Praxis, dass die gesetzten Ökologischen Maßnahmen nahezu ausnahmslos als voller Erfolg verkauft werden.
- Es besteht ein immenser Bedarf an Langzeit-Monitoringprogrammen – auch in den mitteleuropäischen Flusslandschaften! Kurzfristige Erfolge sind schön, aber keinesfalls ausreichend, um unsere Artendiversität zu erhalten.
- Erkannte Fehler und Defizite sollten bei zukünftigen Maßnahmenplanungen tunlichst vermieden werden.
- Nur eine mittel- und langfristige Erfolgskontrolle eröffnet Chancen auf langfristig wirksame Ökologische Maßnahmen!



Abb. 26: Naturschutzfachlich wertvolle und schützenswerte Schotterbank-Flusslandschaft an der Isel bei St. Johann im Walde (Osttirol). – Fig. 26: Gravel bank river landscape on the Isel near St. Johann im Walde (East Tyrol) – ecologically valuable and worthy of protection. Foto/photo: C. Komposch, ÖKOTEAM.

Dank

Für die Einladung zur Manuskripterstellung danke ich Stefan Schmutz und Mathias Jungwirth, für die redaktionelle Betreuung Helmut Sattmann. Ein muchas gracias spreche ich Julia Lamprecht für die Rote-Liste-Auswertung der ripikolen Wirbellosen-Zönosen aus, Michl Jungmeier und Ulf Scherling für das Zurverfügungstellen des Luftbildes von der Unteren Vellach. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts geht ein herzliches Danke an Wolfgang Paill, für die Korrektur des abstracts an Steve Weiss. Für wertvolle verbessernde Review-Arbeiten danke ich herzlich Norbert Milasowszky!

Literatur

- Brandl K (2006) Ripicole Spinnengemeinschaften von Flussufern Südostösterreichs (Arachnida: Araneae). Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, Naturwissenschaftliche Fakultät, Graz, 127 pp.
- Degasperi G (2015) Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) als Bioindikatoren für die Erfolgskontrolle einer Revitalisierungsmaßnahme am Inn (Österreich). *Entomologica Austriaca* 22, 27–43
- Degasperi G (2023) Kurzflügelkäfer (Coleoptera: Staphylinidae part.). In Komposch C (Red.) Rote Liste gefährdeter Tiere Kärntens. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt, 791–833
- FSV (2015) RVS 04.03.15 Artenschutz an Verkehrswegen. Grundtext und Arbeitspapier, Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, 58 pp., Wien

- Geiser E (2018) How Many Animal Species are there in Austria? Update after 20 Years. Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Acta ZooBot Austria, 155, 1–18
- Heidt E, Framenau V, Hering D, Manderbach R (1998) Die Spinnen- und Laufkäferfauna auf ufernahen Schotterbänken von Rhône, Ain (Frankreich) und Tagliamento (Italien) (Arachnida: Araneae; Coleoptera: Carabidae). Entomologische Zeitschrift 108, 142–153
- Höppner J, Hering D (1997) Uferbewohnende Laufkäfer auf Schotterbänken von Fließgewässern des östlichen Rheinischen Schiefergebirges (Coleoptera: Carabidae). Entomologische Zeitung 107 (11), 461–465
- Kärntner Landesregierung (2007) Tierartenschutzverordnung des Landes Kärnten. § 1 Vollkommen geschützte, heimische Tiere. – 70. Verordnung der Kärntner Landesregierung vom 23. Oktober 2007, Zl. 15-NAT-91/36/2007, mit der die Tierartenschutzverordnung abgeändert wird. Kärntner Landesgesetzblatt, 32. Stück
- Kärntner Landesregierung (2015) Tierartenschutzverordnung des Landes Kärnten. Anlage 1: Vollkommen geschützte, heimische Tiere. – 59. Verordnung der Kärntner Landesregierung vom 20. Oktober 2015, Zl. 08-NATP-103/1-2015 (018/2015), mit der die Verordnung der Kärntner Landesregierung über den Schutz freilebender Tierarten (Tierartenschutzverordnung) geändert wird. Landesgesetzblatt für Kärnten. 28 pp.
- Komposch C (1995) *Enoplognatha tecta* (Keyserling) und *Tetragnatha shoshone* Levi neu für Österreich (Araneae: Theridiidae, Tetragnathidae). Carinthia II, 185./105., 729–734
- Komposch C (1996a) Spinnentiere (Arachnida): Weberknechte (Opiliones) und Spinnen (Araneae). Schriftenreihe der Forschung im Verbund „Flachwasserbiotop Neudenstein“, 24, 45–53
- Komposch C (1996b) Arachnological investigations on primary succession of an artificial island in southern Austria (Arachnida: Opiliones, Araneae). Revue Suisse de Zoologie volume hors série, 1, 327–334
- Komposch C (2001) Die Besiedlung des Flachwasserbiotops Neudenstein durch Weberknechte (Opiliones) und Spinnen (Araneae). Bestandsentwicklung 1992–2000. In Krainer K, Steiner H A, Wieser Ch (Red.) 10 Jahre Flachwasserbiotop Neudenstein. Ergebnisse des floristischen und faunistischen Monitorings im Jahr 2000. Schriftenreihe der Forschung im Verbund, 70, 33–44
- Komposch C (2003) Die Flussufer-Riesenwolfspinne (*Arctosa cinerea*, Arachnida: Araneae: Lycosidae) in Österreich. Kärntner Naturschutzberichte, 8, 65–75
- Komposch C (2009a) Rote Liste der Weberknechte (Opiliones) Österreichs. In Zulka P (Red.) Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Grüne Reihe des Lebensministeriums, 14/3, 397–483
- Komposch C (2009b) Spinnen (Araneae). In Rabitsch W, Essl F (Red.) Endemiten – Kostbarkeiten in Österreichs Tier- und Pflanzenwelt. Ökologie. Naturwissenschaftlicher Verlag für Kärnten und Umweltbundesamt, Wien, 408–463
- Komposch C (2009c) Weberknechte (Opiliones). In Rabitsch W, Essl F (Red.) Endemiten. Kostbarkeiten in Österreichs Tier- und Pflanzenwelt. Naturwissenschaftlicher Verlag für Kärnten und Umweltbundesamt, Wien, 476–496
- Komposch C (2018) A new classification of endemic species of Austria for nature conservation issues. In Bauch K (ed.) Conference Volume, 6th Symposium for Research in Protected Areas, 2 to 3 November 2017, Salzburg, 323–325
- Komposch C (2022) Spinnentiere und Insekten – Artendiversität, Lebensräume und Bedeutung. S. 487–514 In Wiegele E, Jungmeier M, Schneider M (Hrsg.) Handbuch Naturschutzfachkraft. Praktischer Naturschutz für Baustellen, Betriebsgelände und Infrastrukturen. 645 pp., Verlagshaus Fraunhofer

- Komposch C (2023) Spinnen (Arachnida: Araneae) Unter Mitarbeit von Lamprecht J, Waldner L. In Komposch Ch (Red.) Rote Liste gefährdeter Tiere Kärntens. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt, 481–568
- Komposch C, Lamprecht J (2023) Rote-Liste-Bilanz. In Komposch Ch (Red.) Rote Liste gefährdeter Tiere Kärntens. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt, 163–189
- Komposch C, Komposch B, Paill W, Petutschnig W (2003) LIFE-Projekt Obere Drau – Zoologisches Monitoring – Spinnentier- und Insekten-Biomonitoring von Uferlebensräumen. In Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.) Tagungsband der 20. Flussbautagung LIFE-Symposium (8.-11. September 2003 in Spittal a. d. Drau) 2, 91–119, Wien
- Komposch C, Degasperi G, Holzinger W (2019) Spinnentiere und Insekten. Spezialisten im Grenzbereich von Wasser und Land. In Muhar S, Muhar A, Egger G, Siegrist D (Hrsg.) Flüsse der Alpen. Vielfalt in Natur und Kultur, 162–169
- Komposch C, Paill W, Friess T, Wagner H C (2015) Die Spinnentier- und Insektenfauna der Schotterbänke und Auwaldreste an einem renaturierten Abschnitt der Unteren Lavant in Kärnten. (Arachnida: Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones; Insecta: Coleoptera: Carabidae, Hymenoptera: Formicidae, Saltatoria, Heteroptera). Carinthia II 205/125, 135–174
- ÖKOTEAM – Komposch et al. (2003a) Naturflusslandschaft Untere Vellach. – Zoologische Inventarisierung und naturschutzfachliche Bewertung. Unveröffentlichter Projektbericht im Auftrag von: Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 20/UAbt. Naturschutz, Klagenfurt, 110 pp.
- ÖKOTEAM – Komposch et al. (2003b) LIFE Projekt Obere Drau. Monitoring Terrestrische Tierwelt. Spinnen, Weberknechte, Skorpione, Laufkäfer, Kurzflügelkäfer und Libellen. Unveröffentlichter Projektbericht im Auftrag von: Amt der Kärntner Landesregierung; Abt. 18 – Wasserwirtschaft/UAbt. Spittal/Drau, 152 pp.
- ÖKOTEAM – Komposch et al. (2012) Monitoring Natura-2000-Gebiet Obere Drau: Begleitende Untersuchungen zum LIFE II-Projekt. Terrestrische Tierwelt (Spinnen, Laufkäfer, Weberknechte, Skorpione, Kurzflügelkäfer, Wanzen & Libellen). Unveröffentlichter Projektbericht im Auftrag von: Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 20 – Fachlicher Naturschutz Klagenfurt, 362 pp.
- ÖKOTEAM – Komposch Ch, Paill W, Friess T, Holzinger W, Komposch B, Aurenhammer S, Schnitter P (2015) Monitoring LIFE+ Gail 2010 – 2014. Fachbereich Zoologie: Spinnen, Weberknechte, Laufkäfer, Libellen, Wanzen, Ameisen. Unveröffentlichter Projektendbericht im Auftrag von Bundeswasserbauverwaltung AKL, Abt. 18 und Umweltbüro Klagenfurt, 119 pp.
- ÖKOTEAM – Komposch Ch, Aurenhammer S, Wagner H (2019) Zoologisches Monitoring zum Projekt: Flachwasserbiotop Neudenstein. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Amtes der Kärntner Landesregierung, Abt. 8. Endbericht-Version 1: 67 pp.
- Paill W (2023) Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae). In Komposch Ch (Red.) Rote Liste gefährdeter Tiere Kärntens. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt, 755–789
- Paill W, Fritze M-A (2020) Uferbewohnende Laufkäfer im Europaschutzgebiet an der Oberen Mur unter besonderer Berücksichtigung des subendemischen *Bembidion friebi* (Coleoptera: Carabidae). Joannea Zoologie 18, 153–194
- Reichelt W (1993) Das Flachwasserbiotop „Neudensteiner Bucht“. Carinthia II 183/103, 183–198
- Pabst L, Holler T, Komposch Ch, Paill W, Ebermann E (2014) Ripikole Laufkäfer- und Spinnenzö-nosen auf Renaturierungsflächen der Oberen Drau, Kärnten. (Coleoptera: Carabidae; Arachnida: Araneae). Carinthia II 204/124, 531–572
- Petutschnig W, Honsig-Erlenburg W (2015) ÖBB-Ersatzbiotop „Lavantumlegung“ bei St. Paul (Kärnten). Erfolgskontrolle an neu geschaffenen Flusslebensräumen am Beispiel der Vogel- und Fischfauna. Carinthia II 205/125, 7–30
- Plachter H (1986) Die Fauna der Kies- und Schotterbänke dealpiner Flüsse und Empfehlungen für ihren Schutz. Berichte ANL Laufen/Salzach, 10, 119–47

- Plachter H (1998) Die Auen alpiner Wildflüsse als Modelle störungsgeprägter ökologischer Systeme. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 56, 21–66
- Schatz I (2009) Leben am äußersten Rand: Gliederfüßer der Schotterbank. In Egger G, Michor K, Muhar S, Bednar B (Hg.) Flüsse in Österreich. Studienverlag, Innsbruck, 104–109
- Schatz I, Steinberger K-H, Kopf T (2003) Auswirkungen des Schwellbetriebes auf uferbewohnende Arthropoden (Aranei; Insecta: Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) am Inn im Vergleich zum Lech (Tirol, Österreich). In Füreder L & Amt der Tiroler Landesregierung (Hrsg.) Ökologie und Wasserkraftnutzung. Neueste Forschungsergebnisse zur Auswirkung der Wasserkraftnutzung auf Struktur und Funktion von Fließgewässerlebensräumen. Tagungsband der internationalen Fachtagung in Innsbruck, 21.-23.11.2002, 202–231, Innsbruck
- Schiemer F, Aubrecht G, Essl F, Gusenleitner F, Haring E, Herzig A, Kiehn M, Komposch Ch, Lindner R, Pöllinger U, Sauberer N, Scherzinger W, Schlick-Steiner B, Schön B, Schröck Ch, Steiner F, Sturmbauer Ch, Tribsch A, Winkler H, Zulka K P (2022) Dringende Erfordernisse zur Erhaltung und Förderung der österreichischen Biodiversität: Eine Stellungnahme von Naturschutzexperten. Acta ZooBot Austria 158, 1–12
- Smit J, Höppner J, Hering D, Plachter H (1997) Kiesbänke und ihre Spinnen- und Laufkäferfauna (Araneae, Carabidae) an Mittelgebirgsbächen Nordhessens. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 27, 357–364
- Steinberger K-H (1996) Die Spinnenfauna der Uferlebensräume des Lech (Nordtirol, Österreich) (Arachnida: Araneae). Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck 83, 187–210
- Trautner J, Assmann T (1998) Bioindikation durch Laufkäfer – Beispiele und Möglichkeiten [Carabidae]. Laufener Seminarbeiträge 8/98, 169–182
- Unfer G, Schmutz S, Wiesner C, Habersack H, Formann E, Komposch Ch, Paill W (2004) The effects of hydropeaking on the success of river-restoration measures within the LIFE-project „Auenverbund Obere Drau“. In Jalon D G de, Martinez P V (eds.) Proceedings of the Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis and Restoration, 12.-17.09.2004, 1, 741–746; IAHR, Madrid
- Wieser C, Krainer K, Streitmaier D, Graf W, Friedl T (1992) Flachwasserbiotop „Neudensteiner Bucht“. Begleituntersuchung der Sukzession 1991/92. Carinthia II 182/102, 759–783
- Wöss G, Zuna-Kratky T (2023) Heuschrecken & Fangschrecken (Insecta: Orthoptera & Mantodea). In Komposch Ch. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere Kärntens. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt, 643–670
- Zulka K P, Ortel J, Waitzbauer W (1998) Zur Spinnenfauna einer Schotterbank des Lunzer Seebachs (Niederösterreich) (Arachnida: Araneae). Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck 85, 167–172

Eingelangt: 2024 01 30

Anschrift:

Christian Komposch, ÖKOTEAM – Institut für Tierökologie und Naturraumplanung,
Bergmannsgasse 22, 8010 Graz; Filiale: Kasmanhuberstraße 5, 9500 Villach;
E-Mail: c.komposch@oekoteam.at
& Institut für Biologie der Karl-Franzens-Universität Graz.

Amphibien – gefährdete Wanderer zwischen zwei Welten

Alexander Schuster

Alle heimischen Amphibienarten ausgenommen der Alpensalamander (*Salamandra atra* LAURENTI 1768) benötigen zur Abdeckung ihrer Lebensbedürfnisse sowohl aquatische wie terrestrische Teillebensräume in geeigneter räumlicher Anordnung. Dies ist einer der Gründe, warum zahlreiche Arten in ihrem Bestand gefährdet sind. Amphibien sind die erste Wirbeltiergruppe, die Landlebensräume besiedelte. Ihre Reproduktion blieb aber Großteils von Gewässerlebensräumen abhängig. In diesen sind Amphibienlaich und -larven eine leichte Beute insbesondere für Fische. Amphibien besiedeln deshalb vor allem fischarme oder fischfreie, oft nur temporär wasserführende stehende Gewässer. Dynamische ökologische Situationen, die räumlich und zeitlich variabel an wechselnden Stellen geeignete Gewässer bieten, sind von großer Bedeutung. Dazu zählen Gebiete mit hoch anstehendem Grundwasser, stehende Gewässer mit starken Wasserstandsschwankungen und das frühere Netz der ursprünglichen, unregulierten Bach- und Flusslandschaften. Grundlegende ökologische Faktoren, die Amphibien begünstigen, sind durch Gewässerregulierungen seit etwa 200 Jahren schrittweise außer Kraft gesetzt worden, wie die Neubildung von Neben- oder Altarmen an Fließgewässern. Auswirkungen, wie das Verlanden der letzten verbliebenen Altarme in den Donauauen, werden teilweise erst jetzt spürbar. Schutzkonzepte, die Schlüsselfaktoren für die Erhaltung der Arten berücksichtigen und Prioritäten beinhalten sind notwendig. Schutzmaßnahmen sollen, wo möglich, großräumige Flussrenaturierungen, sowie die Sicherung größerer stehender Gewässer mit schwankenden Wasserständen und breiten Verlandungszonen umfassen. In terrestrisch geeigneten Habitaten, wie Auwäldern auch an regulierten Flüssen, können auf relativ kleinen Flächen und mit überschaubarem Aufwand Kleingewässer angelegt oder optimiert werden. Aufgrund ihres hohen Reproduktionspotenzials können sich dadurch Populationen rasch regenerieren. Zusätzlich profitieren Amphibien von neu geschaffenen künstlichen stehenden Kleingewässern wie Schwimm-, Garten oder Landschaftsteichen, die mittlerweile eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz genießen.

Schuster A (2024) Amphibians – an endangered species group moving between two worlds.

Most of native amphibian species require both aquatic and terrestrial habitats in a suitable spatial arrangement to fulfil their needs. This is one of the reasons why many native amphibian species are endangered. In terms of evolutionary ecology, amphibians were the first group of vertebrates to colonize terrestrial habitats, but remained dependent on aquatic habitats for their reproduction. However, their reproduction remained largely dependent on aquatic habitats. In these, amphibian spawn and larvae are easy prey, especially for fish. Amphibians therefore primarily colonise stagnant waters that are poor in fish or free of fish and often only contain water temporarily. Dynamic ecological situations, which offer suitable water bodies in varying locations over time and space, are of great importance. These include areas with high groundwater levels, standing bodies of water with strong water level fluctuations and the former network of original, unregulated stream and river landscapes. Fundamental ecological factors that favor amphibians have been gradually eliminated by watercourse regulation over the past 200 years. Impacts, such as the silting up of the last remaining oxbow lakes in the Danube floodplains, are only now becoming noticeable. Concepts that take into account key factors for the conservation of species and include priorities are necessary. Where possible, protective measures should include large-scale river renaturation, as well as securing larger stagnant bodies of water with fluctuating water levels and wide siltation zones. In terrestrial suitable habitats, such as riparian forests along regulated rivers, ponds can be created or optimized in relatively small areas and with manageable effort. Due to their high reproductive potential, populations can regenerate quickly. Amphibians also benefit from newly created artificial small standing bodies of water

such as swimming ponds, garden ponds or landscape ponds, which now enjoy a high level of social acceptance.

Keywords: Amphibians, Austria, endangering, protection.

Einleitung

Amphibien werden regional wie überregional als eine besonders gefährdete Artengruppe eingestuft, z. B. Kyek in Cabela et al. (2001) oder Kaufmann (2019). Dabei lohnt sich eine nähere Betrachtung der konkreten Gefährdungssituation der einzelnen Arten in Österreich, etwa auf Basis der aktuellen Roten Liste für Österreich (Gollmann 2007). Von den 20 eingestuften Arten fallen acht Arten (40%) in die Kategorie „Near Threatened“, acht Arten in die Kategorie „Vulnerable“, drei Arten werden als „Endangered“ (Nördlicher Kammolch – *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768), Donau-Kammolch – *Triturus dobrogicus* (Kiritzesku, 1903), Knoblauchkröte – *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768)) und nur eine Art als „Critically Endangered“ (Kreuzkröte – *Epidalea calamita* (Laurenti, 1768)) eingestuft (Abb. 1). Dabei fällt auf, dass die als besonders gefährdet eingestuften Arten vergleichsweise kleine Areale in Österreich aufweisen, und die Bewertung dies möglicherweise stärker berücksichtigt als die realen Trends der Entwicklung der Areale und Populationsgrößen in Österreich, zu denen allerdings leider immer noch zu wenig bekannt



Abb. 1: Kreuzkröte, *Epidalea calamita*, eine stark gefährdete Amphibienart in Österreich weist zwei kleinflächige Vorkommen in Niederösterreich und Tirol auf (© A. Schuster). – Fig. 1: Natterjack toad, *Epidalea calamita*, an endangered Amphibian species in Austria occurring in small areas in Lower Austria and Tyrol (© A. Schuster).

ist. Fasst man „Near Threatened“ als „nicht gefährdet“ auf und wird berücksichtigt, dass keine Amphibienart in Österreich ausgestorben ist, ja sogar mit dem Fadenmolch (*Lisotriton helveticus* (Razoumovsky, 1789)) das Vorkommen einer Art in Österreich kürzlich neu nachgewiesen wurde, könnte man provokant schließen: die Situation ist weit besser als gedacht. Dies berücksichtigt aber nicht die Erkenntnisse der letzten beiden Jahrzehnte, die zeigen, dass mehrere Arten, die als „Vulnerable“ eingestuft wurden, zumindest in größeren Teilen Österreichs klar negative Trends aufweisen. Kyek et al. (2017) zeigen weiters, dass auch weniger stark gefährdete, weit verbreitete Arten, starke Bestandsrückgänge aufweisen können, wie etwa der Grasfrosch (*Rana temporaria* (Linnaeus, 1758)) in inneralpinen Tallagen. Zurecht wird angeführt, dass die historische Situation der Amphibienarten Österreichs aufgrund des Fehlens exakter Daten nicht ausreichend dokumentiert ist. Aufgrund verschiedener Quellen und der Einschätzung der ökologischen Veränderungen ihrer Lebensräume muss aber von historisch deutlich höheren Populationsgrößen, zumindest in den tiefen und mittleren Lagen Österreichs, ausgegangen werden (Kyek in Cabela et. al 2001).

Gefährdungsursachen

Amphibien benötigen zur Abdeckung ihrer Lebensbedürfnisse sowohl aquatische wie terrestrische Teillebensräume in geeigneter räumlicher Anordnung. Daher müssen mehrere verschiedene Teilhabitate in für die jeweilige Art geeigneter ökologischer Qualität ausgebildet und in bewältigbarer Distanz ohne unüberwindbare Barrieren angeordnet sein. Evolutionsökologisch betrachtet sind Amphibien die erste Wirbeltiergruppe, die Landlebensräume besiedelt hat. Dies ermöglichte die Erschließung großflächiger terrestrischer Habitate. Aufgrund der Ei- und Larvalbiologie blieben sie aber, mit lebendgebärenden Ausnahmen, von Gewässerlebensräumen abhängig. Möglicherweise ist es ein Preis für den Landgang, dass Gelege und Larven nicht besonders konkurrenzstark im Vergleich mit anderen aquatischen Organismen, wie Fischen oder carnivoren Insekten und deren Larven sind. Spätestens nach Auflösung der gallertartigen Eihülle und im Übergang zu frühen Larvalstadien sind Amphibienlarven eine leichte Beute insbesondere für Fische. Amphibien nützen für die Fortpflanzung für Fische wenig attraktive, oft nur vorübergehend wasserführende seichte Gewässer, in denen sie eine möglichst rasche Ei- und Larvalentwicklung in oft hohen Individuendichten absolvieren. Aufgrund ihrer Mobilität in terrestrischen Lebensräumen können kurzfristig entstandene Gewässer rasch neu besiedelt werden. Dynamische ökologische Situationen, die räumlich und zeitlich variabel an wechselnden Stellen geeignete Gewässer bieten, sind daher von besonderer Bedeutung für diese Tiergruppe. Dazu zählen großflächige Feuchtebiete mit hoch anstehendem Grundwasser mit starken Wasserstandsschwankungen und insbesondere die ursprünglich großräumig verbundenen unregulierten Bach- und Flusslandschaften in Österreich. Grundlegende ökologische Faktoren, die Amphibien begünstigen, sind infolge der Gewässerregulierungen seit etwa 200 Jahren schrittweise außer Kraft gesetzt oder sehr stark eingeschränkt worden. Die Auswirkungen werden teilweise erst jetzt spürbar, wenn beispielsweise in den Donauauen die letzten verbliebenen Altarme verlanden nachdem seit Langem keine Neben- oder Totarme neu gebildet werden konnten. In den Bachtälern sind die meisten größeren Bäche reguliert, Wiesen drainagiert, die Bildung von Seitenarmen wird Großteils verhindert und großflächige längere Überschwemmungen von Wiesen finden kaum mehr statt. Diese Faktoren-

konstellation kann für den langfristigen Rückgang von Amphibien in den artenreichen niederen und mittleren Lagen Österreichs verantwortlich gemacht werden.

Voraussetzungen für erfolgreichen Amphibienschutz: Kenntnis der Bestandssituation und Identifikation von Schlüsselfaktoren für die Gefährdung

Vorrangig bedeutend für die Entwicklung von Schutzkonzepten für heimische Amphibienarten ist die Einschätzung der aktuellen Situation der einzelnen Arten in den Großlandschaften Österreichs, der laufenden Trends und die Identifikation von Schlüsselfaktoren für die Gefährdung. Bei der Interpretation der Bestandssituation von Amphibien ist grundsätzlich Vorsicht angebracht. Amphibien weisen aufgrund ihres hohen Reproduktionsvermögens hohe Bestandsschwankungen auf. Aufgabe von Laichgewässern und Aufbau von neuen Populationen an neu entstandenen Gewässern kommen regelmäßig vor. Die Populationsstruktur ist komplex, Amphibienarten sind potenziell langlebige r-Strategen, die erst nach mehreren Jahren fortpflanzungsfähig sind. Es kommen daher zeitgleich mehrere Jahrgänge vor, von denen aber nur die adulten Tiere an den Fortpflanzungsgewässern einigermaßen gut quantifiziert werden können. Dazu kommt, dass an den Laichgewässern möglicherweise nur ein Teil der fortpflanzungsfähigen Tiere anzutreffen ist. Wie komplex die Populationsstruktur und die Lebenslaufstrategie von Amphibien ist, zeigen die Langzeitstudien von Kuhn (1994, 1998) zur Erdkröte (*Bufo bufo* (Linnaeus, 1758)). Es zeigte sich unter anderem, dass Weibchen dieser Art zum Teil erst im siebten Lebensjahr oder später erstmals zu den Laichgewässern zurückkehren. Dies alles muss berücksichtigt werden, wenn die Bestandssituation von Amphibienarten eingeschätzt werden soll. Trotzdem ist die Möglichkeit der quantitativen Erfassung von Amphibien an den Laichgewässern, sei es durch Zählung von Adulten oder Gelegen oder Larven, eine sehr günstige Situation. Amphibien können effizienter und besser quantifiziert werden, als die meisten anderen Tiergruppen. Das österreichweite Monitoring entsprechend den Bestimmungen des Art. 11 der FFH – Richtlinie steht erst am Beginn und umfasst besonders gefährdete Amphibienarten wie Laubfrosch (*Hyla arborea* (Linnaeus, 1758)), Wechselkröte (*Bufo viridis* (Laurenti, 1768)), Kreuzkröte (*Epidalea calamita*) und Donau-Kammolch (*Triturus dobrogicus*). Eine Vervollständigung des Monitorings gemäß Art. 11 FFH-Richtlinie auf die 16 davon umfassten Amphibienarten wäre geeignet, langfristig regelmäßig eine fachlich begründete Einstufung der Bestandssituation der Amphibien Österreichs zu gewährleisten. Für die Einschätzung der aktuellen Bestandssituation ist es weiterhin bedeutend, regionale Kartierungen oder Monitoringergebnisse zusammenfassend zu interpretieren. Aus großräumigen Kartierungen und Langzeitstudien ergeben sich Schritt für Schritt Erkenntnisse, die das Verständnis zur Populationsökologie und Bestandssituation der meisten heimischen Amphibienarten verdichten.

Aus eigenen Langzeituntersuchungen an mehr als 630 Laichgewässern im oberösterreichischen Alpenvorland, die seit dem Jahr 1985 durchgeführt werden (z. B. Schuster 2003) ergeben sich Muster der Entwicklungen und Gefährdungen von 13 Amphibienarten. In einer Landschaft mit einer durch Flussregulierung der Dynamik beraubten Aulandschaft mit einer seit Jahrzehnten stabilen Situation der Waldlebensräume ergibt sich folgende Situation: Früh im Jahr laichende Amphibienarten, wie die waldbewohnenden Arten Erdkröte (*Bufo bufo*), Grasfrosch (*Rana temporaria*) und Springfrosch (*Rana dalmatina*) (Fit-

zinger, 1840)) weisen stabile oder im Falle des Springfrosches (Abb. 2) stark zunehmende Bestandsentwicklungen auf. Die zeitig im Frühjahr laichenden Arten entwickeln in diesem anthropogen sekundär uniformierten Ökosystem einen hohen Druck auf die später im Jahr laichenden Arten wie Wechselkröte (*Bufo viridis*), Laubfrosch (*Hyla arborea*, Abb. 3) und Gelbbauchunke (*Bombina variegata* (Linnaeus, 1758)) aus. Diese Arten meiden von Larven der Frühlaicher besiedelte Gewässer. Die Auwälder der regulierten Traun weisen ein stabiles Laichgewässerangebot auf, das von den Frühlaichern vollständig und in zum Teil hohen Dichten besiedelt wird. Die Spätlaicher sind aus diesen naturnahen Be-



Abb. 2: Springfrosch, *Rana dalmatina*, weit verbreitet in den tiefen Lagen Österreichs mit bedeutenden Bestandszunahmen (© A. Schuster). – Fig. 2: Agile frog, *Rana dalmatina*, wide spread in the lower areas in Austria and developing positive trends of populations (© A. Schuster).



Abb. 3: Laubfrosch, *Hyla arborea*, eine weit verbreitete Amphibienart in Österreich mit andauernden starken Bestandsrückgängen (© A. Schuster). – Fig. 3: European tree frog, *Hyla arborea*, wide spread in Austria, but with continuous loss of populations (© A. Schuster).

reichen fast vollständig verschwunden und weisen daher in den letzten 40 Jahren deutliche Bestandsrückgänge auf. Grund dafür ist die sekundär stabilisierte Laichgewässersituation im Gegensatz zur früheren dynamischen Situation der unregulierten Aulandschaft (Schuster 2003; Schuster unveröffentlicht).

Ein weiterer überregional bestandsbestimmender Faktor für die Bestandsentwicklung von Amphibienarten ist die unterschiedliche Anfälligkeit der einzelnen Amphibienarten bzw. deren Gelege und Larven bezüglich Prädation durch Fische in den Laichgewässern. Die Erdkröte besiedelt bei einem Angebot von etwa 100 Amphibienlaichgewässern in den regulierten Traunauen ausschließlich Gewässer mit Vorkommen von Fischen in geringer oder mäßiger Dichte. In etlichen Gewässern verschwand die Erdkröte, nachdem ein extensiver Besatz mit Karpfen schrittweise reduziert wurde und gleichzeitig der Bestand des Springfrosches massiv zunahm. Springfrösche und Grasfrösche laichen jahreszeitlich etwas früher als Erdkröten, Fressen von *Rana*-Larven an Erdkrötenlaich konnte vom Autor im Gebiet mehrfach dokumentiert werden. Erdkrötenlarven werden im Gegensatz zu Larven der Gattung *Rana* von einer großen Zahl von Fischarten nicht gefressen. Der Rückgang von tieferen von Fischen besiedelten Altarmen und Weihern in den Traunauen durch Grundwasserabsenkungen infolge der Flusseintiefung und fehlende Neubildung nach der Regulierung der Traun ist wiederum der dahinterliegende Faktor, der mittlerweile deutliche Abnahmen der Erdkröte in diesem Gebiet verursacht.



Abb. 4: Knoblauchkröte, *Pelobates fuscus*, selten in Österreich, beschränkt auf das Donautal und den Osten Österreichs (© A. Schuster). – Fig. 4: Common spadefoot, *Pelobates fuscus*, restricted to the Danube valley and the east of Austria (© A. Schuster).

In den Lacken des Seewinkels und im Schilfgürtel des Neusiedler Sees besteht eine ganz andere Situation, sowohl der terrestrischen wie aquatischen von Amphibien besiedelten Habitate. Hier dominieren in waldarmer Landschaft spätläichende Amphibienarten, wie Laubfrosch (*Hyla arborea*), Rotbauchunke (*Bombina bombina* (Linnaeus, 1758)), Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*, Abb. 4) und Donau-Kammolch (*Triturus dobrogicus*). Das Vorkommen von Fischen bestimmt in hohem Ausmaß die Bestandssituation dieser Amphibienarten. In den vergleichsweise geringen Flächenanteilen fischfreier seichter Abschnitte des Schilfgürtels bestanden im Jahr 2000 enorm individuenreiche Populationen dieser Arten, desgleichen in den Lacken des Seewinkels nach Jahren hoher Wasserstände (Schuster, unveröffentlicht). Negative Entwicklungen sind im Seewinkel aufgrund der niederschlagsarmen Jahre absehbar. Allerdings ist es weder überprüft noch ausgeschlossen, dass infolge der niedrigeren Wasserstände des Neusiedler Sees im Schilfgürtel weiterhin sehr individuenreiche Populationen dieser Arten bestehen.

Schutzstrategie und Schutzmaßnahmen

Der eigentliche Grund für die Gefährdung der Amphibienarten Österreichs ist die Außerkraftsetzung der Faktoren, die für eine vielfältige und dynamische Gewässerentwicklung gesorgt haben. Aus den Erfahrungen in Oberösterreich hat sich zudem ergeben, dass oft das Angebot an Laichgewässern der bestandslimitierende Faktor ist. Gezielte Anlage geeigneter Kleingewässer in einer Umgebung mit einigermaßen günstigen terrestrischen Habitaten, wie Wäldern, inklusive Auwälder regulierter Flusslandschaften, führt in der

Regel zu raschen Erfolgen. Daraus ergeben sich folgende wesentliche Grundsätze für die Erstellung und Umsetzung von Schutzkonzepten und Schutzmaßnahmen:

Bedeutend ist die Sicherung oder Wiederherstellung großflächiger ursprünglicher Gewässerlandschaften, Flussauen, Verlandungszonen größerer stehender Gewässer, wo dies noch möglich ist. Dabei ist eine Berücksichtigung der Amphibien im Rahmen von Maßnahmen

Tab. 1: Ursache-Wirkungs-Matrix von Belastungen auf Amphibienarten in Österreich. Legende siehe Grafiklegende. – Tab. 1: Cause-effect matrix of pressures on amphibian species in Austria. Legend see graphic legend.

Ursache	Wasserqualität	Hydrologie	Konnektivität	Morphologie	Sedimente	Biotische Interaktionen Biotische Aktionen
Fluss/Uferregulierungen	1	4	3	4	3	1
Wasserkraft	2	4	3	4	3	1
Urbanisierung	2	2	2	2	2	3
Schifffahrt	1	2	2	2	1	1
Land- und Forstwirtschaft	2	3	2	3	1	1
Trinkwasser	1	2	1	1	1	1
Bewässerung	1	3	1	1	1	1
Invasive Spezies	1	1	1	1	1	3
Fischzucht	2	2	2	2	2	3
Verschmutzung – Nährstoffe	2	2	2	2	2	1
Verschmutzung – Spurenstoffe	2	2	2	2	2	1
Klimawandel	2	3	2	2	1	1
Überfischung	1	1	1	1	1	1
Kumulative Effekte	2	4	3	4	3	3

stark	4
mäßig	3
gering	2
keine	1
teilweise unbekannt	3

zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, z. B. größeren Renaturierungsprojekten im Rahmen von LIFE Projekten, bedeutend (Weißmair et al. 2007).

An kleineren Gewässern ist das Zulassen von mehr Dynamik, Aufweiten von Bächen, Zulassen von Laufverlagerungen, Auffassung von Drainagen, Zulassen von Überschwemmungsflächen auf bachbegleitenden Wiesen oder Waldflächen von großer Bedeutung.

Für eine gezielte Unterstützung der besonders gefährdeten Amphibienarten der Großlandschaften Österreichs sind eine Identifizierung der verbliebenen Vorkommen und gezielte Gewässeranlagen für diese Arten notwendig.

In Oberösterreich wurde eine Artenschutzstrategie für verschiedene Tiergruppen entwickelt (Guttman et al. 2016). Mit Alpenkammolch (*Triturus carnifex* (Laurenti, 1768)), Nördlichem Kammolch (*Triturus cristatus*), Wechselkröte (*Bufo viridis*), Rotbauchunke (*Bombina orientalis*), Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*), Laubfrosch (*Hyla arborea*) und Kleinem Wasserfrosch (*Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882)) wurden prioritär schützenswerte Amphibienarten identifiziert. Für das Management ihrer Vorkommen wurden etwa 150 Ökoflächen für besonders gefährdete Amphibienarten in Oberösterreich festgelegt. Ziel ist die Optimierung der Laichgewässersituation dieser Arten. Weiters ist es von großer Bedeutung in Zusammenhang mit Bewilligungsverfahren, die größere für Amphibien bedeutende Flächen betreffen, entsprechende Maßnahmen festzulegen.

Besonders wichtig ist die Förderung des Bewusstseins der naturschutzengagierten Öffentlichkeit für besonders gefährdete Amphibienarten und die konkrete Förderung von Gewässeranlagen durch Initiativen von Naturschutzorganisationen oder Privatpersonen. Stehende Kleingewässer genießen mittlerweile eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz, anthropogen geschaffene Kleingewässer wie Schwimmteiche, Gartenteiche, Landschaftsteiche und Gewässer in Abbaubereichen werden regelmäßig geschaffen. Ein sehr bedeutender Schutzfaktor für Amphibien ist Nutzung und Gestaltung von Sekundärsituationen in Zusammenhang mit Verfahren in Abbaubereichen.

Aktuelle Ursachen/Belastungen wichtiger Lebensraumkomponenten bzw. Faktoren für Amphibien in Österreich sind in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt. Fluss- und Uferregulierungen sowie die Auswirkungen der Wasserkraft bewirken direkt und indirekt insbesondere über die Änderungen der Hydrologie und der Morphologie der Fluss- und Bachtäler die größten Belastungen für die heimische Amphibienfauna. Die industrialisierte Landwirtschaft mit ihren Begleitmaßnahmen verstärkt diese negativen Wirkungen insbesondere in kleineren Fluss- und Bachtälern. Regionale Belastungen stellen beispielsweise die Schifffahrt auf der Donau, die indirekt großräumige Renaturierungen erschwert oder Bewässerung durch Grundwasserabsenkungen etwa im Seewinkel dar. Die Wirkung der Urbanisierung ist differenziert zu betrachten: Durch Bodenversiegelung und Verkehr vermindert sich das Lebensraumangebot und erhöht sich die Mortalität von Amphibien. Demgegenüber stehen gerade im Siedlungsraum zahlreiche Kleingewässeranlagen in Form von Garten- und Schwimmteichen, deren Wert für Amphibien durch intensiven Goldfischbesatz wieder gemindert wird. Quellfassungen können lokal Habitats einzelner Amphibienarten negativ betreffen. Fischzucht ist wiederum differenziert zu betrachten, intensive Fischzucht in natürlichen Gewässern ist überwiegend negativ zu bewerten, Schaffung extensiv genutzter Fischteiche hat wiederum positive Effekte auf verschiedene Amphibienarten. Insgesamt betrachtet ergeben sich natürlich starke kumulative Effekte der negativen Einflussfaktoren.

Literatur

- Kyck M (2001) Gefährdung und Schutz der Herpetofauna. In: Cabela A, Grillitsch H, Tiedemann F (2001) Atlas zur Verbreitung und Ökologie der Amphibien und Reptilien in Österreich: Auswertung der Herpetofaunistischen Datenbank der Herpetologischen Sammlung des Naturhistorischen Museums in Wien. Umweltbundesamt, Wien, 779–785

- Gollmann G (2007) Rote Liste der in Österreich gefährdeten Lurche (Amphibien) und Kriechtiere (Reptilien). Böhlau Verlag, Wien-Köln-Weimar, 37–60
- Guttmann S, Neubacher G, Schuster A, Strauch M, Schön B (2016) Artenschutzstrategie Oberösterreich – Strategie zum Schutz von Pflanzen- und Tierarten in Oberösterreich. Land Oö./Abt. Naturschutz, 53 pp.
- Kaufmann P (2019) Österreichs Amphibien und der heimliche Rückgang des Grasfrosches. ÖKO.L 41(3-4), 20–23
- Kuhn J (1994) Lebensgeschichte und Demographie von Erdkrötenweibchen *Bufo bufo bufo* (L.). Zeitschrift für Feldherpetologie 1, 3–87
- Kuhn J (1998) Life-history-Analysen, Verhaltens- und Populationsökologie im Naturschutz: die Notwendigkeit von Langzeitstudien. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 58, 93–113. Bundesamt für Naturschutz Bonn.
- Kyek M, Kaufmann P, Lindner R (2017) Differing long term trends for two common amphibian species (*Bufo bufo* and *Rana temporaria*) in alpine landscapes of Salzburg, Austria. PLoS ONE 12/11, e0187148. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187148>
- Schuster A (2003) Habitatwahl und langfristige Bestandsveränderungen von Amphibienpopulationen im oberösterreichischen Alpenvorland: Analyse möglicher Ursachen. Dissertation Universität Wien, 236 pp.
- Weißmair W, Glaser F, Kammel W, Kyek M, Maletzky A, Ruzek S, Schmidt A, Schuster A, Smole-Wiener K, Waringer-Löschenkohl A (2017) Flussrevitalisierungen in Österreich. Fallbeispiele und Anforderungen im Sinne des Amphibien- und Reptilienschutzes. ÖGH-Aktuell 43, 20 pp.

Eingelangt: 2023 12 16

Anschrift:

Alexander Schuster, E-Mail: alexander.schuster@ooe.gv.at
Amt der Oö. Landesregierung, Direktion für Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung, Abteilung Naturschutz, Bahnhofplatz 1, A-4021 Linz.

Wasserpflanzen in Seenot

Karin Pall

Wasserpflanzen (Makrophyten) bilden eine taxonomisch sehr heterogene Pflanzen­gruppe, bestehend aus Samenpflanzen, Gefäßsporenpflanzen, Moosen und auch Algen. Sie alle verbindet lediglich die enge Bindung an den aquatischen Lebensraum, mit entsprechenden morphologischen und physiologischen Anpassungen. In Europa werden ca. 1.100 Arten zu den Wasserpflanzen gezählt, etwa die Hälfte davon ist auch in Österreich beheimatet. Viele Arten sind dabei hoch spezialisiert und reagieren entsprechend empfindlich auf Veränderungen ihrer Habitate.

Gemäß den aktuellen Roten Listen unterliegen etwa zwei Drittel der in Österreich vorkommenden Spezies einer mehr oder weniger starken Gefährdung: Etwa 10 % aller Arten sind sogar bereits ausgestorben, verschollen oder vom Aussterben bedroht, weitere 20 % sind stark gefährdet.

Maßgebliche Ursachen sind Verschmutzungen durch Nährstoffe (Eutrophierung), Uferregulierungen und -verbauungen, Veränderungen der natürlichen Wasserstandsverläufe (meist durch energiewirtschaftliche Nutzung), anthropogen verursachter Wellenschlag (Bootsverkehr), Maßnahmen zur Sicherstellung der Nutzbarkeit für den Erholungsbetrieb (z. B. Mähmanagement) sowie unsachgemäßer Fischbesatz bzw. Bewirtschaftung. Verschärft wird die Situation durch den Klimawandel, der nicht nur zu einer generellen Abnahme aquatischer Lebensräume führt, sondern auch die Einwanderung und Ausbreitung neophytischer Wasserpflanzen begünstigt, welche die heimischen Arten verdrängen.

Hohes Potential für Abhilfe liegt vor allem in der Verbesserung der hydromorphologischen Verhältnisse unserer Gewässer.

Pall K (2024) Aquatic plants in distress.

Aquatic plants (macrophytes) form a taxonomically very heterogeneous group of plants, including seed plants, vascular spore plants, mosses and also algae. The only thing they have in common is their close connection to the aquatic habitat, with corresponding morphological and physiological adaptations. In Europe, about 1,100 species are counted among the aquatic plants, about half of which are also native to Austria. Many species are highly specialised and react accordingly sensitively to changes in their habitats. According to the current Red Lists, about two thirds of the species occurring in Austria are more or less severely endangered, about 10 % of all species are even already extinct or critically endangered, another 20 % are endangered.

The main causes are pollution by nutrients (eutrophication), shoreline regulation and obstruction, changes in natural water levels (mostly due to energy use), anthropogenic wave action (boat traffic), measures to ensure usability for recreation (e.g. mowing management), improper fish stocking or management. The situation is exacerbated by climate change, which not only leads to a general decline in aquatic habitats, but also favours the immigration and spread of neophytic aquatic plants that displace native species.

Keywords: Macrophytes, Red List, Species decline, Causes of hazards, Water pollution, Anthropogenic use of water bodies, Climate Change, Neophyta.

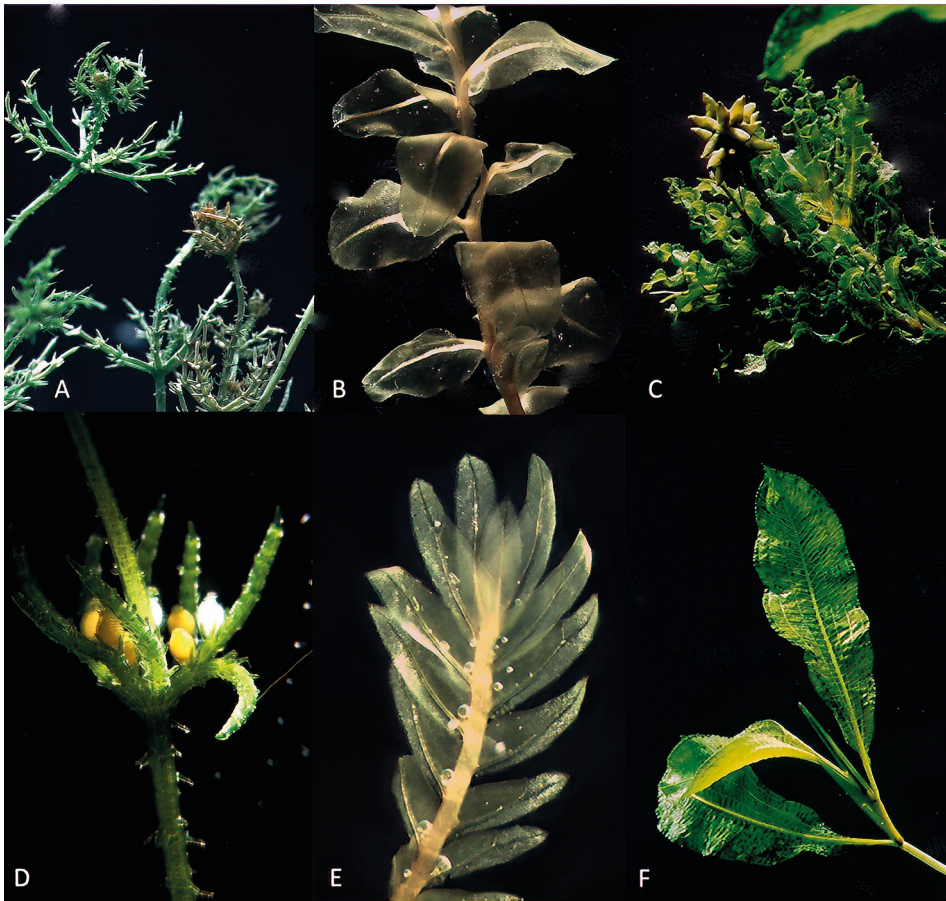
Einleitung

Als Makrophyten werden alle makroskopisch wahrnehmbaren Höheren und Niederen Pflanzen, die im Wasser wachsen, bezeichnet. Es wird davon ausgegangen, dass etwa 1–2 % aller Pflanzenarten dieser Gruppe zuzurechnen sind, also weltweit ca. 5.000 Spezies.

Europaweit werden etwa 1.100 Arten zu den Makrophyten gezählt (vgl. freshwaterecology.info), wobei etwa die Hälfte davon auch in Österreich beheimatet ist. In dieser taxono-

misch sehr heterogenen Pflanzengruppe finden sich Samenpflanzen, Gefäßsporenpflanzen, Moose und – mit den Characeen – auch Algen. Über die Zuordnung zur Gruppe der Makrophyten entscheidet allein die enge Bindung an den aquatischen Lebensraum.

Ihre Lebensräume reichen dabei von der unmittelbar vom Gewässer beeinflussten Uferzone bis in Gewässertiefen, in denen das verfügbare Licht gerade noch eine positive Energiebilanz mittels Photosynthese erlaubt. Je nach Lebensweise unterscheidet man Helophyten („Röhrichtpflanzen“ im weiteren Sinn), Amphiphyten (Arten, die sowohl völlig untergetaucht im Wasser wie auch vorübergehend im Trockenen an Land leben können) und Hydrophyten („echte Wasserpflanzen“ bzw. ständig im Wasser lebende Arten). Die einzelnen Arten sind dabei teils hochspezialisiert und daher durch jegliche Veränderung ihrer Lebensräume in ihrer Existenz bedroht.



Tafel 1: Beispiele für Makrophyten aus verschiedenen taxonomischen Gruppen: Algen (A: *Chara tomentosa* und D: *Chara aspera*), Moose (B: *Plagiomnium undulatum* und E: *Fissidens dubius*), Samenpflanzen (C: *Potamogeton crispus* und F: *Potamogeton lucens*). Alle Fotos © Karin Pall. – Plate 1: Examples of macrophytes from different taxonomic groups: Algae (A: *Chara tomentosa* and D: *Chara aspera*), mosses (B: *Plagiomnium undulatum* and E: *Fissidens dubius*), seed plants (C: *Potamogeton crispus* and F: *Potamogeton lucens*). All photos © Karin Pall.

Material und Methoden

Die Datenbasis zum rezenten Makrophyteninventar Österreichs bildete die Datenbank der systema GmbH, welche seit mehr als 30 Jahren Vorkommen von Makrophyten in Österreichs Seen, Fließgewässern und Auen untersucht. Ergänzend wurde betreffend die Höheren Pflanzen die sog. „Basis-Artenliste“ des Departments für Botanik und Diversitätsforschung der Universität Wien, welche für die Arbeit zur Erstellung der aktuellen Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen Österreichs (Schratt-Ehrendorfer et al. 2022) erstellt wurde, einbezogen.

Die hier präsentierte Bewertung der Gefährdungssituation der einzelnen taxonomischen Gruppen der Makrophyten beruht auf verschiedenen Quellen:

Für die Höheren Pflanzen unter den Makrophyten richtet sich diese nach der oben angeführten Roten Liste, in welcher die Wasserpflanzen von der systema bearbeitet wurden (Pall 2022).

Die Einstufung der Gefährdung für die Gruppe der aquatischen Moose beruht für die Laubmoose auf Grims & Köckinger (1999) und für die Lebermoose auf Saukel & Köckinger (1999), jeweils in Niklfeld (1999).

Die Beurteilung der Gefährdung der Characeen folgt der Einschätzung der Autorin unter Berücksichtigung verfügbarer Roter Listen aus Bundesländern, z. B. Oberösterreich (Hohla & Gregor 2011) und Vorarlberg (Jäger 2012).

Ergebnisse

Von den in Österreich beheimateten Makrophytenarten zählen nach derzeitigem Wissensstand 347 zu den Höheren Pflanzen, 128 zu den Moosen und 39 zu den Characeen. Gemäß den ausgewerteten Quellen ist davon auszugehen, dass unter den Makrophyten 50 % der Höheren Pflanzen, 39 % der aquatischen Moose und 97 % der Characeen aktuell einer Gefährdung unterschiedlichen Ausmaßes unterliegen (Abb. 1).

Betrachtet man die unterschiedlichen Lebensformen der Makrophyten, so ist festzustellen, dass der Anteil gefährdeter Arten mit dem Grad der Anbindung an den aquatischen Lebensraum ansteigt. Während bei den Helophyten „nur“ ca. 60 % der Arten als gefähr-



Abb. 1: Aufteilung der Makrophytenarten gemäß taxonomischen Gruppen (links) und jeweiliger Anteil gefährdeter Arten (rechts, schraffiert). – Fig. 1: Distribution of macrophyte species according to taxonomic groups (left) and respective proportion of endangered species (right, shaded).

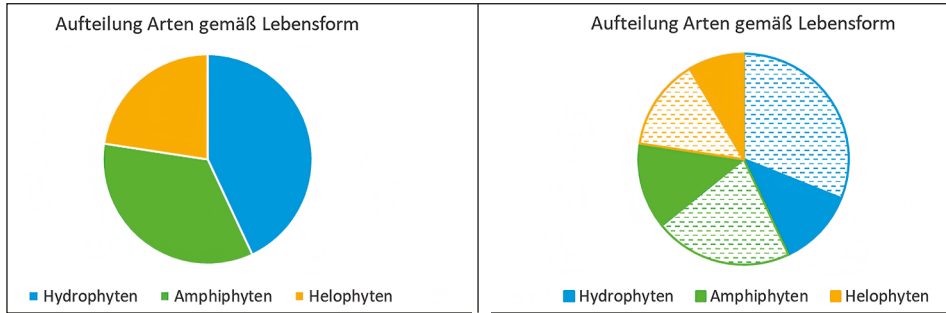


Abb. 2: Aufteilung der Makrophytenarten gemäß Lebensform (links) und jeweiliger Anteil gefährdeter Arten (rechts, schraffiert). – Fig. 2: Distribution of macrophyte species according to life form (left) and respective proportion of endangered species (right, shaded).

det betrachtet werden, sind es bei den Amphiphyten 63 % und bei den Hydrophyten sogar 72 % (Abb. 2).

Die aktuell detailliertesten Ergebnisse sind für die zu den Höheren Pflanzen zählenden Makrophyten verfügbar (vgl. Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Österreichs [Schratt-Ehrendorfer et al. 2022]). Demnach sind knapp zwei Drittel aller in Österreich beheimateten Spezies mehr oder weniger stark gefährdet. Ca. 10 % der Arten sind bereits „ausgestorben oder verschollen“ oder „vom Aussterben bedroht“, weitere jeweils 20 % sind „stark gefährdet“ oder „gefährdet“ und nochmals ca. 15 % unterliegen einer „Gefährdung unbekanntem Ausmaßes“ oder sind in der Vorwarnstufe „beinahe gefährdet“ (vgl. Abb. 3).

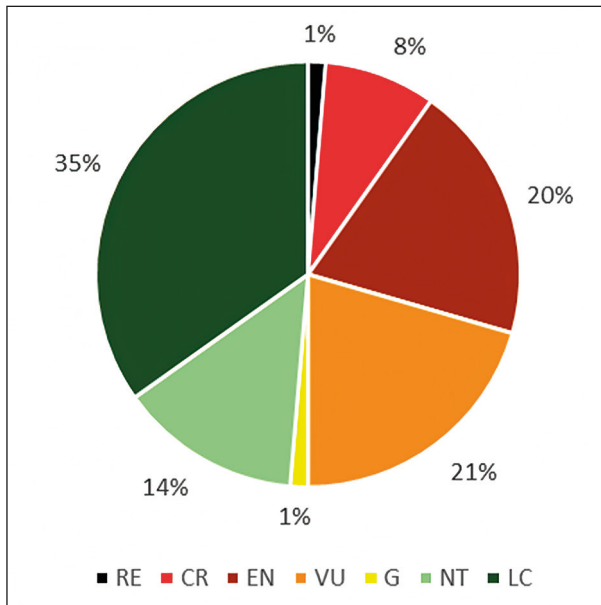


Abb. 3: Prozentuelle Verteilung der aquatischen Farn- und Blütenpflanzen Österreichs auf verschiedene Gefährdungsstufen (RE = ausgestorben oder verschollen, CR = vom Aussterben bedroht, EN = stark gefährdet, VU = gefährdet, G = Gefährdung unbestimmten Ausmaßes, NT = beinahe gefährdet, LC = ungefährdet). Aus Schratt-Ehrendorfer et al. (2022). – Fig. 3: Percentage distribution of Austria’s aquatic ferns and flowering plants according to various endangerment levels (RE = regionally extinct, CR = critically endangered, EN = endangered, VU = vulnerable, G = endangered to an undetermined degree, NT = near threatened, LC = least concern). Out of Schratt-Ehrendorfer et al. (2022).

Auch innerhalb dieser Pflanzengruppe zeigt sich, dass der Anteil stärker gefährdeter Arten mit der Anbindung an den aquatischen Lebensraum ansteigt (Abb. 4).

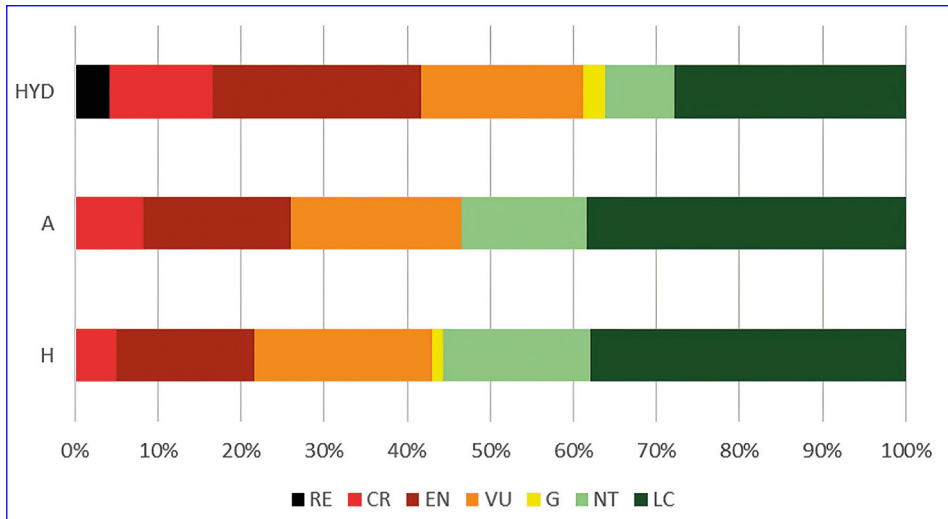


Abb. 4: Prozentuelle Verteilung der aquatischen Farn- und Blütenpflanzen Österreichs auf verschiedene Gefährdungsstufen, getrennt für Hydrophyten (HYD), Amphiphyten (A) und Helophyten (H). Aus Schratt-Ehrendorfer et al. (2022). – Fig. 4: Percentage distribution of Austria's aquatic ferns and flowering plants at different threat levels, separated for hydrophytes (HYD), amphiphytes (A) and helophytes (H). Out of Schratt-Ehrendorfer et al. (2022).

Die aquatischen Moose betreffend erscheint die Situation geringfügig besser – zumindest gemäß den Roten Listen aus dem Jahr 1999. Demnach unterliegen „lediglich“ ca. 40 % der Arten einer Gefährdung, wobei auch hier der Anteil gefährdeter Arten mit dem Grad der Anbindung an den aquatischen Lebensraum stark ansteigt. Während dieser bei den Gewässerbegleitarten lediglich knapp über 10 % liegt, beträgt er bei den Moosen der Spritzwasserzone ca. 35 % und bei den explizit aquatischen Arten etwas über 40 %. In der letztgenannten Gruppe sind dabei etwa 20 % der Arten ausgestorben bzw. verschollen oder vom Aussterben bedroht.

Am dramatischsten erscheint die Situation bei der taxonomischen Gruppe der Characeen. Hier handelt es sich ausschließlich um Hydrophyten mit ganz besonderen Ansprüchen an ihren Lebensraum. Characeen sind auf klares und möglichst nährstoffarmes Wasser angewiesen. Nahezu alle Vertreter dieser Pflanzengruppe können aktuell als „gefährdet“ angesehen werden.

Diskussion

Gefährdungsursachen

Die zugrundeliegenden Gefährdungsursachen für aquatische Makrophyten sind vielfältiger Art. Ihre Lebensräume, Bäche, Flüsse mit ihren Angewässern sowie Seen, wurden und werden vom Menschen verändert und in vielfältiger Weise genutzt. Als maßgebliche Gefährdungsursachen können folgende genannt werden:

Wasserstandsregulierungen

Künstliche Veränderungen der Wasserstände und/oder auch der Wasserstandsganglinien sind meist Folge energiewirtschaftlicher Nutzung. An Fließgewässern führt dies zu Veränderungen des Fließregimes und zur Veränderung der natürlichen Wasserstandsdynamik. In Staubereichen verlieren dadurch insbesondere an stärkere Strömung und an Wasserstandsschwankungen angepasste Arten ihren Lebensraum. In Seen verhindern hingegen die durch die energiewirtschaftliche Nutzung bedingten Wasserstandsschwankungen, die in ihrer vertikalen Ausdehnung den gesamten von Makrophyten besiedelbaren Tiefenbereich betreffen können, überhaupt eine Ansiedlung von Makrophyten.

Nährstoffbelastungen / Eutrophierung

Als Gefährdungsursache makrophytischer Wasserpflanzen sind Nährstoffbelastungen nach wie vor ein Thema. Aktuell werden diese in erster Linie durch in der Gewässerumgebung betriebene Landwirtschaft verursacht.

Flüsse und Seen sind gleichermaßen betroffen, wobei das Fehlen ausreichend ausgedehnter Pufferstreifen an den Gewässerrändern maßgeblich zur Verschärfung des Problems beiträgt. Besonders drastisch ist die Situation vor allem bei kleinen, inmitten landwirtschaftlicher Flächen gelegenen, Gewässern. Nährstoffanreicherung führt vor allem durch Trübung zu Lebensraumverlust für Makrophyten. Weiters werden die ohnehin meist seltenen oligotraphenten Arten durch euryöke oder eutraphente Spezies verdrängt.

Uferverbau

Uferverbauungen werden meist zur Hochwassersicherung angebracht. Bei Fließgewässern sind sie in der Regel mit Regulierungen des Gewässerverlaufs verbunden, in Seen erfolgen solche teils auch zum „Landgewinn“.

Betroffen ist hiervon vor allem die Vegetation der Gewässerrandbereiche, also Amphiphyten und Helophyten, die durch Uferverbauungen ihren Lebensraum größtenteils verlieren.

Anthropogen bedingter Wellenschlag

Betrieben wird Schifffahrt naturgemäß nur in größeren Flüssen und Seen, wobei sowohl die Großschifffahrt als auch die Sportschifffahrt eine Rolle spielen.

Negative Auswirkungen betreffen in erster Linie wiederum die Gewässerrandvegetation. Durch Uferverbauungen kommt es zu einer Reflexion und Verstärkung der Wellen im Uferbereich, eine Kombination, der insbesondere an Seen ein maßgeblicher Beitrag zum „Schilfsterben“ zugeschrieben wird.

Unsachgemäße fischereiliche Bewirtschaftung

Betrieben zur Ertragssteigerung oder auch gezielt zur Eindämmung des Wasserpflanzenwachstums.

Makrophyten werden durch im Boden wühlende Fischarten (v.a. Karpfen, auch Brachsen) stark geschädigt. Einige Fischarten, wie z. B. Rotfedern, Giebel und Amur, üben sogar direkten Fraßdruck auch Makrophyten aus. Teilweise werden diese zur Eindämmung des Makrophytenwachstums gezielt besetzt, oft führen aber auch Fehler in der fischereilichen Bewirtschaftung von Gewässern zu einer übermäßigen Zunahme pflanzenfressender Fischarten.

Mähmanagement

Wird meist zur Herstellung oder Aufrechterhaltung der Nutzbarkeit von Gewässern für den Erholungsbetrieb betrieben.

Mäharbeiten schädigen die Makrophytenbestände naturgemäß direkt, unsachgemäße Mäharbeiten können zum völligen Verschwinden der Makrophyten führen. Betroffen sind allerdings meist ohnehin stark anthropogen überprägte Gewässer. Gemäht werden hier hochwüchsige Pflanzenarten, die häufig dichte, bis zur Wasseroberfläche reichende Einartbestände ausbilden. Diese verdrängen durch ihr dichtes Wachstum und die damit verbundene Beschattung des Litoralbereichs konkurrenzschwächere Arten. Die Pflanzenbestände in den betroffenen Gewässerbereichen sind daher meist artenarm. Umsichtige und gezielte Ausführung der Mäharbeiten kann sogar zu einer Verbesserung der Lebensraumqualität für Wasserpflanzen beitragen und Lebensraum für weitere Arten schaffen.

Klimawandel

Der Klimawandel wird jedenfalls zu einer Veränderung der Lebensbedingungen auch für die Gewässerflora führen. Ein Wandel der Artenzusammensetzung ist dabei nicht nur dadurch zu erwarten, dass an kältere Temperaturen angepasste Arten abwandern oder verschwinden und durch wärmeliebende Arten ersetzt werden. Die fehlende/reduzierte Eisbedeckung im Winter wird in Seen darüber hinaus zu einer Veränderung der Mischungscharakteristik führen und damit auch die Konkurrenzverhältnisse zwischen Makrophyten und Phytoplankton weitreichend beeinflussen.

Alien Species

Problematisch ist vor allem die meist massive Ausbreitungstendenz von Neubürgern, welche die heimischen Arten vielfach verdrängen.

Verbesserungsmöglichkeiten

Hohes Potential liegt vor allem in der Verbesserung der hydromorphologischen Verhältnisse unserer Gewässer. Im besten Fall geschieht dies durch Gewässerrenaturierung. Wo dies nicht möglich ist, können aber dennoch durch Rückbau von Uferverbauungen und vor allem Anlage ausreichend breiter Pufferstreifen zumindest Verbesserungen erzielt werden. Weitere zielführende Maßnahmen sind Rücknahme der Nutzungen und Anpassung der Bewirtschaftung an die typspezifischen Gegebenheiten.

Literatur

- Grims F, Köckinger H (1999) Rote Liste gefährdeter Laubmoose (Musci) Österreichs, 2. Fassung. In: Niklfeld H (1999) Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie 10, 157–171
- Hohla M, Gregor T (2011) Katalog und Rote Liste der Armleuchteralgen (Characeae) Oberösterreichs. Stapfia 95, 110–140
- Jäger D (2012) Rote Liste der Characeen Vorarlbergs (Österreich). Rostocker Meeresbiologische Beiträge 24, 75–85
- Niklfeld H (1999) Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie 10, 292 pp.

- Pall K (2022) Farn- und Blütenpflanzen der Gewässer – eine überdurchschnittlich gefährdete Artengruppe der Österreichischen Flora. Wasserpflanzen – Makrophyten. In: Schrott-Ehrendorfer L, Niklfeld H, Schröck C, Stöhr O (Hrsg.) (2022) Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Österreichs. *Stapfia* 114, 51–54
- Saukel J, Köckinger H (1999) Rote Liste gefährdeter Lebermoose (Hepaticae) und Hornmoose (Anthocerotae) Österreichs, 2. Fassung. In: Niklfeld H (1999) Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie 10, 172–179
- Schrott-Ehrendorfer L, Niklfeld H, Schröck C, Stöhr O (Hrsg.) (2022) Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Österreichs. *Stapfia* 114, Land Oberösterreich, Linz, 357 pp.

Internetquellen

freshwaterecology.info (accessed: 07-10-2023)

Eingelangt: 2023 12 15

Anschrift:

Karin Pall, E-Mail: karin.pall@systema.at, ORCID: 0009-0001-0658-2537
(korrespondierende Autorin)
systema GmbH, Bensasteig 8, A-1140 Wien, Austria.

Relevanz der Vermittlung von Artenkenntnis in Zeiten der Biodiversitätskrise

Barbara-Amina Gereben-Krenn, Suzanne Kapelari, Elisabeth Glatzhofer,
Gernot Kunz, Martin Schebeck, Ruth Swoboda, Maria Wielscher

Eine wesentliche Säule für die Vermittlung von Biodiversität stellt die Arten- und Formenkenntnis dar. Biodiversitätsbildung ist die Grundlage für die Bereitschaft, Maßnahmen zur Bewältigung der Biodiversitäts- und Klimakrise mitzutragen. Daher muss Forschung zur Biodiversität und Biodiversitätsbildung an Hochschulen und Universitäten ein höherer Stellenwert zugebilligt werden als bisher. An Schulen und Universitäten nehmen Lehrpersonen eine Schlüsselrolle bei der Vermittlung von Biodiversitätskompetenzen ein. Aber auch die Förderung der Zusammenarbeit von formalen und non-formalen Bildungseinrichtungen kann in der Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Ausbildung in verschiedenen Bereichen leisten.

Gereben-Krenn B-A, Kapelari S, Glatzhofer E, Kunz G, Schebeck M, Swoboda R, Wielscher M (2024) Relevance of teaching species knowledge in times of biodiversity crisis.

Knowledge of species is crucial for the awareness of biodiversity. Biodiversity literacy is the basis for the willingness to support measures to overcome the biodiversity and climate crisis. Therefore, research on biodiversity and biodiversity education must be given a higher priority than has been the case to date. Teachers at schools and universities play a key role in teaching biodiversity skills. Promoting cooperation between formal and non-formal educational institutions can make a significant contribution to improving education in various areas in the future.

Keywords: Biodiversity, biodiversity literacy, species knowledge, educational institutions.

Einleitung

Bildung ist eine wesentliche Grundlage für die Bereitschaft, Maßnahmen zur Bewältigung der Biodiversitäts- und Klimakrise mitzutragen. Schulen und Universitäten nehmen in Hinblick auf die Vermittlung des Wissens um die biologische Vielfalt eine wesentliche Rolle ein. Wir fassen hier die wesentlichen Inhalte der Session 2 im Rahmen der „Tage der Biodiversität 2023“ zusammen, die den Titel „Relevanz der Vermittlung von Artenkenntnis in Zeiten der Biodiversitätskrise“ trug. Den Einführungsvortrag dieser Session hielt Suzanne Kapelari, Universitätsprofessorin für Didaktik der Biologie und Dekanin der Fakultät für Lehrer:innenbildung an der Universität Innsbruck. Sie verdeutlichte, dass die immer stärkere Entkopplung des Menschen von der Natur auch zur Abnahme der Kenntnisse über biologische Vielfalt führt, welche negative Folgen dies auf die Gesellschaft hat und wie diesen Problemen zu begegnen sei (Keniger et al. 2013; Frobel & Schlumprecht 2016; Hooykaas et al. 2019; Schmäing & Grotjohann 2023). Danach folgten Beiträge von Vertreter:innen von Schulen und Universitäten zur Situation der Vermittlung taxonomischer Kenntnisse bzw. damit verbundenen Lehrinhalten, auch in non-formalen Bildungseinrichtungen, wie Museen. Eine ausführliche Diskussion, welche die Problemfelder der Biodiversitätsbildung aufzeigte, in der aber auch konstruktive Vorschläge zur Verbesserung formuliert wurden, schloss diese Session ab.

Einführungsvortrag

Kenntnis über Biologische Vielfalt – Ein Kulturwissen ist vom Aussterben bedroht

Der ‚Strategic Plan for Biodiversity‘ 2011–2020 sowie die ‚20 Aichi-Biodiversity Targets‘ 2010, ausgerufen von den Vereinten Nationen, betonen, dass sich *„Spätestens 2020 die Menschen des Wertes der biologischen Vielfalt und der Maßnahmen bewusst [sind], die sie ergreifen können, um sie zu erhalten und nachhaltig zu nutzen“*. Im Folgebericht, dem Global Biodiversity Assessment Report (GBO 2020), kommt man zum Schluss, dass dieses Ziel bis dato nicht erreicht wurde.

Obwohl Biodiversitätsbildung als eine der wichtigsten Strategien zum Schutz der biologischen Vielfalt gilt, scheint es über die Jahre hinweg zu wenig gelungen zu sein, Biodiversitätsbildung (Biodiversity Literacy) wirksam zu verankern.

Ziel der Biodiversitätsbildung ist es, mittels Engagements und unter Einbeziehung verschiedenster Personen, Gruppen und Bildungsakteuren, biologische Vielfalt zu erhalten. Was Biodiversität ist, warum sie wichtig ist, welche Ursachen für deren Rückgang verantwortlich sind und wie man sie schützen kann, sind zentrale Fragen, denen sich die Biodiversitätsbildung im Diskurs mit Lernenden, der Bevölkerung, Entscheidungsträger:innen und der Politik stellt. Anthropozentrische Einstellungen sollen mit ökozentrischen Werthaltungen verbunden und teilweise durch letztere ersetzt werden.

Dazu braucht es neben der Entwicklung von Problembewusstsein und Verantwortungsgefühl unter anderem auch das Erkennen des individuellen und gesellschaftlichen Nutzens von biologischer Vielfalt, positive emotionale Erlebnisse mit lebenden Organismen und die Bereitschaft zur Veränderung aktuell gültiger Werte und Normen. Wissensvermittlung und Sensibilisierung für Naturthemen sowie die Förderung von Bewertungskompetenz und Handlungsbereitschaft sind elementare Voraussetzungen, um fundamentale individuelle und gesellschaftliche Handlungsmuster reflektieren und weiterentwickeln zu können.

Studien zeigen, dass Personen, die über biologische Vielfalt Bescheid wissen und die Bedeutung der Lebewesen in der Natur verstehen, ein sensibleres Verhalten beim Schutz ihrer natürlichen Umwelt zeigen (Lindemann-Matthies et al. 2009). Arten- bzw. Organismenkenntnis erhöht das Wohlbefinden (Enzensberger et al. 2022), die Handlungsbereitschaft, sich im Umweltschutz zu engagieren (Bögeholz 1999) sowie das Interesse, die Zusammenhänge zwischen menschlichen Aktivitäten und dem weltweiten Rückgang der Artenvielfalt besser zu verstehen (Fuller et al. 2007). Taxonomisches Wissen scheint eine Voraussetzung zu sein, um sich für den Schutz der Umwelt einzusetzen (Sturm & Berthold 2015).

Gerade in den letzten zwei Jahrzehnten wurden im Kontext der ‚UN Dekade Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung 2005–2014‘ bzw. der ‚UN Dekade Biologische Vielfalt 2011–2020‘ weltweit umfangreiche schulische und außerschulische Bildungsinitiativen entwickelt und umgesetzt. Trotzdem ist ein über die Jahre stetiger Verlust von Organismenkenntnis und Naturbezug nicht nur bei Kindern und Jugendlichen, sondern auch bei Lehrpersonen und Pädagog:innen nachweisbar (Lindemann-Mathies et al. 2017; Sturm et al. 2020; Gerl et al. 2021) und damit ist taxonomisches Wissen vom Aussterben bedroht (Gerl et al. 2021)!

Hier gilt es aus fachdidaktischer Perspektive am formalen und non-formalen Bildungssystem anzusetzen:

- Biodiversitätsforschung, Biodiversitätsbildung und Biodiversitätsbildungsforschung muss an Hochschulen und Universitäten ein höherer Stellenwert eingeräumt und entsprechend finanziell unterstützt und gefördert werden.
- Lehrpersonen spielen eine Schlüsselrolle, wenn es darum geht, Bildungsungerechtigkeiten auszugleichen. Eine professionelle Lehrer:innenaus- und -fortbildung an Universitäten und Hochschulen, die dem Erwerb von Biodiversitätskompetenzen mehr Raum und Zeit einräumt, muss trotz des aktuellen Lehrer:innenmangels höchste Priorität haben.
- Die Zusammenarbeit von schulischen und außerschulischen Bildungseinrichtungen soll gefördert und entsprechende finanzielle Unterstützung ermöglicht werden. Biodiversitätsbildung darf nicht nur jenen vorbehalten sein, die sich diese leisten können.

Statements

Vermittlung taxonomischer Kenntnisse – Situationsberichte

Eine wesentliche Säule für Wissen um Biodiversität stellt die Arten- und Formenkenntnis dar. Dies sind wesentliche „Augenöffner“ für eine differenzierte Wahrnehmung von Biodiversität. Dieses Wissen ist oft ein Einstieg in das Verständnis von Lebensräumen, bedingt und verstärkt emotionale Zugänge zur Natur, was wiederum die Motivation verstärkt, die eigenen Kenntnisse um Biodiversität weiter zu vertiefen. Diese Aussagen fanden sich in allen fünf Statements von Vertreter:innen der großen Bildungsinstitutionen aus Schule, Universitäten und Museen, welche im Fokus dieser Session standen. Weiters ist Arten- und Formenkenntnis ein häufig herangezogener Proxy in der Biodiversitätsbildungsforschung für die Untersuchung über das Wissen über Natur. Aufgrund der stattfindenden Reduktion der Vermittlung der Artenkenntnis sowohl in den Curricula der Sekundarstufen als auch der Universitäten und der Verminderung des Angebotes an Freilandlehrveranstaltungen, wurde der Schwerpunkt dieser Session auf diese Thematik gelegt.

Im Folgenden sind die wesentlichen Aussagen und Vorschläge der Statements der Vertreter:innen unterschiedlicher Bildungseinrichtungen und der anschließenden Diskussion zusammengefasst:

- Maria Wielscher (Lehrerin MS und AHS sowie Lektorin an der Universität Wien): Sowohl in der Primar- als auch in der Sekundarstufe müssen Lehrer:innen zunehmend Vermittlungsaufgaben bezüglich des Naturverständnisses und der Artenkenntnis übernehmen, da dieser Kompetenz im familiären Kontext kaum mehr Relevanz zugesprochen wird. Diesbezügliches Wissen, welches vor einigen Jahren noch als selbstverständlich vorausgesetzt werden konnte (wie z. B. das Erkennen einer Amsel), ist heute nicht mehr vorhanden. Eigene Erfahrungen und Studien belegen, dass Lehrer:innen mit umfangreichem Fachwissen diese Kenntnislücke leicht schließen können. Artenkenntnis kann regelmäßig im Regelunterricht in Biologie und Umweltbildung thematisiert werden (z. B. mit einem Artenjournal oder „Pflanze- bzw. Tier der Woche“) und das Ansprechen von Arten, deren Biologie und damit verbundene ökologische Kontexte miteinander verknüpft werden (z. B. an Wandertagen). Dabei zeigt

sich, dass sich diese Lehrinhalte im Freiland wesentlich besser festigen lassen als im Klassenzimmer. Sie ermöglichen es auch, die Thematik „Stellung des Menschen in der Welt“ anzusprechen und können so zu einer Werthaltung führen, in der die Mitwelt von uns Menschen mehr berücksichtigt wird. Ein Vorschlag hier ist, dass gerade für Schülerinnen und Schüler aus urbanen Gebieten verpflichtende, mehrtägige Schulveranstaltungen (z. B. in Nationalparks oder Naturparks) eingeplant werden, mit dem Ziel, die österreichische Natur- und Kulturlandschaft kennenzulernen. Dies sollte sowohl einen integrativen Effekt haben als auch das Verständnis für Natur- und Umweltschutz fördern.

- Elisabeth Glatzhofer (Absolventin des Masterstudiums „Naturschutz und Biodiversitätsmanagement“ an der Universität Wien, Leitung des Insektencamps der Österreichischen Entomologischen Gesellschaft). Naturschutzbiolog:innen, Zoolog:innen, Botaniker:innen oder Ökolog:innen, die eine große Artenkenntnis und taxonomische Expertise aufweisen, haben aufgrund der gegenwärtig hohen Nachfrage hervorragende Berufsperspektiven. Dieser Bedarf ergibt sich aus der zunehmenden Wahrnehmung der Dringlichkeit der Klima- und Biodiversitätskrise und der daraus resultierenden gesetzlichen Vorgaben, die es zu erfüllen gilt. Dem gegenüber steht der Mangel an Personen, die über ausreichende Kenntnisse der klassischen Taxonomie und Bestimmungsmethoden verfügen und über den Einsatz von neuen Technologien Bescheid wissen. Jegliche naturschutzfachliche Arbeit baut auf Kenntnis der Lebensräume, deren Arten und den ökologischen Ansprüchen der Arten auf. Gerade aber in diesen Bereichen wird die Lehre an Universitäten aufgrund von curricularen Gegebenheiten und personalpolitischen Vorgaben eingekürzt. Es ist jedoch insbesondere die Aufgabe der Universitäten, den wissenschaftlichen Grundstein zu legen und in Folge Studierende zu unterstützen, die ihre Artenkenntnisse vertiefen wollen. Dies kann nicht nur durch die Erhöhung des Lehrangebots in diesem Bereich, sondern auch durch die Bereitstellung von Räumlichkeiten und von Gerätschaften oder in der Zusammenarbeit mit Fachgesellschaften erfolgen. Auch in diesem Statement wird die Emotionalität angesprochen, die durch die Betrachtung eines z. B. schillernden Käfers unter dem Binokular ausgelöst wird oder durch gemeinsame Exkursionen entsteht, was wiederum die Motivation vertieft. Es ist erstaunlich, wie groß das Interesse von Seiten der Studierenden bezüglich taxonomischer Kurse und Freilandlehrveranstaltungen ist. Auch von Studierenden selbst organisierte Bestimmungsabende und Initiativen von Fachgesellschaften (z. B. Insektencamp der Österreichischen Entomologischen Gesellschaft (Huber et al. 2023)) sind sehr nachgefragt.
- Gernot Kunz (Lektor an der Universität Graz, Mitarbeiter am Naturkundemuseum Graz). Lehrende an den Universitäten müssen, neben einer exzellenten Expertise, auch eine Begeisterung für ihren Gegenstand ausstrahlen. Dies umso mehr, wenn sie Fächer zu unterrichten haben, wo Studierende selbst oft nur wenige Vorkenntnisse mitbringen, wie etwa bei Bestimmungskursen oder taxonomischen Lehrveranstaltungen. So zeigte sich, dass von 30 Biologiestudierenden im 3. Semester im Durchschnitt nur 1,5 heimische Schmetterlingsarten erkannt wurden. Ein weiteres Beispiel ist, dass von 99 Studierenden vor Beginn einer Freilandübung 60 noch nie einen Frosch in der Hand gehalten hatten. Die Anwendung neuer digitalen Bestimmungs-Apps und -plattformen in universitären Lehrveranstaltungen erleichtern das autodidaktische Erarbeiten von Formen- und Artenkenntnis und führen schnell zu Erfolgserlebnissen.

sen. Dies ist für die Lernmotivation sehr förderlich. An der Universität Graz wird seit Jahren die Meldeplattform iNaturalist bei Bestimmungskursen und Exkursionen eingesetzt. Die daraus resultierende hohe Zahl an gewonnenen, georeferenzierten und öffentlich zugänglichen Datensätzen hat neben der Bildungswirkung zahlreiche Arten-Neufunde für Österreich und einzelne Bundesländer hervorgebracht. Zudem wurde die naturschutzfachliche Bedeutung der frei zugänglichen Datensätze mit dem Silberdistelpreis (Naturschutzpreis) des Landes Steiermark honoriert. Es muss aber betont werden, dass diese Bestimmungshilfsmittel für sehr viele Organismengruppen die gängige Bestimmungsarbeit nicht ersetzen kann, jedoch als Übung und Einstiegshilfe von Bedeutung ist.

- Martin Schebeck (Senior Scientist, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, BOKU, Wien): Die Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) bildet Studierende in unterschiedlichen Bereichen des Managements von Ökosystemen und natürlichen Ressourcen aus, wobei naturwissenschaftliche, technische und sozio-ökonomische Inhalte vermittelt werden. Formen- und Artenkenntnis haben in sehr breit aufgestellten Studienrichtungen, wie etwa der Forst- und Landwirtschaft, nur einen kleinen Anteil. Verstärkt wird das Problem des Stellenwerts von Biodiversitätskenntnissen dadurch, dass die Motivations- und Interessenslagen der Studierenden sehr unterschiedlich sein können. Es gilt nun einerseits mit dem sehr geringen Zeitrahmen für die Lehre von taxonomischen Inhalten zurechtzukommen und andererseits die Motivation der Studierenden so zu fördern, dass sie sich auch mit diesen Inhalten wirklich auseinandersetzen und sie vielleicht sogar vertiefen. Die bevorstehenden Neugestaltungen der Curricula stehen vor einer großen Herausforderung: Während der Rahmen von 180 ECTS-Punkten für das Bachelorstudium gleichbleibt, sollen zusätzlich neue Inhalte, wie etwa Umgang mit Big Data oder künstlicher Intelligenz, integriert werden. So besteht die Gefahr, dass es zu einer Verwässerung der Studien kommt. Klassische Inhalte werden zwar formal beibehalten, aber in einer nur sehr reduzierten Weise unterrichtet. So können im Rahmen des Studiums allein keine tragfähigen Kompetenzen entwickelt werden.
- Ruth Swoboda (Geschäftsführende Direktorin inatura Erlebnis Naturschau, Dornbirn): Museen, wie zum Beispiel die inatura in Dornbirn, das Haus der Natur in Salzburg, Haus für Natur in St. Pölten, das Naturhistorische Museum in Wien oder auch die übrigen in Landesmuseen integrierten Häuser, haben das Potential sowohl die an den Schulen entstandenen Defizite bezüglich der Vermittlung von Biodiversität etwas auszugleichen, als auch in Kooperationen mit Universitäten die taxonomische Ausbildung zu unterstützen. In Vorarlberg, wo es keine Universitäten gibt, nimmt das Museum sowohl bezüglich der Biodiversitätsforschung als auch der Naturvermittlung eine besondere Stellung ein. So wird zum Beispiel die Vergabe von Forschungsförderung oder die Ausbildung von Naturführer:innen von der inatura koordiniert und durchgeführt. Gerade bei den Letzteren ist bezüglich der Zusammenarbeit mit den Volksschulen eine so große Nachfrage gegeben, dass sich lange Wartelisten ergeben, die unter anderem der Unterfinanzierung geschuldet sind. Es muss festgestellt werden, dass die Ausbildung von Multiplikator:innen leider noch nicht institutionalisiert festgeschrieben ist, sondern von der Arbeit und dem Engagement einzelner Personen abhängig ist. Der Wunsch nach Institutionalisierung ist auf allen Ebenen gegeben.

Diskussion

Die nach den Statements geführte Diskussion wurde mit den Fragen eingeleitet: „Was ist nun der Kern der Ursache für das Schwinden des Artenwissens?“, „Wo liegt quasi der Hund begraben?“, „Liegt es an den Universitäten?“ Die Ursachen dafür sind multifaktoriell und dementsprechend ist auch die Frage, wie dem Rückgang der Artenkenner:innen auf den verschiedenen gesellschaftlichen Ebenen zu begegnen ist, schwierig zu beantworten. Allgemein müssen wir zur Kenntnis nehmen, dass derzeit eine Entwicklung stattfindet, die unsere Gesellschaft von der Natur wegführt. Der unmittelbare Nutzen der Natur für das Individuum oder auch für höhere gesellschaftliche Entitäten steht im Vordergrund, d. h., ein ökozentriertes Denken und Handeln ist derzeit gesellschaftlich nicht mehrheitsfähig. Außerdem bedingt das geringere Ausmaß an taxonomischer Lehre und an Freilandkursen an den Universitäten eine geringere Artenkenntnis bei Lehrer:innen, was wiederum zur Folge hat, dass Schüler:innen ein geringeres Angebot an Biodiversitätswissen und weniger Gelegenheiten im Unterricht vorfinden, Interesse an Biodiversitätskenntnis zu entwickeln. Dadurch haben Studierende in Biologie meist erstaunlich wenige Vorkenntnisse. Diese Spirale des immer stärker sinkenden Wissens dreht sich in den letzten Jahren deutlich nach unten und hat schlussendlich zur Folge, dass wir auch immer häufiger Entscheidungsträger:innen haben, denen grundlegendes Biodiversitätswissen fehlt, um sich den gegenwärtigen Herausforderungen entschieden und gekonnt entgegenzustellen. Weiters muss auch in allen formalen Bildungsinstitutionen auf die enorme Diversifizierung in der Biologie und Sparmaßnahmen Rücksicht genommen werden. Das spiegelt sich in curricularen Entwicklungen, dem Lehrangebot an den Universitäten, der dortigen Besetzungspolitik und der Forschungsförderung, die nach schnellen Ergebnissen trachtet, wider.

Neben diesen Befunden wurden in der Diskussion auch konstruktive Vorschläge gebracht und Lösungsmöglichkeiten für verschiedene Teilbereiche aufgezeigt:

- Bei Nachbesetzungen an den Universitäten muss es auch Stellen geben, die klar der Forschung und Lehre der mitteleuropäischen Biodiversität gewidmet sind
- Vermehrtes Angebot an taxonomischen Lehrveranstaltungen und Freilandkursen an den tertiären Bildungseinrichtungen
- Unterstützung von Eigeninitiativen der Studierenden an Universitäten
- Forschungsförderungsschienen, die auch Langzeitforschung ermöglichen
- Naturschutzgesetze, die Freilandlehre und -forschung leichter möglich machen, als es in vielen Bundesländern derzeit der Fall ist
- Eine Förderschiene für mehrtägige Schulveranstaltungen sollte der Biodiversitätsbildung gewidmet sein
- Die stärkere Kooperation zwischen Museen, Fachgesellschaften und Bildungseinrichtungen

Es müssen hier aber auch klar positive Entwicklungen der letzten Jahre erwähnt werden: So gibt es eine immer höhere Nachfrage nach Umweltbildung, die in den letzten Jahrzehnten bis heute stark von non-formalen Umweltbildungseinrichtungen abgedeckt wird, wie z. B. die Multiplikator:innen-Ausbildung in Vorarlberg, „natopia“ in Tirol, die Naturvermittlungen in National- und Naturparks, Bestimmungskurse von wissenschaftlichen Ge-

sellschaften (z. B. BirdLife Österreich, Österreichische Entomologische Gesellschaft, Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich, Freilandbotanik Zertifikat) usw.

Aufbauend auf den Erkenntnissen und Forderungen dieser Session ist eine Arbeitsgruppe Biodiversitätsbildung in Gründung.

Literatur

- Bögeholz S (1999) Qualitäten primärer Naturerfahrung und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umwelthandeln. Springer Fachmedien, Wiesbaden 237 pp. ISBN 978-3-322-97446-4
- Enzensberger P, Schmid B, Gerl T, Zahner V (2022) Robin Who? *Animals* 12(17), 2213 (DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12172213>)
- Frobel K, Schlumprecht H (2016) Erosion der Artenkenner: Ergebnisse einer Befragung und notwendige Reaktionen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 48(4), 105–113
- Fuller R A, Irvine K N, Devine-Wright P, Warren P H, Gaston K J (2007) Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biological Letters* 3(4), 390–394 (DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0149>)
- GBO (2020) Global Biodiversity Outlook. Global Assessment Report, 36 pp.
- Gerl T, Randler C, Neuhaus B J (2021) Vertebrate species knowledge: An important skill is threatened by extinction. *International Journal of Science Education* 43, 928–948 (DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1892232>)
- Hooykaas M J, Schilthuizen M, Aten C, Hemelaar E M, Albers C J, Smeets I (2019). Identification skills in biodiversity professionals and laypeople: A gap in species literacy. *Biological Conservation*, 238, 108202 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108202>)
- Huber E, Aurenhammer S, Bauer H, Borovsky R, Borovsky V, De- Gasperi G, Denner M, Friedlmayer J, Frieß T, Fröhlich D, Gergely D M, Glatzhofer E, Gorfer B, Gunczy J Gunczy L W, Heimburg H, Ivenz D, Koblmüller S., Kogler M, Komposch C, Kraker F, Klug M, Kunz G, Messner S, Moser A, Niedringhaus R, Lorber L, Oswald M, Oswald T, Paill W, Ploner S, Schattanek-Wiesmair B, Schattanek-Wiesmair P, Schoder S, Schönpflug V, Schütz A, Sonnleitner M, Staudinger V, Strohriegl K, Szucsich N, Trattnik E, Volkmer J, Witzmann M, Zechmeister T, Zweidick O (2023) Bericht über das achte ÖEG-Insektencamp: Die verborgenen Schätze der Weinviertler Klippenzone (Naturpark Leiser Berge, Niederösterreich). *Entomologica Austriaca* 30, 155–246
- Keniger L E, Gaston K J, Irvine K N, Fuller R A (2013). What are the benefits of interacting with nature? *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10, 913–935 (DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph10030913>)
- Lindemann-Matthies P, Constantinou C P, Junge X, Köhler K, Mayer J, Nagel U, Raper G, Schüle D, Kadji-Beltran C (2009) The integration of biodiversity education in the initial education of primary school teachers: Four comparative case studies from Europe. *Environmental Education Research* 15, 17–37 (DOI: <https://doi.org/10.5167/uzh-17849>)
- Lindemann-Matthies P, Remmele M, Yli-Panula E (2017) Professional competence of student teachers to implement species identification in schools – a case study from Germany. *Center for Educational Policy Studies* 7(1), 29–47 (DOI: <https://doi.org/10.25656/01:12956>)
- Schmäing T, Grotjohann N (2023) Die Artenkenntnis von angehenden Biologie- und Sachunterrichtslehrkräften zum Ökosystem Wattenmeer. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 29,153 (DOI: <https://doi.org/10.1007/s40573-023-00153-0>)
- Sturm P, Berthold T (2015) Biodiversität im Unterricht – ein Konzept zur Umsetzung der Bayerischen Biodiversitätsstrategie im schulischen Bereich. *ANLiegen Natur* 37(2), 76–83, Laufen. www.anl.bayern.de/publikationen

Sturm U, Voigt-Heucke S, Mortega K G, Moonmann A (2020) The species knowledge of Berlin students using examples of native birds. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 26, 143–150 (DOI: <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00117-8>)

Eingelangt: 2024 02 01

Adressen:

Barbara-Amina Gereben-Krenn, E-Mail: Barbara-Amina.Gereben@univie.ac.at
(korrespondierende Autorin)

Department für Evolutionsbiologie, Unit Integrative Zoologie, Djerassiplatz 1 (UBB),
A-1030 Wien, Österreich.

Suzanne Kapelari, E-Mail: Suzanne.Kapelari@uibk.ac.at
Institut für Fachdidaktik Bereich Didaktik der Naturwissenschaften, Geographie,
Informatik und Mathematik Fakultät für LehrerInnenbildung Universität Innsbruck,
Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck, Österreich.

Elisabeth Glatzhofer, E-Mail: Elisabeth.Glatzhofer@vinca.at
„V.I.N.C.A.“ – Institut für Naturschutzforschung und Ökologie GmbH, Gießergasse 6/7,
A-1090 Wien, Österreich.

Gernot Kunz, E-Mail: gernot.kunz@gmail.com
Institut für Zoologie, Universität Graz, Universitätsplatz 2/I, 8010 Graz, Österreich
sowie Universalmuseum Joanneum, Studienzentrum Naturkunde, Weinzöttlstraße 16,
A-8045 Graz, Österreich.

Martin Schebeck, E-Mail: martin.schebeck@boku.ac.at
Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz (IFFF), Department für
Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, BOKU,
Peter-Jordan-Straße 82/I, A-1190 Wien, Österreich.

Ruth Swoboda, E-Mail: ruth.swoboda@inatura.at
inatura – Erlebnis Naturschau Dornbirn, Jahngasse 9, A-6850 Dornbirn, Österreich.

Maria Wielscher, E-Mail: Maria.Wielscher@univie.ac.at
Mittelschule Grünburg, Messererstraße 4, A-4594 Grünburg, Österreich.

„Professionelle Amateure“ – Citizen Science in der Biodiversitätsforschung

Robert Lindner, Peter Kaufmann, Elisabeth Haring

Bis zur Professionalisierung der Wissenschaften im ausgehenden 19. Jahrhundert prägten fast ausschließlich Privatpersonen sowohl den Fortschritt unseres Verständnisses von Biodiversität als auch den Aufbau naturkundlicher Sammlungen. Das Entstehen wissenschaftlicher Vereine im 18. Jahrhundert und das Entstehen öffentlicher Museen beförderten diese neue Form der Wissensproduktion, eine der Geburtsstunden von „Citizen Science“. Bis heute kommt „Professionellen Amateuren“, Personen, die unbezahlt aber auf einem sehr hohen Fachniveau und oft ohne formale Ausbildung arbeiten, eine enorme Bedeutung sowohl bei der Beschreibung von Arten als auch bei der Erfassung der Biodiversität zu. Web-basierte Erhebungsplattformen („Biodiversity Observation Networks“) nehmen heute eine immer wichtigere Rolle bei der Erfassung von Biodiversitätsdaten ein. Rund 60 Prozent der aktuellen Verbreitungsdaten (Aufsammlungs- bzw. Beobachtungsdatum nach 2014), die derzeit über Österreich auf GBIF abrufbar sind, wurden über derartige Erhebungsplattformen (z. B. Observation.org oder iNaturalist) erfasst, der größte Teil davon wurde von „Professionellen Amateuren“ erhoben.

Lindner R, Kaufmann P, Haring E (2024) “Professional amateurs” – citizen science in biodiversity research.

Until the professionalisation of science at the end of the 19th century, it was almost exclusively private individuals who shaped both the progress of our understanding of biodiversity as well as the development of natural history collections. The formation of scientific societies in the 18th century and the emergence of public museums promoted this new form of knowledge production, one of the origins of “citizen science”. To this day, “professional amateurs”, people who work unpaid but at a very high level of expertise, and often without formal training, are of enormous importance both in the description of species and in the recording of biodiversity. Web-based survey platforms (“Biodiversity Observation Networks”) are today playing an increasingly important role in the collection of biodiversity data. Around 60 per cent of the current biodiversity data (date of collection or observation after 2014) that is currently available on GBIF about Austria, was collected via such survey platforms (e.g. Observation.org or iNaturalist), almost all of which was collected by “professional amateurs”.

Keywords: biodiversity, citizen science, taxonomy, occurrence data, survey platforms, scientific societies.

Einleitung

Citizen Science wird – im Idealfall – als eine nicht an Ausbildung gebundenen Form der Wissenschaft verstanden, selbstorganisiert und offen für alle (Finke, 2014). Trotz des modernen anmutenden Anglizismus ist Citizen Science keine Erfindung der letzten Jahrzehnte, wie folgende Beispiele belegen. Maria Sibylla Merian (1647–1717) Naturforscherin und Malerin handelte mit Farben und betrieb eine lukrative Malerwerkstatt. Sie verkaufte ihre Sammlung, um ihre Reise nach Surinam zu finanzieren. Charles Darwin (1809–1882) war ausgebildeter Theologe. Er nahm als standesgemäßer Gesellschafter des Kapitäns und nicht als bezahlter Naturkundler an der Expedition der Beagle teil. Später lebte er als Privatier. Gregor Mendel (1822–1884) war Priester, Aushilfslehrer und später Abt eines Augustinerordens. Bis zur „Professionalisierung“ der Wissenschaft im (späten) 19. Jahrhundert

prägten Privatgelehrte, oft ohne formale Ausbildung in ihrem Fachgebiet, den Fortschritt der Wissenschaft. Das Entstehen wissenschaftlicher Vereine im 18. und 19. Jahrhundert war Ausgangspunkt organisierter Formen von Bürgerwissenschaft (Silvertown 2009; Finke 2014). Oftmals waren die entstehenden öffentlichen Museen und deren selbstdefinierter Auftrag, Kunst, Kultur und Natur zu dokumentieren, Kristallisationspunkte dieser neuen Form der Wissensproduktion.

Citizen Science spielt bei der Erfassung von Biodiversitätsdaten eine zunehmend wichtige Rolle (Silvertown 2009). Web-basierte Erhebungsplattformen führen zu einem unerhörten Aufschwung bei der Datensammlung und treiben die Entwicklung weiter voran (Guariento et al. 2019; Kaufmann et al. 2021). Dieser Artikel versucht die Bedeutung dieser Art von Wissenschaft für die Biodiversitätsforschung und für die Suche nach Lösungen der sich abzeichnenden menschengemachten Biodiversitätskrise einzuschätzen.

Biodiversitätswissen

Die Taxonomie wird oft als eine Wissenschaft in der Krise beschrieben, der es an Arbeitskräften und finanziellen Mitteln mangelt, ein Problem, das als „taxonomic impediment“ bekannt ist (Gaston et al. 1992; Giangrande 2003). Gaston & May (1992) setzten die Anzahl aktiver Taxonom-innen in Beziehung zu Artenzahlen und Verbreitung der von ihnen jeweils bearbeiteten Gruppen. Anhand des Beispiels australischer Taxonom-innen zeigten sie, dass das Verhältnis „Arten pro Bearbeiter-in“ bei Tetrapoden bei 1:17 lag, bei Evertebraten hingegen bei über 1: 700. Gleichzeitig wiesen sie darauf hin, dass ein Großteil der Taxonom-innen in der Paläarktis und Nearktis forschte und nicht in den deutlich artenreicheren Tropen.

Angesichts des soeben abgeschlossenen Human Genome Projekts formulierte Edward Wilson im Jahr 2000 die Forderung, eine große gemeinschaftliche Anstrengung zu starten, um eine weltweite Biodiversitäts-Karte zu erstellen (Wilson 2000). Er konstatierte, dass wir in den allermeisten Fällen nur einen winzigen Bruchteil des Lebens auf diesem Planeten in die Bewertung der biologischen Vielfalt einbeziehen – nicht, weil wir ignorant sind, sondern weil wir die Vielfalt einfach nicht kennen. Er forderte eine konzertierte Aktion, vergleichbar dem Humangenomprojekt zur Erhebung der globalen biologischen Vielfalt. Zehn Jahre später meinte Robert May, dass die Frage: „Wie viele unterscheidbare Lebewesen (Arten) leben auf diesem Planeten?“ wohl die erste logische Frage eines außerirdischen Besuchers sein würde. Und wir müssten wohl zugeben, diese Frage nicht beantworten zu können (May 2010).

Es ist aber nicht nur das fehlende Wissen zu Artenzahlen, das es uns erschwert, Veränderungen der Biodiversität, sei es im Zusammenhang mit dem menschengemachten Klimawandel oder auch in Folge anderer natürlicher oder menschengemachter Veränderungen zu beurteilen. Unsere Wissensdefizite sind viel größer. Mokany & Ferrier (2011) benannten diese Defizite („shortfalls“) als: (1) „Linnaean shortfall“ – Wir kennen nicht alle Arten (siehe oben), (2) „Wallacean shortfall“ – Wir kennen ihre Verbreitung ungenügend, (3) „Hutchinsonian shortfall“ – wir kennen ihre Lebensweise und biologischen Eigenschaften und deren Abhängigkeiten zu wenig. Unser Wissen zur Biodiversität ist jedenfalls unvollständig, und es ist nicht homogen im Hinblick auf die verschiedenen Organismengruppen.

Amateure und die Beschreibungen neuer Arten – das Linnaeische Defizit

Während Linnaeus (1758) etwas mehr als 10.000 Tier und Pflanzenarten beschrieb, gab Edward O. Wilson (1992) in seinem Buch „The Diversity of Life“ die Zahl der damals bekannten Arten mit rund 2 Millionen an. Mora et al. (2011) schätzten die Artenzahl für Eukaryota aufgrund von Hochrechnungen auf 8,74 Million Arten (+/- 1,3 Mio.), davon fast 90 % (7,77 Mio.) Tierarten. In einer anderen Arbeit (Larsen et al. 2017) liegen die Schätzungen mit einer Gesamtzahl an Arten von 1,4 bis 2,24 Milliarden noch wesentlich höher. Auch wenn hier Prokaryoten in die Hochrechnungen miteinbezogen wurden (78 %), liegen die Schätzungen in dieser Arbeit auch für andere Gruppen um eine Größenordnung höher (z. B. 102 bis 163,2 Mio. Tierarten). Derzeit werden jährlich zwischen 16 000 und 18 000 Arten neu beschrieben. Selbst wenn man die Bakterien ausklammert und, der Schätzung von Mora et al. (2011) folgend, „nur“ knapp 9 Millionen Eukaryoten „erwartet“, würde es – bei der derzeitigen Rate an Art-Neubeschreibungen – noch fast 500 Jahre dauern, bis alle Arten wissenschaftlich beschrieben sind (May 2011).

Europa gehört im Hinblick auf die Biodiversität zu den best-untersuchten Regionen der Welt. An der Veröffentlichung der Datenbank Fauna Europaea (2004) haben mehr als 450 Taxonom:innen mitgewirkt und damit erstmals eine umfassende Checkliste der bekannten mehrzelligen Land- und Süßwassertiere Europas geschaffen (Fontaine et al. 2012). In Europa werden heute jedes Jahr mehr Arten beschrieben als vor einem Jahrhundert und mehr als viermal so viele wie vor zwei Jahrhunderten. Auch heute noch werden aus Europa jedes Jahr derart viele neue Arten beschrieben, dass keine „Sättigung“ absehbar ist und daher auch keine abschließende Schätzung der Artenzahl möglich erscheint (Fontaine et al. 2012).

Fontaine et al. (2012) zeigten aber auch, dass weit mehr als die Hälfte aller Arten von „non-professionell taxonomists“, beschrieben werden, jenen Personen, die unbezahlt und oft ohne formale Ausbildung arbeiten und sehr oft in Fachverbänden organisiert sind. In einer weiteren Arbeit belegen Fontaine et al. (2012), dass bei diesen Amateur:innen durchschnittlich „nur“ 15 Jahre zwischen Aufsammlung und Beschreibung einer neuen Art vergehen, sie also um rund 6 Jahre schneller sind als „professionell taxonomists“. Die Autor:innen leiteten aus diesen Befunden ab, dass diese Gruppe (bestehend aus Amateuren, plus ehemaligen professionellen Taxonomen wie z. B. emeritierte Professor:innen) weit mehr Bedeutung zukommt, als allgemein angenommen wird. Amateure spielen demnach unzweifelhaft eine wichtige Rolle bei der „Behebung“ des Linnaeischen Defizits.

Die Rolle von Amateuren bei der Generierung von Biodiversitätsdaten – das Wallacesche Defizit

Vögel gehören in vielerlei Hinsicht zu den am besten untersuchten Organismengruppen. Die Schönheit und Farbenpracht von Vögeln, aber auch die Tatsache, dass das Sinnesspektrum von Vögeln dem von Menschen sehr ähnlich ist, machen sie zu einer attraktiven Gruppe für Amateure und Citizen Scientists (Birkhead 2008; Birkhead 2022). Amateur-Ornithologen sind sehr gut vernetzt und weltweit in großen Fachverbänden und Vereinen organisiert.

Der seit dem Jahr 1900 von der National Audubon Society organisierte „Christmas Bird Count“ (Dunn et al. 2005) ist wahrscheinlich eines der ältesten „organisierten“ Citizen-Science-Projekte und Vorbild für viele ähnliche Initiativen. Der von BirdLife koordinierte Farmland Bird Index (Teufelbauer 2010; Stephens et al. 2016) oder auch die vielen Brutvogelatlantiken (Dunn et al. 2008) sind weitere Beispiele dafür, wie gut organisierte ornithologische Citizen Science grundlegende Beiträge zum Verständnis ökologischer Veränderungen liefern. Beispielhaft für die organisatorische Breite solcher Projekte sei hier der „Atlas of Wader Populations in Africa and Western Eurasia“ (Delaney et al. 2009) kurz vorgestellt: Über den Zeitraum von 10 Jahren wurden die aktuellsten verfügbaren Daten zu Populationsgrößen, Verbreitung und Zugrouten von eurasischer Watvogelarten zusammengetragen. Wichtigste Datengrundlage waren die von über 15.000 ehrenamtlichen Mitarbeiter:innen erfassten Ergebnisse der international koordinierten Wasservogelzählungen. Die Erstfassungen der Artkapitel wurde von 25 Personen verfasst, weitere 100 Personen halfen mit sie zu verbessern. Derartige ornithologische Citizen-Science-Projekte sind sehr ergebnisorientiert und zeichnen sich dadurch aus, dass sie das methodische ebenso wie das taxonomische Wissen vieler Personen einbinden, unabhängig von deren Grad der Professionalisierung. Selbstverständlich gibt es vergleichbare Beispiele auch aus anderen Artengruppen. Für Österreich sei hier beispielhaft der Atlas der Heuschrecken Österreichs (Zuna-Kratky et al. 2017) oder auch bislang nicht zusammenfassend publizierte Datensammlungen diverser Vereine, wie z. B. der „Koordinationsstelle für Fledermausschutz und –forschung in Österreich“ (www.fledermausschutz.at), das Tagfaltermonitoring (viel-falter.at) oder auch das über die Beobachtungsplattform des Naturschutzbundes (www.naturbeobachtung.at) abgewickelte österreichische Hummel-Monitoring genannt.

In seinem Buch „Citizen Science. Das unterschätzte Wissen der Laien“ unterscheidet der Wissenschaftstheoretiker Peter Finke (2014) zwei Typen von Citizen Science: „Citizen Science light“ und „Citizen Science proper“, und zwar entsprechend der Rolle der Amateure. In einem Fall „Hilfspersonal akademischer Profis“ im anderen Fall selbstorganisierte „professionelle Amateure“, die sich unabhängig von ihrer Ausbildung gedrängt sehen, selbstorganisiert Wissenschaft zu betreiben. Die Teilnehmer:innen sind nicht „Auftragnehmer“ akademischer Forschungsgruppen, ganz im Gegenteil, sie organisieren sich selbst, entwickeln Methoden und Zeitpläne, und sind an der Auswertung und teilweise auch an der Publikation der Ergebnisse beteiligt – „Citizen Science proper“ im besten Sinn. Solcherart selbstorganisierte „Professionelle Amateure“ liefern einen bedeutenden Beitrag zur Verringerung des Wallaceschen Defizits.

Naturwissenschaftliche Forschung und Dokumentation am Beispiel Salzburgs

Die Geschichte der Salzburger naturwissenschaftlichen Forschung bzw. Landesdokumentation ist geprägt von der besonderen Geschichte des ehemaligen geistlichen Staatswesens. Die politischen Wirren in Folge der Säkularisation Salzburgs und ein mehrfacher Wechsel der staatlichen Zugehörigkeit nach 1803 zerstreuten die ehemals fürsterzbischöflichen Sammlungen zwischen Florenz, München, Paris und Wien. So ist der Verbleib der naturkundlichen Objekte aus der erzbischöflichen Wunderkammer bis heute ungeklärt. Gleichzeitig waren in Salzburg seit dem 18. Jahrhundert private Sammler tätig. Ehrenbert Freiherr von Moll war ein Anhänger der neuen binären Linnae'schen Nomenklatur und ein

herausragender Sammler (Hoffmann 2004). Ein Besucher schrieb über die in Molls Privathaus untergebrachte Sammlung, hier sei „alles vereinigt was die Neugierde des Naturforschers befriedigen“ könne (Martin 1935). Weitere private naturkundliche Sammlungen befanden sich im Besitz von Franz Anton Freiherr von Kürsinger (Mineralien, Schmetterlinge, Holzgattungen und lebende Pflanzen), Johann Freiherr von Rehlingen (Mineralien), Franz Anton Ranftl (Herbarium und botanische Samensammlung, Edelsteine und Fossilien), Franz Fessel (zoologische Sammlung) und Laktanz Graf von Firmian (Vogelsammlung) (Lindner 2021). Das zwischen 1834 und 1848 auf Initiative des Leihhausverwalters Vinzenz Maria Süß gegründete Salzburger Museum Carolino Augusteum (SMCA) war eine Gründung des Salzburger Bürgertums, das sich gegen den Bedeutungsverlust und den drohenden kulturellen Ausverkauf Salzburgs, das damals von Linz aus verwaltet wurde, wandte. Von der Gründung an wurden am SMCA neben Kunst- und Kulturgeschichtlichen Sammlungen auch naturkundliche Sammlungen verwahrt (Süß 1844).

Auch an der Wende des 19. zum 20. Jahrhundert in der Phase der aufkommenden Bürgerwissenschaften und wissenschaftlichen Vereine waren es Amateure, die wichtige Beiträge zur naturkundlichen Landesdokumentation lieferten. Die Professionalisierung der Naturwissenschaften, jenseits der Universitätsstandorte u. a. durch die Schaffung von Kuratorenstellen an den Landesmuseen setzte gerade erst ein (Lindner 2021a). Eberhard Friedrich Fugger (1842–1919), Lehrer an der Salzburger Realschule war gleichzeitig Naturforscher mit einem ungewöhnlich breit gefächerten Interessensgebiet (Schramm 2019). Fugger wurde 1902 Direktor des Salzburger Museums Carolino Augusteum. Der prominente Naturforscher und Paläontologe Karl Kastner (1847–1907, Abb. 1) war ebenfalls Lehrer an der Salzburger Realschule (Fugger 1907). Marie Andree-Eysn (1847–1929 Abb. 2) stammte aus einer wohlhabenden Kaufmannsfamilie. Da Mädchen und Frauen damals weiterführenden Schulen nicht offenstanden, erhielt sie Privatunterricht und bildete sich autodidaktisch zur Botanikerin weiter. Sie stellte ein umfassendes Herbarium zusammen und

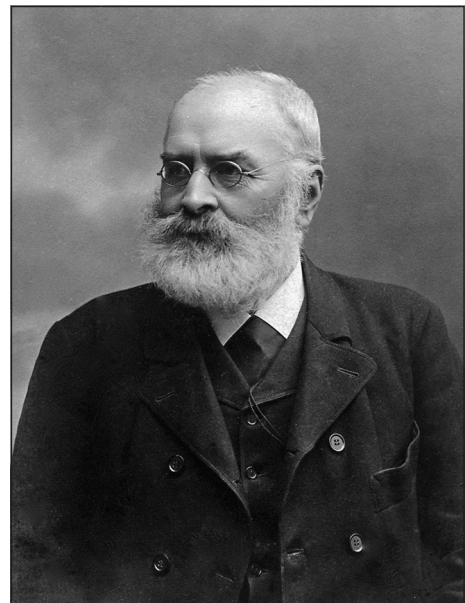


Abb. 1: Karl Kastner (1847–1907) war 1876–1906 Professor an der k. k. Staatsrealschule Salzburg. Er veröffentlichte u. a. zusammen mit Eberhard Fugger zahlreiche Arbeiten zur Naturkunde Salzburgs. Foto: Archiv Haus der Natur, Salzburg. – Fig. 1: Karl Kastner (1847–1907) was professor at the k. k. Staatsrealschule Salzburg from 1876–1906. Together with Eberhard Fugger, among others, he published numerous works about the natural history of Salzburg. Photo: Archive Haus der Natur, Salzburg.

arbeitete mit dem Botaniker und Universitätsprofessor (Innsbruck, dann Wien) Anton Kerner von Marilaun zusammen. Sie selbst publizierte vor allem zu volkskundlichen Themen (Nikitsch 2002).



Abb. 2: Marie Andree-Eysn (1847–1929) war eine österreichische Volkskundlerin, Botanikerin und Sammlerin. Sie stellte ein umfassendes Herbarium zusammen und arbeitete mit dem Botaniker und Universitätsprofessor Anton Kerner von Marilaun zusammen. Foto: Archiv Haus der Natur, Salzburg. – Fig. 2: Marie Andree-Eysn (1847–1929) was an Austrian folklorist, botanist and collector. Eysn compiled an extensive herbarium and worked together with the botanist and university professor Anton Kerner von Marilaun. Photo: Archive Haus der Natur, Salzburg.

In den 1920er-Jahren begann Forstmeister Friedrich Leeder (1900–1979) mit der Arbeit an einer Salzburger Landesflora. Er sammelte nach und nach eine Reihe Mitarbeiter um sich, die sich regelmäßig zu Arbeitsbesprechungen an der sogenannten „Mensa botanica“ – am Botanischen (Stamm)Tisch trafen (Iglhauser 1985). Einer der Mitarbeiter Leeders war Alexander Willi (1875–1943, Abb. 3), Professor für Mathematik, Naturgeschichte und Chemie an der Salzburger Realschule. Willi übernahm 1941, als Leeder schwer erkrankte, die Fortführung der umfangreichen Flora. Willi selbst verstarb 1943. Das geographisch gegliederte viele hundert Seiten umfassende Manuskript ist nie erschienen und gilt heute als verschollen. Erst 1959 sollte es Mathias Reiter (1896–1969) einem Pfarrer und begeisterten Botaniker gelingen, aufbauend auf Leeders Arbeiten, die nun „Kleine Flora des Landes Salzburg“ im Eigenverlag der Naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft zu veröffentlichen (Leeder et al. 1959). Willi war aber nicht nur Mitarbeiter der Salzburger Landesflora, er rief 1935 aufbauend auf der „Mensa botanica“ die „Zoologisch-Botanische Arbeitsgemeinschaft des Naturkundemuseums“ ins Leben. Heimstätte dieser Arbeitsgemeinschaft war das 1924 auf Initiative von Eduard Paul Tratz unter der Trägerschaft der „Gesellschaft für angewandte und darstellende Naturkunde“ gegründete Neue Naturkundemuseum (Lindner 2021a). Hier wurden seit 1924 auch die naturwissenschaftlichen Sammlungen des SMCA verwahrt (Lindner 2021).

Nach dem Krieg formierte sich die Arbeitsgemeinschaft an dem seit 1936 Haus der Natur genannten Museum neu (Abb. 4). Eberhard Stüber (geb. 1927), damals Leiter des Salzburger Lehrerhauses, eines Studentenheims und der Konservator des Museums Leopold Schüller (1901–1966) waren die treibenden organisatorischen Kräfte. Ohne akademische

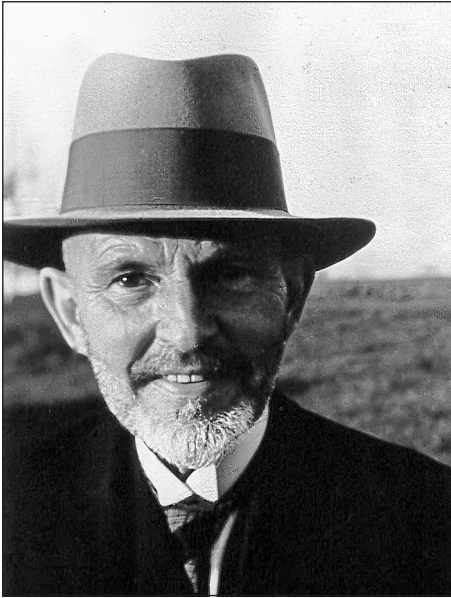


Abb. 3: Alexander Willi (1875–1943) war Professor für Mathematik, Naturgeschichte und Chemie an der Salzburger Realschule. Er arbeitete in den 1930er-Jahren gemeinsam mit Friedrich Leeder an der Salzburger Landesflora und rief 1935 die „Zoologisch-Botanische Arbeitsgemeinschaft des Naturkundemuseums“ ins Leben. Foto: Archiv Haus der Natur, Salzburg. – Fig. 3: Alexander Willi (1875–1943) was a professor of mathematics, natural history and chemistry at the Realschule in Salzburg. In the 1930s, he worked together with Friedrich Leeder on a book about the flora of Salzburg. He also founded the “Zoological-Botanical Study Group of the Natural History Museum” in 1935. Photo: Archive Haus der Natur, Salzburg.



Abb. 4: Gründungsmitglieder der 1950 wiedergegründeten Naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft des Hauses der Natur. Die Gruppe steht hier auf der Autobahnverbindung zwischen der West- und der Tauernautobahn. Die hier zu sehenden Personen beteiligten sich alle an der „Gemeinschaftsuntersuchung Goiser Moos“, einem Moor-Rest der direkt unterhalb des Autobahnkreuzes gelegen war. Im Bild (u. a.): Eberhard Stüber (5. von links), Leopold Schüller (im weißen Hemd mit Rucksack) und Andreas Lindenthaler (ganz rechts mit Blick in die Kamera). Foto: Archiv Haus der Natur, Salzburg. – Fig. 4: Founding members of the Natural History Study Group of the museum „Haus der Natur“, which was re-established in 1950. The group is standing here on the motorway link between the West and Tauern motorways. The people seen here all took part in the “Goiser Moos collective investigation”, a remnant of moorland located directly below the motorway junction. In the picture (among others): Eberhard Stüber (5th from left), Leopold Schüller (in white shirt with rucksack) and Andreas Lindenthaler (far right, looking into the camera). Photo: Archive Haus der Natur, Salzburg.

Anleitung begann man in den Arbeitsgemeinschaften über konkrete Ziele und Methoden zur systematischen Landesdokumentation nachzudenken. Jaro Podhorský (1873–1963), der sich mit der Erstellung von Arealkarten beschäftigte, verfasste „Einige Bemerkungen und Vorschläge zur Erfassung einer Landesflora“ (Podhorský 1953). Er merkte an, wie lückenhaft die floristische Dokumentation bislang geblieben war und gab konkrete Hinweise, wie die noch zu sammelnden botanischen Nachweise dokumentiert werden sollten: So sollten z. B. Fundortangaben auf Ortsnamen aus topographischen Karten basieren, um ein Wiederauffinden zu erleichtern, und die Fundangaben sollten um Hinweise zu Exposition, Untergrund, Häufigkeit, etc. ergänzt werden.

Eine wesentliche Rolle spielte Andreas Lindenthaler (1922–1991), der die Ornithologische Arbeitsgemeinschaft gründete. Auch in dieser Arbeitsgruppe begann man auf Initiative Lindenthalers, systematisch zuverlässige und gut dokumentierte Daten zusammenzutragen. Lindenthaler, Kämmerer im Stift St. Peter etablierte die „Ornithologische Landeskartei“. Ziel dieser systematischen in Karteiordnern organisierten Datensammlung war die Erstellung einer Avifauna (Lindenthaler 1963). Diese Landeskartei wurde sehr schnell zu einem wertvollen Archiv für die Wissenschaft, wie die vielen brieflichen Anfragen belegen. So stand Lindenthaler z. B. regelmäßig in Kontakt mit Glutz von Blotzheim und Kurt Bauer, während diese am Handbuch der Vögel Mitteleuropas (Glutz von Blotzheim 1966ff.) arbeiteten. Die Kartei ist bis heute im Haus der Natur erhalten und enthält geschätzte 100.000 Beobachtungen, ein Großteil davon mittlerweile digitalisiert.

Heute wird am Haus der Natur eine Biodiversitätsdatenbank geführt, in der alle verfügbaren Informationen zu Vorkommen von Tier-, Pflanzen- und Pilzarten dokumentiert werden. Die heute knapp 2,5 Millionen Datensätze stammen aus verschiedensten Quellen: Gutachten, Studien, Literaturquellen, (Daten-)Sammlungen professioneller Amateure. Knapp 50 % der Beobachtungen stammen von Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaften (Lindner et al. 2022). Rechnet man auch noch die Sammlungen dazu, die ebenfalls zu einem Großteil von Amateuren zusammengetragen wurden, dann stammt weit mehr als die Hälfte des Salzburger Biodiversitätswissens von „Citizen Scientists“. Die naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften am Haus der Natur bringen bis heute Amateur-Wissenschaftler:innen, ausgebildete Naturwissenschaftler:innen, Pädagog:innen, Studierende und interessierte Laien zusammen. Sie sind selbstorganisierte Gruppen von Bürgerwissenschaftler:innen, die sich gemeinsam mit den hauptamtlichen Expert:innen des Museums verschiedensten naturwissenschaftlichen Themenbereichen widmen. Sie liefern laufend wichtige Beiträge zur Dokumentation und Erforschung der Natur Salzburgs und bringen enormes Fachwissen in die Museumsarbeit ein.

Biodiversitäts-Erhebungsplattformen

Erhebungsplattformen („Biodiversity Observation Networks“) spielen eine immer wichtigere Rolle bei der Erfassung von Biodiversitätsdaten. Sie stellen sicher, dass Daten standardisiert sind und, dass Informationen und Wissen auffindbar werden. Sie sind zeitgemäße und effektive Werkzeuge zur Datenerfassung. Sie unterstützen und motivieren (ehrenamtliche) Kartierer:innen bei ihrer Tätigkeit. Die Möglichkeit, hier eigenen Beobachtungen selbstständig online eingeben und verwalten zu können, ist ebenso wichtig, wie die Möglichkeit mit Experten zu interagieren und Rückmeldungen zu den eigenen Beobachtungen zu erhalten.

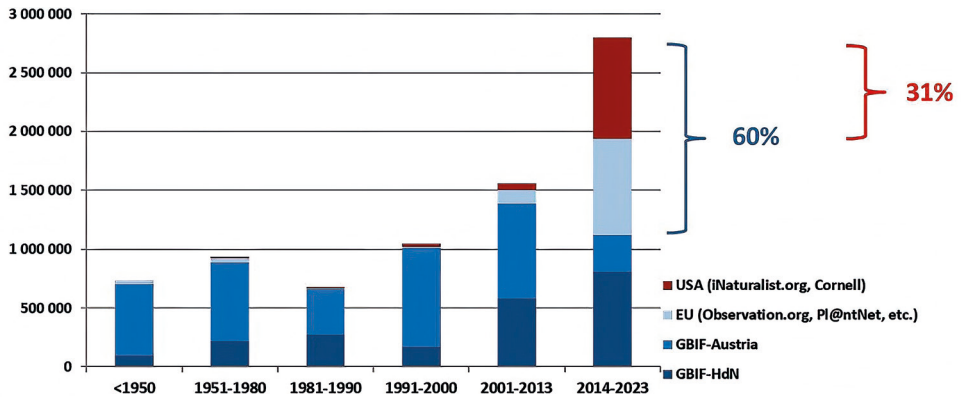


Abb. 5: Auswertung der für Österreich auf GBIF.org vorliegenden Biodiversitätsdaten nach Erfassungs-Zeitraum und Herkunft. Während bis 2013 noch der überwiegende Teil aller Daten über Österreich von österreichischen Datenprovidern (GBIF-Austria und GBIF-HdN) stammt, wurden mehr als die Hälfte der Daten der letzten 10 Jahre auf verschiedenen Citizen-Science-Plattformen erfasst, die etwa zur Hälfte in den USA und zur Hälfte im EU-Ausland liegen. – Fig. 5: Analysis of the biodiversity data available for Austria on GBIF.org according to collection period and origin. While until 2013 the majority of all data on Austria came from Austrian data providers (GBIF-Austria and GBIF-HdN), more than half of the data from the last 10 years was collected on various citizen science platforms, half of which are located in the USA and half in other EU countries.

Im öffentlich verfügbaren Wissen zur Biodiversität Österreichs, das auf GBIF (Global Biodiversity Information Facility) abrufbar ist, spielen Erhebungsplattformen mittlerweile eine herausragende Rolle. Betrachtet man die Daten mit einem Aufsammlungs- bzw. Beobachtungsdatum nach 2014 (derzeit ca. 3,4 Millionen Datensätze), dann wurden rund 60 Prozent dieser Daten über Erhebungsplattformen (z. B. Observation.org oder iNaturalist) erfasst (Abb. 5). Neben Bedienbarkeit und Fragen zu Urheberrecht und Datennutzung muss beim Einsatz derartiger Erhebungsplattformen auch deren organisatorische Verortung bedacht werden. Im Kontext des Schutzes von Privatsphäre und unberechtigter Datensammlungen werden vorrangig soziale Medien oder Online-Shopping diskutiert. Biologische Erfassungsplattformen integrieren jedoch immer mehr Elemente sozialer Medien, manche Plattformen erlauben es User-Accounts mit anderen Plattformen (z. B. Facebook oder Google) zu verknüpfen. Es ist daher offensichtlich, dass auch Citizen Science Plattformen in Bezug auf den Datenschutz hinterfragt werden müssen. Teilnehmer:innen geben – nicht immer wissentlich – auch persönliche Daten preis. So können aus Beobachtungspunkten können zum Beispiel der Wohnort oder gewählte Reiserouten rekonstruiert werden (Bowser 2014). Je nach Sitz der betreibenden Organisation unterliegen die gesammelten Daten unterschiedlichem Datenschutz- und Urheberrecht, auch die Einbindung und Integration in übergeordnete wissenschaftliche Initiativen ist vom Sitz und Interessen der jeweiligen Betreiber:innen abhängig. Bei der Auswahl der genutzten Erfassungsplattform sollten daher auch derartige Überlegungen einbezogen werden (Kaufmann et al. 2021).

Fragt man Citizen Scientist warum sie Biodiversitätsdaten sammeln, werden die aktive Arbeit in der Natur und die Generierung eigenen Wissens als die beiden wichtigsten Motive genannt. Gleich gefolgt von dem Wunsch einen konkreten Beitrag zum aktiven Natur-

schutz liefern zu können (Ganzevoort et al. 2017). Citizen-Science-Projekte und Datensammlungen, die nur einer engen Forschungsfrage gewidmet sind, erfüllen diese Erwartungen nicht automatisch. In der Zusammenarbeit mit Citizen Scientists ist ein offener Umgang mit den gesammelten Daten gefordert (ECSA 2015), um auf diese Art öffentliches Biodiversitätswissen zu generieren, das nicht nur für akademische Fragestellungen, sondern auch für angewandte Naturschutzarbeit zur Verfügung steht.

Die Daten in der Salzburger Biodiversitätsdatenbank werden sowohl der globalen Wissenschaftscommunity über eine Schnittstelle zu GBIF (www.gbif.org) als auch dem amtlichen Naturschutz über eine Schnittstelle zum amtlichen GIS (SAGIS) bereitgestellt. So ist gewährleistet, dass die Daten für den behördlichen Naturschutz, für die Landesumweltanwaltschaft, für Rote Listen und zur Beantwortung von Forschungsfragen verfügbar sind.

Citizen Science, Museen und akademische Forschung

Kuratierte Datensammlungen bieten – wie Objekt-Sammlungen – die Möglichkeit nicht nur Forschungsfragen zu beantworten, die bereits zum Zeitpunkt der Aufsammlung im Zentrum des Interesses standen. Sie können auch Datengrundlage zur Beantwortung von Themen und Fragestellungen sein, die zum Zeitpunkt der Datenaufsammlung gar nicht im Fokus der Bearbeiter:innen standen.

Die international einflussreiche und vielleicht die bislang öffentlichkeitswirksamste Langzeitstudie zum Insektensterben, die „Krefelder Studie“ basierte auf Daten, die von den Mitgliedern des Entomologischen Vereins Krefeld vor mehr als einem Viertel Jahrhundert gesammelt wurden. Der Vergleich der gegen Ende der 1980er-Jahre und dann 2013 noch einmal gesammelten Daten zur Insektenbiomasse belegte einen massiven Rückgang an Insekten in der Nähe von Krefeld und an 62 weiteren Standorten in verschiedenen deutschen Schutzgebieten (Sorg et al. 2013; Hallmann et al. 2017).

Seit annähernd dreißig Jahren beteiligen sich ehrenamtliche Personen, die zum großen Teil auch in der Herpetologischen Arbeitsgemeinschaft am Haus der Natur aktiv sind, an dem Projekt „Amphibienschutz an Straßen“. Jedes Jahr tragen Freiwillige Amphibien an neuralgischen Punkten über Straßen, um sie auf ihren Laichwanderungen vor dem Verkehrstod zu bewahren. Neben dem direkten Effekt der Rettung tausender Amphibien lieferte diese Arbeit auch die Grundlage für eine landesweite Populationsanalyse, die zeigte, dass die Populationen der Erdkröte stabil geblieben sind, die Grasfroschpopulationen jedoch um mehr als zwei Drittel zurückgingen (Kyek et al. 2017).

Analysen basierend auf Daten aus der Biodiversitätsdatenbank am Haus der Natur konnten den zeitlichen Verlauf und die treibenden Faktoren des Rückgangs von Schmetterlingsarten in verschiedenen Lebensräumen beschreiben (Habel et al. 2022; Habel et al. 2021). Weitere Studien, für die ebenfalls Daten aus der Biodiversitätsdatenbank herangezogen wurden, belegten das Höhersteigen von Schmetterlingsarten in Folge des sich verändernden Klimas sowie Veränderungen in der jahreszeitlichen Phänologie (Rödder et al. 2021; Habel et al. 2023).

Diese Beispiele zeigen das Potenzial des Zusammenspiels von engagierte Citizen Scientists, Museen und akademischer Forschung auf. Museen sind von ihrer Entstehungsgeschichte her per se keine akademischen Einrichtungen, sondern bürgerbasierte Institutionen. Museale Sammlungen basieren in den allermeisten Fällen nicht auf akademischer Forschung,

sondern sind das Ergebnis privater Wissbegierde und Sammelleidenschaft. Die heute öffentlichen Museen sind Institutionen, denen Privatsammler in Form von Schenkungen (in den meisten Fällen) oder durch Verkauf ihre Sammlungen anvertrauten (Alberti 2002).

Heute sind Museen, vor allem die großen Forschungsmuseen, Orte taxonomischer und evolutionsbiologischer Forschung. Sie generieren aufbauend auf den dort aufbewahrten Sammlungen Expertise zu Taxonomie, Systematik und anderen Bereichen der organismischen Biologie. Oft sind sie auch Sitz und Stützpunkt für Fachgesellschaften. Und nicht selten sind die Mitarbeiter:innen selbst in Fachgesellschaften, Plattformen, Naturschutzeinrichtungen und -verbänden organisiert und engagiert. Diesen Organisationen kommt somit essentielle vernetzende Funktion zwischen Citizen Scientists und akademischer Forschung (an Museen und Universitäten) zu. Die nachhaltige Bewahrung und Zugänglichmachung der Sammlungen sind Kernaufgabe der Museen. Museen spielen daher eine wichtige Rolle bei der Mobilisierung von Biodiversitätsdaten aus Sammlungsbeständen und sind gleichzeitig prädestiniert die langfristige Archivierung aktuell erfasster Biodiversitätsdaten sicherzustellen.

Geht man der Frage nach, welchen Beitrag Citizen Science, Museen, Fachgesellschaften und die akademische Forschung zur Behebung der Biodiversitätskrise leisten können, steht aber nicht nur die Generierung neuen Biodiversitätswissens im Mittelpunkt. Meist ist es nicht fehlendes Wissen, das Maßnahmen zur Verhinderung des dramatischen Artenverlusts verhindert. Die Treiber des Biodiversitätsverlusts sind bekannt. Es geht nicht mehr vorrangig darum, wissenschaftliche Defizite zu beheben, sondern um Bewusstseinsbildung, es gilt ein gesellschaftliches Dilemma zu lösen (Cardoso et al. 2011). Die oben erwähnte „Krefelder Insekten Studie“ zeigte es, Citizen Scientists können der Auslöser für politische Veränderungen sein. Die unglaublich starke öffentliche Resonanz auf die Studie war einer der Gründe für das danach in Bayern gestartete Biodiversitäts-Volksbegehren (Sommer 2019). Gerade in der öffentlichkeitswirksamen Aufbereitung vorhandenen Wissens und bei der Aufbereitung dieses Wissens für Politik und Gesellschaft kommen Museen, Fachgesellschaften und den Citizen Scientists eine wichtige Rolle zu.

Literatur

- Alberti S J M M (2002) Placing Nature: Natural History Collections and their Owners in Nineteenth-century Provincial England. *The British Journal for the History of Science* 35(3), 291–311. DOI <https://doi.org/10.1017/S0007087402004727>
- Birkhead T (2008) *The Wisdom of Birds: An Illustrated History of Ornithology*. Bloomsbury, London 448 pp. ISBN 9780747592563
- Birkhead T (2022) *Birds and Us: A 12,000 Year History, from Cave Art to Conservation*. Penguin Books 496 pp. ISBN 9780241460498
- Bowser A, Wiggins A, Shanley L, Preece J, Henderson S (2014) Sharing data while protecting privacy in citizen science. *Interactions* 21, 70–73. DOI <https://doi.org/10.1145/2540032>
- Cardoso P, Erwin T L, Borges P A V, New T R (2011) The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation* 144(11), 2647–2655. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.07.024>
- Delaney S, Dodman T, Stroud D, Scott D (2009) *An Atlas of Wader Populations in Africa and Western Eurasia*. Wetlands International 524 pp. (ISBN 9058820475)

- Dunn A M, Weston M A (2008) A review of terrestrial bird atlases of the world and their application. *Emu – Austral Ornithology* 108, 42–67. DOI <https://doi.org/10.1071/MU07034>
- Dunn E H, Francis C M, Blancher P J, Drennan S R, Howe M A, Lepage D, Robbins C S, Rosenberg K V, Sauer J R, Smith K G (2005) Enhancing the Scientific Value of the Christmas Bird Count. *The Auk* 122(1), 338–346. DOI <https://doi.org/10.1093/auk/122.1.338>
- ECSA (European Citizen Science Association) (2015) *Ten Principles of Citizen Science*. Berlin. DOI <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>
- Finke P (2014) *Citizen Science Das unterschätzte Wissen der Laien*. oekom 240 pp. ISBN 978-3-86581-466-1
- Fontaine B, Perrard A, Bouchet P (2012) 21 years of shelf life between discovery and description of new species. *Current Biology* 22(22), R943–R944. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.10.029>
- Fontaine B, van Achterberg K, Alonso-Zarazaga M A, Araujo R, Asche M, Aspöck H, Aspöck U, Audisio P, Aukema B, Bailly N, Balsamo M, Bank R A, Belfiore C, Bogdanowicz W, Boxshall G, Burckhardt D, Chylarecki P, Deharveng L, Dubois A, Enghoff H, Fochetti R, Fontaine C, Gargominy O, Lopez M S G, Goujet D, Harvey M S, Heller K-G, van Helsdingen P, Hoch H, De Jong Y, Karsholt O, Los W, Magowski W, Massard J A, McInnes S J, Mendes LF, Mey E, Michelsen V, Minelli A, Nafria J M N, van Nieukerken E J, Pape T, De Prins W, Ramos M, Ricci C, Roselaar C, Rota E, Segers H, Timm T, van Tol J, Bouchet P (2012) New Species in the Old World: Europe as a Frontier in Biodiversity Exploration, a Test Bed for 21st Century Taxonomy. *PLOS ONE* 7(5), e36881. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036881>
- Fugger E. (1907) Nekrolog auf Schulrat Karl Kastner. *Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde* 47, 402
- Ganzevoort W, van den Born R J G, Halffman W (2017) Sharing biodiversity data: citizen scientists' concerns and motivations. *Biodiversity and Conservation* 26, 2821–2837. DOI <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1391-z>
- Gaston K J, May R M (1992) Taxonomy of taxonomists. *Nature* 356, 281–282. DOI <https://doi.org/10.1038/356281a0>
- Giangrande A. (2003) Biodiversity, conservation, and the 'Taxonomic impediment'. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13, 451–459. DOI <https://doi.org/10.1002/aqc.584>
- Guariento E, Anderle M, Colla F, Steinwandter M (2019) Citizen Science for biological data in the Tyrol – South Tyrol – Trentino Euroregion: comparing options and a call for participation. *Gredleriana* 19, 77–86. DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.3565295>
- Habel J C, Teucher M, Gros P, Schmitt T, Ulrich W (2021) Land use and climate change affects butterfly diversity across northern Austria. *Landscape Ecology* 36, 1741–1754. DOI <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01242-6>
- Habel J C, Schmitt T, Gros P, Ulrich W (2022) Breakpoints in butterfly decline in Central Europe over the last century. *Science of The Total Environment* 851(2), 158315. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158315>
- Habel J C, Ulrich W, Gros P, Teucher M, Schmitt T. (2023) Butterfly species respond differently to climate warming and land use change in the northern Alps. *Science of The Total Environment* 890, 164268. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164268>
- Hallmann C A, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12(10), e0185809. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hoffmann R (2004) Wissenstransfer durch Netzwerkbildung. Karl Erenbert von Moll und die Anfänge der wissenschaftlichen Landeskunde in Salzburg. In: Scheutz M, Schmale W,
- Štefanová D (2004) Orte des Wissens. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft zur Erforschung des 18. Jahrhunderts* 18/19, 135–151, Winkler, Bochem.

- Iglhauser B (1985) Die Erforschung der Salzburger Pflanzenwelt. Zum Gedenken an Dr. Matthias Reiter, den Verfasser der „Kleinen Flora“. *Natur und Land* 1985/5, 115–126
- Kaufmann P, Lindner R (2021) Biodiversitätsdaten, Citizen Science und Online-Erfassungssysteme – Überblick und Erfahrungsbericht. *ANLiegen Natur* 43, 93–100
- Kyek M, Kaufmann P H, Lindner R (2017) Differing long term trends for two common amphibian species (*Bufo bufo* and *Rana temporaria*) in alpine landscapes of Salzburg, Austria. *PLOS ONE* 12(11), e0187148. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187148>
- Larsen B B, Miller E C, Rhodes M K, Wiens J J (2017) Inordinate fondness multiplied and redistributed: the number of species on earth and the new pie of life. *The quarterly review of biology* 92(3), 229–265
- Leeder F, Reiter M (1959) Kleine Flora des Landes Salzburg. Neue Übersicht über die Farn- und Blütenpflanzen. Naturwissenschaftliche Arbeitsgemeinschaft des Hauses der Natur, Salzburg, 349 pp.
- Lindenthaler A. (1963) Der gegenwärtige Stand der ornithologischen Forschung im Lande Salzburg. *Mitteilungen aus dem Haus der Natur Salzburg, Sonderband 1*, 65–78
- Lindner R (2021) Geschichte(n) einer Museumssammlung (1913–1976). In: Hoffmann R, Lindner R (2021) Ein Museum zwischen Innovation und Ideologie. Das Salzburger „Haus der Natur“ in der Ära von Eduard Paul Tratz, 1913–1976. Studienverlag Innsbruck, 603–789
- Lindner R (2021a) Vom „Neuen Museum für Naturkunde“ zum „Haus der Natur“ (1924–1937). In: Hoffmann R, Lindner R (2021) Ein Museum zwischen Innovation und Ideologie. Das Salzburger „Haus der Natur“ in der Ära von Eduard Paul Tratz, 1913–1976. Studienverlag Innsbruck, 251–329
- Lindner R, Kaufmann P, Wittmann H, Gros P, Kwitt S, Kyek M, Patzner R A, Pöhacker J, Rucker T, Bauch K, Aichhorn K (2022) Biodiversitäts-Report. Dokumentation der biologischen Vielfalt in den Hohen Tauern. Bericht im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern. Haus der Natur, Salzburg, 166 pp. + Anhänge. ISBN 978-3-9502062-5-8
- Linnaeus C (1758) *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata.* Laurentius Salvius.
- Martin F (1935) Von Sammlern und Sammlungen im alten Salzburg. *Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde* 75, 33–80
- May R M (2010) Tropical Arthropod Species, More or Less? *Science* 329(5987), 41–42. DOI 10.1126/science.1191058
- May R M (2011) Why Worry about How Many Species and Their Loss? *PLOS Biology* 9(8), e1001130. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001130>
- Mokany K, Ferrier S (2011) Predicting impacts of climate change on biodiversity: a role for semi-mechanistic community-level modelling. *Diversity and Distributions* 17, 374–380. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00735.x>
- Mora C, Tittensor D P, Adl S, Simpson A G B, Worm B (2011) How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLOS Biology* 9(8): e1001127. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>
- Glutz von Blotzheim U (1966ff.) *Handbuch der Vögel Mitteleuropas.* Bearb. u. a. von Kurt M. Bauer, Einhard Bezzel und Urs N. Glutz von Blotzheim. 14 Bände in 23 Teilen. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main
- Nikitsch H (2002) Andree-Eysn, Marie. In: Keintzel B, Korotin I. (2002) *Wissenschaftlerinnen in und aus Österreich. Leben – Werk – Wirken.* Böhlau, Wien, Köln, Weimar, 17–21. ISBN 3205994671
- Podhorsky J (1953) Einige Bemerkungen und Vorschläge zur Erfassung der Salzburger Landesflora. *Mitteilungen der Naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft vom Haus der Natur in Salzburg – Botanische Arbeitsgruppe* 3/4, 20–25

- Rödger D, Schmitt T, Gros P, Ulrich W, Habel J C (2011) Climate change drives mountain butterflies towards the summits. *Scientific Reports* 11, 14382. DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93826-0>
- Schramm J-M (2019) Eberhard Friedrich Fugger (1842–1919) und die Humboldt'sche Geobiodiversität. Eine Würdigung des Salzburger Naturforschers zu seinem hundertsten Todesjahr. *Berichte der Geologischen Bundesanstalt Wien* 137 117 pp. ISSN 1017-8880
- Silvertown J (2009) A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution* 24(9), 467–471. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017>
- Sommer M (2019): „Natürlich Bayern“: Eine Initiative für insektenreiche Lebensräume. *ANLIEGEN NATUR* 41(1), 97–100
- Sorg M, Schwan H, Stenmans W, Müller A (2013) Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch mit Malaise-Fallen in den Jahren 1989 und 2013. *Mitteilungen aus dem Entomologischen Verein Krefeld* 1, 1–5
- Stephens P A, Mason L R, Green R E, Gregory R D, Sauer J R, Alison J, Aunins A, Brotons L, Butchart S H M, Campedelli T, Chodkiewicz T, Chylarecki P, Crowe O, Elts J, Escandell V, Foppen R P B, Heldbjerg H, Herrando S, Husby M, Jiguet F, Lehikoinen A, Lindström Å, Noble D G, Paquet J-Y, Reif J, Sattler T, Szép T, Teufelbauer N, Trautmann S, van Strien A J, van Turnhout C A M, Vorisek P, Willis S G (2016) Consistent response of bird populations to climate change on two continents. *Science* 352(6281) 84–87. DOI 10.1126/science.aac4858
- Süß V M (1844) Das städtische Museum in Salzburg. Erster und vollständiger Bericht über dessen Entstehen und Inhalt, Salzburg 1844, 6f.
- Teufelbauer N (2010) Der Farmland Bird Index für Österreich – erste Ergebnisse zur Bestandsentwicklung häufiger Vogelarten des Kulturlandes. *Egretta* 51, 35–50
- Wilson E O (1992) *The Diversity of Life*. Harvard University Press, 424 pp. ISBN 0674212983
- Wilson E O (2000) A Global Biodiversity Map. *Science* 289(5488), 2279. DOI 10.1126/science.289.5488.2279
- Zuna-Kratky T, Landmann A, Illich I, Zechner L, Essl F, Lechner K, Ortner A, Weißmair W, Wöss G (2017) *Die Heuschrecken Österreichs*. Biologiezentrum des Oberösterreichischen Landesmuseums, Linz. ISBN 978-3-85474-330-9

Eingelangt: 2024 02 16

Anschriften:

Robert Lindner, E-Mail: robert.lindner@hausdernatur.at,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3771-0554> (korrespondierender Autor)

Peter Kaufmann, E-Mail: peter.kaufmann@hausdernatur.at,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2611-5071>
Haus der Natur – Museum für Natur und Technik, Museumsplatz 5, 5020 Salzburg.

Elisabeth Haring, E-Mail: elisabeth.haring@nhm-wien.ac.at,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5411-1879>
Naturhistorisches Museum Wien, Zentrale Forschungslaboratorien, Burgring 7, 1010 Wien

Biologische Vereine und Fachgesellschaften in Österreich – Präsentation bei den Tagen der Biodiversität 2023

Elisabeth Haring, Helmut Sattmann, Robert Lindner, Elisabeth Kopp

Die Rolle biologisch ausgerichteter Plattformen, Fachgesellschaften und Vereine in Österreich wurde in Session 3 der „Tage der Biodiversität 2023“ beleuchtet. Im Vorfeld der Tagung ausgesendete Fragebögen sollten die Situation der Fachgesellschaften beschreiben und als Diskussionsgrundlage dienen. Es wurden auch Plattformen oder Institutionen eingeladen, die selbst zwar keine fachliche Arbeit durchführen, jedoch indirekt mit Fachgesellschaften und deren Aufgaben und Tätigkeiten vernetzt sind bzw. diese in verschiedenster Weise fördern. Die Auswertung der 30 eingelangten Fragebögen zeigte auf, dass Fachgesellschaften eine essenzielle Rolle für die Biodiversitätsforschung, aber auch weit darüberhinausgehend, spielen. Sie sind Zentren der taxonomischen Forschung, der Erfassung von Biodiversitätsdaten und der Aus- und Weiterbildung, und sie vernetzen viele Bereiche der Gesellschaft und fördern Bewusstseinsbildung. Ihre Reichweite erstreckt sich auf wissenschaftliche Institutionen, Naturschutzorganisationen und -behörden sowie die breite Öffentlichkeit, auch im Rahmen von Citizen Science. Auch Institutionen mit Brückenfunktion haben in diesem Netzwerk eine maßgebliche Rolle. Die Publikationsorgane der Fachgesellschaften sind wichtige Informationsspeicher und machen detaillierte Daten zur österreichischen Biodiversität auffindbar.

Fachgesellschaften lehren Fachwissen und bilden Expertise, die angesichts der globalen Biodiversitätskrise essenzieller Bestandteil des gesamten Bildungssystems sein sollte, die jedoch in der universitären Lehre in den letzten Jahrzehnten stark an Bedeutung verloren hat. Die oftmals enge Zusammenarbeit mit und teilweise Verankerung von Fachgesellschaften an Universitäten und Museen sowie die Verbindung zu wissenschaftlichen Sammlungen ist äußerst förderlich, um Kontinuität in taxonomischer Expertise zu sichern.

Unter den Herausforderungen, die von den Fachgesellschaften genannt wurden, stehen mangelnde Finanzierung (mangelnde Förderungsmöglichkeiten) und zu wenig Nachwuchs hervor. Damit einhergehend müssen die Aufgaben und Vereinsziele mit geringer werdendem Personal erfüllt werden. In der im Anschluss an die Kurzpräsentationen der Fachgesellschaften stattgefundenen Diskussion wurden diese Herausforderungen behandelt und eine Intensivierung der Kommunikation beschlossen.

Haring H, Sattmann H, Lindner R, Kopp E (2024) Biological associations and professional societies in Austria – Presentation at the Days of Biodiversity 2023.

The role of biological societies, biodiversity associations, platforms or networks in Austria was considered in Session 3 of the “Days of Biodiversity 2023”. Questionnaires sent out in advance of the conference were intended to describe the situation of the biologically oriented societies and platforms and to serve as a basis for discussion. Even platforms or institutions were invited that do not carry out any specialist work themselves, but are indirectly networked with specialist societies and their tasks and activities or promote them in various ways. The evaluation of the 30 questionnaires received showed that platforms and societies play an essential role in biodiversity research, but also far beyond this. They are centres of taxonomic research, biodiversity data collection and education and training, and they connect many sectors of society and promote awareness-raising. Their reach extends to scientific institutions, nature conservation organisations and authorities as well as the general public – also in the context of citizen science. Institutions with a bridging function also play a key role in this network. The publication organs of the specialised societies are important information repositories and make detailed data on Austrian biodiversity accessible.

Biological societies teach specialist knowledge and form expertise that is – in the light of the global biodiversity crisis – the basis for essential content in the entire education system, but which is increasingly taking a back seat in university teaching. The frequently close cooperation and the anchoring of biological societies at universities and

museums as well as the connection to scientific collections foster the continuity of taxonomic expertise.

Among the challenges mentioned by the professional societies, a lack of funding (lack of funding opportunities) and too few young members as newcomers in the team stand out. As a result, the tasks and objectives of the association have to be fulfilled with fewer staff. These challenges were addressed in the discussion that followed the short presentations by the specialist associations and it was decided to intensify communication.

Keywords: biological societies, platforms, aims, functions, benefits, public outreach, taxonomy, cooperation, volunteer work.

Einleitung

Im Bestreben, die Herausforderungen der Biodiversitätskrise zu meistern, sind – neben Grundlagenforschung und Biodiversitätsmonitoring – die Vermittlung des Wissens und der Kenntnisse über Biodiversität von großer Bedeutung. Die im Rahmen der „Tage der Biodiversität 2023“ (Universität für Bodenkultur, Wien, 8. bis 10. November 2023) organisierte Session 3 widmete sich der „Relevanz von Plattformen und Fachvereinen in der Biodiversitätsforschung“ mit folgenden Zielen: Es sollte aufgezeigt werden, welche Rolle biologisch ausgerichtete Fachgesellschaften und Vereine für die Ausbildung von Expertise, für Datengenerierung sowie für die Vermittlung von Biodiversitätsforschung in die Gesellschaft spielen. Diese Session war inhaltlich verknüpft mit Session 2, in welcher der Rückgang an Artenkenntnis auf allen gesellschaftlichen Ebenen thematisiert wurde (Gegeben-Krenn et al. 2024).

Die Vielfalt biologischer Fachgesellschaften sollte dargestellt werden, und insbesondere Studierenden, interessierten Laien und Stakeholdern sollte das breite Spektrum nahegebracht werden. Die Session bot Gelegenheit zum Informationsaustausch und zum Erkunden von Möglichkeiten für Zusammenarbeit und gemeinsame Projekte. Im Vorfeld der Tagung ausgesandte Fragebögen boten eine Grundlage für die Diskussion. Diese sollte die Kommunikation zwischen den biologischen Fachgesellschaften fördern und die Herausforderungen aufzeigen, mit denen sie konfrontiert sind. Die Themenbereiche wurden anhand von Vorgesprächen mit einzelnen Vertreter:innen von Vereinen ausgewählt. Schließlich sollten Möglichkeiten zur besseren Vernetzung erörtert werden. Die aus den Fragebögen abgeleiteten Informationen und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen werden in diesem Artikel zusammengefasst. Methodik und Umfang der Stichprobe erlauben keine statistische Auswertung der Umfrage. Sie vermittelt jedoch ein gutes Bild der aktuellen Situation und gibt einen Überblick über die einschlägige Vereinslandschaft. Schließlich werden hier auch die wesentlichen Inhalte der Diskussion zusammengefasst.

Die Einladung zur Session 3 erging nicht ausschließlich an taxonomisch / organismisch ausgerichtete Fachgesellschaften, Vereine und Plattformen, sondern auch an Plattformen oder Institutionen, die selbst zwar keine fachliche Arbeit durchführen, jedoch indirekt mit den Fachgesellschaften und deren Aufgaben und Tätigkeiten vernetzt sind bzw. diese in verschiedenster Weise fördern. Im vorliegenden Bericht werden letztere unter „Institutionen mit Brückenfunktion“ zusammengefasst, etliche von ihnen bewarben sich aktiv, um bei der Session mitzuwirken bzw. den Fragebogen auszufüllen. Alle fachlich aktiven (z. B. Taxonomie, organismische Biologie, Biodiversitätsforschung, Naturschutz) Vereine, Plattformen oder Institutionen werden im Folgenden als „(biologische) Fachgesellschaften“ subsumiert. Um den Rahmen der Session nicht zu sprengen, wurden Institutionen (wie z. B. NGOs), die sich zwar mit Umweltthemen beschäftigen, jedoch nicht im Detail in

oben beschriebenen Fachrichtungen aktiv sind (taxonomisch, organismisch ausgerichtet; wissenschaftlich und / oder naturschutzorientiert) und bei welchen daher die Generierung von Biodiversitätswissen im weitesten Sinn nicht im Vordergrund steht, nicht als Referent:innen eingeladen, wohl aber ins Publikum.

Von den angeschriebenen 46 Fachgesellschaften und Institutionen mit Brückenfunktion sendeten 30 ausgefüllte Fragebögen zurück, 26 stellten sich mit Postern und Kurzpräsentationen in Session 3 der Tage der Biodiversität 2023 vor (Appendix).

Auswertung der Fragebögen

Alter und Größe

Die Altersverteilung (Gründungsjahr) der 30 befragten Fachgesellschaften war sehr breit gestreut und reichte von aktuellen Neugründungen (1 Jahr) bis hin zu Gesellschaften, die bereits auf eine 200-jährige Geschichte zurückblicken können (Abb. 1).

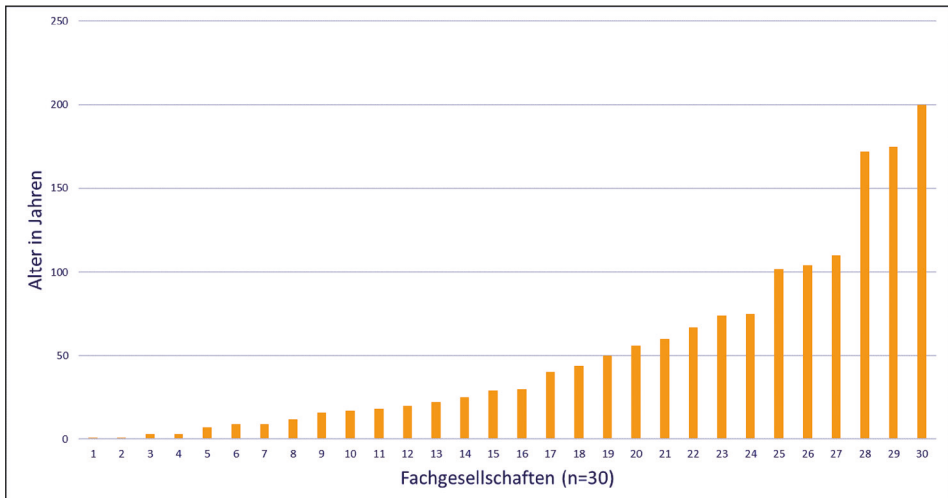


Abb. 1. Altersverteilung der Fachgesellschaften und Institutionen mit Brückenfunktion (n=30). – Fig. 1: Age distribution of specialised societies and institutions with a bridging function (n=30).

Die meisten der befragten Gesellschaften haben weniger als 500 Mitglieder, nur die ältesten unter den befragten Vereinen gaben Mitgliederzahlen jenseits von 1.000 Personen an. Die Mitgliederzahl wurde nicht in absoluter Zahl abgefragt, sondern in Bereiche unterteilt (50–100; 100–500; 500–1.000; > 1.000). In der Mehrheit der Fälle (78%) lag sie zwischen 50 und 500 (nämlich < 100: 39%; < 500: 39%), in vier Fällen wurden mehr als 1.000 Mitglieder angegeben, und in zwei Fällen lag die Mitgliederzahl in der Kategorie 500–1.000 (Tab. 1). Die Mitgliederzahlen < 100 finden sich bis auf zwei Ausnahmen (Alter 102 bzw. 67 Jahre) bei den jüngeren Fachgesellschaften (1–22 Jahre), während bei Fachgesellschaften mit > 100 Mitgliedern das Alter tendenziell höher, die Altersverteilung jedoch breit ist, nicht nur in der Kategorie 100–500 Mitglieder (16–172 Jahre), sondern sogar in den beiden höchsten Kategorien, 500–1.000 (20–60 Jahre) und > 1.000 (75–200 Jahre).

Tab. 1: Mitgliederzahlen in Kategorien erhoben, absolut und in Prozent (n = 28; zwei Fragebögen keine Angaben). – Tab. 1: Number of members surveyed in categories, absolute and in per cent (n = 28; two questionnaires not completed).

Größenordnungen Mitgliederzahl	Anzahl der Organisationen (absolut)	Anzahl der Organisationen (%)
50–100	11	39,3
100–500	11	39,3
500–1000	2	7,1
> 1000	4	14,3
	28	100

Ziele

Der größte Teil (> 80 %) der befragten Gesellschaften bezeichnet die eigene Arbeit als „wissenschaftlich orientiert“ und ebenso viele von Ihnen sind an eine bestehende wissenschaftliche Institution (z. B. Museum oder Universität) angebunden. Insgesamt gab es bei der Frage „Wie ordnet sich der Verein/die Plattform ein?“ sieben mögliche Antworten plus ein Freitextfeld. Abbildung 2 zeigt den Anteil der befragten Fachgesellschaften und Institutionen, welche die jeweilige Frage mit „ja“ beantworteten. Dass wissenschaftliche Orientierung sowie Naturschutz hohe Prozentwerte erhielten, entspricht den Erwartungen, weil die angeschriebenen Gesellschaften unter entsprechenden Gesichtspunkten ausgewählt wurden. Die häufige Anbindung an wissenschaftliche Institutionen (Universitäten und Museen) weist auf eine Komplementarität hin, sowohl personell als auch funktional, sowie auf den gegenseitigen Nutzen im Sinne der Vernetzung und des Austauschs von Expertise. Der hohe Wert bei „Öffentlichkeitsorientiert“ zeigt, wie hoch der Stellenwert von Wissensvermittlung und gesellschaftspolitischem Auftrag für die Fachgesellschaften ist.

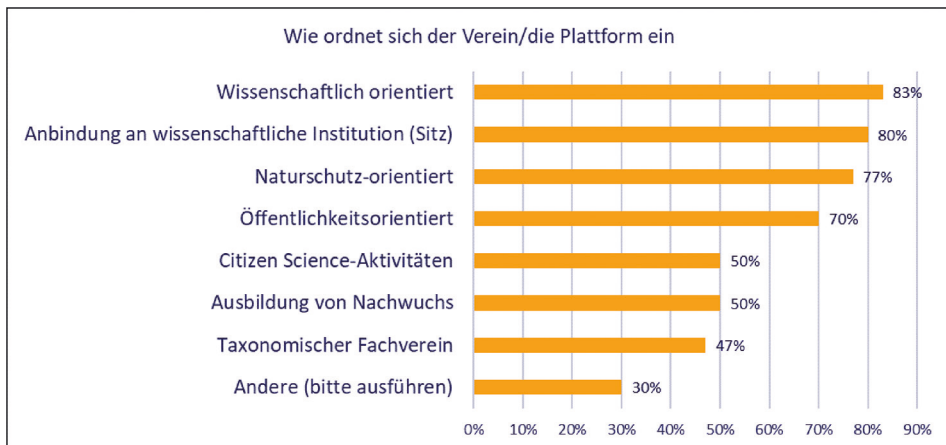


Abb. 2: Wie ordnet sich die Fachgesellschaft / Institution ein? Der Prozentsatz gibt den Anteil der Befragten (n = 30) an, die entsprechend geantwortet haben. – Fig. 2: How does the professional association / institution categorise itself? The percentage indicates the proportion of respondents (n = 30) who answered accordingly.

Die Freitext-Einträge unter „Andere“ lassen sich grob in vier Gruppen einteilen (Antworten hier nur aufzählend dargestellt): (1) fachliche Einordnung: Einträge waren hier biologische Systematik, Evolutionsforschung, Phylogenie und Taxonomie. (2) Transdisziplinarität: Hier fanden sich Schlagworte wie Kunst und Ökologie, transdisziplinäre Projekte, (biologische) Wissenschaftsgeschichte. (3) funktionale Aspekte: z. B. Vernetzungsfunktion, national und international, interdisziplinäre Vernetzung, Vernetzung und Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, NGOs, Politik, Verwaltung, Industrie, Praxis und interessierter Öffentlichkeit. (4) angewandte Aspekte: Angewandte Entomologie, Umsetzung konkreter Maßnahmen. Auch strategische politische Arbeit wurde genannt.

Zusammenarbeit und „public outreach“

Generell ist die Zusammenarbeit zwischen den befragten Organisationen hoch. Auf die Frage nach Zusammenarbeit mit anderen Fachgesellschaften gaben 24 von 30 Befragten (80%) „mehrmals pro Jahr“ an (nie = 0%; selten = 13%; max. 1x pro Jahr = 7%). Elf der Befragten gaben an, Mitglied eines Dachverbands zu sein (fünf davon waren Institutionen mit Brückenfunktion). Auf die Frage, ob ein Dachverband für organismisch ausgerichtete Fachvereine wünschenswert wäre, antworteten 19 (70%) mit „ja“, zwei mit „nein“ und neun gaben keine eindeutige Antwort.

Zum „public outreach“ wurden drei Fragen gestellt: „Betreibt der Verein (eine) Zeitschrift(en)?“ (57% antworteten mit „ja“), „Betreibt der Verein eine Homepage?“ (97%), „Weitere Internet-Auftritte?“ (73%; 22 von 30). Letztere umfassten Facebook (77% bezogen auf die 22 Befragten, die „weitere Internet-Auftritte“ angekreuzt hatten), Instagram (27%), Newsletter (18%), Podcast (18%), Naturbeobachtungsplattformen (14%), YouTube (14%) und Twitter/X (9%). Abbildung 3 zeigt die entsprechenden Prozentsätze bezogen auf die Gesamtzahl der 30 Befragten.

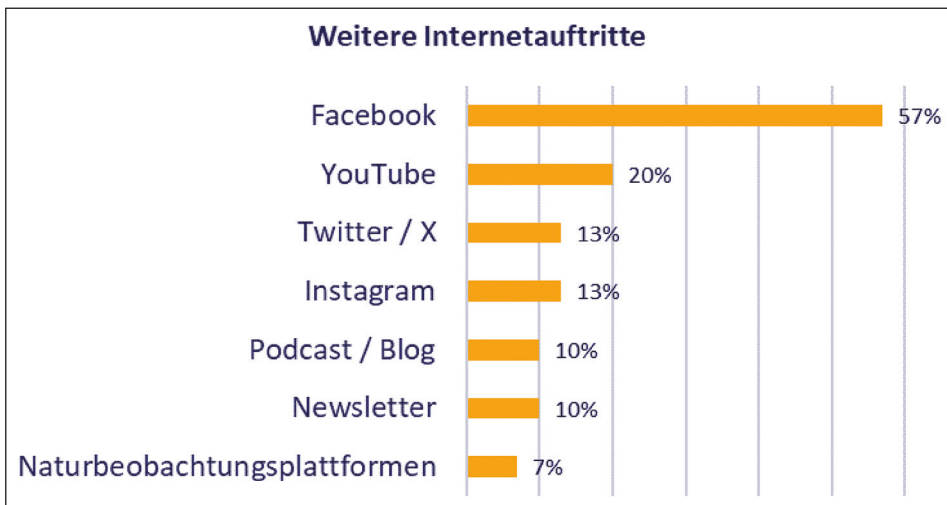


Abb. 3. Weitere Internet-Auftritte (zusätzlich zu Homepage). Prozentsatz gibt den Anteil aller Befragten an (n = 30), die entsprechend geantwortet haben. – Fig. 3: Internet presence (in addition to homepage). Percentage indicates the proportion of all respondents (n = 30) who answered accordingly.

Mitglieder

Die in diesem Kapitel behandelten Fragen wurden Großteils mit Freitext beantwortet. Dies erlaubte eine Flexibilität, erforderte jedoch auch zu einem gewissen Teil eine interpretierende Kategorisierung, indem ähnliche Antworten in Gruppen zusammengefasst wurden.

Mitgliederwerbung

Bei der Anwerbung neuer Mitglieder spielen Internet aber auch Mundpropaganda und der persönliche Kontakt z. B. bei Tagungen eine wichtige Rolle. Die Frage „Wie werden potenzielle Mitglieder angesprochen?“ war ein reines Freitextfeld. Hier wurden Veranstaltungen am häufigsten genannt (Abb. 4). An diesem Beispiel zeigte sich, wie schwierig es war, die Antworten einerseits übersichtlich in Gruppen zusammenzufassen und andererseits nicht zu viel an Detailinformation zu verlieren: So wurden z. B. „Exkursionen, Führungen, Vorträge“ zu einer Antwortgruppe zusammengefasst, wenn diese explizit genannt wurden. Dasselbe galt für „Tagungen und Workshops (ebenso, wenn explizit angeführt). In einer dritten Antwortgruppe „Veranstaltungen“ wurden Antworten gezählt, die diesen Überbegriff verwendeten). Auch wenn in Summe diese drei Antwortgruppen unter dem Begriff Veranstaltungen zusammengefasst werden könnten, bot aus unserer Sicht die Aufspaltung in Antwortgruppen bessere Einsichten. Insgesamt spielen Veranstaltungen eine wesentliche Rolle. Internetauftritte (Homepages und soziale Medien) schließen sich an sowie auch persönlicher Kontakt und Mundpropaganda. Bei „Persönliche Kontakte“ wurde unter anderem wissenschaftliche Zusammenarbeit und gemeinsame Projektarbeit erwähnt sowie auch Veranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit. Auch „Mundpropaganda“ ist letztlich eine Form von persönlichem Kontakt. Da „Persönliche Kontakte“ oft explizit angeführt wurde, wurden die entsprechenden Angaben in einer eigenen Kategorie erfasst. Diese Beispiele zeigen, wie die Kategorisierung und Gruppeneinteilung generell gehandhabt wurden. Im Wesentlichen ging es dabei darum, die vielfältigen Antworten möglichst kompakt in Text und Grafik wiederzugeben.

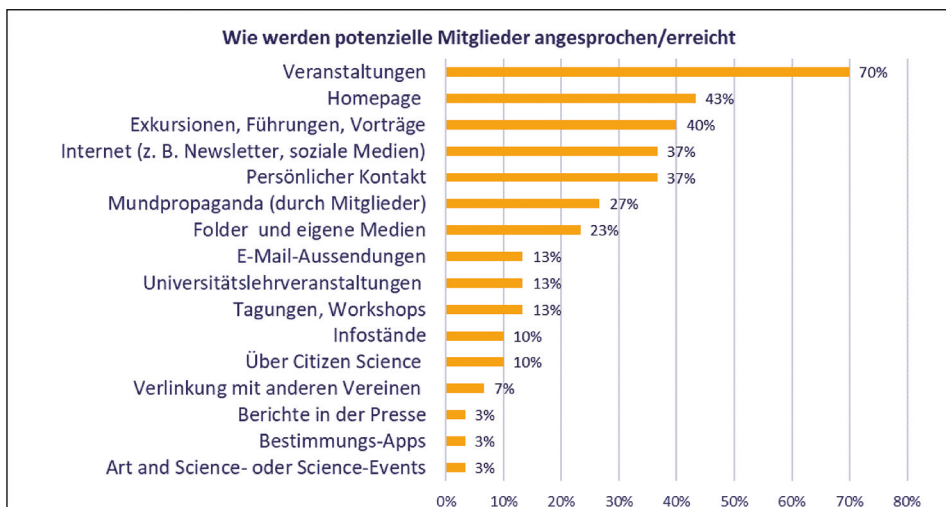


Abb. 4. Wie werden potenzielle Mitglieder erreicht/angesprochen? Prozentsatz gibt den Anteil der Befragten ($n = 30$) an, die entsprechend geantwortet haben. – Fig. 4: How are potential members reached/approached? Percentage indicates the proportion of respondents ($n = 30$) who answered accordingly.

Rollen der Mitglieder

In diesem Kapitel geht es um die Rollen, die Mitglieder spielen können, um ihre Beteiligung am Vereinsleben sowie um den Nutzen, den sie aus ihrer Mitgliedschaft ziehen können. Auf die Frage, welche Rolle die Mitglieder spielen, wurde mehrfach angegeben, dass hier besonders die Vorstandsmitglieder zum Einsatz kommen. Hier sei darauf hingewiesen, dass auch Institutionen mit Brückenfunktion, die nicht als Verein organisiert sind, die Fragen zu den Mitgliedern (im Sinne von mitarbeitenden Personen), wo es passend erschien, beantworteten sollten.

Neben Detailangaben als Freitext standen vier Antworten zur Auswahl, mit der Möglichkeit zu Mehrfachnennungen. Alle erhielten > 50 % Zustimmung: (1) „Finanzielle Unterstützung durch Mitgliedsbeitrag & Spenden“ (80 %), (2) „Unterstützung durch vereinsinterne Organisationsarbeit“ (77 %), (3) „Unterstützung in Rechercheaufgaben, Datensammlung, Datenerhebung“ (70 %) sowie (4) „andere“ (53 %).

Unter dem Punkt „Unterstützung durch vereinsinterne Organisationsarbeit“ bezogen sich die meisten Freitext-Einträge auf die Abhaltung bzw. Organisation von (oder Mithilfe bei) Veranstaltungen (Exkursionen, Vorträge, Informationsveranstaltungen, Workshops, Tagungen). An zweiter Stelle stand fachliche (auch praktische) Arbeit wie z. B. Sammlungen, Revisionen, Präparation, Übersetzungen, Beratung, Artenschutzprojekte, Citizen Science Aktivitäten, Naturschutzprojekte und Pflegemaßnahmen. Weiters wurden Öffentlichkeitsarbeit (oder Mithilfe dabei) genannt: Webseiten, soziale Plattformen, Newsletter-Erstellung, Postsendungen, Informationsstände, Appelle. Mehrfach wurden auch Mithilfe bei Bibliotheksbetreuung und editorielle Tätigkeiten genannt (z. B. Herausgabe von Zeitschriften inkl. Editoren- und Lektoratstätigkeit). Auch Mithilfe bei finanziellen Angelegenheiten wurde angegeben: Beantragung von Fördergeldern, Koordinierung der Vergabe von Fördergeldern oder Preisen, Finanzmanagement inkl. Rechnungsprüfung. Außerdem wurde die Mithilfe bei Projektkoordination und -management genannt.

Beim vierten Punkt „Andere“ wurden ähnliche Themen erwähnt wie bei der Frage (2) (siehe oben): Neben Durchführung von und Unterstützung bei Veranstaltungen wurden Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit, Internetauftritte, Beratung und Unterstützung genannt. Auch die Durchführung von Projekten, Schutzmaßnahmen, Pflegeeinsätzen und Unterstützung wurde angegeben. Überwiegend waren hier jedoch Einträge zu fachlicher Arbeit zu finden: Wissenschaftliche Fachartikel und andere Publikationen, Datenerhebung, Artenlisten, Verbreitungskarten und schließlich wissenschaftlicher Diskurs.

„Wie können Mitglieder mitmachen? Wo braucht der Verein Leute? Welchen Nutzen könnten Mitglieder daraus ziehen?“

Diese Fragen, die sich mit der Mitgliederbeteiligung beschäftigten, konnten mit Freitext beantwortet werden: Den weitaus größten gegenseitigen Nutzen sahen die befragten Vereine in der gegenseitigen Erweiterung der Kompetenzen, sowohl der persönlichen Kompetenzen der Mitglieder, durch z. B. Fortbildung als auch der gemeinsamen Vereinskompentzen durch die Einbindung der Mitglieder in Forschungs- und Naturschutzprojekte.

Die Fragen unter diesem Punkt beleuchteten die Mitgliederbeteiligung sowohl aus der Sicht des Vereins („Wo braucht der Verein Leute?“) als auch aus jener der Mitglieder („Wie können Mitglieder mitmachen?“, „Welchen Nutzen könnten Mitglieder daraus haben?“). Die Bereiche überlappen, denn was Mitglieder leisten, kann gleichzeitig auch einen Nut-

zen darstellen. So kann z. B. die Beteiligung an Forschungsprojekten Beitrag und Nutzen zugleich sein. Expertise zur Verfügung zu stellen und Expertise zu erwerben, ist ein weiteres Beispiel. Im wissenschaftlichen Kontext gibt es hier einen fließenden Übergang. Aus diesem Grund wird in Abb. 5 nicht zwischen dem Bedarf an Mitarbeit und dem Nutzen für Mitglieder unterschieden, auch weil aus den Antworten (Freitext) diese Überlappung zum Ausdruck kam. Die Redundanz hinsichtlich der Frage „Aufgaben der Mitglieder“ (siehe oben) liegt ebenfalls auf der Hand. Dennoch zeigte sich, dass die unterschiedliche Formulierung der Frage („Aufgaben der Mitglieder“ vs. „Wo braucht der Verein Leute?“) unterschiedliche Antworten induzierte.

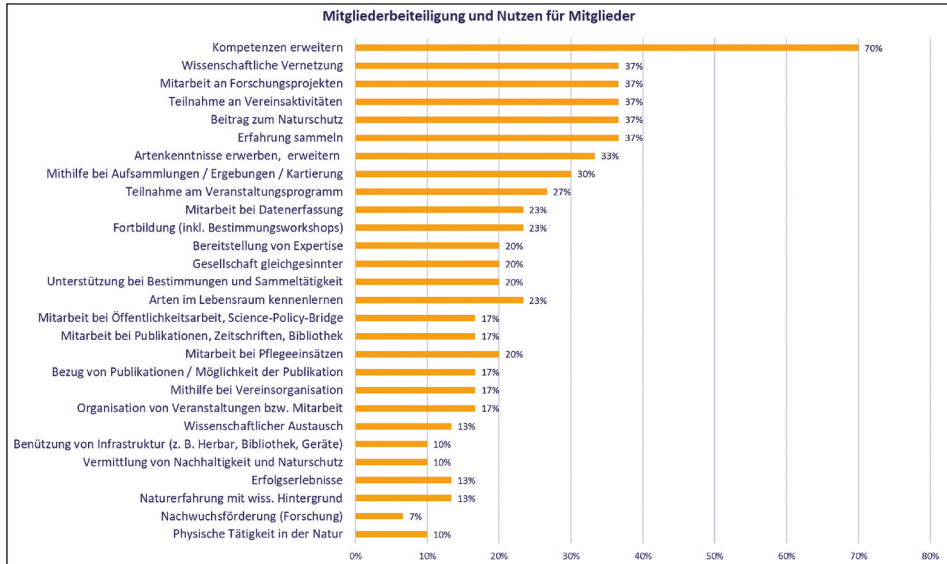


Abb. 5. Mitgliederbeteiligung und Nutzen für Mitglieder. Prozentsatz gibt den Anteil der Befragten (n = 30) an, die entsprechend geantwortet haben. – Fig. 5: Member participation and benefits for members. Percentage indicates the proportion of respondents (n = 30) who answered accordingly.

Rolle der Fachgesellschaft / Institution mit Brückenfunktion

Mit zwei Fragen wurden die Rollen der Fachgesellschaften / Institutionen beleuchtet; einerseits in der Selbstsicht, andererseits ging es um die allgemeine Rolle, die Fachgesellschaften / Institutionen in der Gesellschaft spielen.

Rolle in der Biodiversitäts-Forschung, Bewältigung der Biodiversitäts-Krise

Auf die Frage, welche Rolle die eigene Fachgesellschaft in der Biodiversitätsforschung oder bei der Bewältigung der Biodiversitätskrise spielt, standen fünf Antworten zur Auswahl mit der Möglichkeit zu Mehrfachnennungen und zu Detailangaben als Freitext (Abb. 6). Die Verteilung der Antworten war relativ gleichmäßig, wobei „Forschungsförderung“ an letzter Stelle lag.

Unter dem Punkt „Weiteres“ bildeten die Angaben im Freitextfeld einerseits Details zu den in den oben angeführten Fragen genannten Bereichen, andererseits erweiterten sie das Antwortspektrum (hier nicht im Detail beschrieben): Eigene Grundlagenforschung,

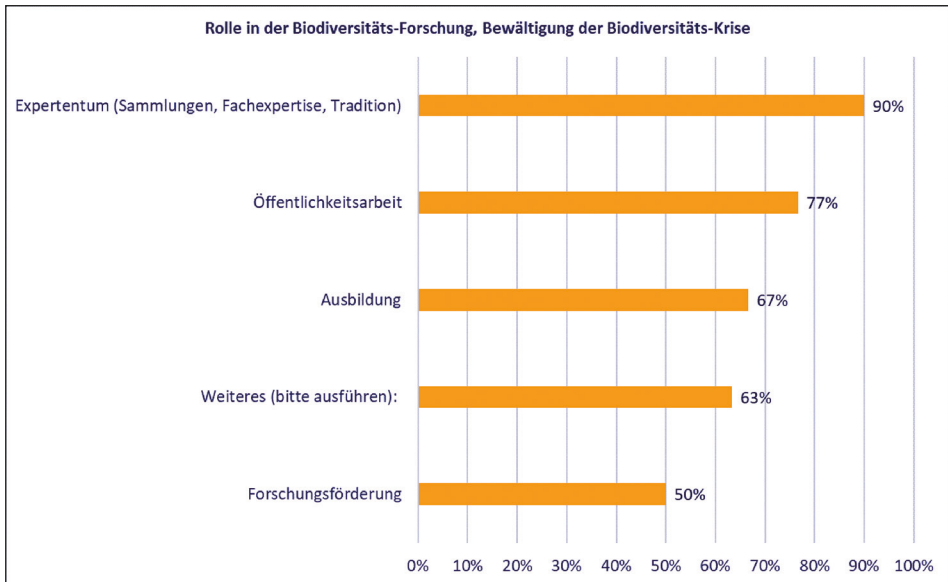


Abb. 6: Rolle, welche die Fachgesellschaft in der Biodiversitätsforschung oder bei der Bewältigung der Biodiversitätskrise spielt. Prozentsatz gibt den Anteil der Befragten (n = 30) an, die entsprechend geantwortet haben. – Fig. 6: Role that the professional societies play in biodiversity research or in overcoming the biodiversity crisis. Percentage indicates the proportion of respondents (n = 30) who answered accordingly.

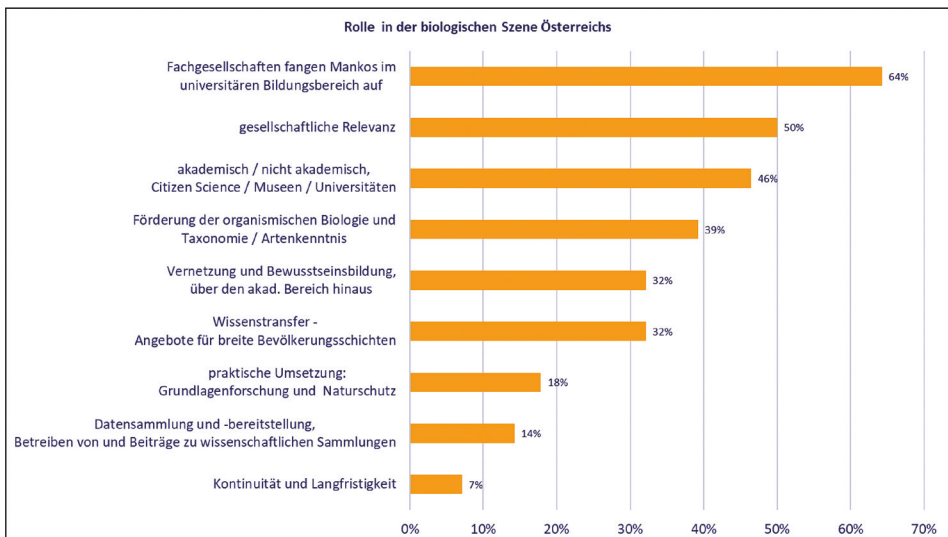


Abb. 7: Rolle der Fachgesellschaften in der biologischen Szene Österreichs. Prozentsatz gibt den Anteil der Befragten (n = 28) an, die entsprechend geantwortet haben. – Fig. 7: Role of the specialised societies in the Austrian biological scene. Percentage indicates the proportion of respondents (n = 28) who answered accordingly.

Datenerhebung und -generierung, (praktischer) Naturschutz und Management, Ausbildung, Weiterbildung (auch Stakeholder), Vernetzung, Kommunikation und Kooperation, Beratung, Bewusstseinsbildung und Link zur Gesellschaft.

Rolle in der biologischen Szene Österreichs

Auf die generelle Frage, welche Rolle die Fachgesellschaften in der biologischen Szene Österreichs spielen, beispielsweise auch im Vergleich zur Rolle der Universitäten, gab es nur Freitextfelder, diese waren in 28 von 30 Fragebögen befüllt. Die generelle Wichtigkeit wurde von 53 % der Befragten explizit erwähnt. Abbildung 7 zeigt die Ergebnisse für die häufigsten Antworten bzw. Themenbereiche.

Bemerkenswert ist, dass auch bei dieser Frage sich die Antworten nicht rein auf das biologische Fachgebiet bezogen, sondern häufig auf die Gesellschaft, auf gesellschaftliche Relevanz und Bewusstseinsbildung.

Herausforderungen

In Bezug auf die Frage, mit welchen Herausforderungen sich die Fachgesellschaft / die Institution mit Brückenfunktion konfrontiert sieht, wurden die Antworten wieder in Gruppen zusammengefasst (Abb. 8; alle Antwortgruppen mit > 2 Antworten). Auf den ersten

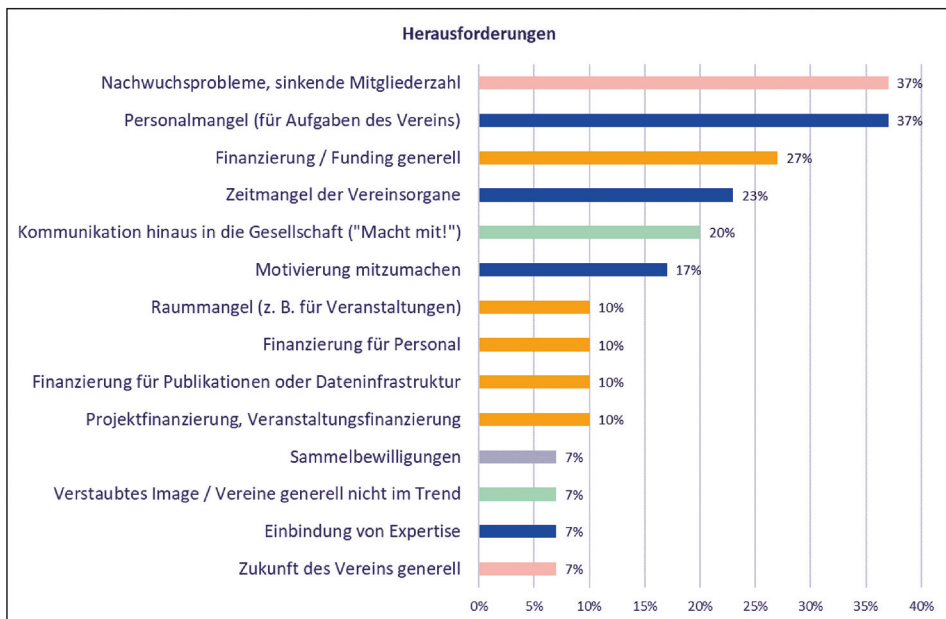


Abb. 8: Herausforderungen, mit denen sich die Fachgesellschaft / die Institution mit Brückenfunktion konfrontiert sieht. Prozentsatz gibt den Anteil der Befragten (n = 30) an, die entsprechend geantwortet haben. Die Farben kennzeichnen eine grobe Einteilung in fünf Themenbereiche: rosa: Nachwuchsprobleme, blau: Personalmangel, gelb: Finanzierung, grün: Image und Kommunikation, grau: Sammelbewilligungen. – Fig. 8: Challenges faced by the professional association / institution with a bridging function. Percentage indicates the proportion of respondents (n = 30) who answered accordingly. The colours indicate a rough division into five subject areas: pink: recruitment problems, blue: staff shortages, yellow: funding, green: image and communication, grey: collective approvals.

Blick erscheinen Nachwuchsprobleme (37 %) und Personalmangel (37 %) als Spitzenreiter. Bei näherer Betrachtung ist jedoch auch Finanzierung, generell bzw. für spezielle Aufgaben, eine häufig genannte Herausforderung. In Abb. 8 wurde versucht, die Angaben noch weiter in Themenbereiche zu gruppieren, auch wenn es hier Überlappungen gab. Fünf Antworten (gelb in Abb. 8) betreffen Finanzierung. Insgesamt machten 40 % der Befragten zumindest eine entsprechende Angabe. Auch Raummangel fällt unter „Finanzierung“, da explizit entweder der Mangel an kostenlos verfügbaren Veranstaltungsräumlichkeiten genannt wurde oder die Kosten für Saalmieten. Unter Berücksichtigung aller Angaben, die sich mit dem Mangel an aktiver Beteiligung beschäftigen (in Abb. 8 blau plus gelb; „Finanzierung für Personal“), ergibt sich ein Prozentsatz von 57 % der Befragten, die zumindest eine entsprechende Angabe machten.

Diskussion

Die hier dargestellten Ergebnisse geben ein Bild über Selbstverständnis und Selbstsicht von Fachgesellschaften und Institutionen mit Brückenfunktion im Bereich „Biodiversität“ in Österreich. Auch wenn längst nicht alle Vereine Österreichs an Session 3 bzw. an der Umfrage teilnahmen, so repräsentiert dieser Bericht doch eine beachtliche Anzahl an im Themenfeld Biodiversitätsforschung aktiven Vereinen (unterschiedlichster Größe und Alters). Es soll hier noch einmal betont werden, dass die Gestaltung der Fragebögen so ausgelegt war, dass viele Möglichkeiten für Freitext gegeben waren, da diese in erster Linie eine Diskussionsgrundlage für die Session darstellten. Dies bedeutete jedoch, dass die Auswertung durch Redundanzen und Überlappungen einigermaßen erschwert war. Dennoch wird angestrebt, mit den Darstellungen in Form von Histogrammen und auf der Basis von in Gruppen zusammengefassten Antworten einerseits ein möglichst detailliertes, andererseits ein möglichst übersichtliches Bild zu zeichnen.

Das aus den Fragebögen gewonnene Bild lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Die Rolle der Fachgesellschaften sowie auch der Institutionen mit Brückenfunktion ist essenziell für die Biodiversitätsforschung. Einerseits sind Fachgesellschaften Zentren der Taxonomie (erfassend, forschend, ausbildend), andererseits haben sie vernetzende Funktion, indem sie Verbindungen zu institutioneller Forschung, Naturschutzpraxis und zur Gesellschaft bilden. Letztere wird in vielen Ebenen eingebunden, und hier spielen die Institutionen mit Brückenfunktion ebenfalls eine maßgebliche Rolle: als Informationsquelle für interessierte Laien, als Partner in Citizen-Science-Projekten, als Andock- und Ausbildungsstelle für Laien und Lehrende (siehe Lindner et al. 2024).

Freilandarbeit und Sammeltätigkeit spielten in vielen Antworten eine große Rolle, einerseits in Verbindung mit taxonomischen Themen und Tätigkeiten, andererseits in Bezug auf Naturschutz und Pflegemaßnahmen. In Kombination mit Publikationstätigkeit, die in vielen Fachgesellschaften (auch mit eigenen Zeitschriften) eine wichtige Rolle spielt, tragen letztere maßgeblich zu Biodiversitätsdatenerfassung bei (siehe Lindner et al. 2024).

Beim Themenblock „Herausforderungen“ spielt mangelnde Finanzierung in vielfältiger Weise eine große Rolle: Finanzierung für Personal, für Projekte, Räumlichkeiten für Veranstaltungen, Publikationskosten etc. Auch Nachwuchssorgen wurden häufig genannt. Hierbei sei angemerkt, dass die Bereiche Mitgliederschwund und Finanzierung zum Teil zusammenhängen, da sich die Fachgesellschaften in der Regel ohne Förderung selbst fi-

nanzieren müssen, außerdem ist die Reichweite von Mitgliederwerbung wiederum von der Finanzlage abhängig. Besonders betroffen sind daher kleinere Vereine.

In der Diskussion, die im Anschluss an die Kurzpräsentationen der Fachgesellschaften stattfand, wurden besonders die oben beschriebenen Herausforderungen behandelt. Angesichts der vielfältigen Funktionen, die übernommen werden, wurden mangelnde Förderungsmöglichkeiten diskutiert und wie man dem Problem begegnen könnte.

Die Verankerung von Fachgesellschaften an Universitäten und Museen bzw. die oftmals enge Zusammenarbeit vermag einige der genannten Probleme zu lindern und fördert die Kontinuität der Arbeit. Institutionen stellen oft Infrastruktur und Räumlichkeiten zur Verfügung. Hier zeigen sich auch die möglichen Synergien, da Fachgesellschaften Fachwissen lehren, die z. B. in der universitären Lehre nicht mehr vermittelt werden (siehe Gereben-Krenn et al. 2024). Die steigende Nachfrage an und der rege Zulauf bei Exkursionen und taxonomischen Kursen spiegelt den Bedarf an solchen Angeboten wider. Das Wissen über Formen- und Artenvielfalt ist jedoch eine wesentliche Voraussetzung sowohl für naturräumliches Verständnis als auch für systemisch-ökologisches Denken. Dieses Verständnis wiederum fördert naturschonendes Verhalten (Lindemann-Matthies et al. 2009; Sturm & Berthold 2015; siehe auch Gereben-Krenn et al. 2024). Angesichts der globalen Biodiversitätskrise ist der Erosion des Wissens um Biodiversität und ökologische Zusammenhänge entgegenzutreten. Die gewünschte Transformation in Richtung nachhaltige Gesellschaft erfordert dies.

Insgesamt wurde während der Session in der Diskussion ein hohes Maß an übereinstimmenden Problemen und Herausforderungen wahrgenommen. Schließlich wurde auch die Frage nach der Notwendigkeit eines Dachverbands behandelt (immerhin erachteten 70 % der Befragten einen solchen als wünschenswert). Da dies jedoch wiederum erheblichen Aufwand bedeuten würde, wurde diese Option in der momentanen Situation als nicht praktikabel angesehen. Nichtsdestotrotz erschienen Zusammenarbeit und Vernetzung als zielführend: einerseits im Hinblick auf gemeinsame Problembewältigung, andererseits, um gemeinsame öffentliche Auftritte sowie übergreifende Forschungs- und Dokumentationsmaßnahmen durchzuführen. Neben der ohnehin häufigen Zusammenarbeit, z. B. bei gemeinsamer Organisation von Veranstaltungen, könnten die vernetzten Organisationen folgende Themen gemeinsam bearbeiten, um sich gegenseitig zu unterstützen: Entwicklung einer gemeinsamen Strategie zur Sponsorensuche sowie eines Moralcodex in der Akzeptanz von Sponsoren, gemeinsame Behandlung von vereinsrechtlichen Fragen (beispielsweise Gemeinnützigkeit und Spendenbegünstigung), Kommunikation zu aktuellen Förderschienen, gemeinsame Aussendungen oder Appelle beispielsweise an die Politik, Schaffung eines gemeinsamen Presseverteilers, Forschungskooperationen oder Vermittlung von Abschlussarbeiten. Hierzu wurde eine Intensivierung der Kommunikation in Form von Internetkonferenzen beschlossen.

Appendix

Liste der Fachgesellschaften, Plattformen und Institutionen mit Brückenfunktion
Fett gedruckt: Präsentation in Session 3 der „Tage der Biodiversität“;

*: Fragebogen nachträglich eingelangt.

Austrian Butterfly Conservation – Österreichische Gesellschaft für Schmetterlingsschutz (ABC)

Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen (AÖE)

ARGE Entomologische Arbeitsgemeinschaft am Biologiezentrum Linz (inkl. der anderen ARGEs)

BirdLife Österreich

Flora Austria

Forschungsgemeinschaft Wilhelminenberg*

Haus der Natur – Arbeitsgemeinschaften

Heimisches Arten- und Lebensraum Management (HALM)*

Koordinationsstelle für Fledermausschutz und -forschung in Österreich (KFFÖ)

Molluskenforschung Austria (MoFa)

Network of Biological Systematics Austria (NOBIS Austria)

Naturkundliche Gesellschaft Mostviertel (NGM)

Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten (NWV Kärnten)

Österreichische Entomologische Gesellschaft (ÖEG)

Österreich forscht – BOKU Citizen Science

Österreichische Gesellschaft für Entomofaunistik (ÖGEF)

Österreichische Gesellschaft für Herpetologie (ÖGH)

Österreichische Gesellschaft für Tropenmedizin, Parasitologie und Migrationsmedizin

Österreichische Mykologische Gesellschaft (ÖMG)

Österreichisches Orchideenschutz Netzwerk*

Wildbienenrat

Fachgesellschaften, Plattformen, Institutionen mit Brückenfunktion:

Austrian Barcode of Life (ABOL)

Biodiversitäts- und Water-Hub

Biosphärenpark Wienerwald

Österreichische Gartenbaugesellschaft (ÖGG)

ÖkoCampus Uni Wien

Österreichischer Naturschutzbund (ÖNB)

Österreichischer Naturschutzbund Wien (ÖNB Wien)

Ungarische Gesellschaft für Biodiversitätsforschung

Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich (ZooBot)

Danksagung

Dank gilt den Organisatoren:innen der Tage der Biodiversität für die Möglichkeit das Thema zu diskutieren, das vielen Beteiligten schon seit Langem ein Anliegen ist und den Wunsch zu fortgesetztem Austausch und Folgetreffen geweckt hat. Wir danken außerdem den Verantwortlichen der beteiligten Vereine für ihre konstruktive Kooperation und ihre Bereitschaft, Einblick in die jeweiligen Vereine zu geben.

Literatur

- Gereben-Krenn B-A, Kapelari S, Glatzhofer E, Kunz G, Schebeck M, Swoboda R, Wielscher M (2024) Relevanz der Vermittlung von Artenkenntnis in Zeiten der Biodiversitätskrise. *Acta ZooBot Austria* 160, 165–172
- Lindemann-Matthies P, Constantinou CP, Junge X, Köhler K, Mayer J, Nagel U, Raper G, Schüle D, Kadji-Beltran C (2009) The integration of biodiversity education in the initial education of primary school teachers: Four comparative case studies from Europe. *Environmental Education Research* 15, 17–37 (DOI: <https://doi.org/10.5167/uzh-17849>)
- Lindner R, Kaufmann P, Haring E (2024) „Professionelle Amateure“ – Citizen Science in der Biodiversitätsforschung “Professional amateurs” – citizen science in biodiversity research. *Acta ZooBot Austria* 160, 173–186
- Sturm P, Berthold T (2015) Biodiversität im Unterricht – ein Konzept zur Umsetzung der Bayerischen Biodiversitätsstrategie im schulischen Bereich. *ANLiegen Natur* 37(2), 76–83, Laufing; www.anl.bayern.de/publikationen

Eingelangt: 2024 02 28

Anschriften:

Elisabeth Haring, E-Mail: elisabeth.haring@nhm-wien.ac.at,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5411-1879> (korrespondierende Autorin)
Naturhistorisches Museum Wien, Zentrale Forschungslaboratorien, Burgring 7, A-1010 Wien.

Department of Evolutionary Biology, University of Vienna, Djerassiplatz 1, A-1030 Wien.

Helmut Sattmann, E-Mail: helmut.sattmann@nhm-wien.ac.at,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4996-5105>
Naturhistorisches Museum Wien, 3. Zoologische Abteilung, Burgring 7, A-1010 Wien.

Robert Lindner, E-Mail: robert.lindner@hausdernatur.at,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3771-0554>
Haus der Natur – Museum für Natur und Technik, Museumsplatz 5, A-5020 Salzburg.

Elisabeth Kopp, E-Mail: gf@zoobot.org,
ORCID <https://orcid.org/0009-0005-7242-2282>
Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich, UBB (University of Vienna Biology Building), Djerassiplatz 1, A-1030 Wien.

Extended Abstract

Der Österreichische Biodiversitätsrat, das Science-Policy-Interface für Biodiversität und Ökosystemleistungen in Österreich

Yvona Asbäck

Der Österreichische Biodiversitätsrat (<https://www.biodiversityaustria.at/biodiversitaetsrat/>), bestehend aus renommierten Umweltforscher:innen, ist die interdisziplinär zusammengesetzte und vom „Netzwerk Biodiversität Österreich“ gewählte Vertretung der Biodiversitätscommunity. Nach seiner Gründung im Jahr 2019 erstellte der Biodiversitätsrat angesichts der dramatischen Lage der Biodiversität fünf Kernforderungen, um einen Stopp des Biodiversitätsverlusts in Österreich bis spätestens 2030 zu erreichen. Angesichts neuer Daten zur Entwicklung der Artenvielfalt, die die anhaltend prekäre Lage belegen, und auf Grund neuer Entwicklungen auf EU-Ebene und nationalem Niveau, wurden die Kernforderungen vom Biodiversitätsrat im August 2023 verschärft. Auf Basis der Kernforderungen legt der Österreichische Biodiversitätsrat jährlich eine Einschätzung der Fortschritte in der österreichischen Biodiversitätspolitik vor, das sogenannte „Barometer der Biodiversitätspolitik in Österreich“. Begleitend dazu bietet das „Hintergrundpapier zum Barometer 2023“ eine detaillierte Analyse und Herleitung dieser Einschätzung.

Für nur ein einziges der 23 Kapitel der fünf Kernforderungen wurde im Barometer 2023 der Status der politischen Umsetzung als „gut“ eingestuft, sieben erhielten die Einstufung „verbesserungswürdig“ (davon nur eine mit einem Aufwärtstrend), während 15 als schlecht eingestuft wurden. Vor diesem Hintergrund fand während der Tage der Biodiversität 2023 an der Universität für Bodenkultur in Wien eine Podiumsdiskussion unter dem Titel „Im Dialog mit der Politik“ statt. Unter Teilnahme von Mitgliedern des Biodiversitätsrates und von der für Biodiversität zuständigen Bundesministerin Leonore Gewessler (BM für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie) wurde über die aktuellen Chancen und Herausforderungen im Biodiversitätsschutz diskutiert. „Im Dialog mit der Politik“ ist am BOKU-YouTUBE-Kanal nachzusehen.

Asbäck Y (2024) The Austrian Biodiversity Council, the science-policy interface for biodiversity and ecosystem services in Austria.

The Austrian Biodiversity Council (<https://www.biodiversityaustria.at/biodiversitaetsrat/>), consisting of renowned environmental researchers, is the interdisciplinary representative of the biodiversity community elected by the Austrian Biodiversity Network. After its foundation in 2019, the Biodiversity Council drew up five core demands in view of the dramatic situation of biodiversity in order to stop the loss of biodiversity in Austria by 2030 at the latest. Considering new data on the development of biodiversity, which confirms the persistently precarious situation, and due to new developments at EU and national level, the core demands were tightened by the Biodiversity Council in August 2023. Based on the core requirements, the Austrian Biodiversity Council presents an annual assessment of progress in Austrian biodiversity policy, the so-called “Barometer of Biodiversity Policy in Austria”. This is accompanied by a background paper to the Barometer, which provides a detailed analysis and derivation of this assessment.

For only one of the 23 chapters of the five core requirements was the status of policy implementation rated as “good” in the Barometer 2023, seven were rated as “needs improvement” (of which only one showed an upward trend), while 15 were rated as poor. Against this backdrop, a panel discussion entitled “In dialog with politics” was held during the Biodiversity Days 2023 at the University of Natural Resources and Life Sciences in Vienna. With the participation of members of the Biodiversity Council and the

Federal Minister Leonore Gewessler (Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology), who is responsible for biodiversity issues, the current opportunities and challenges in biodiversity conservation were discussed. “In dialog with politics” can be viewed on the BOKU YouTube channel.

Keywords: science-policy interface, biodiversityaustria, ecological transformation, nature restoration, green deal.

Linksammlung:

Kernforderungen zum Schutz der Biodiversität in Österreich (ÖBDR, 1.11.2023): <https://www.biodiversityaustria.at/biodiversitaetsrat/ziele-aufgaben/kernforderungen/>

Barometer der Biodiversitätspolitik in Österreich (ÖBDR, 10.11.2023): <https://www.biodiversityaustria.at/wp-content/uploads/2023/11/Barometer-der-Biodiversitaetspolitik-in-Oesterreich.jpg>

Hintergrundpapier zum Barometer 2023: https://www.biodiversityaustria.at/wp-content/uploads/2023/11/Hintergrundpapier_Barometer-Biodiversitaetspolitik_2023.pdf

ImDialogmitderPolitik (BOKU-YouTube-Kanal): <https://www.youtube.com/watch?v=37NkdnbuSH0>

Eingelangt: 2024 0408

Anschrift:

Yvona Asbäck, Email: yvona.asbaeck@donau-uni.ac.at

Universität für Weiterbildung Krems (Donau-Universität Krems), A-3500 Krems an der Donau, Österreich.

Extended Abstract

Small fish make it big – Biodiversity of Austria's Minnows (*Phoxinus* sp.)

Min Chai, Ernst Mikschi, Susanne Reier, Alexandra Wanka, Rok Friedrich, Sabine Wanzenböck, Josef Wanzenböck, Hans Rund, Florian Glaser, Anja Palandačić

Phoxinus minnows (*Leuciscidae*) are small schooling fish found in oxygen-rich, cool waters (up to 20 °C) of the trout and grayling region (mountain streams, rivers, lakes). For over a century only one species, the Eurasian minnow, *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758), was believed to inhabit European waters. However, in the last 20 years research has revealed an unexpected biodiversity within the genus *Phoxinus*, which currently includes 23 mitochondrial lineages, 14 of which are considered valid species (Denys et al. 2020; Palandačić et al. 2020). This insight was mostly possible through molecular research, as morphological delimitation and identification of species is difficult due to phenotypic diversity. Genetic study based on mitochondrial markers carried out at the Natural History Museum Vienna (NHMW), which included up to 200 years old museum material, detected at least four minnow species in Austria, in particular *P. csikii*, *P. lumaireul*, *P. marsilii* and *P. phoxinus*. Three species (*P. csikii*, *P. lumaireul*, *P. marsilii*) most likely occur naturally, while *P. phoxinus* was probably introduced. Introduced minnow species can occur as invasive species and facilitated by human input colonize new areas, where they were previously not present (e.g. Norway). Alternatively, the non-native species interbreed with local minnow, resulting in hybrid complexes. In addition to being threatened by their non-native relatives, minnows are also susceptible to habitat loss and climate change. In order to protect and endorse minnows in Austria, it is important to know species diversity and distribution, as well as occurrence of introduced populations. Thus, a project “Biodiversity of minnows” as a part of the funding program “Sparkling Science 2.0” (Federal Ministry of Education, Science and Research) was started in order to gain new scientific insights into the distribution and diversity of minnows in Austria. To increase sampling number and widen sampling areas, fishermen and pupils were included as citizen scientists as crucial partners in the data collection. At the same time, the project aims to raise public awareness of the biodiversity of minnows in Austria as well as of biological diversity in general. During the first year of the project, 174 fin clips, 91 swabs and 84 whole fishes were collected and sent back to NHMW. Most of the samples came from Lower Austria (162) followed by Tyrol (45), Styria (39), Upper Austria (36), Vienna (24), Salzburg (20), Vorarlberg (17) and Carinthia (6), whereas from Burgenland no samples were sent in. In addition to analyzing the new samples collected by citizen scientists, DNA analysis also included museum material. Polymerase chain reaction (PCR) was used to amplify the 650 bp long barcoding region of cytochrome c oxidase I (COI) and succeeded for 11 museum and 141 fresh samples. The COI analysis corroborated four previously detected species inhabiting Austrian waters. At four sampling sites, in Vorarlberg, in Upper Austria and in two sites in Styria, the introduced *P. phoxinus* was detected (Figure 1). The samples from these sampling points should be further analyzed and, ideally, additional samples should be taken from the surrounding area. In contrast to the 20 sampling sites in Austria in the previous project by Palandačić et al. (2020), the number of sampling sites in Austria increased to 79, providing a much better overview of the biodiversity and species distribution of minnows in Austria. In congruence with the second goal, pupils have learned all steps of scientific process, from collecting in the field to analyzing the results. Finally, local fishermen have proven to be a reliable partner with high interest in the project, as well as in protecting and revitalizing their respective fishing areas.

Chai M, Mikschi E., Reier S, Wanka A, Friedrich R, Wanzenböck S, Wanzenböck J, Rund H, Glaser F, Palandačić A (2024) Kleine Fische ganz groß – Biodiversität der Elritzen Österreichs (*Phoxinus* sp.).

Elritzen der Gattung *Phoxinus* sind kleine Schwarmfische, die in sauerstoffreichen, kühlen Gewässern (bis zu 20 °C) der Forellen- und Äschenregion (Gebirgsbäche, Flüsse, Seen) leben.

Über ein Jahrhundert lang glaubte man, dass nur eine einzige Art, die Elritze (*Phoxinus phoxinus*), in europäischen Gewässern vorkommt. In den letzten 20 Jahren hat die Forschung jedoch eine unerwartete Artenvielfalt innerhalb der Gattung *Phoxinus* aufgedeckt, die derzeit 23 mitochondriale Linien umfasst, von denen 14 als gültige Arten gelten (Denys et al. 2020; Palandačić et al. 2020).

In einer am Naturhistorischen Museum Wien (NHMW) durchgeführten genetischen Studie (Palandačić et al. 2020), die bis zu 200 Jahre altes Museumsmaterial umfasste, wurden in Österreich mindestens vier Elritzenarten nachgewiesen. Drei Arten (*P. csikii*, *P. lumaireul*, *P. marsilii*) kommen höchstwahrscheinlich natürlich vor, während *P. phoxinus* wahrscheinlich eingeschleppt wurde. Eingeschleppte Elritzenarten können als invasive Arten auftreten und mit Hilfe des Menschen neue Gebiete besiedeln, in denen sie zuvor nicht heimisch waren (z.B. Norwegen). Des Weiteren können sich die invasiven Arten mit einheimischen Elritzen kreuzen, so dass Hybridkomplexe entstehen. Elritzen sind nicht nur durch ihre nicht heimischen Verwandten bedroht, sondern auch durch den Klimawandel und den Verlust ihres Lebensraums gefährdet. Um die Elritzen in Österreich zu schützen und ihren Fortbestand zu sichern, ist es unabdingbar, ihre Artenvielfalt und die Verbreitung sowie das Vorkommen eingeschleppter Populationen zu kennen. Daher wurde im Rahmen des Förderprogramms „Sparkling Science 2.0“ (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung) das Projekt „Biodiversität der Elritzen Österreichs“ gestartet, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse über Verbreitung und Vielfalt der Elritzen in Österreich zu gewinnen. Um die Anzahl von Stichproben zu erhöhen und die untersuchten Gebiete auszuweiten, wurden SchülerInnen und FischerInnen als wichtige Partner in die Datenerhebung einbezogen. Neben dem bereits erwähnten Ziel mehr über die Verbreitung der Elritze in Österreich zu erfahren, soll das Projekt auch das Bewusstsein für die Artenvielfalt der Elritze in Österreich und für Biodiversität im Allgemeinen schärfen. Im ersten Jahr des gegenständlichen Forschungsvorhabens wurden 174 Flossenstücke, 91 Tupferproben und 84 ganze Fische gesammelt und an das NHMW geschickt. Die meisten Einsendungen stammen aus Niederösterreich (162), gefolgt von Tirol (45), Steiermark (39), Oberösterreich (36), Wien (24), Salzburg (20), Vorarlberg (17) und Kärnten (6). Aus dem Burgenland erfolgte keine Einsendung. Neben der Analyse von den neu gesammelten Proben wurde auch Museumsmaterial in die DNA Analyse einbezogen. Für die genetische Untersuchung wurde das 650 bp lange cytochrom c oxidase I (COI) Stück amplifiziert und sequenziert. Beim Museumsmaterial war dies bei 11 Proben erfolgreich; bei dem frisch gesammelten Material bei 141 Proben. Die Sequenzen bestätigten vier *Phoxinus* Arten, die zuvor in österreichischen Gewässern nachgewiesen worden waren. Bei vier Standorten, in Vorarlberg, in Oberösterreich und bei zwei Standorten in der Steiermark wurden 4 Einsetzungen von *P. phoxinus* gefunden. An diesen Standorten sollten die Proben weiter analysiert und im Idealfall weitere Proben aus der Umgebung gesammelt werden. Im Vergleich zur Abdeckung Österreichs mit 20 Probenahmestellen aus dem Projekt von Palandačić et al. (2020) wurde die Anzahl der Probenahmestellen während diesem Projekt auf 79 erhöht. Dies ermöglicht einen besseren Überblick über die Biodiversität und Verbreitung der Elritzen in Österreich. Die in Hinblick auf den zweiten Zweck des Projektes eingebundenen SchülerInnen lernten erste Schritte des wissenschaftlichen Prozesses kennen und erhielten einen Einblick von der Datenerhebung im Feld bis hin zur Analyse der Ergebnisse. Schließlich haben sich die lokalen Fischer, die ein großes Interesse am Projekt sowie am Schutz und der Revitalisierung ihrer jeweiligen Fischereigeiete auszeichnet, als verlässliche Partner erwiesen.

Keywords: *Phoxinus* minnows, Austria, citizen science, biodiversity.

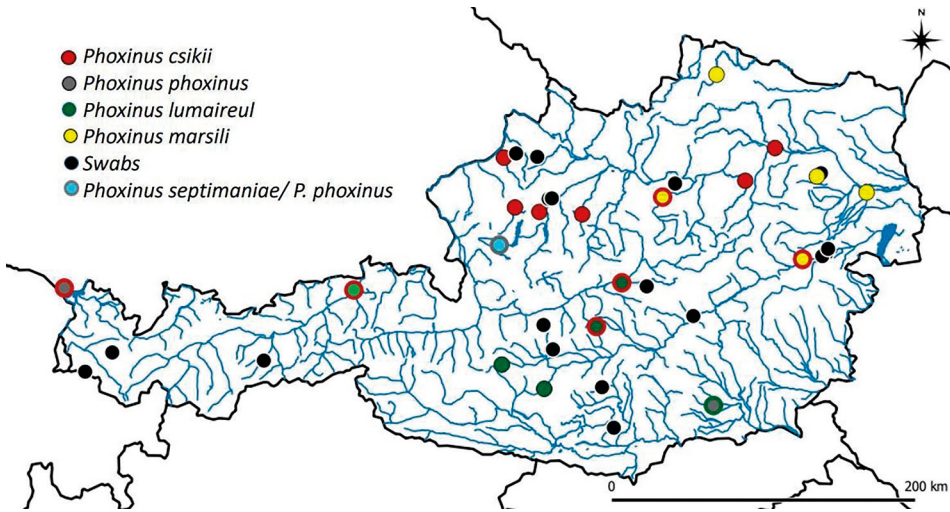


Fig. 1: Distribution of analyzed samples. Black dots: not yet analysed swab samples. – Abb. 1: Verteilung der analysierten Proben. Schwarze Punkte: noch nicht analysierte Tupferproben (Swabs).

Literature

- Denys G P J, Dettai A, Persat H, Daszkiewicz P, Hauteceœur M, Keith P (2020) Revision of *Phoxinus* in France with the description of two new species (Teleostei, Leuciscidae). *Revue Internationale d'Ichthyologie* 44(3), 205–237. DOI <https://doi.org/10.26028/CYBIUM/2020-443-003>
- Palandačić A, Kruckenhauser L, Ahnelt H, Mikschi E (2020) European minnow through time: Museum collections aid genetic assessment of species introductions in freshwater fishes (Cyprinidae: *Phoxinus* species complex). *Heredity* 124(3), 410–422. DOI <https://doi.org/10.1038/s41437-019-0292-1>

Received: 2023 11 29

Addresses:

Min Chai, E-Mail: Min.chai@nhm-wien.ac.at
 Ernst Mikschi, E-Mail: ernst.mikschi@nhm-wien.ac.at
 Susanne Reier, E-Mail: susanne.reier@nhm-wien.ac.at
 Rok Friedrich, E-Mail: Rok.Friedrich@nhm-wien.ac.at
 First Zoological Department, Natural History Museum, Burgring 7, A-1010 Vienna, Austria.

Alexandra Wanka, E-Mail: alexandra.wanka@nhm-wien.ac.at
 Central Research Laboratories, Natural History Museum, Burgring 7, 1010-Vienna, Austria

Sabine Wanzenböck, E-Mail: Sabine.Wanzenboeck@uibk.ac.at
 Josef Wanzenböck, E-Mail: Josef.Wanzenboeck@uibk.ac.at
 Hans Rund, E-Mail: Hans.Rund@uibk.ac.at
 Research Department for Limnology, University of Innsbruck, A-5310 Mondsee, Austria.

Florian Glaser, E-Mail: florian.glaser@aon.at
Technical Office for Biology, Walderstr. 32, A-6067 Absam, Austria.

Anja Palandačić, E-Mail: anja.palandacic@nhm-wien.ac.at
First Zoological Department, Natural History Museum, Burgring 7, A-1010 Vienna,
Austria; Department of Biology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Ljubljana,
Slovenia.

Extended Abstract

Die Verantwortung der Wissenschaft in Zeiten multipler Krisen*)

Christina Pichler-Koban, Veronika Gaube, Martin Schönhart

Im Rahmen der Tage der Biodiversität 2023 fand eine zweieinhalbstündige Session mit dem Titel „Die Verantwortung der Wissenschaft in Zeiten multipler Krisen“ statt. Vortragende aus verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen gaben in rund zehnminütigen Statements Einblick in ihre persönlichen und fachlichen Zugänge zum Thema und standen anschließend für eine Podiumsdiskussion zur Verfügung.

Die Referent:innen nahmen zu folgenden Fragen Stellung:

- Wie trägt die Forschung zur Entwicklung von Strategien und Programmen (z.B. Österreichische/Europäische Biodiversitätsstrategie, ÖPUL) bei?
- Wie wurden Forschungsergebnisse implementiert beziehungsweise warum wurden relevante Forschungsergebnisse nicht implementiert?
- Wo bestanden Lücken/Unsicherheiten in der Planung von Strategien und Programmen und wie wurde wissenschaftliches Wissen in diesen Planungsprozess integriert?
- Welche Rolle spielen Forschungsergebnisse in der täglichen und strategischen Arbeit?
- Ist das Abliefern von Ergebnissen heute noch genug bzw. inwieweit muss Wissenschaft sich um die Einbindung ihrer Erkenntnisse in konkrete Entwicklungsprozesse kümmern?

Der Beitrag des Soziologen Alexander Bogner (Institut für Technikfolgenabschätzung, Österreichische Akademie der Wissenschaften) widmete sich der Frage: „Wieviele Wissenschaftler:innen braucht es in Krisenzeiten?“ Sein Befund dazu: Es braucht exzellente und gesellschaftsrelevante Forschung“. Derzeit werde aber vor allem die Tragfähigkeit und die Zuverlässigkeit von wissenschaftlichen Ergebnissen diskutiert, während die Ergebnisse selbst als Antwort auf dringende Fragen allzu oft aus dem Fokus des Interesses gerieten. Bogner ortet eine „Verwissenschaftlichung politischer Konflikte“, die einige Gefahren birgt, wie z. B. Polarisierung (Gegenüber wird zum „Gegner“, zum „Feind der Vernunft“, zum „Leugner“) oder die Einverleibung der Wissenschaft durch die Politik, was Zweifel und Wissenslücken überdeckt. Diese gehören aber zum wissenschaftlichen Selbstverständnis, das Erkenntnisse und Theorien immer als vorläufig gültig sieht. Bogners Fazit: Wissenschaft soll Politik informieren und dabei unterstützen, Handlungsoptionen aufzuzeigen und gleichzeitig die Grenzen wissenschaftlicher Ergebnisse reflektieren.

Naturschutzbiologe Stefan Schindler (Teamleiter Biodiversität und Naturschutz, Umweltbundesamt Wien) schilderte „die Entwicklung der Österreichischen Biodiversitätsstrategie 2030+ im Spannungsfeld zwischen Forschung und Politik“. Mit der Entwicklung der Strategie kommt Österreich internationalen Verpflichtungen nach, sie ist Bestandteil des Regierungsprogramms, der Auftrag dazu erging vom BMK an das Umweltbundesamt. Der Prozess nahm seinen Anfang im Biodiversitätsdialog 2019, lief über die Nationale Biodiversitätskommission, verschiedene Fachausschüsse und fand schließlich in der Biodiversitätsstrategie seinen vorläufigen Abschluss. Es war beabsichtigt, S.M.A.R.T. Targets festzulegen: spezifisch, messbar, ambitioniert, realistisch, terminiert. Den beteiligten Wissenschaftler:innen fiel es schwer einheitliche Schwellen- und Zielwerte festzulegen. In der aktuellen Strategie finden sich rund 100 Ziele und mehr als 400 zu setzende Maßnahmen. Für viele der Wissenschaftler:innen ist sie zu wenig ambitioniert und zu vage, für viele Umsetzer:innen zu ambitioniert

und unrealistisch. Das Ergebnis des Prozesses ist nun schwierig zu handhaben, aber es fußt auf einem Konsens. Es bleibt die Frage: Welche von den vielen Zielen sind wirklich notwendig?

Biodiversitätsexpertin Elisabeth Süßenbacher (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, BML) beleuchtete den Einfluss von Forschung und Wissenschaft auf die Ausgestaltung des Österreichischen GAP-Strategieplans 2023–2027 im Bereich der Biodiversität. Den Rahmen für diesen Plan bilden die Vorgaben des Europäischen Green Deal. Die Landwirtschaft sei eine ständige Gratwanderung zwischen Nutzungsaufgabe und Nutzungsintensivierung. Süßenbacher ortet Handlungsbedarf bezüglich Biodiversität. Die Ziele des GAP-Plans überlappen sich teilweise mit jenen der Europäischen Biodiversitätsstrategie. Die GAP-Ziele beruhen alle auf wissenschaftlicher Evidenz, einzelne Bereiche stehen miteinander in Wettstreit, z. B. Biodiversität und Wettbewerbsfähigkeit.

Biologe Franz Maier (Präsident des Umweltdachverband) führte an, dass das am häufigsten verwendete Adjektiv im Programm der Bundesregierung das Wort „evidenzbasiert“ sei. Mit dieser „Maske der Verwissenschaftlichung“ solle darüber hinwegtäuscht werden, dass Grundsatzfragen nicht an die Wissenschaft gestellt werden und der Beitrag der Wissenschaft zu den Strategien nur „punktuell“ stattfindet. Wissenschaftliche Beteiligung passiere eher zufällig und meist ehrenamtlich. Politische Kompromisse würden damit zwar gestützt, aber Eingang in die Politik findet Wissenschaft nicht. NGOs wären offener für wissenschaftliche Ergebnisse als Politik und Verwaltung. Gemeinsamer Adressat von Wissenschaft und NGOs muss die Politik sein, Verwaltung kann bei der Umsetzung nur unterstützen. Maier sieht wenig Gefahr einer Verwissenschaftlichung der Politik. Er würde es begrüßen, wenn „telegene Wissenschaftler:innen viel stärker zum Mikrofon drängen“ und sich damit Gehör verschaffen würden.

Politikerin Astrid Rössler (Abgeordnete zum Nationalrat, Die Grünen) führte aus, dass und warum Lösungen auf politischer Ebene mehr akzeptanz- als inhaltsorientiert und politische Prozesse vor allem perspektivengetrieben sind. Ziel aller politischen Bewerber:innen sei es, an der Macht bleiben und mitgestalten zu können. In der Politik gelte es, die Balance zwischen Vision und Interessenausgleich zu finden und dabei die Mitgestaltungsmöglichkeit zu wahren. Grundsätzlich wünscht sich Rössler mehr Politiker:innenbildung, um fundierte Entscheidungen treffen zu können, ebenso wie die längerfristige Einführung von Dialogformaten, um Dialogprozesse zu institutionalisieren – dafür brauche es viel Zeit und Frustrationstoleranz.

Die an die Beiträge anschließende Podiumsdiskussion aller Referent:innen widmete sich nochmals der übergeordneten Frage: „Haben Wissenschaftler:innen Verantwortung und wem gegenüber?“ und wurde vom Tiroler Kommunikations- und Medienexperten Christoph Rohrbacher moderiert. Für den Österreichischen Biodiversitätsrat nahm zusätzlich Biodiversitätsforscher und Landschaftsökologe Johannes Rüdissler (Institut für Ökologie, Universität Innsbruck) an der Podiumsdiskussion teil. Als ergänzenden Punkt strich Rüdissler heraus, dass angesichts herausfordernder Probleme alle Akteur:innen ihre Rollen gut ausfüllen müssten, um den Herausforderungen wirklich etwas entgegenzusetzen zu können. Für Wissenschaftler:innen bedeute das: das „Richtige“ sagen in mehrerlei Hinsicht, nämlich richtig im Sinne von „korrekt“ und „wichtig“. Trotz fortgeschrittener Stunde am Ende eines langen Konferenztages blieb das Publikum im Saal und beteiligte sich rege an der Diskussion. Als kurzes Fazit ließen sich aus den Beiträgen und Diskussionspunkten folgende Rollen und Verantwortlichkeiten von Wissenschaft ableiten:

- Grundlagen evidenzbasiert erarbeiten
- Politik informieren und Handlungsoptionen darlegen
- Politiker:innen bilden
- Eine fordernde und starke Stimme sein
- Telegen sein und Akzeptanz bzw. Perspektive schaffen

Die Autor:innen dieses Beitrags sind Teil der Arbeitsgruppe Interdisziplinarität des Österreichischen Biodiversitätsrates und waren wesentlich an der Organisation, Gestaltung und Durchführung der Session 6 „Die Verantwortung der Wissenschaft in Zeiten multipler Krisen“ beteiligt.

Pichler-Koban C, Gaube V, Schönhart M (2024) The responsibility of science in times of multiple crises.

A two-and-a-half-hour session entitled “The responsibility of science in times of multiple crises” took place as part of the Days of Biodiversity 2023. Speakers from various areas of society gave insights into their personal and professional approaches to the topic in ten-minute statements and were then available for a panel discussion.

The speakers commented on the following questions:

- How does research contribute to the development of strategies and programmes (e.g. Austrian/European Biodiversity Strategy, ÖPUL)?
- How were research results implemented or why were relevant research results not implemented?
- Where were there gaps/uncertainties in the planning of strategies and programmes and how was scientific knowledge integrated into this planning process?
- What role do research findings play in day-to-day and strategic work?
- Is it still enough to deliver results today or to what extent must science ensure that its findings are integrated into concrete development processes?

The contribution by sociologist Alexander Bogner (Institute for Technology Assessment, Austrian Academy of Sciences) was dedicated to the question: “How much science is needed in times of crisis?” His findings: “We need excellent and socially relevant research”. At present, however, the viability and reliability of scientific results are being discussed above all, while the results themselves, as answers to urgent questions, are all too often losing the focus of interest. Bogner identifies a “scientification of political conflicts”, which harbours a number of dangers, such as polarisation (opponents become “opponents”, “enemies of reason”, “deniers”) or the incorporation of science by politics, which covers up doubts and gaps in knowledge. However, these are part of the scientific self-image, which always sees findings and theories as provisionally valid. Bogner’s conclusion: science should inform politics and help to identify options for action, while at the same time reflecting on the limits of scientific findings.

Conservation biologist Stefan Schindler (Team Leader Biodiversity and Nature Conservation, Environment Agency Austria) described “the development of the Austrian Biodiversity Strategy 2030+ in the area of conflict between research and politics”. By developing the strategy, Austria is fulfilling international obligations; it is part of the government programme and was commissioned by the Federal Ministry of Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK) to the Environment Agency Austria. The process began with the 2019 Biodiversity Dialogue, ran through the National Biodiversity Commission, various expert committees and finally came to a provisional conclusion in the Biodiversity Strategy. The intention was to define S.M.A.R.T. targets: specific, measurable, ambitious, realistic and time-bound. The scientists involved found it difficult to define standardised threshold and target values. The current strategy contains around 100 targets and more than 400 measures to be set. For many of the scientists, it is not ambitious enough and too vague; for many of the implementers, it is too ambitious and unrealistic. The result of the process is now difficult to handle, but it is based on a consensus. The question remains: Which of the many goals are really necessary?

Biodiversity expert Elisabeth Süßenbacher (Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Regions and Water Management, BML) shed light on the influence of research and science on the design of the Austrian Common Agricultural Policy (CAP) Strategic Plan 2023-2027 in the area of biodiversity. The guidelines of the European Green Deal form the framework for this plan. Agriculture is a constant balancing act between abandonment and intensification of utilisation. Süßenbacher identifies a need for action with regard to biodiversity. The objectives of the CAP plan partially overlap with those of the European Biodiversity Strategy. The CAP objectives are all based on scientific evidence and individual areas are in competition with each other, e.g. biodiversity and competitiveness.

Biologist Franz Maier (President of the Umweltdachverband) stated that the most frequently used adjective in the federal government’s programme was the word “evidence-based”. This “mask of scientification” is intended to conceal the fact that fundamental questions are not put to science and that the contribution of science to the strategies is only “selective”. Scientific participation tends to happen by chance and mostly on a

voluntary basis. Although this supports political compromises, science does not find its way into politics. NGOs would be more open to scientific results than politicians and administrators. Politics must be the joint addressee of science and NGOs; the administration can only provide support in the implementation. Maier sees little danger of a scientification of politics. He would welcome it if “telegenic scientists were to step up to the microphone” and make their voices heard.

Politician Astrid Rössler (Member of the National Council, The Greens) explained that and why solutions at a political level are more acceptance-orientated than content-orientated and political processes are primarily perspective-driven. The aim of all political candidates is to remain in power and be able to help shape it. In politics, it is important to find a balance between vision and reconciling interests while maintaining the opportunity to help shape the process. In principle, Rössler would like to see more education for politicians in order to be able to make informed decisions, as well as the long-term introduction of dialogue formats to institutionalise dialogue processes – this requires a lot of time and tolerance for frustration.

The panel discussion of all speakers following the presentations was once again dedicated to the overarching question: “Do scientists have a responsibility and to whom?” and was moderated by Tyrolean communications and media expert Christoph Rohrbacher. Biodiversity researcher and landscape ecologist Johannes Rüdissler (Institute of Ecology, University of Innsbruck) also took part in the panel discussion on behalf of the Austrian Biodiversity Council. As an additional point, Rüdissler emphasised that in the face of challenging problems, all stakeholders must fulfil their roles well in order to really be able to counter the challenges. For scientists, this means saying the “right thing” in several respects, namely the right thing in the sense of “correct” and “important”. Despite the late hour at the end of a long conference day, the audience remained in the room and took an active part in the discussion. The following roles and responsibilities of science could be briefly summarised from the contributions and discussion points:

- Developing evidence-based principles
- Inform policymakers and present options for action
- Educate politicians
- Be a demanding and strong voice
- Being telegenic and creating acceptance and perspective

The authors of this article are part of the Interdisciplinarity Working Group of the Austrian Biodiversity Council and were significantly involved in the organisation, design and implementation of Session 6 “The Responsibility of Science in Times of Multiple Crises”.

Keywords: Science, society, responsibility, policies.

Eingelangt: 2024 02 04

Anschriften:

Christina Pichler-Koban, Email: pichler-koban@e-c-o.at (korrespondierende Autorin)
E.C.O. Institut für Ökologie, Lakeside Park B07 b, 9020 Klagenfurt

Veronika Gaube, Email: veronika.gaube@boku.ac.at
Institut für Soziale Ökologie, Institut für Soziale Ökologie (SEC), Universität für Bodenkultur, Schottenfeldgasse 29, 1070 Wien

Martin Schönhart, Email: martin.schoenhart@bvb.gv.at
Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, Dietrichgasse 27, 1030 Wien

Extended Abstract

Raubtiergemeinschaften im Fokus: Fotofallen und Datenanalyse in der Biodiversitätsforschung

Lionora Suß, Jennifer Hatlauf

Der Verlust der biologischen Vielfalt stellt ein zentrales Problem unserer Zeit dar (Wood et al. 2013). Wildtierforscher*innen stehen im Zusammenhang mit der Biodiversitätskrise vor neuen Herausforderungen (Doley & Barman 2023). Das Eintreffen bisher gebietsfremder oder das Verschwinden ansässiger Arten machen ein fundiertes Monitoring notwendig. So können etwa Veränderungen der Artenzusammensetzung in einem Gebiet erkannt werden. Zu diesem Zwecke wurden in Studiengebieten im Burgenland und in Niederösterreich zwischen 2016 und 2023, 33 Fotofallenstandorte betreut. Das vorrangige Ziel der Untersuchung bestand in der Erfassung der verschiedenen Raubtiergemeinschaften, um mögliche Verdrängungseffekte durch den sich in Europa gerade in Ausbreitung befindenden Goldschakal (*Canis aureus* Linnaeus, 1758)) auf andere Arten zu beobachten. Auf Basis von zuvor mit akustischem Monitoring festgelegten Punkten wurden die Studiengebiete eingegrenzt (Hatlauf 2022). Sowohl der allgemeine Säugetier-Artenreichtum als auch die Aktivitätszyklen konnten anhand der umfassenden Daten dargestellt werden. Anhand von über 90.000 Fotofallenbildern wurden 15 Säugetierarten erfasst, davon insgesamt fünf verschiedene Raubtierarten, der Rotfuchs (*Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)), der Goldschakal (*Canis aureus*), der Wolf (*Canis lupus* Linnaeus, 1758), der europäische Dachs (*Meles meles* (Linnaeus, 1758)) und der Marder (*Martes* sp.), sowie Hauskatzen (*Felis catus* (Linnaeus, 1758)) (Abb. 1). Während des gesamten Zeitraums, in dem die Kamerafallen aufgestellt waren, wurden 796 unabhängige Raubtierbeobachtungen gemacht (Mittelwert \pm SE = $24,12 \pm 1,19$, n = 796, davon 2 Bilder „Canidae unknown“, also nicht zuzuordnen). Nicht alle Raubtierarten traten an allen 33 Kamerafallenstandorten auf: Goldschakal (7 Standorte: n = 134; 16,8%), Wolf (4 Standorte: n = 5; 0,6%), Hauskatze (7 Standorte: n = 48; 6%), Marder (10 Standorte: n = 89; 11,2%), Dachs (17 Standorte: n = 106; 13,3%) und Rotfuchs (26 Standorte: n = 412; 51,8%). Weiters wurden Hauskatzen, welche einen großen Einfluss auf die Biodiversität haben können (cf. Nilsen et al. 2023 and references therein; Loss et al. 2022; Hatlauf et al. 2021; Trouwborst et al. 2020), in der Nähe von Naturschutzgebieten und in Entfernung von bis zu 4 km zu menschlichen Siedlungen dokumentiert. Der Rotfuchs war in den Untersuchungsgebieten die häufigste Raubtierart (naive occupancy 80 % bzw. 77 %). Andere Raubtierarten, wie beispielsweise der eurasische Luchs (*Lynx lynx* (Linnaeus, 1758)), der Braunbär (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) oder der Fischotter (*Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)) wurden im Rahmen der Studie nicht dokumentiert. Die vorliegende Untersuchung weist auf eine hohe Überlappung des Aktivitäts- und Bewegungsraums von Rotfüchsen und Goldschakalen hin (dhat = 0.91). Bisherige Forschung zeigten, dass eine räumlich-zeitliche Aufteilung zwischen Goldschakalen und Rotfüchsen aufgrund ihrer großen trophischen Überschneidungen, der Schlüssel zu ihrem sympatrischen Vorkommen ist (Tsunoda 2022). Darüber hinaus sollten in zukünftigen Studien auch Nischenaufteilungen auf saisonaler Ebene untersucht werden, da diese ebenfalls die Wahrscheinlichkeit von Begegnungen verringern und sympatrisches Vorkommen fördern können (Tsunoda 2020). Ob sich eine Koexistenz basierend auf saisonaler Aufteilung entwickelt, bleibt zu beobachten.

Suß L, Hatlauf J (2024) Focus on carnivore communities: photo traps and data analysis in biodiversity research.

The loss of biodiversity is a central problem of our time (Wood et al. 2013). Wildlife researchers are facing new challenges in connection with the biodiversity crisis (Doley & Barman, 2023). The arrival of previously alien species or the disappearance of native species make sound monitoring necessary. For example, changes in species composition

in an area can be detected. For this purpose, 33 photo trap sites were monitored in study areas in Burgenland and Lower Austria between 2016 and 2023. The primary aim of the study was to record the different carnivore communities in order to observe the possible displacement effects of the golden jackal (*Canis aureus*), which is currently spreading in Europe, on other species. The study areas were delimited on the basis of points previously determined by acoustic monitoring (Hatlauf 2022). Both the general mammal species richness and the activity cycles could be depicted using the comprehensive data. Based on over 90,000 photo trap images, 15 mammal species were recorded, including a total of five different predator species, the red fox (*Vulpes vulpes*), the golden jackal (*Canis aureus*), the wolf (*Canis lupus*), the European badger (*Meles meles*) and the marten (*Martes sp.*), as well as domestic cats (*Felis catus*) (Fig. 1). During the entire period in which the camera traps were set up, 796 independent predator observations were made (mean \pm SE = 24.12 ± 1.19 , $n = 796$, 2 pictures of canidae unknown). Not all predator species occurred at all 33 camera trap sites: Golden jackal (7 sites: $n = 134$,



Abb. 1: Beispielbilder aus den Untersuchungsgebieten: Goldschakal, Wolf, Rotfuchs, Dachs, Marder, Hauskatze. – Fig. 1: Example images from the study areas: Golden jackal, wolf, red fox, badger, marten, domestic cat.

16.8%), wolf (4 sites: n = 5, 0.6%), domestic cat (7 sites: n = 48, 6.0%), marten (10 sites: n = 89, 11.2%), badger (17 sites: n = 106, 13.3%) and red fox (26 sites: n = 412, 51.76%). The red fox was the most common predator species in the study areas (naive occupancy 80% or 77%). Other predator species, such as the Eurasian lynx (*Lynx lynx*), the brown bear (*Ursus arctos*) or the otter (*Lutra lutra*) were not documented in the study areas. Furthermore, domestic cats, which can have a major impact on biodiversity (cf. Nilsen et al. 2023 and references therein; Loss et al. 2022; Hatlauf et al. 2021; Trouwborst et al. 2020), were documented in the vicinity of nature reserves and at distances of up to 4 km from human settlements. The red fox was the most common predator species in the study areas (naive occupancy 80% or 77%). Other predator species, such as the Eurasian lynx (*Lynx lynx*), the brown bear (*Ursus arctos*) or the otter (*Lutra lutra*) were not documented in the study areas. The present study indicates a high overlap of activity and movement space between red foxes and golden jackals (dhat = 0.91). Previous studies showed that spatio-temporal partitioning between golden jackals and red foxes is key to their sympatric occurrence due to their large trophic overlap (Tsunoda 2022). In addition, future studies should also investigate niche partitioning at the seasonal level, as this may also reduce the likelihood of encounters and promote sympatric occurrence (Tsunoda 2020). Whether co-occurrence based on seasonal partitioning will develop, remains to be seen.

Keywords: *Canis aureus*, *Vulpes vulpes*, carnivores, activity overlap, displacement, camera trapping.

Literatur

- Doley D M, Barman P (2023) Importance of communicating biodiversity for sustainable wildlife management: a review. *Journal of Environmental Studies and Sciences* 13, 321–329. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13412-023-00819-8>
- Hatlauf J (2022) Golden jackal monitoring in Austria and adjacent regions. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien, 127 pp.
- Hatlauf J, Sachser F, Lanz J, Steib S, Hackländer K (2021) Einfluss von Hauskatzen auf die Biodiversität – Aktuelles Wissen und Managementstrategien. BOKU-Berichte zur Wildtierforschung und Wildbewirtschaftung 25. Universität für Bodenkultur Wien. ISBN 978-3-900932-88-6
- Loss S R., Boughton B, Cady S M, Londe D W, McKinney C, O'Connell T J, E P Robertson (2022) Review and synthesis of the global literature on domestic cat impacts on wildlife. *Journal of Animal Ecology* 91(7), 1361–1372. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13745>
- Nilsen E B, Braastad B O, Dale S, Dervo B K, Kausrud K L, Kirkendall L R, Velle G. (2023) Assessment of the risks posed by domestic cats (*Felis catus*) to biodiversity and animal welfare in Norway. VKM Report 23, 228 pp. <https://nordopen.nord.no/nord-xmlui/bitstream/handle/11250/3114014/Nilsen.pdf?sequence=4>
- Trouwborst A, McCormack P C, Martínez-Camacho E (2020) Domestic cats and their impacts on biodiversity: A blind spot in the application of nature conservation law. *People and Nature* 2(1), 235–250. DOI: <https://doi.org/10.1002/pan3.10073>
- Tsunoda H (2020) Spatio-temporal partitioning facilitates mesocarnivore sympatry in the Stara Planina Mountains, Bulgaria. *Zoology* 141, 125801. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125801>
- Tsunoda H (2022) Niche Overlaps and Partitioning Between Eurasian Golden Jackal *Canis aureus* and Sympatric Red Fox *Vulpes vulpes*. *Proceedings of the Zoological Society* 75, 143–151. DOI <https://doi.org/10.1007/s12595-022-00431-8>
- Wood A, Stedman-Edwards P, Mang J (2013) *The root causes of biodiversity loss*. Routledge.

Eingelangt: 2023 12 01

Anschriften:

Lionora Suß, E-Mail: lionora.suss@students.boku.ac.at

Jennifer Hatlauf; E-Mail: Jennifer.hatlauf@boku.ac.at; ORCID iD: 0000-0003-4665-6470 (corresponding author)

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft, Gregor-Mendel-Str. 33, A-1180 Wien, Österreich. – University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Department of Integrative Biology and Biodiversity Research, Institute of Wildlife Biology and Game Management, Gregor-Mendel-Str. 33, A-1180 Vienna, Austria.

Abstract

Insekten-Monitoring Österreich: Schmetterlinge

Friederike Barkmann, Valerian Goueset, Peter Huemer, Ulrike Tappeiner, Erich Tasser, Johannes Rüdissler

Die Erfassung vom Zustand und Veränderungen der Biodiversität bringt viele Herausforderungen mit sich. Die große Artenzahl, insbesondere der Insekten, die Vielfalt unterschiedlicher Lebensräume und der Bedarf nach belastbaren Langzeitdaten erfordern gut durchdachte Monitoring-Ansätze. Im Insekten Monitoring Viel-Falter (www.viel-falter.at) erheben Expert*innen und Freiwillige gemeinsam den Zustand heimischer Schmetterlingsbestände. Die Schmetterlinge stehen dabei stellvertretend für viele weitere Bestäuber und die Insekten insgesamt. Mit standardisierten Methoden und einer systematischen Standortwahl leistet Viel-Falter einen bedeutenden Beitrag zu einem dauerhaften und finanzierbaren Biodiversitäts-Monitoring in Österreich und zum Tagfalter-Monitoring in Europa.

Nach langjähriger Methodenentwicklung und Aufbauarbeit startete das systematische Viel-Falter: Tagfalter-Monitoring 2018 in Tirol und wurde zwei Jahre später auf Vorarlberg ausgeweitet. Mit der gleichen Erhebungsmethode werden zudem im Rahmen des Biodiversitäts-Monitorings Südtirol Schmetterlingsaufnahmen durchgeführt. Seit 2023 werden mit dem Insekten-Monitoring Österreich: Schmetterlinge in ganz Österreich Erhebungen durchgeführt, die auch Nachtfalter umfassen. Die Auswahl der mittlerweile 400 Standorte erfolgte nach einem systematischen Schema, das die wichtigsten Offenland-Lebensräume Österreichs repräsentativ abdeckt. Jedes Jahr werden auf einem Viertel aller Flächen die Tagfalter an jeweils vier Erhebungsterminen mit Flächen-Zeit Erfassung auf Artniveau erhoben. Die Nachtfalter (Makrolepidoptera) werden mittels Leuchtfallen ebenfalls in einem vierjährigen Rhythmus an insgesamt 80 Standorten erfasst.

Freiwillige ergänzen das Monitoring nach einer umfassenden Einschulung mit weiteren Tagfalter-Zählungen und erfassen wertvolle Daten zu den Zeiträumen zwischen den Erhebungen der Expert*innen. Dabei beobachten sie die gleichen Flächen wie die Expert*innen, zählen die Falter aber nach Artengruppen und gut zu erkennenden Einzelarten. Bei diesen standardisierten Zählungen ist – anders als bei Zufallsbeobachtungen – der Erhebungsaufwand bekannt, was quantitative Aussagen zu Populationsentwicklungen ermöglicht.

Ein wichtiger Teil von Viel-Falter sind Bildung und Öffentlichkeitsarbeit. Bestimmungskurse und Exkursionen für die beteiligten Citizen Scientists, Workshops mit Schulklassen, Vorträge und aktive Pressearbeit fördern Biodiversitätskompetenz in der breiten Bevölkerung. Wir teilen die in über zehn Jahren gesammelten Erfahrungen im Monitoring von Schmetterlingen und zeigen, wie die Zusammenarbeit von Expert*innen und Freiwilligen erfolgreich gestaltet werden kann.

Barkmann F, Goueset V, Huemer P, Tappeiner U., Tasser E, Rüdissler J (2004) Insect monitoring Austria: Lepidoptera.

The assessment of the state and trends of biodiversity poses many challenges. The high number of species (especially of insects), the diversity of habitats and the need for reliable long-term data require well designed monitoring approaches. In the Austrian insect monitoring Viel-Falter (www.viel-falter.at), experts and volunteers work together to assess butterfly and moth populations which are representative for many pollinator and other insect groups. The monitoring sites are selected with a systematic approach and field surveys are conducted using a standardized method. Viel-Falter contributes to a long-lasting and affordable biodiversity monitoring in Austria and to the European Butterfly Monitoring Scheme.

The systematic Viel-Falter Butterfly-Monitoring started in Tyrol in 2018, following years of method development. In 2020 it was expanded to Vorarlberg. In addition,

there is a cooperation with the Biodiversity Monitoring South Tyrol, which uses the same butterfly survey methods. In 2023, the Insect-Monitoring Austria: Lepidoptera was launched. The monitoring covering more than 400 sites takes places throughout Austria and encompasses butterfly, vegetation and partly moth surveys. The 400 survey sites were selected with a systematic approach to representatively cover grassland habitats in Austria. Each year, a quarter of all sites is surveyed. Surveys take place four times in the corresponding survey year using area-time counts with species-level identification. On 80 sites, additional surveys for moths (Makrolepidoptera) take place. Moths are caught with light traps during four nights per year and are also determined on species-level.

Volunteers contribute with additional butterfly counts gathering valuable information about the timespans in between the expert surveys. After completion of a straightforward training, they survey the same sites as the experts counting the observed butterflies by groups or easily identifiable species. Other than with random sampling designs, the survey effort of these standardized counts is known and a quantitative analyses of population trends is possible.

An important aspect of the citizen science involvement is education and public outreach. Courses about butterfly identification and excursions for the involved citizen scientists, workshops with schools, talks and press relations convey knowledge and raise awareness for the importance of biodiversity.

Keywords: Biodiversity monitoring, butterflies, moths, Lepidoptera, Citizen Science, insects.

Received: 2023 10 23

Addresses:

Friederike Barkmann, E-Mail: Friederike.barkmann@uibk.ac.at (corresponding author)

Valérian Goueset, E-Mail: Valerian.Goueset@uibk.ac.at

Ulrike Tappeiner, E-Mail: Ulrike.tappeiner@uibk.ac.at

Johannes Rüdissler, E-Mail: johannes.ruedissler@uibk.ac.at

Institut für Ökologie, Universität Innsbruck, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck, Austria;

Erich Tasser, E-Mail: erich.tasser@eurac.edu

Institute for Alpine Environment, Eurac Research, Viale Druso 1, 39100, Bolzano, Italy.

Peter Huemer, E-Mail: p.huemer@tiroler-landesmuseen.at

Sammlungs- und Forschungszentrum, Tiroler Landesmuseen, Krajnc-Straße 1, A-6060 Hall in Tirol, Österreich.

Abstract

DNA barcoding of terrestrial isopods in Austria integrating museum specimens

Anna-Chiara Barta, Luise Kruckenhauser, Martin Schwentner

Terrestrial isopods, a diverse group of land-dwelling crustaceans that have successfully colonized ecosystems worldwide, are key players in terrestrial ecological processes. They contribute significantly to ecosystem health by facilitating the decomposition of plant material through mechanical and chemical processes while enhancing microbial activity. In Austria, 64 terrestrial isopod species are recognized, although the precise count is challenging due to the unresolved taxonomy, marked by numerous synonyms and proposed subspecies over time. Difficulties in morphological identifications, primarily relying on male characteristics, underscore the need for supplementary molecular species identification methods such as DNA barcoding.

This study utilized molecular techniques to generate DNA barcodes from 29 terrestrial isopod species, revealing intraspecific distances below 6% for most, with slight exceptions such as *Armadillidium vulgare* (6.5%) and *Cylisticus convexus* (6.3%). Notably, certain species exhibited unexpectedly high intraspecific distances, such as *Porcellium collicola* (13.9%), *Trachelipus ratzeburgii* (10.4%), and *Trichoniscus pusillus* (11.7%), suggesting potential cryptic diversity. Species delimitation analyses further supported this, dividing the dataset into at least 34 putative species.

Additionally, this research explored the utility of historical isopod specimens dating from 1880 to 1968, all identified by the former taxonomic expert Hans Strouhal. Despite challenges related to limited DNA content and fragmentation, 17 COI barcode sequences were successfully obtained from the historical collection of the NHM Vienna through two different approaches: mini-barcode amplification, involving short COI fragments via Sanger sequencing, and Next-Generation Sequencing (NGS). These DNA-barcode sequences, derived from historical museum specimens, are pivotal in filling taxonomic gaps in the representation of rare species, enriching our understanding of their genetic diversity. Additionally, they enable the incorporation of historic taxonomic knowledge. These sequences hold immense value for initiatives like ABOL (Austrian Barcode of Life) and biodiversity studies.

Barta A, Kruckenhauser L, Schwentner M (2024) DNA-Barcoding von terrestrischen Isopoden in Österreich unter Einbeziehung von Museumsproben.

Terrestrische Isopoden, eine diverse Gruppe landlebender Krebstiere, die weltweit erfolgreich Ökosysteme kolonisiert haben, sind wichtige Akteure in terrestrischen ökologischen Prozessen. Sie tragen wesentlich zur Gesundheit von Ökosystemen bei, indem sie die Zersetzung von Pflanzenmaterial durch mechanische und chemische Prozesse begünstigen und die mikrobielle Aktivität fördern. In Österreich sind 64 terrestrische Isopodenarten bekannt, wobei die exakte Zählung aufgrund der ungeklärten Taxonomie, die durch zahlreiche Synonyme und Unterarten gekennzeichnet ist, eine Herausforderung darstellt. Die Schwierigkeiten bei der morphologischen Identifizierung, die sich hauptsächlich auf männliche Merkmale stützt, verdeutlichen die Notwendigkeit zusätzlicher molekularer Methoden zur Identifizierung der Arten, wie z. B. DNA-Barcoding.

In dieser Studie wurden mit Hilfe molekularer Techniken DNA-Barcodes von 29 terrestrischen Isopodenarten generiert, die bei den meisten Arten intraspezifische Distanzen von weniger als 6% ergaben, mit leichten Abweichungen wie *Armadillidium vulgare* (6,5%) und *Cylisticus convexus* (6,3%). Einige Arten wiesen unerwartet hohe intraspezifische Distanzen auf, wie *Porcellium collicola* (13,9%), *Trachelipus ratzeburgii* (10,4%) und *Trichoniscus pusillus* (11,7%), die auf eine mögliche kryptische Vielfalt

hindeuten. Analysen zur Abgrenzung der Arten bestätigten diese Annahme zusätzlich und unterteilten den Datensatz in mindestens 34 mutmaßliche Arten.

Darüber hinaus wurde der Nutzen historischer Isopodenproben aus den Jahren 1880 bis 1968 untersucht, die alle von dem ehemaligen taxonomischen Experten Hans Strouhal identifiziert wurden. Trotz der Herausforderungen durch begrenztem Gehalt und hoher Fragmentierung der DNA, wurden 17 COI-Barcode-Sequenzen erfolgreich aus der historischen Sammlung des NHM Wien durch zwei verschiedene Ansätze gewonnen: Mini-Barcode-Amplifikation, die kurze COI-Fragmente mittels Sanger-Sequenzierung umfasst, und Next-Generation Sequencing (NGS). Diese DNA-Barcode-Sequenzen, die von historischen Museumsexemplaren stammen, sind von zentraler Bedeutung, um taxonomische Lücken in der Repräsentation seltener Arten zu schließen und unser Verständnis ihrer genetischen Vielfalt zu erweitern. Außerdem ermöglichen sie die Einbeziehung von historischem taxonomischem Wissen. Diese Sequenzen sind für Initiativen wie ABOL (Austrian Barcode of Life) und der Erforschung biologischer Diversität von großem Wert.

Keywords: terrestrial Isopoda, crustacea, DNA barcoding, intraspecific genetic distances, museum specimen, mini-barcode, NGS.

Received: 2023 11 14

Addresses:

Anna Chiara Barta, E-Mail: anna-chiara.barta@nhm-wien.ac.at (corresponding author)
Department of Evolutionary Biology, University of Vienna, Austria; Third Zoological Department, Natural History Museum Vienna, Burgring 7, A-1010 Vienna, Austria.

Luise Kruckenhauser, E-Mail: luise.kruckenhauser@nhm-wien.ac.at
Central Research Laboratories, Natural History Museum Vienna, Austria; Department of Evolutionary Biology, University of Vienna, A-1010 Vienna, Austria.

Martin Schwentner, E-Mail: martin.schwentner@nhm-wien.ac.at
Third Zoological Department, Natural History Museum Vienna, Burgring 7, A-1010 Vienna, Austria.

Abstract

Slightly sliding communities: how plants and insects respond to landslides

Maria Frankova, Maximilian Schröcker, Jana S. Petermann

Landslides are defined as mass movements of substrate downhill on sloping terrain, often triggered by disturbances in slope stability caused by factors like heavy rainfall, droughts, volcanic activity, and earthquakes. In the European Alps, landslides are frequently associated with high precipitation weather patterns. Landslides create a diverse habitat mosaic, with features like rocky scarps, block fields, trenches, caves, debris, and even peat bogs in lower areas contributing to an overall landscape heterogeneity, and may therefore increase biodiversity.

The project movement – “The moving mountain” – investigates mass movements in the Austrian Alps. As a part of this project, our study aims to reveal the influence of these mass movements on plant- and arthropod communities and also on ecosystem functions such as herbivory, primary production and predation. For this purpose, we investigated nine landslides in the UNESCO global geopark Ore of the Alps (Salzburg) and three landslides in the UNESCO global geopark Karawanken (Carinthia). Each slide was sampled in two to three plots with an additional control plot outside the landslide area. Within these plots we conducted assessments of plant and insect communities, as well as of ecosystem functions using methods like pitfall traps, netting and artificial caterpillars. Plant assessment showed that grasses and ferns were very abundant groups in both, landslides, and stable sites. So far, over 74 different plant species were identified. Primary production tended to be slightly higher on stable sites, reaching values between 750 and 7 g/m² dry weight. Whereas landslides only reached values between 700 and 0 g/m² dry weight. In total 75 % of the artificial caterpillars were predated by different animal groups such as arthropods, birds, mammals, slugs, and reptiles. The highest count of bite marks originated from arthropods. Preliminary results showed only for bird marks a significant difference in predation pressure between landslides and stable sites, with a higher predation on the latter. Pitfall traps contained a high abundance of individuals (>70), consisting mostly of beetles, ants, mites and springtails. While data evaluation is ongoing, our study will eventually shed light on the ecological consequences of these dynamic events.

Frankova M, Schröcker M, Petermann J S (2023) Rutschende Massen: Wie Pflanzen und Arthropoden auf geologische Massenbewegungen reagieren.

Erdrutsche sind definiert als Massenbewegungen von Substrat in abfallendem Gelände, die häufig durch Störungen der Hangstabilität ausgelöst werden. Diese werden durch Faktoren wie starke Regenfälle, Dürreperioden, vulkanische Aktivitäten und Erdbeben verursacht. In den europäischen Alpen stehen sie häufig mit niederschlagsreichen Wetterlagen in Verbindung.

Erdrutsche schaffen ein vielfältiges Lebensraummosaik mit Merkmalen wie felsigen Abbrüchen, Blockfeldern, Gräben, Höhlen, Schutt und sogar Torfmooren in tiefergelegenen Gebieten. Die unterschiedlichen Lebensräume erhöhen die Heterogenität der Landschaft und bieten räumlichen Nischen für verschiedene Arten. Besonders für Spezialisten, die in intakten Ökosystemen nur schwer gedeihen können. Im Gesamtbild der Landschaft wird möglicherweise dadurch die Artenvielfalt verbessert.

Das Forschungsprojekt „movement – The moving mountain“ untersucht Massenbewegungen in den österreichischen Alpen. Innerhalb dieses Projekts hat unsere Studie zum Ziel, die Auswirkungen dieser Massenbewegungen auf Pflanzen- und Arthropodengemeinschaften sowie auf Ökosystemfunktionen wie Herbivorie, Primärproduktion und Fraßdruck zu untersuchen. Dazu wurden neun Erdrutsche im UNESCO Global Geopark Erz der Alpen (Salzburg) und drei Erdrutsche im UNESCO Global Geopark

Karawanken (Kärnten) untersucht. Jeder Erdrutsch wurde in zwei bis drei Plots beprobt mit einem zusätzlichen Kontrollplot außerhalb des Erdrutschgebiets. In jedem Plot wurden Pflanzen- und Insektengemeinschaften sowie Ökosystemfunktionen erfasst, wobei Methoden wie Barberfallen, Keschern und künstliche Raupen zum Einsatz kamen. Die Bewertung der Pflanzen zeigte, dass Gräser und Farne sowohl in Hangrutschungen als auch an stabilen Standorten sehr häufig vorkamen. Bislang wurden über 74 verschiedene Pflanzenarten identifiziert. Die Primärproduktion war an stabilen Standorten etwas höher und erreichte Werte zwischen 750 und 7 g/m² Trockengewicht. In Hangrutschungen wurden dagegen nur Werte zwischen 700 und 0 g/m² Trockengewicht erreicht. Insgesamt wurden 75 % der künstlichen Raupen von verschiedenen Tiergruppen wie Arthropoden, Vögeln, Säugetieren, Schnecken und Reptilien attackiert. Die meisten Bissspuren stammen von Arthropoden. Vorläufige Ergebnisse zeigten nur bei den Vogelspuren einen signifikanten Unterschied im Fraßdruck zwischen Erdrutschen und stabilen Standorten, wobei der Fraßdruck in letzteren höher ist. Die bisher gereinigten Fallen enthielten eine große Anzahl von Individuen (>70), die hauptsächlich aus Käfern, Ameisen, Milben und Springschwänzen bestanden. Die Auswertung der Daten ist noch nicht abgeschlossen, aber unsere Studie soll Aufschluss über die ökologischen Folgen dieser dynamischen Ereignisse geben.

Keywords: landslide, mass movement, UNESCO global geopark, Austrian Alps, community ecology, biodiversity, productivity, geodiversity.

Received: 2023 12 18

Addresses:

Maria Frankova, E-Mail: frankomaria@web.de (corresponding author)

Maximilian Schröcker

Jana S. Petermann

Department of Environment & Biodiversity, Paris-Lodron-University of Salzburg, Hellbrunner Straße 34, A-5020 Salzburg, Austria.

Abstract

Integrative taxonomy and DNA barcoding of Austrian turbellarians

Matthäus Greilhuber, Bernhard Egger, Isabel Dittmann,
Pedro R. Frade, Elisabeth Haring

Freshwater biodiversity is declining at an even faster rate than biodiversity in the terrestrial and marine realms, and closing knowledge gaps on neglected taxa is seen as one of the priorities in freshwater biodiversity research (Maasri et al. 2022, WWF 2022). The study presented contributed to closing such a knowledge gap by generating DNA barcodes of turbellarians (Platyhelminthes excluding the parasitic Neodermata), a poorly studied group among freshwater invertebrates (Schockaert et al. 2008). To this end, partial sequences of the nuclear 18S and 28S rRNA genes of freshwater turbellarian specimens collected in eastern Austria were generated. Specimens were investigated alive using stereo and compound microscopes, and morphological features were photographed or drawn to allow for subsequent determination. Some specimens were then fixed in 96% ethanol for DNA analysis, and some in Bouin's fluid for histological serial sections and genital reconstructions. Amplification of both marker genes was predominantly successful, and a single primer pair per marker gene was applicable across all the orders of turbellarians collected (Catenulida, Macrostomorpha, Prorhynchida, Rhabdocoela, Tricladida, and Bothrioplanida). The resulting sequences were analyzed phylogenetically and compared with published sequences from the GenBank database. If the morphology-based identification of the species was ambiguous, it was retained at the lowest level that could be determined with certainty (e.g., the genus). Forty-two taxa (most determined to genus or species level) were recorded. The comparison with reference sequences often confirmed the prior identifications, but reference sequences were not always available. The new records of turbellarian taxa and their DNA barcodes improve the state of knowledge of this essential component of freshwater ecosystems.

Greilhuber M, Egger B, Dittmann I, Frade P R, Haring E (2024) Integrative Taxonomie und DNA-Barcoding österreichischer Turbellarien.

Die Biodiversität in Süßwasser nimmt in einem noch schnelleren Tempo ab als die Biodiversität in terrestrischen und marinen Lebensräumen. Die Schließung von Wissenslücken bei vernachlässigten Taxa wird als eine der Prioritäten bei der Erforschung der Süßwasserbiodiversität angesehen (Maasri et al. 2022, WWF 2022). Die präsentierte Studie trug dazu bei, eine solche Wissenslücke zu schließen, indem DNA-Barcodes von Turbellarien (Platyhelminthes exklusive Neodermata), einer wenig erforschten Gruppe unter den Süßwasserevertebraten, generiert wurden (Schockaert et al. 2008). Hierzu wurden Teilsequenzen der nukleären 18S- und 28S-rRNA-Gene von Süßwasserturbellarien aus Ostösterreich generiert. Die Tiere wurden lebend mikroskopiert. Morphologische Merkmale wurden fotografiert oder gezeichnet, um eine spätere Bestimmung zu ermöglichen. Einige Exemplare wurden dann in 96%igem Ethanol für die DNA-Analyse fixiert, die übrigen in Bouin-Lösung für histologische Serienschritte und Genitalrekonstruktionen. Die Amplifikation beider Marker-Gene war überwiegend erfolgreich, und jeweils ein Primer-Paar pro Marker-Gen war bei allen vorgefundenen Turbellarien-Ordnungen anwendbar (Catenulida, Macrostomorpha, Prorhynchida, Rhabdocoela, Tricladida und Bothrioplanida). Die resultierenden Sequenzen wurden phylogenetisch analysiert und mit veröffentlichten Sequenzen aus der Datenbank GenBank verglichen. Wenn die morphologische Bestimmung auf die Art nicht möglich war, wurde die Bestimmung auf der niedrigsten Ebene belassen, die mit Sicherheit bestimmt werden konnte (z. B. der Gattung). Zweiundvierzig Taxa (meist auf Gattungs- oder Artenebene bestimmt) wurden erfasst. Der Vergleich mit Referenzsequenzen be-

stätigte oft die Bestimmungen, aber Referenzsequenzen waren nicht immer verfügbar. Die neuen Nachweise von Turbellarien-Taxa und ihre DNA-Barcodes verbessern den Kenntnisstand über dieses wesentliche Element von Süßwasserökosystemen.

Keywords: turbellaria, DNA barcodes, morphology, Austria.

Literature

- Maasri A, Jähnić S C, Adamescu M C (2022) A global agenda for advancing freshwater biodiversity research. *Ecology Letters* 25, 255–263. <https://doi.org/10.1111/ele.13931>
- WWF (2022) Living Planet Report 2022 – Building a Nature-positive Society. Almond, R.E.A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D. & Petersen, T. (Eds). WWF, Gland
- Schockaert E R, Hooge M, Sluys R, Schilling S, Tyler S, Artois T (2008) Global diversity of free-living flatworms (Platyhelminthes, “Turbellaria”) in freshwater. *Hydrobiologia* 595, 41–48. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9002-8>

Received: 2024 03 01

Addresses:

Matthäus Greilhuber, E-Mail: matthaeus.greilhuber@nhm-wien.ac.at
Natural History Museum Vienna, Central Research Laboratories and Third Zoological Department, Burgring 7, A-1010 Vienna, Austria.

Bernhard Egger, E-Mail: bernhard.egger@uibk.ac.at
Isabel Dittmann, E-Mail: isabel.dittmann@uibk.ac.at
University of Innsbruck, Department of Zoology, Technikerstr. 25, A-6020 Innsbruck, Austria.

Pedro R. Frade, E-Mail: pedro.frade@nhm-wien.ac.at
Natural History Museum Vienna, Third Zoological Department, Burgring 7, A-1010 Vienna, Austria.

Elisabeth Haring, E-Mail: elisabeth.haring@nhm-wien.ac.at
Natural History Museum Vienna, Central Research Laboratories, Burgring 7, A-1010 Vienna, Austria; University of Vienna, Department of Evolutionary Biology, Djerassiplatz 1, A-1030 Vienna, Austria.

Abstract

Gluing for the future – Characterisation of the gland system of *Latia neritoides* (Mollusca, Gastropoda, Hygrophila)

Sophie Greistorfer, Janek von Byern, Ingrid Miller, Victor Benno Meyer-Rochow, Peter Ladurner, Robert Farkas, Gerhard Steiner

Bioadhesives derived from various organisms, including bacteria, plants, and animals, have evolved over millions of years to meet specific needs. One particularly promising biomaterial is snail mucus, which has potential benefits for human skin regeneration (Tsoutsos et al. 2009) as it has been widely used as an agent in the folk medicinal armamentarium to treat dermatoses and other skin problems (Meyer-Rochow 2017).

The limpet-like New Zealand pulmonate *Latia neritoides* produces luminescent and adhesive mucus when threatened, a unique trait among freshwater gastropods. While the *Latia* luciferin-luciferase system is fundamentally understood, questions persist regarding the source and the composition of the adhesive mucus, and the location of the responsible glands (Shimomura et al. 1972; Shimomura & Johnson, 1968a, 1968b). There are two hypotheses concerning where the luminescent mucus is produced and released: the lateral foot region and/or the mantle cavity (Bowden 1950, Meyer-Rochow & Moore, 1988).

Histochemical and morphological investigations in the lateral foot area revealed two distinct types of glandular cells (Greistorfer et al. 2023a, b). However, video footage indicates that the luminescent component is primarily released from within the mantle cavity. We used a μ -CT stack to examine the entire animal for mucus reservoirs and alternative glandular cell structures, which could be involved in the defence mucus system.

Comparing protein profiles obtained from electrophoretic separation of the defensive and trail mucus reveals significant disparities in total protein concentration, the number and the physicochemical characteristics of proteins. We detected unknown proteins that seem to be unique to the glowing mucus. Increasing our knowledge on these unique proteins in the defence mucus not only helps us understand *Latia neritoides*' luminescent mucus system, but also aid in developing novel aqueous medical adhesives for use in moist environments, such as tissue sealants and for haemostasis.

Greistorfer S, Byern J v, Miller I, Meyer-Rochow V B, Ladurner P, Farkas R, Steiner G (2024) Kleben für die Zukunft – Charakterisierung des Drüsen systems von *Latia neritoides* (Weichtiere, Gastropoda, Hygrophila).

Biologische Klebstoffe verschiedener Organismen, einschließlich Bakterien, Pflanzen und Tieren, haben sich über Millionen von Jahren entwickelt, um spezifischen Bedürfnissen gerecht zu werden. Ein besonders vielversprechendes Biomaterial ist Schnecken-schleim, der die Regeneration der menschlichen Haut unterstützen kann (Tsoutsos et al. 2009). Das unterstreicht dessen jahrhundertelange volksmedizinische Anwendung als Mittel gegen Dermatosen und andere Hautprobleme (Meyer-Rochow 2017). Die neuseeländische Süßwasserschnecke *Latia neritoides* produziert bei Bedrohung lumineszierenden und klebrigen Mucus, ein einzigartiges Phänomen unter Süßwasser-Gastropoden. Während das *Latia*-Luciferin-Luciferase-System schon erforscht ist, gibt es noch offene Fragen bezüglich des Ursprungs und der Zusammensetzung des Abwehrmucus, sowie der Lokalisierung der verantwortlichen Drüsen (Shimomura et al. 1972; Shimomura & Johnson 1968a, 1968b). Es gibt zwei Hypothesen darüber, wo der Abwehrmucus produziert und freigesetzt wird: in der seitlichen Fußregion und/oder in der Mantelhöhle (Bowden 1950, Meyer-Rochow & Moore 1988).

Histochemische und morphologische Untersuchungen im lateralen Fußbereich zeigen zwei unterschiedliche Arten von Drüsenzellen (Greistorfer et al 2023a, b). Allerdings deutet Videomaterial darauf hin, dass der lumineszierende Bestandteil hauptsächlich aus der Mantelhöhle freigesetzt wird. Wir nutzten einen μ -CT-Stack, um das gesamte Tier auf Mucusreservoirs und alternative drüsenartige Strukturen zu untersuchen, die am Verteidigungssystem beteiligt sein könnten.

Ein Vergleich der Proteinprofile aus der elektrophoretischen Trennung dieses Verteidigungs- und des herkömmlichen Kriechschleims zeigt signifikante Unterschiede sowohl in der Gesamtproteinkonzentration als auch in der Anzahl und den physikochemischen Eigenschaften der enthaltenen Proteine. Dabei haben wir neue Proteine entdeckt, die einzigartig für den leuchtenden Mucus zu sein scheinen. Das vermehrte Wissen über diese spezifischen Proteine im Abwehrschleim hilft nicht nur, das Mucussystem von *Latia neritoides* zu verstehen, sondern fördert auch die Entwicklung neuartiger medizinischer Klebstoffe, die für den Einsatz unter feuchten Bedingungen geeignet sind, wie z. B. in Geweben und bei der Hämostase.

Keywords: ultrastructural analyses, bioadhesives, 3D reconstruction, skin regeneration, mucus.

Literature

- Bowden B J (1950) Some observations on a luminescent freshwater limpet from New Zealand. *Biol. Bull.* 99, 373–380. DOI <https://doi.org/10.2307/1538467>
- Greistorfer S, von Byern J, Miller I, Meyer-Rochow V B, Farkas R & Steiner G (2023a) A histochemical and morphological study of the mucus producing pedal gland system in *Latia neritoides* (Mollusca; Gastropoda; Hygrophila). *Zoology* 156. DOI <https://doi.org/10.1016/j.zool.2022.126067>
- Greistorfer S, von Byern J, Miller I, Meyer-Rochow V B, Farkas R & Steiner G (2023b) Corrigendum to “A histochemical and morphological study of the mucus producing pedal gland system in *Latia neritoides* (Mollusca; Gastropoda; Hygrophila)” [*Zoology* 156 (2023a)]. *Zoology* 159. DOI <https://doi.org/10.1016/j.zool.2023.126101>
- Meyer-Rochow V B, Moore S (1988) Biology of *Latia neritoides* GRAY 1850 (Gastropoda, Pulmonata, Basomatophora): the only light-producing freshwater snail in the world. *Int. Rev. der gesamten Hydrobiol. und Hydrogr* 73, 21–42. DOI <https://doi.org/10.1002/iroh.19880730104>
- Meyer-Rochow V B (2017) Therapeutic arthropods and other, largely terrestrial, folk-medicinally important invertebrates: a comparative survey and review. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 13, 9. DOI <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0136-0>
- Shimomura O, Johnson F H (1968a) Purification and properties of the luciferase and of a protein cofactor in the bioluminescence system of *Latia neritoides*. *Biochemistry* 7, 2574–2580. DOI <https://doi.org/10.1021/bi00847a019>
- Shimomura O, Johnson F H (1968b) The structure of *Latia* luciferin. *Biochemistry* 7, 1734–1738. DOI <https://doi.org/10.1021/bi00845a017>
- Shimomura O, Johnson F H, Kohama Y, (1972) Reactions involved in bioluminescence systems of limpet (*Latia neritoides*) and Luminous Bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 69, 2086–2089. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.69.8.2086>
- Tsoutsos D, Kakagia D, Tamparopoulos K (2009) The efficacy of *Helix aspersa* Müller extract in the healing of partial thickness burns: a novel treatment for open burn management protocols. *J. Dermatol. Treat.* 20, 219–222. DOI <https://doi.org/10.1080/09546630802582037>

Received: 2023 12 20

Addresses:

Sophie Greistorfer, E-Mail: sophie.greistorfer@univie.ac.at (corresponding author)
Recipient of a DOC Fellowship of the Austrian Academy of Sciences at the Department
of Evolutionary Biology, University of Vienna, Austria.

Janek von Byern
Ludwig Boltzmann Institute for Experimental and Clinical Traumatology, Austrian
Cluster for Tissue Regeneration, Vienna, Austria.

Ingrid Miller, Institute of Medical Biochemistry, University of Veterinary Medicine
Vienna, Vienna, Austria.

Victor Benno Meyer-Rochow
Department of Ecology and Genetics, Oulu University, Oulu, Finland.
Agricultural Science and Technology Research Institute, Andong National University,
Andong, Republic of Korea.

Peter Ladurner
Institute of Zoology and Centre of Molecular Bioscience Innsbruck, University of
Innsbruck, Innsbruck, Austria.

Robert Farkas
Laboratory of Developmental Genetics, Institute of Experimental Endocrinology,
Biomedical Centre, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia.

Gerhard Steiner
Department of Evolutionary Biology, University of Vienna, Vienna, Austria.

Abstract

Walddynamiken unter der Lupe: Untersuchungen zur Biotopvernetzung im Wald anhand wassergefüllter Baumhöhlen und deren Insektengemeinschaften

Lena Holzapfel, Sarah Wagner, Janine Oettel, Jana S. Petermann

Habitatvernetzung kann einen erheblichen Einfluss auf Populationen und Gemeinschaften ausüben. Insbesondere isolierte Mikrohabitate innerhalb größerer Ökosysteme werden dadurch stark beeinflusst. Die Waldbewirtschaftung wirkt sich unmittelbar auf die Umweltbedingungen aus und stellt somit einen bedeutenden Faktor für die Biotopvernetzung dar. Bei wassergefüllten Baumhöhlen als Habitat für aquatische Insektengemeinschaften kann die Art der Waldbewirtschaftung zu erheblichen Einschränkungen bei der Ausbreitung führen. Geringe Populationsgrößen und die sich rasch wechselnden Bedingungen der Mikrohabitate, beispielsweise durch Trockenheitsperioden, haben bereits beträchtliche Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung.

Das Forschungsprojekt „ConnectPLUS“ untersucht Konzepte und Strategien zur Optimierung von Trittsteinbiotopen in Waldökosystemen. Im Rahmen einer Untersuchung werden aquatische Insektengemeinschaften anhand von wassergefüllten Baumhöhlen hinsichtlich ihrer Artengemeinschaften und ihres Beitrags zur Biotopvernetzung analysiert. Hierzu werden natürliche und künstlich angelegte Baumhöhlen über einen Zeitraum von zwei Jahren als Indikatoren untersucht. Die künstlichen Baumhöhlen werden in standardisierter Form als wassergefüllte Eimer mit Buchenlaubssäcken auf allen Probeflächen angebracht und jeweils im Herbst auf ihre Artenzusammensetzung hin analysiert. Alle Probeflächen sind Teil des Trittsteinbiotope-Programms und befinden sich in Österreich, in den Nationalparks Gesäuse und Kalkalpen sowie in deren Umgebung.

Der Schwerpunkt im Jahr 2023 lag auf der eingehenden Untersuchung von künstlich geschaffenen Baumhöhlen. Im Zeitraum von Anfang Juni bis Ende August wurden auf 35 Versuchsflächen insgesamt 70 künstliche Baumhöhlen platziert, wovon 57 erfolgreich beprobt werden konnten. Relevante abiotische Parameter, die Einfluss auf die Häufigkeit und die Abundanz aquatischer Arten nehmen könnten, wurden jeweils miterfasst. Erste Teilresultate der Beprobung von künstlichen Baumhöhlen zeigen eine Besiedelung von Larven aus den Insektenfamilien *Syrphidae*, *Culicidae*, *Psychodidae*, *Ceratopogonidae* und *Chironomidae* (alles Diptera).

Die Zielsetzung dieser Untersuchungen besteht darin, zusätzliche Erkenntnisse zur Dynamik von Waldökosystemen zu gewinnen. Im Weiteren sollen Aussagen über den Einfluss von wassergefüllten Baumhöhlen auf die Biotopvernetzung im Wald getroffen werden, ebenso wie die Identifizierung möglicher waldbewirtschaftungsbedingter Maßnahmen zur Förderung der Vernetzung.

Holzapfel L, Wagner S, Oettel J, Petermann J S (2024) Measuring forest connectivity using water-filled tree holes and their insect communities.

Connectivity may have a great impact on populations and communities in general, and specifically on those living in isolated microhabitats within larger ecosystems. Forest management has a direct influence on environmental conditions and is therefore an important factor in the connectivity of species between different forest stands. Especially aquatic insect communities in water-filled tree-holes likely suffer from strong dispersal limitation, small population sizes and rapidly changing conditions within their microhabitats (e.g. drought).

The project ConnectPLUS is investigating concepts and strategies for optimizing steppingstone biotopes in forest ecosystems. As part of this project aquatic insect communities were sampled from natural and artificial tree holes over two years and used

as indicator communities to measure the effects of forest connectivity as well as forest management. Standardized water-filled buckets with beech-leaf litter bags were used as artificial habitats. All sample areas were part of the stepping stone-programme and located in Austria in the National Parks Gesäuse and Kalkalpen and their surroundings.

The primary focus in 2023 was on the investigation of artificial tree holes. Between the beginning of June and the end of August, 70 artificial tree holes were set up in 35 sampling areas, 57 of them were successfully sampled. Driving abiotic parameters that could influence the frequency and abundance of aquatic species were recorded as well. Preliminary results from the sampling of artificial tree holes indicate colonization by larvae of insect families *Syrphidae*, *Culicidae*, *Psychodidae*, *Ceratopogonidae* and *Chironomidae* (all Diptera).

The objective of these investigations is to provide further insights into the dynamics of forest ecosystems. Furthermore, statements regarding the impact of water-filled tree holes on habitat connectivity in the forest and potential forest management practices that develop connectivity will be made.

Keywords: forest management, biotope connectivity, aquatic insects, forest dynamics.

Received: 2023 11 29

Addresses:

Lena Holzapfel, E-Mail: lena.holzapfel@plus.ac.at (corresponding author)

ORCID iD 0000-0002-3898-5656

Sarah Wagner

Jana S. Petermann

Department of Environment and Biodiversity, Paris Lodron University of Salzburg,
A-5020 Salzburg, Austria.

Janine Oettel

Department of Forest Biodiversity and Nature Conservation, Austrian Research Centre
for Forests (BFW), A-1131 Vienna, Austria.

Abstract

Combining genetics, landscape ecology and simulations to inform conservation of two alpine grouse species

Florian Kunz

Within the current era of rapid biodiversity loss, the long-term preservation of wildlife populations and their genetic integrity stands as a main goal of conservation and sustainable development, as noted by the Convention on Biological Diversity and the United Nations Sustainable Development Goals. Thereby, indicator species are especially suited, as these species are representative for the diversity of whole ecosystems. Eastern Alpine Black Grouse (*Lyrurus tetrix*) and Black Forest Western Capercaillie (*Tetrao urogallus*) are two such species.

While Eastern Alpine Black Grouse are threatened with range contradiction and already suffered from local extinctions, Black Forest Capercaillie have experienced a dramatic decline from about 8000 individuals to less than 200 left in the past decades. Both metapopulation systems therefore call for an effective design of conservation strategies. Hence, within my doctoral studies I conducted analyses of genetic diversity and population structure, paired with landscape ecological modelling and statistical simulations, to investigate burning questions of conservation genetics and derive applicable management actions. I found slight effects of isolation between subpopulations for Black Grouse and pronounced effects between subpopulations for Capercaillie. Initiated by these results, I studied whether the observed genetic structure for Black Grouse is in some way affected by the underlying landscape and found spatial genetic variation to be partially driven by the landscape's resistance. As such analyses are however snapshots in time, I further looked into genetic differentiation over time. I therefore build simulations projecting genetic differentiation driven by migration rates from past to present to future, and applied realistic yet hypothetical scenarios.

By making use of newly developed approaches combined with well-established methods, I was able to disentangle landscape ecological drivers of the spatial genetic variation. The simulation built for Capercaillie can be readily applied to test any further scenario, including the effectiveness of conservation strategies. The studies within my thesis have all been mission-driven and were directly informed by practitioners' needs. As such, some results were already implemented into state-wise landscape planning. Ultimately, combating the biodiversity crisis will only be successful through a collaboration of science and practice.

Kunz F (2024) Kombination von Genetik, Landschaftsökologie und Populations-simulationen für die Erhaltung zweier alpiner Raufußhuhnarten.

Vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Biodiversitätskrise ist der langfristige Erhalt von Wildtierpopulationen und deren genetischer Diversität eines der Hauptziele der nachhaltigen Entwicklung. Hierbei sind vor allem Indikatorarten besonders geeignet, welche repräsentativ für die Diversität ganzer Ökosysteme stehen. Die Metapopulation des Birkhuhns (*Lyrurus tetrix*) in der Steiermark sowie die Metapopulation des Auerhuhns (*Tetrao urogallus*) im Schwarzwald sind dabei besonders relevant.

Während es in der Steiermark bereits zu Aussterbeereignissen der Randpopulationen an der östlichsten Verbreitungsgrenze der alpinen Vorkommen gekommen ist, haben die Auerhühner im Schwarzwald einen dramatischen Rückgang der Populationszahlen im letzten Jahrhundert von circa 8000 Individuen auf weniger als 200 Individuen zu verzeichnen. Beide Metapopulationen brauchen deshalb effektive und wissenschaftsbasierte Strategien zur Sicherstellung der langfristigen Erhaltung. In meiner Doktorarbeit habe ich mich daher mit der genetischen Diversität und Populationsstruktur der beiden Metapopulationen befasst. Mittels statistischer und räumlich-expliziter Modelle wird der zugrundeliegenden Frage nachgegangen, ob die räumliche genetische Variation einer

Metapopulation von der Landschaft beeinflusst ist. Für die Steirischen Birkhühner konnten trotz einer generell hohen genetischen Diversität Effekte der Isolation durch Widerstände in der Landschaft gefunden werden. Analysen dieser Art sind meist nur Momentaufnahmen ohne zeitlichen Bezug, weshalb weiterführend untersucht wurde, wie sich genetische Differenzierung über große Zeiträume durch Migrationsraten bedingt entwickelt. Hierfür wurden Simulationen mit Populationsmodellen erstellt und realistische zukünftige Szenarien entwickelt und miteinander verglichen. Durch die Verwendung neuer analytischer Ansätze zusammen mit gut etablierten Methoden erweitert diese Arbeit unser Verständnis von Metapopulationen und deren genetische Prozesse. Alle Studien innerhalb dieser Arbeit wurden dabei zusammen mit dem praktischen Management initiiert und die Ergebnisse fanden entsprechend Eingang in Naturschutzkonzepte und -strategien. Schlussendlich kann die Biodiversitätskrise nur durch eine effektive Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis bewältigt werden.

Keywords: *Lyrurus tetrrix*, *Tetrao urogallus*, conservation, genetics, ecology.

Received: 2024 03 20

Address:

Florian Kunz, E-Mail: florian.kunz@boku.ac.at
Institute of Wildlife Biology and Game Management, Department of Integrative
Biology and Biodiversity Research, University of Natural Resources and Life Sciences,
A-1180 Vienna, Austria.

Abstract

The Citizen Science project “AmphiBiom – habitat for the European green toad and Co”: Small ponds for pioneers

Lukas Landler, Janette Siebert, Stephan Burgstaller,
Magdalena Spießberger, Thomas Ofenböck, Johann Zaller, Silke Schweiger,
Daniel Dörler, Florian Heigl, Wolfram Graf

Amphibians are among the most threatened animal groups worldwide. Crucial factors contributing to this threat are land-use changes and the associated degradation of suitable habitats. Artificially created habitats can be utilized in some areas to alleviate this threat or improve the conservation status of species. This also applies to the strictly protected and endangered European green toad (*Bufo viridis*), whose original habitats (steppes and wild river floodplains) are nowadays scarce in Europe. The decline of this conspicuous species, easily recognizable by its green-white pattern and nocturnal trilling, likely corresponds to the decline of an entire community that also has similar habitat requirements. These include pioneer communities in sun-exposed small water bodies. In our Citizen Science project “AmphiBiom”, funded by the Biodiversity Fund of the Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation, and Technology, as well as NextGenerationEU, we aim to create habitats for these communities. This is done in collaboration with interested Citizen Scientists in Austria who establish a total of 300 small water bodies (approximately 1 × 1.20 m surface area) on their private properties within the European green toad’s possible reach and monitor the ponds’ colonization over two years. This is supported by a customized app (“AmphiApp”) through which data entry occurs during the sampling of the ponds. In addition to photographic observations, Citizen Scientists collect aquatic invertebrates in alcohol-filled sample tubes to enable precise identification. We expect continuous colonization of the ponds depending on the climatic environment and proximity to other water bodies, beginning with a variety of small insects and insect larvae (e.g., water bugs and mosquito larvae). Subsequently, some of these become a food source for the European green toads and other amphibian species. The ponds created through our project will have a sustainable impact on local biodiversity and provide insights into the poorly researched colonization of small manmade ponds. Furthermore, the interested public gains insights into local biodiversity that they can create and experience within their own sphere of influence using simple means.

Landler L, Siebert J, Burgstaller S, Spießberger M, Ofenböck T, Zaller J, Schweiger S, Dörler D, Heigl F, Graf W (2024) Das Citizen Science Projekt „AmphiBiom – Lebensraum für Wechselkröte und Co“: Kleingewässer als neue Pionierstandorte.

Weltweit gehören Amphibien zu den am stärksten bedrohten Tiergruppen. Ein wichtiger Faktor für diese Bedrohung sind Landnutzungsänderungen und die damit verbundene Degradierung von geeignetem Lebensraum. Künstlich geschaffene Lebensräume können in manchen Gebieten genutzt werden um diese Bedrohung abzumildern bzw. den Arterhaltungszustand zu verbessern. Dies gilt auch für die streng geschützte und bedrohte Wechselkröte (*Bufo viridis*), deren Ursprungshabitate (Steppen und Wildflussauen) nur noch in Restbeständen in Europa vorhanden sind. Mit dem Rückgang auffälliger Arten wie der Wechselkröte (durch ihr grün-weißes Muster und nächtlichem Trillern gut zu erkennen), geht der Rückgang einer ganzen Lebensgemeinschaft einher, die ebenfalls ähnliche Habitatansprüche hat. Im Beispiel der Wechselkröte sind das, unter anderem, Pionierlebensgemeinschaften in stark sonnenexponierten Kleingewässern. In unserem Citizen Science Projekt „AmphiBiom“, gefördert durch den Biodiversitätsfonds des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie und NextGenerationEU, versuchen wir Lebensräume für

diese Artengemeinschaften zu schaffen. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit interessierten Bürger*innen in Österreich, die insgesamt 300 Kleingewässern (ca. 0,9 × 1,20 m Oberfläche) im Einzugsbereich der Wechselkröte in ihren Privatgrundstücken anlegen und die Besiedlung der Teiche über 2 Jahre hinweg monitoren. Unterstützt wird dies durch eine eigens entwickelte App („AmphiApp“), über die die Dateneingabe im Zuge der Beprobung der Kleingewässer erfolgt. Zusätzlich zu fotografischen Beobachtungen, sammeln die Bürger*innen aquatische Evertibraten in mit Alkohol gefüllten Proberöhrchen, um uns anschließend eine genaue Bestimmung zu ermöglichen. Wir erwarten uns eine stetige Besiedlung der Gewässer abhängig von der klimatischen Umgebung und Nähe zu anderen Gewässern, die mit einer Reihe von kleineren Insekten und Insektenlarven (z. B. Wasserwanzen und Stechmückenlarven) beginnt. In weiterer Folge stehen diese den Wechselkröten und anderen Amphibienarten als Futterquelle zur Verfügung. Die durch unser Projekt entstandenen Gewässer werden einen nachhaltigen Einfluss auf die örtliche Biodiversität haben, und einen Einblick in die wenig erforschte Besiedelung von Kleingewässern geben. Darüber hinaus erhalten Bürger*innen Einblicke in die heimische Biodiversität, die sie in ihrem eigenen Einflussbereich mit einfachen Mitteln kreieren und erfahren können.

Keywords: *Bufo viridis*, conservation, colonization, man-made-ponds, citizen science.

Received: 2023 12 07

Addresses:

Lukas Landler, E-Mail: lukas.landler@boku.ac.at

Janette Siebert, E-Mail: janette.siebert@boku.ac.at

Stephan Burgstaller, E-Mail: stephan.burgstaller@students.boku.ac.at

Magdalena Spießberger, E-Mail: magdalena.spießberger@boku.ac.at

Johann Zaller, E-Mail: johann.zaller@boku.ac.at

Daniel Dörler, E-Mail: daniel.doerler@boku.ac.at

Florian Heigl, E-Mail: florian.heigl@boku.ac.at

Institute of Zoology, Department of Integrative Biology and Biodiversity Research, University of Natural Resources and Life Sciences, A-1180 Vienna, Austria.

Thomas Ofenböck, E-Mail: thomas.ofenboeck@wien.gv.at, Division Vienna Waters, Municipal of the City of Vienna, Vienna, Austria.

Silke Schweiger, E-Mail: silke.schweiger@nhm-wien.ac.at, First Zoological Department, Herpetological Collection, Natural History Museum, Burgring 7, A-1010 Vienna, Austria.

Wolfram Graf, E-Mail: wolfram.graf@boku.ac.at, Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management (IHG), Department of Water, Atmosphere and Environment, University of Natural Resources and Life Sciences, A-1180 Vienna, Austria.

Abstract

Survey approaches of Austria's Stepping Stone Program contribute to biodiversity monitoring in forests

Janine Oettel, Cornelia Amon, Owen Bradley, Christoph Leeb, Veronika Neidel, Jana Petermann, Frederik Sachser, Katharina Lapin

Stepping stones play a vital role in habitat connectivity, allowing species dispersal and thus contribute significantly to biodiversity conservation and enrichment. In Austria, a national stepping stone program is underway, that focuses on specific areas within forests that will be exempt from regular forest management practices. These stepping stones offer habitats for a diverse array of forest habitat specialists, including saproxylic insects, woodland birds, bryophytes, fungi, and lichen. Within the national program a comprehensive monitoring is implemented, designed in a modular fashion to accommodate both standard and intensive surveys. Standard surveys, conducted across all sites, aim to collect fundamental information on forest structure and readily assessable data. These surveys do not necessitate trained taxonomists; instead, they employ a general approach, documenting habitat information, including tree-related microhabitats and deadwood. Both of these parameters serve as indicators for biodiversity. In contrast, intensive surveys are led by taxonomic experts concentrating on specific forest-related species groups. In this context, we investigate the relationship between species and forest structures, which encompasses identifying vascular plants, assessing inhabitants of tree cavities and trunk root concavities using camera traps, determining aquatic insect communities in dendrotelms, recording the acoustic activity of birds and bats, deploying traps for saproxylic beetle species, and carrying out DNA analysis of soil biodiversity with a focus on decomposer organisms. We underline the importance of monitoring forest-related species, influencing factors and interactions to evaluate the functionality and health of forest ecosystems. Extending monitoring efforts to managed forests and long-term protected forests is essential to respect different management scenarios on forest biodiversity. This, in combination with the efforts in recently designated stepping stones, enables a comprehensive assessment of trends in forest structures and biodiversity in Austrian forests.

Oettel J, Amon C, Bradley O, Leeb C, Neidel V, Petermann J, Sachser F, Lapin K (2024) Erhebungsmethoden des Österreichischen Trittsteinbiotope-Programms als Beitrag für ein Biodiversitätsmonitoring in Wäldern.

Trittsteinbiotope spielen eine wesentliche Rolle für die Habitatvernetzung, indem sie die Ausbreitung von Arten ermöglichen und somit maßgeblich zum Erhalt und zur Erhöhung der Artenvielfalt beitragen. In Österreich wird ein nationales Trittsteinbiotope-Programm etabliert, das sich auf bestimmte ökologisch wertvolle Waldflächen konzentriert, die von einer regulären Waldbewirtschaftung ausgenommen werden. Diese Flächen bieten Lebensraum für eine Vielzahl an Waldarten, darunter totholzbewohnende Insekten, Moose, Pilze, Flechten und Waldvögel. Im Rahmen des nationalen Programms wird ein umfangreiches Monitoring aufgebaut, das modular gestaltet ist und sowohl Standarderhebungen als auch Intensivuntersuchungen ermöglicht. Standarderhebungen werden auf allen Flächen durchgeführt und zielen darauf ab, grundlegende Informationen zur Waldfläche zu sammeln. Diese Erhebungen erfordern keine taxonomische Expertise, sondern dokumentieren Flächeninformationen und Strukturdaten, einschließlich baumbezogener Mikrohabitate und Totholz. Beide Parameter dienen als Indikatoren für die Biodiversität. Im Gegensatz dazu werden Intensivuntersuchungen von taxonomischen Experten durchgeführt, die sich auf spezialisierte oder waldbewohnende Arten konzentrieren. In diesem Kontext wird die Beziehung zwischen Arten und Waldhabitaten und -strukturen untersucht. Dies umfasst die Identifikation von Gefäßpflanzen, die Bestimmung von Bewohnern

von Mulmhöhlen und Stammfußhöhlen unter Einsatz von Kamerafallen, die Bewertung von aquatischen Insektengemeinschaften in wassergefüllten Baumhöhlen (Dendrotelmen), die Aufzeichnung der akustischen Aktivität von Vögeln und Fledermäusen, die Identifikation von totholzbewohnenden Käferarten, sowie die Durchführung von DNA-Analysen zu Bodenbiodiversität mit Fokus auf Zersetzerorganismen. Ein Monitoring von Waldarten, ihrer Einflussfaktoren und Interaktionen ist wesentlich für die Beurteilung der Funktionalität und Gesundheit von Waldökosystemen. Eine Ausweitung der Monitoring-Initiative auf bewirtschaftete Wälder und Wälder in Schutzgebieten ist notwendig, um den Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsszenarien auf die Waldbiodiversität zu berücksichtigen. Eine Kombination dieser Informationen mit den Ergebnissen aus den kürzlich außer Nutzung gestellten Trittsteinbiotopen ermöglicht eine umfangreiche Beurteilung von Trends der Waldstruktur und der Biodiversität in österreichischen Wäldern.

Keywords: habitat connectivity, forest-related species, forest structure, tree-related microhabitat, deadwood, acoustic monitoring, camera trapping, soil biodiversity.

Received: 2023 10 25

Addresses:

Janine Oettel, E-Mail: janine.oettel@bfw.gv.at,

ORCID ID: 0000-0002-3037-9563 (corresponding author)

Cornelia Amon, E-Mail: cornelia.amon@bfw.gv.at,

ORCID ID: 0000-0003-2414-5813

Owen Bradley, E-Mail: owen.bradley@bfw.gv.at

Christoph Leeb, E-Mail: christoph.leeb@bfw.gv.at, ORCID ID: 0000-0002-7727-6246

Frederik Sachser, E-Mail: frederik.sachser@bfw.gv.at,

ORCID ID: 0000-0002-0124-909X

Katharina Lapin, E-Mail: katharina.lapin@bfw.gv.at,

ORCID ID: 0000-0003-4462-2058

Department of Forest Biodiversity and Nature Conservation, Austrian Research Centre for Forests (BFW), Vienna, Austria.

Veronika Neidel, E-Mail: veronika.neidel@bfw.gv.at,

ORCID ID: 0000-0001-6053-6024

Department of Forest Protection, Austrian Research Centre for Forests (BFW), Vienna, Austria.

Jana Petermann, E-Mail: jana.petermann@plus.ac.at,

ORCID ID: 0000-0002-3898-5656

Department of Environment and Biodiversity, University of Salzburg, Salzburg, Austria.

Abstract

Genetic indicators for forest biodiversity monitoring

Aglaia Szukala, Heino Konrad, Katharina Lapin, Martin Braun

Genetic monitoring tracks changes in the genetic dynamics and characteristics of populations over time by means of specific metrics and relevant parameters. We identify two key indicators pivotal for biodiversity monitoring of forest ecosystems: the trends in genetic diversity of populations, and the rate and amount of gene flow within mating systems. These indicators jointly describe the genetic state of populations and their connectivity, allowing predictions on their ability to adapt, as well as their future distribution. We outline important population genetic parameters, such as the effective population size, changes in allelic richness and the inbreeding coefficient, that can be used as verifiers in genetic monitoring with different advantages and disadvantages. We recommend concentrating genetic monitoring efforts on gene conservation units, species of both biological and economic significance, as well as on those that are rare or endangered. Our projects within the gene conservation forests framework (*Generhaltungswälder*) provide in situ conservation of genetic resources (i.e. specific tree populations) within their original ecosystem. This type of genetic conservation emphasizes the maintenance of populations of adequate size over generations to sustain their adaptive potential in the long term. Genetic monitoring and conservation of such forest units is fundamental to ensure that forestry will have access to genetically diverse and therefore stable tree populations in the future, even under altered environmental conditions.

Szukala A, Konrad K, Lapin K, Braun M (2024) Genetische Indikatoren für Waldbiodiversitätsmonitoring.

Genetisches Monitoring untersucht die Veränderung genetischer Merkmale von Populationen anhand spezifischer Einheiten und relevanter Parameter. Dabei werden zwei Schlüsselindikatoren erhoben, die für die Überwachung der biologischen Vielfalt von Waldökosystemen von zentraler Bedeutung sind: die Entwicklung der genetischen Vielfalt von Populationen sowie das Ausmaß des Genflusses zwischen Teilpopulationen. Diese Indikatoren beschreiben gemeinsam den genetischen Zustand von Populationen und ihre Vernetzung und ermöglichen Vorhersagen über ihre Anpassungsfähigkeit und ihr Ausbreitungspotential. Wir beschreiben wichtige populationsgenetische Parameter wie die effektive Populationsgröße, die Veränderungen der Allelvielfalt und des Inzuchtkoeffizienten, die im Rahmen des genetischen Monitorings als Kontrollwerte eingesetzt werden können. Wir empfehlen, das genetische Monitoring auf Generhaltungswälder, Arten von biologischer und wirtschaftlicher Bedeutung, sowie auf seltene oder gefährdete Arten zu konzentrieren. Unsere Projekte mit Bezug zu den Generhaltungswäldern dienen der in situ Erhaltung der genetischen Ressourcen in ihrem ursprünglichen Ökosystem. Bei diesen Projekten liegt der Schwerpunkt auf der Erhaltung von Populationen ausreichender Größe über Generationen hinweg, um ihr Anpassungspotenzial langfristig zu erhalten. Genetisches Monitoring und die Erhaltung solcher Waldeinheiten ist von grundlegender Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Forstwirtschaft auch in Zukunft Zugang zu genetisch vielfältigen und damit stabilen Baumpopulationen hat, selbst unter veränderten Umweltbedingungen.

Keywords: genetic monitoring, genetic indicators, gene conservation forests, *in situ* conservation, forest.

Received: 2023 11 14

Addresses:

Aglaia Szukala, E-Mail: aglaia.szukala@bfw.gv.at

Heino Konrad, E-Mail: heino.konrad@bfw.gv.at

Katharina Lapin, E-Mail: katharina.lapin@bfw.gv.at

Martin Braun, E-Mail: martin.braun@bfw.gv.at

Department of Forest Biodiversity and Nature Conservation, Austrian Research Centre for Forests (BFW), Vienna, Austria.

Allgemeine Beiträge

Contribution to the distribution of rare or largely overlooked vascular plants in southern Albania

Anton Drescher, Marjol Meço

In the course of vegetation studies in the Vjosa catchment in southern Albania in the years 2017 to 2023, a number of taxa previously unknown or insufficiently known from the area were found. In this paper, the following taxa are presented in alphabetical order: *Acanthus hungaricus*, *Balkana spergulifolia*, *Biarum tenuifolium*, *Carex flacca* subsp. *serrulata*, *Cyperus flavescens*, *Fimbristylis bisumbellata*, *Periploca graeca*, *Salsola tragus* subsp. *tragus* und *Typha minima*. Their distribution in southern Albania, habitat requirements and protection status are discussed.

Drescher A, Meço M (2024) Beitrag zur Verbreitung seltener oder bisher übersehener Gefäßpflanzen in Süd-Albanien.

Im Zuge von vegetationskundlichen Untersuchungen im Einzugsgebiet der Vjosa in Südalbanien in den Jahren 2017 bis 2023 wurde eine Reihe von bisher aus dem Gebiet nicht oder nur unzureichend bekannter Taxa gefunden. Im Rahmen dieser Arbeit werden folgende Taxa in alphabetischer Reihenfolge vorgestellt: *Acanthus balcanicus*, *Balkana spergulifolia*, *Biarum tenuifolium*, *Carex flacca* subsp. *serrulata*, *Cyperus flavescens*, *Fimbristylis bisumbellata*, *Periploca graeca*, *Salsola tragus* subsp. *tragus* und *Typha minima*. Ihre Verbreitung in Süd-Albanien, Standortsansprüche und der Schutzstatus werden behandelt.

Keywords: Southern Albania, Vjosa catchment, IUCN Red List, distribution pattern, flora.

Introduction

The basis of floristic geobotany in Albania are the works of Baldacci (1917), Hayek (1924–1933), and Markgraf (1931, 1932). In the meantime a large number of papers dealing at least partly with the flora of southern Albania have been published. For more detailed information on the floristic exploration of Albania especially in the 20th century see Barina (2017).

Several field trips since 2017 as part of Science weeks and the VjoSusDev project (“Environmental assessment of the Vjosa riverscape as the basis for an integrated water management and sustainable catchment development”) have provided new data from previously little-explored parts of southern Albania.

The aim of this work is to bridge the existing gaps compared to Barina (2017) in the distribution patterns of several taxa of southern Albania.

Material and Methods

The Vjosa catchment with a total area of 6704 km² is situated in southern Albania and adjacent northern Greece. The Greek part (2339 km²) comprises the greatest part of Sarantaporos, the uppermost stretch of Vjosa (Greek: Aoos) and a smaller part of the Drinos catchment (Fig. 1). Several excursions were carried out between April and September in the years 2017 to 2023 and more than 180 vegetation surveys (relevés) were performed using the Braun-Blanquet approach (Mueller-Dombois & Ellenberg 2002). This should provide the opportunity to observe species in their habitat at all times of the year.

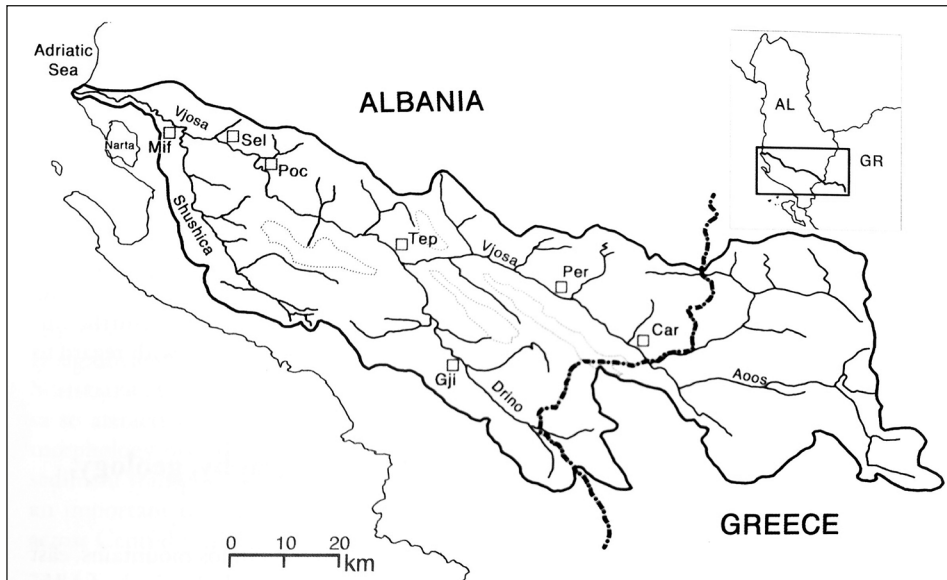


Fig. 1: Catchment of the Vjosa-Aoos river. Dotted lines in the Albanian part indicate the major mountain ranges. Abbreviations of settlements: Car (Çarshova), Gji (Gjirokastra), Mif (Mifoli), Per (Permet), Poc (Poçëm), Sel (Selenica), Tep (Tepelena). (From Schiemer et al. 2018). – Abb. 1: Einzugsgebiet der Vjosa (Aoos). Punktierete Linien markieren die wichtigsten Gebirgsmassive. Abkürzungen für die Siedlungen: Car (Çarshova), Gji (Gjirokastra), Mif (Mifoli), Per (Permet), Poc (Poçëm), Sel (Selenica), Tep (Tepelena). (Aus Schiemer et al. 2018).

In the present work, only our own observations and collections are considered, which are summarised in a list at the beginning of the discussion of each species. This list contains not only the data of the findings but also the collectors or photo authors and identifiers. The only exception is *Typha minima*. Here, the findings in Fontes et al. (2019) are also used for the representation in the distribution map in order to obtain a well-rounded visualisation.

For the identification of species, we consulted Flora Europaea (Tutin et al. 1968–1980; Tutin et al. 1993), the Illustrated Flora of Albania (Pils 2016, Pils 2024), for particular families we used special literature such as Delforge (2001) (*Orchidaceae*), Krendl (2014) (*Rubiaceae*), Tomasello (2028) (*Xanthium*), Kadereit et al. (2005) (*Salsola*). As a taxonomic-nomenclatural reference we used the Euro+Med Plant Base (Euro+Med 2006+). Unless otherwise stated, collected material is deposited in the private herbaria of A. Drescher and M. Meço. Acronyms of herbaria follow Index Herbariorum (2024).

Results

Acanthus hungaricus (Acanthaceae, Fig. 2, 5)

Përmet district: Rock crevices of the Langarica canyon (40°14'43.6"N, 20°26'16.9"E; 320 m a.s.l) (phot. 16 August 2023, M. Meço). The rock crevices are very smooth with very little vegetation dominated by some rare plant species found in these crevices such as, *Asperula chlorantha*, *Lilium martagon* and *Stachys annua*.

Acanthus greuterianus, *A. hungaricus* and *A. spinosus* are the only three representatives of the family in Albania (Pils 2016, 2024).

The distribution area of the species is the Balkan Peninsula, extending to SW Romania and Croatia. It is introduced in Belgium, Germany and the Czech Republic (Tan et al., 2023). In Albania it is more present in the north-northeast of the country. It is found on limestone, in the mountain rocks, in rocky grasslands, scrub, rarely in xerophytic forests. In the Vjosa catchment it is reported by Barina (2017) as *A. balcanicus* in mountain areas of Gjirokastër and Përmet districts, close to the border with Greece.



Fig. 2: *Acanthus hungaricus*, on the rock crevices of Langarica canyon, Përmet district (phot. Marjol Meço, 16 August 2023). – Abb. 2: *Acanthus hungaricus*, in der Felswand der Langarica Schlucht, Përmet District (phot. Marjol Meço, 16. August 2023).

Balkana spergulifolia (Caryophyllaceae, Fig. 5)

Sarantaporos: Partly sand-covered gravel ridge in the flood plain of the Sarantaporos river, 40°04'57.8"N, 20°36'54.3"E; 355 m a.s.l. Scattered pioneer vegetation with low shrubs of *Populus nigra*, *Ononis spinosa* and temporarily drought-tolerant annual herbaceous species or perennials such as *Medicago coronata*, *Heliotropium europaeum*, *Tragus racemosus*, *Xanthium orientale*, *Asperula aristata*, *Cynodon dactylon*, *Gelasia doriae* and *Sanguisorba minor*. Leg. A. Drescher, 16 September 2017, Hb. Drescher.

The endemic species of the Balkan is found in Albania, Serbia, Kosovo, Bosnia-Herzegovina and North-Macedonia (Vangjeli 2015; Pils 2016 as *Gypsophila s.*; https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=9921141; as *G. s* as well on serpentine soils or on limestone, see www.gbif.org and JACQ: <https://mjpg.jacq.org/MJG012040>; <https://w.jacq.org/W20120005455>; <https://gzu.jacq.org/GZU000293851> and <https://w.jacq.org/W0244580>). In Barina (2017: 196), the species is reported from the mountains of Albania as *Gypsophila spergulifolia*, "...more frequent from the northern parts". In the Vjosa catchment only one record from the southeast is indicated in the distribution map.



The species is found more frequently on serpentine rocks than on calcareous substrates. The ephemeral occurrence in the partly sand-covered coarse gravel of the Sarantaporos seems to be the exception rather than the rule. The small seeds of the boleochorous clade may have been blown directly into the flood zone by the gusts of wind – but may also have been transported some distance by the water.

Due to their verticillate phyllotaxi, their distinctly swollen connate leaf bases and seed features, Madhani et Zarre placed *Gypsophila spergulifolia* in the new genus *Balkana* (Madhani et al. 2018).

Biarum tenuifolium (Araceae, Fig. 3, 5)

Vasjar: Along a path through dry grassland, next to the road of Vas-

Fig. 3: *Biarum tenuifolium* found in the dry grasslands of the Vasjar hill (phot. M. Meço, 26 September 2023). – Abb. 3: *Biarum tenuifolium* am Fundort in den Trockenrasen der Vasjar Hügel (phot. M. Meço, 26. September 2023).

jar village, Tepelena (40°21'25.1"N, 19°56'15.9"E; 145 m a.s.l.) (phot. 26 September 2023, M. Meço). Disturbed area with little vegetation. Dominant species are: *Achnatherum bromoides*, *Phlomis fruticosa*, *Euphorbia chamaesyce*, *Dactylis glomerata*, *Medicago minima*, etc.

According to Boyce & Athanasiou (1991) *B. tenuifolium* is one of the 20 species of the genus *Biarum*. This genus is occurring from Portugal to Iran and from ex-Yugoslavia to Jordan. The discrete centres of diversity of the *B. tenuifolium* complex are the Afro-Iberian Mediterranean region and the East Mediterranean, mainly in the Balkans. The authors reported three subspecies and two varieties of *Biarum tenuifolium* known from the Balkans: subsp. *abbreviatum*, subsp. *idomenaeum* and subsp. *tenuifolium* with two varieties: var. *tenuifolium* and var. *zeleborii*. Pils (2016) reported *Biarum tenuifolium* subsp. *tenuifolium* from Albania. According to the Euro+Med Plant Base (Euro+Med 2006+) the species is found in Bosnia-Herzegovina, Croatia, Greece, Italy, North Macedonia and Turkey (Asiatic part). In Albania it occurs very sporadically, with only a few records. It is found in dry grasslands, at altitudes between 50 and 1400 m above sea level. The Konispol district is the only Albanian region where this species is known. From the Vjosa catchment an unconfirmed record in the Përmet area, close to the border with Greece, was reported (Barina 2017).

Carex flacca* subsp. *serrulata (Cyperaceae, Fig. 4, 5)

Selenice: NE-exposed lower slope on the orographic left river bank of the Vjosa river (40°32'54.9"N, 19°35'46.2"E; 57 m a.s.l.; relevé no. 168, 17 April 2023, A. Drescher, unpublished). Scrub dominated by *Quercus coccifera* and scattered *Acer campestre*. The species rich field layer is characterized by a mixture of evergreen and deciduous woody species like *Cistus creticus*, *Spartium junceum*, *Rosa sempervirens*, *Crataegus monogyna*, *Phillyrea latifolia*, *Hippocrepis emerus* subsp. *emeroides* and others.

Kutë: Lower terrace of the Vjosa floodplain southwest of Kutë, orographic left river bank (40°26'10.2"N, 19°45'01"E; 55 m a.s.l.; 24 April 2017, leg et det. A. Drescher GZU000337147). Lowest terrace at a distance of approx. 500 metres from the main channel with dry conditions and *Teucrium polium*, *Bellis annua*, *Micromeria juliana*, *Achillea coarctata*, *Aira caryophylla*, *Plantago lagopus*, *Bombycilaena erecta* and others.

Tepelenë: Gravel ridge in the floodplain of the Vjosa river (40°17'05.9"N, 20°02'03.1"E; 126 m a.s.l.; relevé no. 117, 26 June 2022, A. Drescher, unpublished). Open gravel site with species-rich (more than 50 species per 100 square meters) herbaceous vegetation and individual shrubs such as *Paliurus spina-christi* and *Populus xcanadensis*.

Gjorm: Lowest terrace of the river Shushica on the orographic left bank, south of the new road bridge approx. 1.8 km N Gjorm (40°20'01.3"N, 19°38'38.8"E; 119 m a.s.l.; phot. A. Drescher, 30 May 2021); shrubland with dominating *Rubus sanctus*, furthermore *Phlomis fruticosa*, *Crataegus monogyna*, *Dasyphyrum villosum*, *Vicia villosa*, *Lathyrus aphaca*, *Anchusella cretica* and others.

Hundëkuq: Lower slope approx. 2 km northwest of Hundëkuq (40°12'06.2"N, 20°05'21.5"E; 195 m a.s.l.; relevé no. 152, 13 April 2023, A. Drescher & Ella Brugger-Schiefermüller, unpublished). Grazed, open and species rich macchia with single trees of *Quercus trojana* and *Pyrus eleagrifolia*, in the shrub layer *Paliurus spina-christi*, *Phlomis fruticosa* and a species rich heavily browsed herb layer.

Sarantaporos: Orographic right bank of the Sarantaporos river (40°05'01"N, 20°36'59"E; 356 m a.s.l.; relevé no. 56, 16 September 2017, A. Drescher, unpublished). Mixed forest with *Quercus cerris* in the upper tree layer and *Platanus orientalis*, *Carpinus orientalis*, *Fraxinus ornus* and *Populus nigra* in the understorey. The stand is situated on a river terrace about 1.5 to 3 meters above the summer water level. At least during highwater periods the root system of the trees is in contact with ground water.



Fig. 4: *Carex flacca* subsp. *serrulata*. Shushica floodplain approx. 1.8 km north of Gjorm (phot. A. Drescher, 30 May 2021). – Abb. 4: *Carex flacca* subsp. *serrulata*. Shushica Aue ca 1,8 km nördlich von Gjorm (phot. A. Drescher, 30. Mai 2021).

The distribution of *Carex flacca* is given in Barina (2017) as “common throughout the country” up to 2100 metres a.s.l. in various types of grasslands, scrubland and olive groves, oak woodlands. Unfortunately, the authors do not differentiate between subspecies, which is why this information is of limited value. In addition to subsp. *flacca*, which is widespread in Europe, subsp. *serrulata* is listed in the Euro+Med Plant Base but as subsp. *erythrostachys* in POWO (2023). Pils (2016) distinguishes three subspecies: subsp. *flacca*, subsp. *erythrostachys* and subsp. *serrulata*. The distinguishing features between the two latter subspecies, such as bracts about as long or longer than the erect or erecto-patent utricles, the latter with a denticulate arista, are consistent with subsp. *serrulata* (Pils 2016). The altitudinal distribution “Mediterranean to sub-Mediterranean” as opposed to “montane to sub-alpine” of *erythrostachys* (Pils 2016) is also consistent with our determination. The native range of the subspecies *serrulata* is around the Mediterranean (except the central Balkan states of Serbia, Kosovo and North Macedonia, Egypt and the Arab peninsula) to Pakistan. The rhizomatous geophyte (POWO 2023) is growing outside the floodplain on lower slopes or on river terraces in mixed deciduous forests.



Fig. 5: Dot map of new findings of *Acanthus hungaricus*, *Balkana spergulifolia*, *Biarum tenuifolium* and *Carex flacca* subsp. *serrulata*. – Abb. 5: Punktverbreitungskarte der neuen Funde von *Acanthus hungaricus*, *Balkana spergulifolia*, *Biarum tenuifolium* und *Carex flacca* subsp. *serrulata*.

Cyperus flavescens (Cyperaceae, Fig. 6)

Tepelenë: orographic left bank of the Vjosa river. Slowly intermittently flowing shallow water channel at the outer edge of the flood plain, together with *Fimbristylis bisumbellata*, *Cyperus fuscus*, *Eleocharis palustris*, *Crypsis alopecuroides*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Helosciadium nodiflorum* and seedlings of *Salix amplexicaulis*. Leg. et det. A. Drescher, 16 September 2017. (Hb. Drescher).

The genus *Cyperus* comprises approx. 600 perennial or annual species of pantemperate and tropical distribution (Tucker et al. 2002).

The therophyte *C. flavescens*, with a basal rosette of keeled leaves, colonises very moist sites where the water level is subjected to strong fluctuations (see fig. 5). The species is a weak competitor and tolerant of disturbance. While *C. flavescens* is classified as “LC” (least concern) for the territory of the European Union as a whole, it is considered “VU” (vulnerable) in some regions, e.g. in Croatia (IUCN 2023: <https://www.iucnredlist.org/species/157979/5179639>). Barina (2017) considers it “not rare in the whole country”, but the distribution map (Barina 2017) shows only two localities: one in the Vjosa Delta, a second in the lower reaches downstream of the Shushica confluence. The site near Tepelenë from September 2017 no longer exists after a flood event.

Fimbristylis bisumbellata (Cyperaceae, Fig. 6)

Tepelenë: orographic left bank of Vjosa the river. Slowly intermittently flowing shallow water channel at the outer edge of the flood plain, together with *Cyperus flavescens*, *Cype-*

rus fuscus, *Eleocharis palustris*, *Crypsis alopecuroides*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Helosciadium nodiflorum* and seedlings of *Salix amplexicaulis*. Leg. et det. A. Drescher, 16 September 2017 (Hb. Drescher).

The annual species is widespread in large parts of the Old-World tropics and subtropics along riverbanks, on sandy wet places (see map in POWO 2023). In Europe it occurs in the Mediterranean countries north to Romania, Switzerland and Ukraine (IUCN 2023, Euro+Med 2006+). Barina (2017) reports it from localities “mainly near the sea and in the lowlands”. The ephemeral site near Tepelenë disappeared in the meantime after a flood event. With its ruderal strategy, this low-competitive species can make optimum use of open sites with an unfavourable water regime. Seed dispersal by the wind fits in well with this strategy. According to the IUCN (2023), the species is protected in the Provence-Alpes-Cote d’Azur region, in Croatia and Serbia it is classified as critically endangered (CR) (Nikolić & Topić 2005; Stevanović 1999). Following IUCN (2023) the population development is stable, in some countries the species is in decline due to the loss of suitable habitats and/or the decrease in rice cultivation.

Periploca graeca (Apocynaceae, Fig. 6)

Dellenjë: Vjosa Delta, orographic left bank of the river (40°39’24”N, 19°22’44.5”E; 1 m a.s.l., 1 June 2021, relevé no. 108, A. Drescher, unpublished). *Ulmus minor* relic forest with climbing species such as *Periploca graeca*, *Clematis vitalba*, *Hedera helix*, *Dioscorea communis*, *Rubia perigrina*, *Calystegia sepium* and a species poor herb layer.

Novosele: Vjosa estuary, orographic right bank of the river (40°38’11.6”N, 19°28’01.9”E; 3 m a.s.l.; relevé no. 112, 4 June 2021, A. Drescher, unpublished). *Populus alba*-*Salix alba*-forest with understorey of dominant *Cornus sanguinea* and *Rubus sanctus*, in canopy gaps dense cover of *Agrostis* spec.

Poçem: Foot of a slope (40°30’33”N, 19°44’11”E; 45 m a.s.l.; relevé no. 71, 22 September 2017, A. Drescher, unpublished). Freshwater spring with *Alnus glutinosa* coppice with lianas such as *Hedera helix*, *Solanum dulcamara* and moisture indicators like *Carex remota*, *Helosciadium nodiflorum*, *Equisetum telmateia* and *Iris pseudacorus*.

Humelice: orographic left bank of the river Drinos (40°10’15”N, 20°05’00”E; 172 m a.s.l.; rel. no. 160, 14 April 2023, A. Drescher, unpublished). *Salix alba*-*Alnus glutinosa*-*Platanus orientalis* wood with *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Prunus spinosa*, *Vitis* spec. and seedlings of other woody species like *Ulmus minor* and *Quercus robur*.

Sarantaporos: Orographic right bank of the Sarantaporos river (40°05’01”N, 20°36’59”E; 356 m a.s.l.; relevé no. 56, 16 September 2017, A. Drescher, unpublished). Mixed forest with *Quercus cerris* in the upper tree layer and *Platanus orientalis*, *Carpinus orientalis*, *Fraxinus ornus* and *Populus nigra* in the understorey. The stand is situated on a river terrace about 1.5 to 3 meters above the summer water level. At least during highwater periods the root system of the trees is in contact with ground water.

Periploca graeca is a deciduous woody climber with stems up to 12 meters. It grows in any fertile soils in woods, thickets and river-banks under rather sunny conditions. The distribution area covers the entire Balkan Peninsula up to the Danube Delta in the northeast with the exception of Bosnia-Herzegovina, Serbia, Kosovo and North Macedonia. The East Aegean islands form the bridge to the western Asian occurrences in Turkey, Armenia, Israel, Palestine, Jordan, Lebanon and Syria. It is cultivated in Crimea and introduced in



Fig. 6: Dot map of new findings of *Cyperus flavescens*, *Fimbristylis bisumbellata* and *Periploca graeca*. – Abb. 6: Punktverbreitungskarte der neuen Funde von *Cyperus flavescens*, *Fimbristylis bisumbellata* und *Periploca graeca*.

Algeria, Spain, France and other countries (Euro+Med Plant Base). In Albania the species is found frequently along the Adriatic coast and around Lake Shkodra. It is reported sporadically elsewhere in swamp woodlands, marshes, scrub, pine forests and along the riverine forest riverbeds (Barina 2017). Along the Vjosa River and its catchment this species has not been reported yet. We found *P. graeca* in the Vjosa catchment from the Delta up to the Greek border at approx. 350 m a.s.l. in different woodland communities and their edges (see collection data and Fig. 6).

Salsola tragus* subsp. *tragus (Chenopodiaceae, Fig. 7, 8)

Mifol bridge: On the sand deposits along the active channel of the Vjosa River, under the Mifol bridge (40° 38'4.8"N, 19°27'43.6"E; 4 m a.s.l.). *Xanthium orientale* is the dominant accompanying species. The shrub vegetation around is dominated by *Tamarix parviflora* mixed with *Imperata cylindrica* and *Tripidium ravennae*.

Luftinjë bridge: On the gravel river bed along the active channel of the Luftinjë river, close to the meeting point with the Vjosa river (40°20'56.2"N, 19°57'35.2"E; 100 m a.s.l.) (phot. 20 September 2022, M. Meço). The dominant accompanying species are *Xanthium orientale*, *Dittrichia viscosa*, *Tragus racemosus* and *Tamarix parviflora*.

Tepelenë: Gravel river bed of Vjosa the river, next to the waste deposit site of Tepelena town. (40°18'47.51"N, 20°1'23.05"E; 121 m a.s.l.; leg. 21 September 2022, M. Meço Hb. Meço). The accompanying species are: *Dittrichia graveolens*, *Dittrichia viscosa*, *Xanthium*

orientale, *Verbascum sinuatum*, *Verbena officinalis*, *Tamarix parviflora*, and seedlings of *Platanus orientalis*.

The taxon belongs to *Salsola kali* s.l. (Kadereit et al. 2005, Mosyakin 2017). It is annual and grows primarily in the temperate biome. In Albania it is reported from the Buna River Protected Landscape, NW of the country, as *Salsola kali* subsp. *tragus* by Fanelli et al. (2015). In the Checklist of vascular plants of Albania, it is reported as “occurrence not proven (unvouchered)” (Barina et al. 2018). Barina et al. (2017) reported *Salsola kali* as a species frequent along the Adriatic coast, and in the Prespa area, SE Albania. The records along the Vjosa River and probably the findings from the Prespa area are *Salsola tragus* subsp. *tragus*, a taxon also known from east-central Greece (Flora of Greece web: https://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/cdm_dataportal/taxon/751aeae5-34cb-4e1d-860e-9bdf8b79dba3/synonymy:highlite=87bcab12-1609-440b-9faa-c9257040ed77&acceptedFor=87bcab12-1609-440b-9faa-c9257040ed77#87bcab12-1609-440b-9faa-c9257040ed77). It also is occupying a different ecological niche than the coastal halophyte *Salsola kali* subsp. *kali* (Kadereit et al. 2005; Mosyakin 2017).



Fig. 7: *Salsola tragus* subsp. *tragus* found in the Vjosa riverbed, Luftinjë bridge (phot. M. Meço, 20 September 2022). – Abb. 7: *Salsola tragus* subsp. *tragus* im Flussbett der Vjosa, Brücke bei Luftinjë (phot. M. Meço, 20. September 2022).

Typha minima Funck ex Hoppe (Typhaceae, Fig. 8)

Poçem: orographic right bank of the Pevla rivulet (40°30'52.8"N, 19°44'24.6"E; 41 m a.s.l.; relevé no. 95, 14 May 2019, A. Drescher, unpublished). Sandy shallow bank with a thin layer of coarse sand. Dominant stand of *Typha minima* with *Agrostis stolonifera*, *Mentha*

longifolia, *Galega officinalis*, *Erigeron canadensis*, *Lythrum salicaria* and others. Population size: 100–500 individuals.

Poçem: orographic right bank of the Pevla rivulet (40°30'52"N, 19°44'3"E; 41 m a.s.l.; relevé no. 96, 14 May 2019, Drescher, unpublished). Sandy shallow bank with a thin layer of coarse sand. Dominant stand of *Typha minima* with *Lythrum salicaria*, *Vicia sativa*, *Juncus acutus* and seedlings of *Salix alba* and *Platanus orientalis*. Population size: 100–500 individuals.

Kutë: orographic right bank of the Vjosa river, outer edge of the active channel at the confluence of a slowly flowing side arm (40°28'40.7"N, 19°45'12.6"E; 49 m a.s.l.; relevé no. 12, 26 April 2017, A. Drescher, unpublished). Sandy shallow bank with patchy scrub of *Salix triandra*, *Salix alba*, *Tamarix parviflora*, *Populus alba*, *Platanus orientalis*, together with *Imperata cylindrica*, *Xanthium orientale*, *Equisetum ramosissimum*, *Dittrichia viscosa* and others. Population size: 50–100 individuals.

Kutë: orographic right bank of the Vjosa river (observation data see Fontes et al. 2019). Population size: 500–1000.

Kutë: orographic right bank of the Vjosa river (observation data see Fontes et al. 2019). Population size: 50–100.

Qesarat: orographic right bank of the Vjosa river (observation data see Fontes et al. 2019). Population size: 500–1000.

Vasjar area: orographic right bank of the Vjosa river (observation data see Fontes et al. 2019). Population size: > 1000.

Tepelenë: orographic right bank of the Vjosa southeast of Tepelena town (40°17'25.3"N, 20°02'23.1"E; 126 m a.s.l.; relevé no. 123, 29 June 2022, A. Drescher, unpublished). Sandy-silty sediment, flooded only at high waters. Scattered shrub vegetation with *Salix amplexicaulis*, *Salix triandra*, *Tamarix parviflora*, herb layer with *Schoenoplectus triqueter*, *Tripidium ravennae*, *Panicum repens*, *Xanthium orientale*, *Euphorbia prostrata*, *Tragus racemosus* and others.

Sarantaporos: Orographic right bank of the Sarantaporos river (40°04'58"N, 20°36'54"E; 355 m a.s.l.; relevé no. 53, 16 September 2017, A. Drescher, unpublished). Shallow depression at the outer edge of the floodplain with sandy sediment. Pioneer vegetation with dominant *Typha minima*, also *Populus nigra* and other herbaceous species such as *Equisetum ramosissimum*, *Elytrigia spec.*, *Xanthium orientale*, *Typha angustifolia*.

The smallest of the five Albanian *Typha* species (Pils 2016) is listed under Appendix I of the Bern Convention as well as in the most recent IUCN Red List of endangered species. Globally it is assessed as least concern (LC), for Europe as data deficient (DD) with the need for reassessment. According the Albanian Red List (VKM 2013) *Typha minima* is assessed with conservation status CR C1. In the last version of Albanian Red List which was updated in 2020 (and is expected to be approved by the Decision of the Ministers' Council), the conservation status VU A3C is proposed for this species as several more locations have become known since 2013 and it is no longer considered so rare (unpublished data).

The species' range extends from NE China and Russia via Mongolia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Uzbekistan, Turkmenistan, Afghanistan, Pakistan, the Caucasus region, Ukraine to the Western Alps and the Mediterranean region (Jaunautre et al., 2016).

According to Meusel et al. (1965), the pre-Alpine (sub)meridional-continental-Eurasian flora element is strongly disjunct in Europe. Here it is considered extinct in several countries, such as Hungary, Liechtenstein and the Czech Republic. In Austria, Croatia and Germany it is reported as critically endangered, in Switzerland (Galeuchet & Holderegger 2005), Serbia and Greece as endangered, although it is known only from one locality (Yannitsaros & Vassiliades 2003, IUCN 2023).

A series of studies from Switzerland and Germany report on the sharp decline in occurrence after the regulation measures on many rivers, beginning at the end of the 19th century. Herbarium and literature studies in the course of several projects along the Danube show that the species was also widespread in Austria before the regulations and power plant constructions on all larger rivers in the Alps and the foreland (Drescher unpubl.). For this reason, reintroduction campaigns were launched in several countries in the wider Central European region as early as the 1990s (e.g. Baur et al. 2015; Egger et al. 2023; Jaunautre et al. 2016; Werner 1998).

Typha minima was reported as new for Albania from the Devolli river in 2010 (Mullaj & Tan 2010). In Barina (2017) several additional findings are given from central Albania, along the Erzen and Shkumbin rivers catchments. During several excursions between 2017 and 2022 several new localities have been found (see distribution map, figure 8).

This light-demanding species is restricted to the banks of fast-flowing rivers and shallow water zones of (temporary) water bodies with sandy to coarse-sandy substrate. It requires moist conditions for germination, such as those found shortly after floods retreat. If the

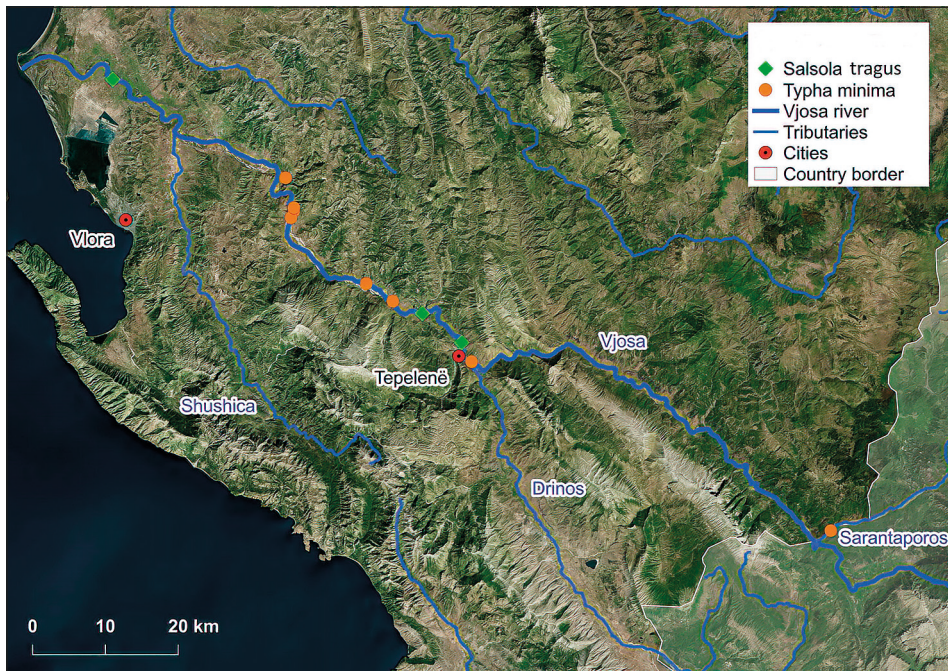


Fig. 8: Dot map of *Salsola tragus* subsp. *tragus* and *Typha minima*. – Abb. 8: Punktverbreitungskarte von *Salsola tragus* subsp. *tragus* und *Typha minima*.

high hydromorphological dynamics are lost due to canalisation and power plant construction, existing stands are also darkened by the shading of woody species. This explains the difficulties in reintroduction (Baur et al. 2015; Egger et al. 2023; Jaunautre et al. 2016; Werner 1998) and, above all, conservation.

Discussion and Conclusions

In the years 2017 to 2023, characteristic valley sections in the Vjosa catchment, which covers over 6700 km², were investigated as part of the VJoSusDev research project. While documenting the biodiversity of these delimited landscape sections, an attempt was made to interpret the distribution patterns in a larger context. However, the most recent and so far, most accurate publication on the distribution of vascular plants in Albania (Barina 2017) showed large gaps in southern Albania for some species with special habitat requirements. The undermapped taxa such as *Typha minima*, *Fimbristylis bisumbellata*, *Cyperus flavescens* or *Balkana spergulifolia* are often colonisers of special ecological niches.

In the Vjosa catchment area, which has so far been almost completely spared from technical intervention and has watercourse sections of varying characteristics, intermittently flowing side arms, stagnant oxbow sections and dry sites on high gravel areas in the floodplain are formerly widespread habitats. They are colonised by taxa that are weak in competition but tolerant of repeated disturbances that occur at irregular intervals. These species do not find suitable habitats in regulated river systems or those disturbed by the construction of power plants, as is well known from comparable rivers in the Eastern Alps such as the Isar (Zingraff-Hamed & Egger 2019; Karl et al. 1998; Schauer 1998 et al.) or the Enns (Hochegger et al. 2019).

As the planned water diversion on the Shushica (<https://www.euronatur.org/ueber-euronatur/presse/pressemitteilungen/protestaktion-an-der-albanischen-shushica>) or the construction of the airport in the Vjosa Delta (<https://www.euronatur.org/ueber-euronatur/presse/pressemitteilungen/besorgnis-bei-berner-konvention-wegen-flughafenbau-in-albanien>) show, the threats posed by the excessive development of tourism, for example, with the declaration as a national park ('Vjosa Wild River National Park', March 2023; <https://www.euronatur.org/unsere-themen/flussschutz-in-europa/fluesse-aktuell/riesiger-erfolg-die-vjosa-ist-nationalpark>; <https://www.parkukombetarvjosa.al/>) are by no means averted. In individual cases, overgrazing is also a serious problem that can be tackled by local control measures.

In view of the fact that some of the taxa discussed here, such as *Typha minima* or *Fimbristylis bisumbellata*, colonisers of special niches, are endangered in large parts of Europe or extinct in individual countries (Prunier et al. 2010), strict protection is therefore required for the catchment area or at least for the area of the Wild River National Park with its network of watercourses and diverse habitats. Over the next few years, attempts will therefore be made to close some of these distribution gaps before these sensitive habitats are destroyed.

Acknowledgments

The field work was funded by the Austrian Partnership Programme in Higher Education and Research for Development – APPEAR as part of the VJoSusDev project. We would like to thank Isabell Becker for preparing the distribution maps and two unknown reviewers for important comments that improved the manuscript.

Literature

- Barina Z (ed.) (2017) Distribution atlas of vascular plants in Albania. Hungarian Natural History Museum, Budapest 492 pp. ISBN 978-963-9877-29-0
- Barina Z, Somogyi G, Pifkó D, Rakaj M (2018) Checklist of vascular plants of Albania. *Phytotaxa* 378, 339 pp.
- Baur P A, Egger G, Lautsch E, Schmidlein S (2015) Artenschutzprojekt Zwerg-Rohrkolben (*Typha minima* Funck ex Hoppe): Die Wiederansiedlung im Europaschutzgebiet Obere Drau in Kärnten (Österreich). *Carinthia II* 205/125, 503–536
- Boyce P, Athanasiou K (1991) A new subspecies of *Biarum tenuifolium* (Araceae) from Crete. *Flora Mediterranea* 1, 5–13
- Delforge P (2001) Guide des Orchidées d'Europe, d'Afrique du Nord et du Proche-Orient. Delachaux et Niestlé, Lausanne
- Egger G, Kollmann M, Dolamic M, Schiebel M, Klösch M (2023) Bestandsentwicklung der Weiden-Tamariskegebüschse und Zwerg-Rohrkolbenröhrichte im Europaschutzgebiet Obere Drau. Langzeitmonitoring eines Wiederansiedlungs- und Artenschutzprojektes. *Carinthia II* 213/133, 415–444
- Euro+Med 2006+ [continuously updated]: Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. DOI <http://www.europlusmed.org> (accessed: 19. November 2023)
- Fanelli G, De Sanctis M, Gjeta E, Mullaj A, Attorre F (2015) The vegetation of the Buna River protected landscape (Albania). *Hacquetia* 14, 129–174.
- Fontes H, Olivier A, Thibault M, Sacdanaku E (2019) Biodiversity survey of the Vjosa river catchment – Poçem & Kalivaç areas (Albania), conducted in May 2019, 63p. Tour du Valat & University of Tirana report for RiverWatch/Euronatur “Save the blue heart of Europe“ campaign
- Galeuchet D J, Holderegger R (2005) Erhaltung und Wiederansiedlung des Kleinen Rohrkolbens (*Typha minima*) – Vegetationsaufnahmen, Monitoring und genetische Herkunftsanalysen. *Botanica Helvetica* 115, 15–32
- Flora of Greece web (2024) Vascular Plants of Greece. An annotated Checklist. <https://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/>
- Hochegger K, Gumpinger C, Böck K (2019) Enns. In: Muhar S, Muhar A, Egger G, Siegrist D (eds.) *Rivers of the Alps*. P. Haupt, Bern, 388–391
- Index Herbariorum (2023)[continuously updated] o.A. Index Herbariorum. A worldwide index of 3.567 herbaria and 13.717 associated staff where a total of 396 million botanical specimens are permanently housed. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
- IUCN (2023) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. <https://www.iucnredlist.org> (accessed: 2024-03-19)
- JACQ (2023) JACQ – Virtual Herbaria. <https://www.jacq.org> (accessed: 17 November 2023)
- Jaunautre R, Fort N, Evette A, Buisson M (2016) The dwarf bulrush: conservation status in France and restoration perspectives. Presentation at the 4th *Typha minima* group workshop Sigoyer, June the 24th. <https://hal.inrae.fr/hal-02604525>
- Kadereit J W, Arafah R, Somogyi G, Westberg E (2005) Terrestrial growth and marine dispersal? Comparative phylogeography of five coastal plant species at a European scale. *Taxon* 54(4), 861–876
- Karl J, Mangelsdorf J, Scheurmann K, Lenhart B, Seitz G, Jürging P, Schauer T, Miscvhler T, Huber F, Hebauer F, Hausmann A, Binder W, Gröbmaier W (1998) Die Isar – ein Gebirgsfluß im Wandel der Zeiten. *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt* 63, 1–129
- Krendl F (2014) Die Rubiaceae in Albanien. *Zytologie, Ökologie und Verbreitung der bisher nachgewiesenen Taxa*. *Annalen des Naturhistorischen Museums Wien B* 116, 119–151

- Lansdown R V (2011) *Typha minima* (Europe assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T165165A5985117 (accessed: 17 November 2023)
- Madhani H, Rabeler R, Pirani A, Oxelman B, Heubl G, Zarre S (2018) Untangling Phylogenetic Patterns and Taxonomic Confusion in Tribe Caryophylleae (Caryophyllaceae) with Special Focus on Generic Boundaries. *Taxon* 67 (1), 83–112. <https://www.jstor.org/stable/26824684>
- Meusel H, Jäger E, Weinert E (1965) Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora 1, Jena.
- Mosyakin S L (2017) Taxonomic and nomenclatural notes on Pontic-Mediterranean coastal and some Australasian taxa of *Salsola* (Chenopodiaceae). *Ukrainian Botanical Journal* 74(6), 521–531
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H (2002) Aims and methods of vegetation ecology. Reprint of 1st ed., The Blackburn Press
- Mullaj A, Tan K (2010) *Erica multiflora* (Ericaceae), *Onosma pygmaeum* (Boraginaceae) and *Typha minima* (Typhaceae) in Albania. *Phytologia Balcanica* 16(2), 267–269
- Nikolić T, & Topić J (eds.) (2005) Red Book of Vascular Flora of Croatia. Ministry of Culture, State Institute for Nature Protection, Republic of Croatia, Zagreb
- Pils G (2016) Illustrated Flora of Albania. G. Pils Publishing. ISBN 978-3-200-04853-9
- Pils G (2024) Illustrated Flora of Albania Update 1.01. https://www.academia.edu/29797373/illustrated_Flora_of_Albania
- POWO (2023) Plants of the World Online. Royal Botanic Gardens, Kew. <https://www.powo.science.kew.org/> (accessed: 17 December 2023)
- Prunier P, Garraud L, Köhler C, Lamblet-Haueter C, Selvaggi A, Werner P (2010) Distribution et régression de la petite massette (*Typha minima*) dans les Alpes. *Botanica Helvetica* 120, 43–52. DOI <https://doi.org/10.1007/s00035-010-0073-1>
- Schauer T (1998) Die Vegetationsverhältnisse an der oberen Isar vor und nach der Teiltrückleitung, *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt* 63, 131–183
- Schiemer F, Drescher A, Hauer C, Schwarz U (2018) The Vjosa River corridor: a riverine ecosystem of European significance. *Acta ZooBot Austria* 155/1, 1–40
- Stevanović V (ed.) (1999) The Red Data Book of Flora of Serbia I: Extinct and Critically Endangered Taxa. Institute for Protection of Nature of the Republic of Serbia, Belgrade
- Tan K, Panitsa M, Kofinas G (2023) The genus *Acanthus* (Acanthaceae) in Greece. *Phytologia Balcanica* 29 (1), 87–96. DOI <https://doi.org/10.7546/PhB.29.1.2023.9>
- Tomasello S (2028) How many names for a beloved genus? – Coalescent-based species delimitation in *Xanthium* L. (Ambrosiinae, Asteraceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 127, 135–145
- Tucker G C, Marcks B G, Carter G R (2002) *Cyperus*. In: Flora of North America Editorial Committee (Hg.) *Flora of North America North of Mexico*. Vol. 23: *Magnoliophyta: Commelinidae* (in part): *Cyperaceae*. 141. Oxford University Press, New York/Oxford
- Tutin T G, Burges N A, Chater A O, Edmondson J R, Heywood V H, Moore D M, Valentine D H, Walters S M, Webb D A (1993) *Flora Europaea*. Vol. 1, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge
- Tutin T G, Heywood V H, Burges N A, Moore D M, Valentine D H, Walters S M, Webb D A (1968–1980) *Flora Europaea*. Vols. 2–5, Cambridge University Press, Cambridge
- Vangjeli J (2015) *Excursion Flora of Albania*. Koeltz Scientific Books. Königstein, Germany.
- VKM 2013. Miratimi i listës së kuqe të florës dhe faunës së egër. http://www.mjedisi.gov.al/files/userfiles/Biodiversiteti/urdhera_dhe_udhezime/2013-Urdher_nr_1280_dt_20.11.2013_Miratimi_Listes_Kuqe_Flores&Faunes_Eger.pdf

Werner P (1998) Essais de réintroduction de la petite massette *Typha minima* sur le Rhône de Finges, VS et recommandations pour la revitalisation des grandes rivières alpines. Bulletin de la Murithienne. Société valaisanne des sciences naturelles 116, 57–67

Yannitsaros A, Vassiliades D (2003) *Typha minima* Funck in Greece. Phytion (Austria) 43, 263–269

Zingraff-Hamed A, Egger G (2019) Isar. In: Muhar S, Muhar A, Egger G, Siegrist D (eds.) Rivers of the Alps. P. Haupt, Bern, 408–411

Received: 2024 06 07

Addresses:

Anton Drescher, E.-Mail: acdrescher48@gmail.com (corresponding author)
Schillingsdorfer Strasse 27, A-8010 Kainbach bei Graz.

Marjol Meço, E-mail: marjol.meco@fshn.edu.al
Department of Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tirana, Boulevard Zogu i Parë, no. 25/1, 1001, Tiranë, Albania.

Evaluation of habitats under the EU's Habitats Directive, according to their feasibility for a remote sensing-based identification and delineation

Nina Weber, Thomas Strasser, Hannah Augustin

A European Union wide recognised instrument for monitoring habitat diversity is the assessment of habitats protected under Annex I of the European Union's Habitats Directive (Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and wild fauna and flora). Nevertheless, there is still no system for a comprehensive mapping of the distribution of the Habitats Directive Annex I habitat types throughout Austria. In this study, the feasibility of using remote sensing (RS) data and methods as a source for identification and delineation of Annex I habitat types, was evaluated. The evaluation was conducted through an expert-based multiple criteria decision analysis approach (MCDA). Within MCDA, various methodologies are available. It was decided to conduct a weighted scoring method (i.e., decision matrix). For the decision matrix all the Annex I habitat types relevant for Austria were chosen as selection options. For the evaluation of the selection options (FFH-habitat types), assessment criteria, which refer to habitat related environmental site conditions, vegetation characteristics, RS sensor-, platform-, and data related characteristics (e.g., spectral and multitemporal properties of vegetation and height information), were defined. With the support of an expert team (experts in vegetation ecology and remote sensing) descriptive attributes were assigned for each habitat type and corresponding assessment criteria. Thus, a comprehensive qualitative knowledge database, including relevant habitat properties for a remote sensing-based identification and delineation, was created. Based on this underlying knowledge database all the habitat types relevant for Austria were evaluated by the experts: The descriptive attributes, for each criterion, were rated according to their feasibility for explicit identification and delineation of habitats and transferred to quantitative scores (whereas a higher feasibility achieved a higher score). The achieved scores for all the assessment criteria were then summed up for each habitat. The ranking and interpretation of the summed scores for each habitat type provides information on the feasibility of country-wide identification and delineation of the EU's Habitats Directive Annex I habitat types using remote sensing modelling approaches (the higher the final score – the more feasible is an explicit identification and delineation through remote-sensing modelling approaches for the respective habitat). It was found that forest habitat types have a higher likelihood for country-wide identification, whereas most of the grassland habitat types have a very low likelihood.

Weber N, Strasser T, Augustin H (2024) Bewertung von FFH-Lebensraumtypen bezüglich der Machbarkeit einer fernerkundungsgestützten Identifikation und Abgrenzung.

Die Bewertung der nach Anhang I der FFH-Richtlinie (Fauna-Flora-Habitat Richtlinie) geschützten Lebensräume ist ein EU-weit anerkanntes Instrument zur Überwachung der Biodiversität und Lebensraumvielfalt. Obwohl in Österreich ein Stichproben-basiertes Monitoring- und Reporting-Verfahren implementiert ist, gibt es noch kein System für eine flächendeckende Kartierung der Verbreitung von FFH-Lebensräumen. In dieser Studie wurde die Machbarkeit der Verwendung von Fernerkundungsbasierten Methoden und Daten als Quelle für die Identifizierung und Abgrenzung von Lebensraumtypen, nach Anhang I der FFH-Richtlinie, bewertet. Die Bewertung wurde mit Hilfe eines Experten-basierten Ansatzes zur multikriteriellen Entscheidungsanalyse (multiple criteria decision analysis – MCDA) durchgeführt. Im Rahmen der MCDA gibt es verschiedene Methoden. Es wurde beschlossen, ein gewichtetes Scoring-Verfahren (d. h. eine Entscheidungsmatrix) durchzuführen. Für die Entscheidungsmatrix wurden alle für Österreich relevanten Anhang I-Lebensraumtypen als Auswahloptionen festgelegt. Für die Evaluierung dieser Auswahloptionen (FFH-Lebensraumtypen) wurden Bewertungskriterien definiert, die sich auf Umwelt- und Standortbedingungen

sowie Vegetationseigenschaften der jeweiligen Habitats beziehen, und bezüglich der Identifikation durch RS-Sensoren, RS-Plattformen und datenbezogener Eigenschaften (z. B. spektrale und multitemporale Eigenschaften der Vegetation und Höheninformationen) Relevanz haben. Mit Unterstützung eines Expertenteams (Experten für Vegetationsökologie und Fernerkundung) wurden für jeden Lebensraumtyp, entsprechend den definierten Bewertungskriterien, beschreibende Attribute festgelegt. Auf diese Weise wurde eine umfassende qualitative Wissensdatenbank geschaffen, die relevante Habitat-Eigenschaften für eine fernerkundungsbasierte Identifizierung und Abgrenzung enthält. Auf Basis dieser zugrunde liegenden Wissensdatenbank wurden alle für Österreich relevanten Lebensraumtypen von den Experten bewertet: Die beschreibenden Attribute wurden für jedes Bewertungskriterium entsprechend dessen Bedeutung bzw. Relevanz für die eindeutige Identifizierung und Abgrenzung der jeweils zugeordneten Lebensraumtypen bewertet und in quantitative Punktzahlen übertragen (wobei eine bessere Abgrenzbarkeit durch das Attribut eine höhere Punktzahl ergab). In einem letzten Schritt wurden die erreichten Punktzahlen aller Bewertungskriterien für jeden Lebensraumtyp summiert. Die Einstufung und Interpretation der summierten Punktzahlen für jeden Lebensraumtyp gibt Aufschluss über die Machbarkeit der eindeutigen und großflächigen Identifizierung und Abgrenzung von Anhang I Lebensraumtypen durch Fernerkundungsmodellierung (je höher die endgültige Punktzahl, desto durchführbarer ist eine explizite Identifizierung und Abgrenzung durch Fernerkundungsmodelle für den jeweiligen Lebensraum). Es wurde festgestellt, dass Waldlebensraumtypen eine höhere Wahrscheinlichkeit für die eindeutige und großflächige Abgrenzbarkeit und Identifizierung haben, während die meisten Grünlandlebensraumtypen diesbezüglich eine geringe Wahrscheinlichkeit aufweisen.

Keywords: biodiversity, Habitats Directive, habitat classification, earth observation, feasibility evaluation.

Introduction

Biodiversity in Austria has been in sharp decline for decades (e.g. Umweltbundesamt, 2022; Teufelbauer & Seaman, 2023; Bartel, 2019; Suske et al. 2019; Zuna-Kratky et al., 2022; Ellmauer et al. 2020). This development has also been recognised at a global and European level, and attempts are being made to intervene socially and politically, for example, by the “Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework” (CBD/COP/DEC/15/4, 2022), the “EU Biodiversity Strategy for 2030” (European Union, 2020), and the “National Biodiversity Strategy Austria 2030+” (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022). Every 6 years, mapping and evaluation of habitats protected under Annex I of the Habitats Directive (HabDir) (Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora) is conducted for the European Union’s reporting obligation according to Articles 11 and 17 of the FFH-Directive. This is an essential Europe-wide instrument for monitoring habitat and plant diversity and could possibly also be applied as baseline / for evaluation purposes for the upcoming EU’s “Nature Restoration Law”. The system in Austria for assessing HabDir Annex I habitat types and evaluation of their conservation status is a sampling design for expert-based in-field observations of species (presence / absence), including rating of the species composition and structure, and additional site conditions (Ellmauer & Essl 2005). This system fulfils the requirements for EU reporting duties on conservation status. However, this system does not provide comprehensive and up to date information with respect to the country-wide distribution of the HabDir Annex I habitat types.

Satellite and airborne remote sensing data are considered as an appropriate data source for country-wide habitat monitoring approaches, since acquired data (i.e., images) cover large

areas and are regularly updated or available on demand (Lang et al. 2015a, 2015b; Corbane et al. 2015). The availability of different sensors has developed over the past years in terms of increased spatial resolution, higher temporal frequency, more cost-free data, growing data availability and a wider variety of data providers and archives (for more information on the current state of the art, also see “Textbox – State of the art: Earth observation sensors and data providers”).

Textbox – State of the art: Earth observation sensors and data providers

Copernicus Sentinel-2 optical data are provided cost-free and offer a high spatial resolution (up to 10 m) with an average temporal frequency of at least 5 days, and up to 2 to 3 days, depending on the aerial coverage of the relative orbits. Sentinel-1 radar data are also available on average every 6 days. Planet Labs PlanetScope and SkySat satellite constellations, as well as Satellogic's NewSat constellation offer optical satellite data with higher spatial resolution and very high temporal frequency (up to intra daily) based on small cube satellites in high numbers. New satellite constellations are in development, like Maxar's WorldView Legion and Planet Labs Pelican. Other very high optical spatial resolution satellite missions offer a lower temporal frequency (daily on request with increased sensor viewing) but a high data fidelity, like Maxar's WorldView-2/3/4, Airbus Pléiades and Pleiades-Neo, or SuperView1 (GaoJing1) operated by Beijing Space View Tech.

In Austria, airborne remote sensing campaigns are conducted on a regular basis, with orthoimage acquisitions occurring every three years and LiDAR-data in a cross of every five to ten years. The spatial resolution and high frequency of observations over time are key requirements for characterizing habitats through the phenology of species and structural composition. The HabDir Annex I habitats consists of biotic or abiotic entities (e.g., individual plants, plant communities and various plant community compositions), that can be measured over all levels of the vegetation and biodiversity hierarchy (Lausch et al. 2016; Strahler et al. 1986). Based on the urgent need for up-to-date information on country-wide distribution of the HabDir Annex I habitat types, and the current state of the art of satellite and airborne remote sensing data availability, this study conducts an evaluation on the feasibility of identification and delineation of FFH-habitat types through remote sensing based data and methods.

Methodology

To assess the feasibility for the identification of HabDir Annex I habitat types through a remote sensing approach, an expert-based multiple criteria decision analysis approach (MCDA) was chosen. Within MCDA, various methodologies are available (Cinelli et al. 2020). It was decided to conduct a weighted scoring method (i.e., decision matrix – also see Tab. 1), because this methodology requires an ongoing expert discussion and achieves transparent outcomes which enable a ranking of the results.

As preconditions, the current state of remote sensing technology was considered, and only data and technology that allow for a country-wide implementation in Austria were included. The focus was put on remote sensing data that provide adequate spatial and temporal coverage in a regular and timely way, and methods with a high degree of automatization. Furthermore, multiple remote sensing data sources and thematic datasets that seemed suit-

able to identify HabDir Annex I habitats were considered. The considered remote sensing data included multispectral and multitemporal optical satellite data with high (10 to 20 m) to very high spatial resolution (< 3 m), orthophotos and their derivatives (e.g., spectral values on pixel and object level, texture), and LiDAR-based digital elevation models (DEM) and derivatives (e.g., slope, curvature, terrain wetness). Additionally, thematic datasets on: ecoregions, geology, soils, wetness and humidity, glaciers, caves, rivers, land use, as well as datasets from the European Union's Copernicus Program, for example, CLMS (Copernicus Land Monitoring Service dataset) high resolution layer, CORINE land cover and CLC+ (Copernicus Land Cover – complemented and extended CLMS dataset), biophysical parameters, riparian zones, and N2K (Copernicus Land Monitoring Service – Natura 2000 product) were used.

For the MCDA approach, first, the list of the EU's Habitats Directive Annex I habitat types and habitat descriptions for Austria (e.g., Ellmauer & Essl 2005; Ellmauer et al. 2020) was reviewed. All Annex I habitat types relevant for Austria were chosen as selection options (sometimes also referred to as "alternatives") for the MCDA decision matrix.

In a second step, specific assessment criteria and corresponding weightings were selected and defined. The assessment criteria needed to regard relevant distinguishing features and therefore include habitat related environmental site conditions, vegetation characteristics, as well as RS sensor-, platform-, and data related characteristics (e.g., spectral and multi-temporal properties of vegetation and height information). The weightings were assigned to each respective criterion, ranging from 1–5 (also see Tab. 1) and correspond to the in-

Tab. 1: Weighted scoring method (decision matrix). – Tab. 1: Gewichtetes Scoring-Verfahren (Entscheidungsmatrix).

Selection Options	Assessment criteria						Scoring result
		Criterion a	Criterion b	Criterion c	Criterion d	Criterion e	
	Weightings	1	2	3	4	5	
Habitat type 1	Score	0	1	0	2	1	15
	Total	0	2	0	8	5	
Habitat type 2	Score	1	1	2	2	0	17
	Total	1	2	6	8	0	
Habitat type 3	Score	2	1	2	0	1	15
	Total	2	2	6	0	5	

fluence a criterion has on the overall results (whereas a higher weighting refers to a higher influence of the criterion with respect to the results).

The selection and definition of the assessment criteria was based on the habitat definitions and corresponding habitat characteristics in the respective literature (e.g. Ellmauer & Essl 2005; Ellmauer et al. 2020). For the specific definitions of assessment criteria also see Table 2. Both the definition of assessment criteria and assignment of corresponding weights were subject to expert-discussions and feedback loops within an expert-team.

Tab. 2: Selected assessment criteria, description and corresponding assigned weights, for MCDA weighted scoring method. – Tab. 2: Definierte Bewertungskriterien, Beschreibungen und entsprechend zugeeilte Gewichtungen, für das MCDA gewichtete Scoring-Verfahren.

Assessment criteria	Explanatory remarks / considerations for experts to rate each criterion according to their contribution for discerning habitat types:	Assessment criteria weights (1 to 5)
Climatic conditions	determining climate factors (e.g., climate zone, average temperature, annual precipitation; integration of available spatial data)	2
Altitude level	altitudinal range of habitat distribution (e.g., based on LiDAR DEM)	2
Slope	average expectable range of inclination (e.g.: 1 st order derivative of LiDAR DEM)	5
Terrain curvature	specific terrain (e.g., flat, concave, convex; 2 nd order derivative of LiDAR DEM and terrain indices, geomorphological mapping)	2
Geology	geological substratum (e.g., silicious, or calcareous; spatial intersection of available geological maps and data)	2
Ground Humidity	degree of humidity (e.g., dry, moist, wet, permanent, or periodically flooded; soil moisture index or ground water modelling, land surface data)	2
Human impact	habitat-specific land use patterns (e.g., mowing, grazing, forestry)	1
Frequency of occurrence (in Austria)	expected frequency of occurrence in Austria and success for identification (e.g., rare, uncommon, common)	1
Dominance	vegetation composition (e.g., characteristic, and dominant plant life forms and plant species)	3
Structural homogeneity / heterogeneity of surface	composition and variation of biotic and abiotic entities and instructions for delineation according to Ellmauer & Essel (2005) and Ellmauer et al (2020)	2
Neighbourhood relations	any mandatory, expected, or probable neighbourhood relationships with biotic or abiotic entities or habitat types, and degree to support explicit identification (e.g., rule-based integration in object-based image analysis)	2
Spatial distribution	any other location-based information and neighbourhood relations (e.g., geographical location; by rule-based integration in object-based image analysis)	1
Minimum size of eligible area	according to Ellmauer.& Essel (2005); and Ellmauer et al (2020)	4
Pattern	pattern of biotic and abiotic surface composition and variation (e.g., using image texture)	3
Spectral properties of vegetation	spectral values of biotic and abiotic entities in contrast to sensor specific spatial, spectral, and radiometric resolution and discernability	5
Temporal properties of vegetation	variation of spectral values concerning temporal aspects (e.g., seasonal changes of vegetation, e.g., change detection, deep learning of temporal curves)	5
Plant height	specific height of characteristic plant life forms or plant species (e.g., from LiDAR nDSM – Normalised Digital Surface Model, or point clouds)	3
Plant growth form	composition and structure of dominant vegetation (e.g., through visual image analysis and / or potential application of structural indices, OBIA – Object-Based Image Analysis)	1
Other comments	any other aspects for habitat type identification	1

In a third step, each listed habitat type (selection option) was evaluated by an expert team, consisting of vegetation ecologists and remote sensing specialists (also see chapter “Acknowledgements”). The evaluation was based on the assessment criteria, as defined in Table 2. This expert-based evaluation also included feedback loops and discussion rounds within the team. The evaluation process was conducted by identifying habitat-specific qualitative attributes for each criterion, transferring these attributes into a numeric score (whereas values are zero – no distinct identification, one – probable identification or two – for a distinct identification through remote sensing-based technology) and finally, summing the weighted scores to produce a final scoring result for each habitat type (whereas the maximum possible summed score is 65). An example for the evaluation procedure is displayed in Table 3. In a last step, for better readability and easier interpretation of the results, the summed scores for each habitat type were transferred into four feasibility categories of “very low”, “low”, “likely” and “very likely”. The thresholds for the categories were identified by calculating the range of the highest and lowest score. The range was then divided into intervals to define thresholds for the categories, which were again discussed and adjusted by experts in terms of their feasibility.

Results

The expert-based MCDA process resulted in two products: a criteria table and a scoring table. For easier understandability of the the conducted expert-based MCDA rating process and its corresponding results, an example is presented in Table 3. For this demonstration purpose the HabDir Annex I habitat type 4070, called “scrub vegetation with *Pinus mugo* and *Rhododendrum hirsutum*” was chosen due to its rather suitable habitat characteristics for a remote sensing-based identification and delineation, and due to the resulting high

Tab. 3: Example of the MCDA rating process for the habitat type 4070, Scrub vegetation with *Pinus mugo* and *Rhododendrum hirsutum*. Descriptive attributes for each assessment criteria specific to the habitat type, weighted score (score x weight) and final score for the habitat type (sum of all weighted scores). – Tab. 3: Beispiel des MCDA Scoring-Verfahrens für den Habitattyp 4070, Buschvegetation mit *Pinus mugo* und *Rhododendrum hirsutum*. Habitattyp-spezifische beschreibende Attribute für jedes Bewertungskriterium, gewichtete Punktezahl (Punktezahl x Gewichtung) und endgültige Punktezahl (Summe aller gewichteten Punktezahlen).

Selection option				
HabDir Annex I habitat type	4070			
Name of habitat	Scrub vegetation with <i>Pinus mugo</i> and <i>Rhododendron hirsutum</i> (Mugo-Rhododendrum hirsuti).			
MCDA Assessment				
Assessment criteria	Descriptive attributes	Score [0 to 2]	Weight per criterion [1 to 5]	Weighted score
Climatic conditions	Oceanic to sub-oceanic	1	2	2
Altitude level	High-montane to subalpine	1	2	2
Slope	Steep	1	5	5

Terrain curvature	Not distinctive	0	2	0
Geology	Mainly over carbonate rock but also silicate rock	1	2	2
Ground Humidity	Mostly dry, sometimes fresh to alternating humidity	0	2	0
Human impact	None	0	1	0
Frequency of occurrence (in Austria)	Frequent	2	1	2
Dominance	<i>Pinus mugo</i>	2	3	6
Structural homogeneity / heterogeneity of surface	<i>Pinus mugo</i> covers > 50% of the area. Structure = mostly uniformly covering mountain pine scrub	2	2	4
Neighbourhood relations	No explicit rules	0	2	0
Spatial distribution	No explicit rules	0	1	0
Minimum size of eligible area	0.25 hectares	2	4	8
Pattern	Mostly uniform, area-wide coverage with mountain pine scrub	2	3	6
Spectral properties of vegetation	In combination with criteria "plant height" (2 m) and "pattern" likely spectrally differentiable from other vegetation	2	5	10
Temporal properties of vegetation	As evergreen plants temporally distinguishable at the edge / end of the vegetation period	2	5	10
Plant height	Up to 2 m	2	3	6
Plant growth form	Extensively shrubby	2	1	2
Other comments	Priority habitat type	–	1	0
<i>Final score</i>				65

final score. The criteria table contains all the attributes that describe the main characteristics of each habitat type with respect to the defined assessment criteria. The scoring table contains the scores assigned to each rated assessment criterion's descriptive attribute (see the right 3 columns of Tab. 3). The sum of all weighted scores presents the final score for the given habitat type (see the bottom of Tab. 3).

As an outcome of the MCDA rating process, all the HabDir Annex I habitats relevant for Austria (in total 71), and the resulting categories of their feasibility for identification and delineation based on RS-based modelling approaches, are listed in Table 4. The categories of feasibility were identified according to the description in the "methodology" chapter and result is the following defined thresholds: "very low" [13 to 36], "low" [37 to 44], "likely" [45 to 56], and "very likely" [57 to 65]

Tab. 4: Results of MCDA weighted scoring for HabDir Annex I habitat types and categorized scoring results for assessing the feasibility of habitat type identification and delineation using remote sensing modelling approaches. – Tab. 4: Ergebnisse des MCDA gewichteten Scoring-Verfahrens für Habitattypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie, sowie kategorisierte Scoring-Ergebnisse für die Machbarkeit der Identifikation und Abgrenzung von Habitattypen mittels Fernerkundungsverfahren.

FFH-Habitat type	Name	Scoring Result	Expert-based feasibility categories
	COASTAL HABITATS AND HALOPHYTIC VEGETATION		
1530*	Pannonic salt steppes and salt marshes	37	low
	DUNES ON SEA COASTS AND IN THE INLAND		
2340	Pannonic inland dunes	33	very low
	FRESHWATER HABITATS		
3130	Oligo- to mesotrophic standing waters with vegetation of the Littorelletea uniflorae and / or the Isoeto-Nanojuncetea	40	low
3140	Hard oligo-mesotrophic waters with benthic vegetation of <i>Chara spp.</i>	52	likely
3150	Natural eutrophic lakes with Magnopotamion or Hydrocharition – type vegetation	45	likely
3160	Natural dystrophic lakes and ponds	44	low
3220	Alpine rivers and the herbaceous vegetation along their banks	30	very low
3230	Alpine rivers and their ligneous vegetation with <i>Myricaria germanica</i>	37	low
3240	Alpine rivers and their ligneous vegetation with <i>Salix elaeagnos</i>	36	very low
3260	Water courses of plain to montane levels with the Ranunculion fluitantis and Callitriche-Batrachion vegetation	34	very low
3270	Rivers with muddy banks with Chenopodium rubri p.p. and Bidention p.p. vegetation	39	low
	TEMPERATE HEATH AND SCRUB VEGETATION		
4030	European dry heaths	54	likely
4060	Alpine and boreal heaths	47	likely
4070	Bushes with <i>Pinus mugo</i> and <i>Rhododendron hirsutum</i> (Mugo-Rhododendretum hirsutum)	65	very likely
4080	Sub-Arctic <i>Salix spp.</i> Scrub	57	very likely
40A0	Subcontinental peri-Pannonic shrublands	59	very likely

FFH-Habitat type	Name	Scoring Result	Expert-based feasibility categories
SCLEROPHYLLOUS SCRUB			
5130	<i>Juniperus communis</i> formations on heaths or calcareous grasslands	40	low
NATURAL AND SEMI-NATURAL GRASSLAND			
6110	Rupicolous calcareous or basophilic grasslands of the Alysso-Sedion albi	27	very low
6130	Calaminarian grasslands of the Violetalia calaminariae	23	very low
6150	Siliceous alpine and boreal grasslands	29	very low
6170	Alpine and subalpine calcareous grasslands	27	very low
6190	Rupicolous pannonic grasslands (Stipo-Festucetalia pallentis)	22	very low
6210	Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (Festuco-Brometalia) (* important orchid sites)	16	very low
6230	Species-rich Nardus grasslands, on silicious substrates in mountain areas (and submountain areas in Continental Europe)	29	very low
6240	Sub-Pannonic steppic grasslands	27	very low
6250	Pannonic loess steppic grasslands	37	low
6260	Pannonic sand steppes	39	low
6410	Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	28	very low
6430	Hydrophilous tall herb fringe communities of plains and of the montane to alpine levels	31	very low
6440	Alluvial meadows of river valleys of the Cnidion dubii	33	very low
6510	Lowland hay meadows (Alopecurus pratensis, Sanguisorba officinalis)	31	very low
6520	Mountain hay meadows	30	very low
RAISED BOGS AND MIRES AND FENS			
7110	Active raised bogs	46	likely
7120	Degraded raised bogs still capable of natural regeneration	31	very low
7130	Blanket bogs (* if active bog)	28	very low
7140	Transition mires and quaking bogs	30	very low
7150	Depressions on peat substrates of the Rhynchosporion	36	very low

FFH-Habitat type	Name	Scoring Result	Expert-based feasibility categories
7210	Calcareous fens with <i>Cladium mariscus</i> and species of the Caricion davallianae	39	low
7220	Petrifying springs with tufa formation (Craton-urion)	20	very low
7230	Alkaline fens	30	very low
7240	Alpine pioneer formations of the Caricion bicoloris-atrofuscae	33	very low
ROCKY HABITATS AND CAVES			
8110	Siliceous scree of the montane to snow levels (<i>Androsacetalia alpinae</i> and <i>Galeopsietalia ladani</i>)	36	very low
8120	Calcareous and calcshist screes of the montane to alpine levels (<i>Thlaspietia rotundifolii</i>)	38	low
8150	Medio-European upland siliceous screes	32	very low
8160	Medio-European calcareous scree of hill and montane levels	29	very low
8210	Calcareous rocky slopes with chasmophytic vegetation	32	very low
8220	Siliceous rocky slopes with chasmophytic vegetation	32	very low
8230	Siliceous rock with pioneer vegetation of the <i>Sedo-Scleranthion</i> or of the <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i>	33	very low
8240	Limestone pavements	41	low
8310	Caves not open to the public	13	very low
8340	Permanent glaciers	64	very likely
Forests			
9110	Luzulo-Fagetum beech forests	49	likely
9130	Asperulo-Fagetum beech forests	49	likely
9140	Medio-European subalpine beech woods with <i>Acer</i> and <i>Rumex arifolius</i>	59	very likely
9150	Medio-European limestone beech forests of the <i>Cephalanthero-Fagion</i>	47	likely
9160	Sub-Atlantic and medio-European oak or oak-hornbeam forests of the <i>Carpinion betuli</i>	57	very likely
9170	Galio-Carpinetum oak-hornbeam forests	50	likely
9180	Tilio-Acerion forests of slopes, screes and ravines	45	likely
91D0	Bog woodland	64	very likely
91E0	Alluvial forests with <i>Alnus glutinosa</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)	63	very likely

FFH-Habitat type	Name	Scoring Result	Expert-based feasibility categories
91F0	Riparian mixed forests of <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> and <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> or <i>Fraxinus angustifolia</i> , along the great rivers (Ulmenion minoris)	57	very likely
91G0	Pannonic woods with <i>Quercus petraea</i> and <i>Carpinus betulus</i>	49	likely
91H0	Pannonian woods with <i>Quercus pubescens</i>	49	likely
91I0	Euro-Siberian steppic woods with <i>Quercus spp.</i>	48	likely
91K0	Illyrian <i>Fagus sylvatica</i> forests (Aremonio-Fagion)	49	likely
91L0	Illyrian oak-hornbeam forests (Erythronio-Carpinion)	47	likely
91M0	Pannonian-Balkan turkey oak- sessile oak forests	56	likely
9410	Acidophilous <i>Picea</i> forests of the montane to alpine levels (Vaccinio-Piceetea)	47	likely
9420	Alpine <i>Larix decidua</i> and/or <i>Pinus cembra</i> forests	60	very likely
9430	Subalpine and montane <i>Pinus uncinata</i> forests (* if on gypsum or limestone)	49	likely
9530	(Sub-) Mediterranean pine forests with endemic black pines	53	likely

Discussion and Conclusion

The developed and defined criteria, with all the corresponding descriptive attributes and expert-based scoring, provide a scientific basis for developing a RS-based methodology for large-scale identification and monitoring of HabDir Annex I habitat distribution in Austria. This scientific basis includes two products, the “criteria table” and the “scoring table”. The “criteria table” includes criteria (as defined in Tab. 2) and assigned qualitative attributes for each habitat type and serves as a knowledge database for habitat type characteristics and their suitability to be identified by remote sensing-based modelling approaches. The “scoring table” rates habitat type characteristics according to their suitability for integration into remote sensing-based modelling approaches (for detailed viewing of the “criteria table” and the “scoring table” also see Electronic Supplement S1. As an example, the scores for habitat type characteristics of the habitat type 4070 are also displayed in Tab. 3). The MCDA for Annex I habitat types is an expert-based methodology; thus, the assessment is inherently subjective to a certain degree. Though another team of experts in the domains of vegetation ecology and remote sensing may rate and weight the descriptive attributes differently, it was assumed that they would achieve comparable final scores for the habitat types and a similar ranking order. The relative magnitude (ranking position) for each habitat type needs to be considered rather than their absolute numeric value and interpreted accordingly. For better readability and easier interpretation, the absolute numeric scoring results were transferred into four feasibility categories ranging from very low to very likely (cf. Tab. 4). It can be concluded that the habitat types associated with

the habitat-group forests prospectively have the highest chance for successful identification and delineation in large-scale, country-wide applications using a remote sensing-based modelling approach (cf. Tab. 4). This is supported by the comparatively high rating of the assessment criteria with respect to forest's vegetation and habitat characteristics and their detectability based on available sensors. Forest habitats' characteristic entities (e.g., individual tree species) are larger and thus easier to capture by satellites of high to very high spatial resolution compared to the characteristic entities (species) of grasslands, scrubs, or bushes. At a community level, forest habitats usually consist of larger homogenous patches composed of similar biotic entities but contain a higher variability of spectral and structural characteristics, which can be used to discern them from other land surface types.

In contrast, habitat types that are heavily dependent on the identification of very small-scale entities for their distinct assessment (e.g., differentiation of grass species) were found rather unsuitable for country-wide RS-based assessment. For the identification of habitat types within the habitat-group of natural and semi-natural grassland and raised bogs, mires and fens, image analysis methodologies must be able to deal with non-homogenous reference or image data, where one image pixel might include a variety of key species for habitat type identification. In steep terrain the delineation of habitat types becomes even more difficult, like identifying grasses on steep slopes or cliffs. In images with an aerial view, large steep areas are minimized to a smaller extent. Depending on the aspect of surfaces, topographic shadow may also cover and influence such areas for analysis. Topographical errors of spectral data may also increase with the steepness of the terrain, which introduces a higher level of error to successful delineation (e.g., habitat types associated with the habitat-group rocky habitats and caves, except for the habitat type permanent glaciers). Unsurprisingly, the habitat "caves not open to the public" show the lowest score, because what cannot be seen in remote sensing data is therefore not detectable. This is also valid for all other habitat types with key characteristics that are not included in remote sensing data (e.g., species and species communities covered by a forest canopy).

The results highlighted in this paper can be understood as a decision support system for the development of remote sensing-based approaches for the identification of habitats but can also provide decision support for a remote sensing-based assessment of habitat distribution and extent. The results also offer a starting point to stratify different habitat types based on how well remote sensing can contribute to their identification and delineation and any regular processes for monitoring them in Austria. Further, the results of the expert-based MCDA scoring process show that the HabDir Annex I habitats, which are relevant for Austria have a varied chance of success of being identified through a remote sensing-based modelling approach. In general, the outcomes serve as a fundamental, and comprehensive knowledge database for future RS-based modelling to enable a more cost efficient, standardized, comprehensive and regular monitoring of FFH-habitats. The outcomes therefore provide a step towards an overall objective of a nation-wide, comprehensive, regular, and up-to-date monitoring of the extent, distribution, and areal development of FFH-habitats. Such information is urgently needed to contribute towards knowledge-based policy decision making or the development of environmental plans for different purposes (e. g. expansion of different kinds of infrastructure or nature conservation planning for protected areas). Finally, the results are also transferable into a European or international context (regarding adaptations for possible regional differences in habitat definition). Obviously, the results cannot replace a RS-based modelling approach itself: The method-

ology / expert-based rating process does not include the various available possibilities for RS-based modelling approaches (whereas methods of artificial intelligence and machine learning are promising tools already, but it is hard to predict their development). Thus, further research about validation of the MCDA rating results and practical realisation of the remote-sensing based modelling is needed.

Acknowledgements

The multiple criteria decision analysis approach (MCDA – weighted scoring method) could not have been conducted without the support of a profound expert team ready for discussion. The expert team for discussion rounds and feedback loops included the vegetation ecologists and remote sensing experts Tobias Köstl, Hanns Kirchmeir, Vanessa Berger, Klaus Steinbauer & Larissa Posch (all of them are vegetation ecologists and / or remote sensing experts from: E.C.O. – Institut für Ökologie, Lakeside B07b, 2.OG 9020 Klagenfurt, Austria. E-Mail: office@e-c-o.at).

Electronic Supplements

Electronic Supplement S1: criteria and scoring table: URL: https://www.zobodat.at/publikation_volumes.php?id=73195

Literature

- Bartel A (2019) HNVF Auswertungen 2017, 2018. Wien: Umweltbundesamt.
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2022) Biodiversitäts-Strategie Österreich 2030+. Wien. At: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/naturschutz/biol_vielfalt/biodiversitaetsstrategie_2030.html (accessed: 06-01-2024)
- CBD/COP/DEC/15/4 (2022) Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity – 15/4 Kunming-Montreal Global Biodiversity framework. At: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf> (accessed: 06-01-2024)
- Cinelli M, Kadzinski M, Gonzalez M, Slowinski R (2020) How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy. *Omega*, Volume 96. (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102261>)
- Corbane C, Lang S, Pipkins K, Alleaume S, Deshayes M, García Millán V E, Strasser T, Vanden Borre J, Toon S, Michael F (2015) Remote sensing for mapping natural habitats and their conservation status – New opportunities and challenges. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 37, 7-16 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.11.005>)
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. At: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31992L0043> (accessed: 25-01-2024)
- Ellmauer T, Essl F (2005) Entwicklung von Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerten zur Beurteilung des Erhaltungszustandes der Natura 2000-Schutzgüter. Band 3: Lebensraumtypen des Anhangs I der Fauna-Flora Habitat-Richtlinie. Im Auftrag der neuen österreichischen Bundesländer, des Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Umweltbundesamt GmbH. Wien. At: https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/naturschutz/band_3_ffh-lebensraumtypen.pdf (accessed: 25-01-24)
- Ellmauer T, Igel V, Kudrnovsky H, Moser D, Paternoster D (2020) Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich 2016-2018 und Grundlagener-

- stellung für den Bericht gemäß Art. 17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019: Teil 3: Kartieranleitungen. Im Auftrag der österreichischen Bundesländer. Umweltbundesamt GmbH, Wien. At: https://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/12812743_123331268/122b324e/S-332_Art11_Teil3_Kartieranleitungen.pdf (accessed: 25-01-2024)
- European Union (2020) EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back to our lives. Brussels. At: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF (accessed: 06-01-2024)
- Lang S, Corbane C, Blonda P, Pipkins K, Foerster M (2015a) Multi-scale habitat mapping and monitoring using satellite data and advanced image analysis techniques. In *Remote Sensing Handbook*, 499–525. Taylor & Francis Group. New York.
- Lang S, Pernkopf L, Mairota P, Schioppa E P (2015b) Earth observation for habitat mapping and biodiversity monitoring (Special Issue). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 37, 1-6 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.10.007>)
- Lausch A, Bannehr L, Beckmann M, Boehm C, Feilhauer H, Hacker J M, Heurich M, Jung A, Klenke R, Neumann C, Pause M, Rocchini D, Schaepman M E, Schmidlein S, Schulz K, Selsam P, Settele J, Skidmore A K, Cord A F, (2016) Linking Earth Observation and taxonomic, structural and functional biodiversity: Local to ecosystem perspectives. *Ecological Indicators*, Volume 70, 317-339 (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.022>)
- Strahler A H, Woodcock C E, Smith J A, (1986) On the nature of models in remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, Volume 20, 121-139 (DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(86\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(86)90018-0))
- Suske W, Bergmüller K, Depisch B, Ellmauer T, Glaser M, Huber J, Lackner S, Radtke A, Schütz C, Teufelbauer N, Tomaschek J (2019) Ökologische Bewertung der Bewirtschaftung von Grünlandflächen hinsichtlich Nutzungsintensivierung und Nutzungsaufgabe. Wien. At: <https://info.bml.gv.at/dam/jcr:656ab490-dabb-471b-9cbd-7f4eb7f52cc1/Studie%204:%20Evaluierung%20Gr%C3%BCnland.pdf> (viewed: 06.02.2024)
- Teufelbauer N, Seaman B (2023): Farmland Bird Index für Österreich: Indikator 2021 bis 2022. Teilbericht Indikator 2022. Wien. At: <https://www.birdlife.at/page/monitoring-der-brutvogel> (viewed: 06.01.2024)
- Umweltbundesamt (2022) Dreizehnter Umweltkontrollbericht – Unterkapitel Biologische Vielfalt. Wien. At: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0821.pdf> (viewed: 06.01.2024)
- Zuna-Kratky T, Frieß T, Heimburg H, Holzinger T, Huber E, Illich I, Neumayer J, Ockermüller E, Pacher K, Pachinger B, Rabl D, (2022) Veränderung von Insektenpopulationen in Österreich in den letzten 30 Jahren – Ursachen und ausgewählte Beispiele. At: <https://dafne.at/projekte/insektenstudie> (viewed: 02.01.2024)

Received:

Addresses:

Nina Weber, E-Mail: nina.weber@rm-w.at, Ressourcenmanagement Weber, Flatschacher Straße 134/4/7, A-9020 Klagenfurt, Austria (corresponding author)

Thomas Strasser, E-Mail: thomas.strasser@plus.ac.at

Hannah Augustin, E-Mail: hannah.augustin@plus.ac.at

Department of Geoinformatics – Z_GIS, University of Salzburg, Schillerstraße 30, A-5020 Salzburg, Austria.

Wilhelm Foissner (1948–2020) – Worte der Erinnerung und der Bewunderung

Horst Aspöck

Wilhelm Foissner, geboren am 18. August 1948 in Wartberg ob der Aist in Oberösterreich, besuchte zunächst nur 4 Klassen Volksschule und 4 Klassen Hauptschule, zeigte aber schon vor seinem 14. Lebensjahr tiefes Interesse für mikroskopisch kleine Organismen. Nach einer Tischler-Lehre und Assistenz-Tätigkeiten in medizinischen Laboratorien bestand er 1974 die externe Matura und begann noch im selben Jahr ein Studium der Zoologie und Botanik an der Universität Salzburg. Schon 1966 hatte er den Entdecker des Silberlinien-Systems der Ciliaten, Bruno Maria Klein, getroffen, der W. Foissners schon bestehendes Interesse für Ciliaten noch massiv verstärkte. Und tatsächlich blieben die Ciliaten mit ihrer großen Formen-Vielfalt im Zentrum der wissenschaftlichen Arbeit von W. Foissner bis an sein Lebensende. Nach der Promotion zum Dr. phil. 1979 und der Habilitation 1982 wurde W. Foissner 1987 an der Universität Salzburg Professor (Extraordinarius) für Zoologie mit besonderer Berücksichtigung der Systematik und Ökologie der Protozoen. Schon zu Beginn seines Studiums konnte er etwa 20 Arbeiten vorweisen, bei seiner Promotion waren es bereits fast 60. Und in dieser Art ging es weiter. Wilhelm Foissner arbeitete und publizierte geradezu ununterbrochen und maßlos, und dies auf höchstem Niveau. Als er am 20. März 2020 – in der Nacht, während er an einem Manuskript arbeitete – durch die Ruptur eines Aneurysmas starb, war er Autor von 17 Büchern und über 430 Arbeiten in Zeitschriften, über 40 Buchbeiträgen und 260 Abstracts, die seine intensive Vortragstätigkeit in aller Welt demonstrieren. Der Schwerpunkt seiner Publikationen liegt auf der Taxonomie, Systematik, Ökologie und Biogeographie der Ciliaten. Er hat über 1.000 neue Taxa beschrieben, darunter 730 neue Spezies, ca. 250 neue Gattungen, 29 Familien, 7 Ordnungen und sogar ein neues Phylum (Hemimastigophora). W. Foissner zählt zu den großen Zoologen Österreichs, er ist weltweit einer der bedeutendsten Protistologen und wahrscheinlich der Ciliatologe mit der größten Produktivität insgesamt.

Aspöck H (2024) Wilhelm Foissner (1948–2020) – Words of Memory and of Admiration.

Wilhelm Foissner, born in the Upper Austrian village Wartberg ob der Aist on 18 August 1948, attended primarily only 4 grades of primary school and 4 grades of elementary school, but showed intensive interest for microscopically small organisms already as a child. At an age of 14 he became a carpenter apprentice and then fellow; later he worked as an assistant in medical laboratories, and in 1974 he passed an “external matura”, i.e. the qualifying examinations for attending a university. In the same year he began to study zoology and botany at the University of Salzburg. Already in 1966 he had met Bruno Maria Klein, the discoverer of the silverline-system of Ciliata, who intensified W. Foissner’s interest for Ciliates, and indeed, these organisms remained W. Foissner’s main research field throughout his whole life. After his promotion (Dr. phil.) in 1979 and his habilitation in 1982 he became an extraordinary professor for Zoology with special regard to systematics and ecology of Protozoa at the University of Salzburg. Already at the beginning of his university studies in 1974 he was author of 20 scientific papers, and when he finished his studies with his doctoral promotion he had already published almost 60 papers. In this intensity he continued. W. Foissner worked and published without interruption permanently and almost excessively and produced publications in highest quality. When he died on 20 March 2020 – in the night, while working on a manuscript – due to a ruptured aneurysm at an age of 71, he was author of 17 books and more than 430 publications in journals, of more than 40 articles in books, and of about 260 abstracts, which show his intensive activity as a speaker in congresses and symposia in many parts of the world. The main topics of his publications were taxonomy, systematics, ecology, and biogeography of ciliates. He has described more than 1,000 new taxa, among these about 730 new species, 250 genera, 29 families, 7 orders, and even a new phylum (Hemimas-

tigophora). W. Foissner is one of the great Austrian zoologists, he is among the most prominent protistologists of past and present times in the world, and most probably the ciliatologist with the highest productivity who has ever lived.

Keywords: Wilhelm Foissner, biography, Austrian protozoologist, Ciliophora, Protista.

Einleitung

Die vorliegende Arbeit basiert auf einem als Einleitung zum Wilhelm Foissner-Symposium beim ESOP-ISOP (IXth European Congress of Protistology & International Society of Protistology) joint meeting in Wien am 13. Juli 2023 in englischer Sprache gehaltenen Vortrag.

Ich habe die Einladung zu diesem Vortrag zu Ehren von Wilhelm Foissner mit Freude angenommen, obwohl ich Parasitologe und Entomologe und nicht Ciliatologe bin, aber die Protozoen verbanden Wilhelm Foissner und mich, wenngleich aus unterschiedlicher Sicht. Wir kannten einander mehrere Jahrzehnte, stammten beide aus Oberösterreich, hatten beide enge Kontakte mit dem Biologie-Zentrum des Oberösterreichischen Landesmuseums, und wir kommunizierten in der Sprache unserer Kindheit – im oberösterreichischen Dialekt. Willi (so durften ihn die Menschen, mit denen er freundschaftlichen Kontakt hatte, nennen) sprach eigentlich immer in diesem charakteristischen Dialekt, und man hatte manchmal – wenn man nicht genau hinhörte – den Eindruck, dass er ihn sogar für seine englischen Vorträge verwendete. Originell war zudem sein Auftreten als Vortragender: Er war meist barfuß in Sandalen.

Früh-Biografisches

Wilhelm Foissner wurde am 18. August 1948 in Wartberg ob der Aist, einem kleinen Dorf im Mühlviertel, geboren. Er absolvierte die Volksschule und die Hauptschule, der Besuch eines Gymnasiums war aus finanziellen Gründen nicht möglich. Trotz der bescheidenen finanziellen Möglichkeiten kaufte sein Vater ein Mikroskop (Abb. 1), das für den an der Natur intensiv interessierten Buben eine neue Welt öffnete. Willi Foissner beendete seine Schulzeit schon im Alter von 14 Jahren und begann eine Tischler-Lehre, die er drei Jahre später mit erfolgreicher Gesellenprüfung abschloss. Von 1965–1967 verdiente er sein Geld als Tischler in Linz.

Prägende Begegnungen

Von 1966 bis 1976 hatte er als freiwilliger wissenschaftlicher Mitarbeiter intensiven Kontakt mit der Naturkundlichen Station der Stadt Linz, wo er sein Wissen auf verschiedenen Gebieten der Biologie erweitern konnte. Besonders nachhaltig war der Kontakt mit Dr. Robert Jarosch (später Professor an der Universität Salzburg), der sich intensiv mit Fotografie und besonders Mikrofotografie befasste. Im Jahre 1966 – er war damals 18 Jahre alt – suchte W. Foissner eine Begegnung, die für seinen weiteren Lebensweg von fundamentaler Bedeutung war: Wilhelm Foissner traf Bruno Maria Klein (Abb. 2) im Naturhistorischen Museum in Wien. Dieser hatte in den frühen 1920er Jahren das Silberlinien-System von Ciliaten entdeckt, was für die Morphologie und die Taxonomie von Ciliaten eine Revolution bedeutete.



Abb. 1: Dieses Mikroskop erhielt W. Foissner als Hauptschüler (also jedenfalls vor seinem 14. Lebensjahr) von seinem Vater. Es eröffnete für ihn die Organismenwelt, die sein Leben bestimmen sollte (Fotoarchiv Ilse Foissner). – Fig. 1: W. Foissner received this microscope as an elementary school boy (i.e. before the age of 14) from his father. It opened for him the world of organisms which should determine his life (Photo archive Ilse Foissner).



Abb. 2: Bruno Maria Klein (1891–1968), der Entdecker des Silberlinien-Systems der Ciliaten, Vorbild und Lehrer von W. Foissner (aus Eiselt 1969). – Fig. 2: Bruno Maria Klein (1891–1968), the discoverer of the silverline-system of Ciliata, shining example and teacher of W. Foissner (from Eiselt 1969).

Ich bin überzeugt, dass die Begegnung mit Bruno Maria Klein richtungsweisenden und grundlegenden Einfluss auf Willi Foissners wissenschaftliche Entwicklung und sein Leben insgesamt hatte. Es gibt übrigens überraschende Ähnlichkeiten im Leben dieser beiden Naturforscher: Beide zeigten schon in ihrer Kindheit eine ungewöhnlich intensive Begeisterung für das Phänomen Leben und besonders auch für Protozoen. Beide brachen ihre Schulzeit frühzeitig ab (W. Foissner schon im Alter von 14 Jahren, B.M. Klein verließ das Gymnasium, hatte also keine Matura und trat als Präparator in das Naturhistorische Museum Wien ein; 1952 erhielt er von der Universität Wien das Ehrendoktorat). Beide waren extrem fleißig und produktiv, schrieben gerne, waren exzellente Zeichner und nutzten die Fotografie und besonders auch die Mikrofotografie intensiv für die Darstellung ihrer Forschungsobjekte.

B.M. Klein publizierte seine erste Arbeit im Jahre 1926, sie erschien im Zoologischen Anzeiger (Klein 1926a, Abb. 3); noch im selben Jahr erschien seine erste große, mit zahl-

reichen Abbildungen ausgestattete Arbeit über „Ergebnisse mit einer Silbermethode bei Ciliaten“ (Klein 1926b). Von 1926 bis 1966 (zwei Jahre vor seinem Tod, 1968) veröffentlichte er 146 Artikel (Eiselt 1969). Der Großteil dieser Publikationen ist Studien des Silberlinien-Systems gewidmet, und auch seine letzte Arbeit von 1966 befasst sich mit dem Silberlinien-System.

B.M. Klein muss offensichtlich permanent an Manuskripten gearbeitet haben, ungeachtet des Wochentags, von Montag bis Sonntag und zu jeder Tageszeit – so wie Willi Foissner. Und noch eine Gemeinsamkeit war auffallend: Beide hatten eine ungewöhnlich intensive, liebevolle Beziehung zu Katzen (Abb. 21). 1967, kurz nach seinem Besuch im Naturhistorischen Museum und dem Treffen mit B.M. Klein publizierte W. Foissner im Alter von 19 Jahren seine erste wissenschaftliche Arbeit (Foissner 1967, Abb. 4). Sie war einer Verbesserung der Methode zur Darstellung des Silberlinien-Systems gewidmet.

1967–1968 leistete W. Foissner seinen Militärdienst, wobei er besonders im Labor des Militärkrankenhauses in Stammersdorf (Wien, Floridsdorf) eingesetzt wurde (Abb. 5).

Von 1968 bis 1973 arbeitete W. Foissner als Laborant in einem medizinisch-diagnostischen Laboratorium in Linz. Nach erfolgreicher Prüfung wurde er Hilfsassistent.

Von 1974 bis 1980 unterrichtete er in der Schule für Laboratoriumsmedizin im Allgemeinen Krankenhaus in Linz die Fächer Mikroskopie, Fotografie und Mikrofotografie.

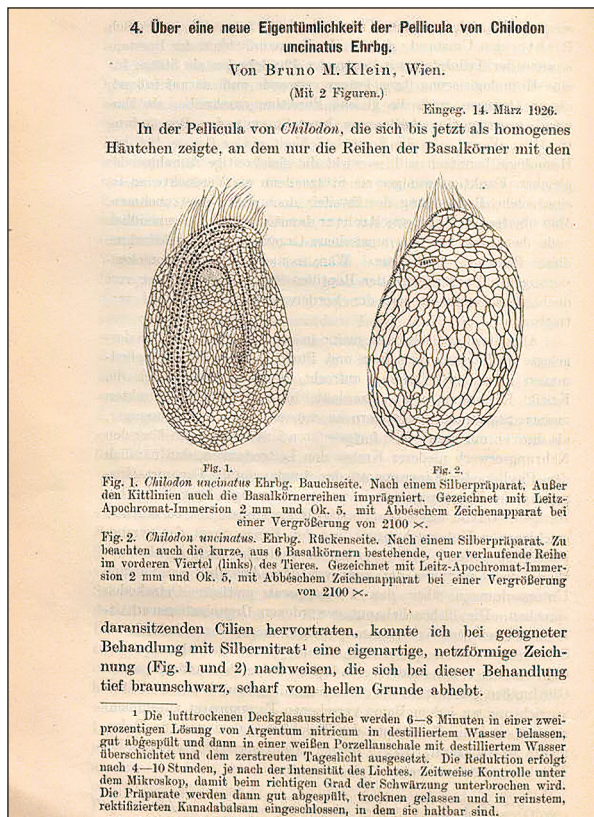


Abb. 3: Erste wissenschaftliche Arbeit von Bruno M. Klein (1926a). – Fig. 3: First scientific publication of Bruno M. Klein (1926a).

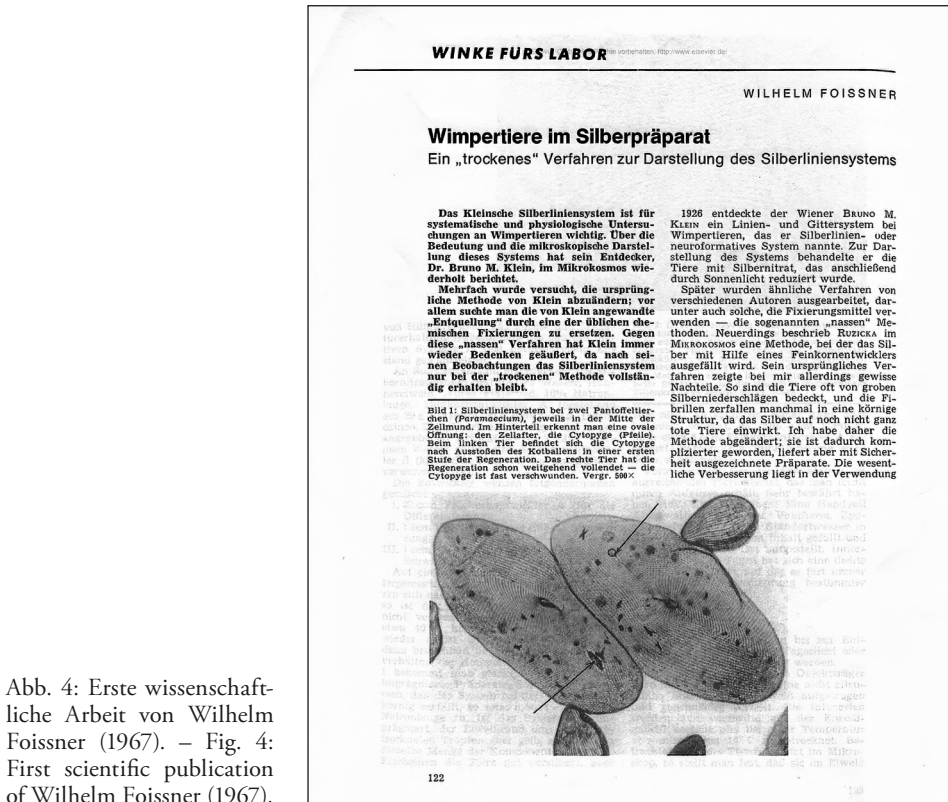


Abb. 4: Erste wissenschaftliche Arbeit von Wilhelm Foissner (1967). – Fig. 4: First scientific publication of Wilhelm Foissner (1967).

Akademischer Werdegang

1969 war abermals ein besonders wichtiges Jahr. Willi Foissner hatte ja nur 4 Jahre Volksschule und 4 Jahre Hauptschule besucht, daher fehlte ihm die Voraussetzung für ein Universitätsstudium, nämlich die Matura (in Deutschland als Abitur bezeichnet). Es gibt allerdings die Möglichkeit, diese Voraussetzung durch den Besuch einer externen Matura-Schule und die entsprechenden Abschlussprüfungen nachzuholen. Nach vier Jahren, im Jahre 1974, legte er diese Prüfungen erfolgreich ab und inskribierte sofort an der Universität Salzburg für ein Biologie-Studium mit den Fächern Zoologie und Botanik, das er 1979 im Alter von 31 Jahren mit der Promotion zum Dr. phil. (dieser Grad entspricht heute dem PhD) abschloss (Abb. 7). Zu dieser Zeit hatte er bereits mehr als 50 Arbeiten publiziert.

1977 heiratete Willi Foissner Ilse Fuchs (Abb. 8), eine Botanik-Studentin, die später an der Universität Salzburg als Professorin in der Botanik und im Fachbereich Zellbiologie wirkte und noch heute wissenschaftlich tätig ist.

Nun setzte Willi Foissner seine so erfolgreiche wissenschaftliche Laufbahn im akademischen Ambiente der Universität Salzburg fort (Abb. 6): 1980 wurde er Assistent an dem von Prof. Dr. Hans Adam geleiteten Zoologischen Institut der Universität. 1982 folgte seine Habilitation für Zoologie mit besonderer Berücksichtigung der Systematik und Ökologie der Protozoen.

1987 wurde er Extraordinarius und Professor für Zoologie. 2013 trat er als Univ.-Prof. in den Ruhestand, setzte aber seine Forschungsarbeit im Freiland und am Mikroskop – zunächst noch im Institut, später zu Hause – fort. Es gab tatsächlich keine Unterbrechung seiner wissenschaftlichen Produktivität. In der Nacht des 20. März 2020 – während er an einem Manuskript arbeitete – starb Wilhelm Foissner plötzlich, aber nicht unerwartet, an den Folgen eines rupturierten Aneurysmas. Er litt an Morbus aneurysmaticus, was bedeutete, dass er dazu neigte, Aneurysmata in verschiedenen Gefäßen zu entwickeln, was eine permanente Lebensgefahr bedeutete. Willi Foissner war Raucher, sogar Kettenraucher. Er wusste natürlich auch, dass die Gefahr einer Ruptur eines Aneurysmas bei Rauchern zunimmt, und er sprach offen darüber. Er hatte mehrere Operationen (die erste schon 1996), und immer, wenn er im Krankenhaus war, musste er mit dem Rauchen aufhören, was er auch eine gewisse Zeit fortsetzte, aber nach einiger Zeit begann er wieder zu rauchen. So diszipliniert er in seiner wissenschaftlichen Arbeit war, so wenig konnte er diese Eigenschaft auf den Verzicht auf die Zigarette ausdehnen. Die Urne von Willi Foissner wurde auf dem Sebastian-Friedhof in Salzburg beigesetzt. Das ist jener berühmte Friedhof, auf dem Paracelsus, Leopold Mozart und weitere Angehörige der Familie Mozart begraben sind.

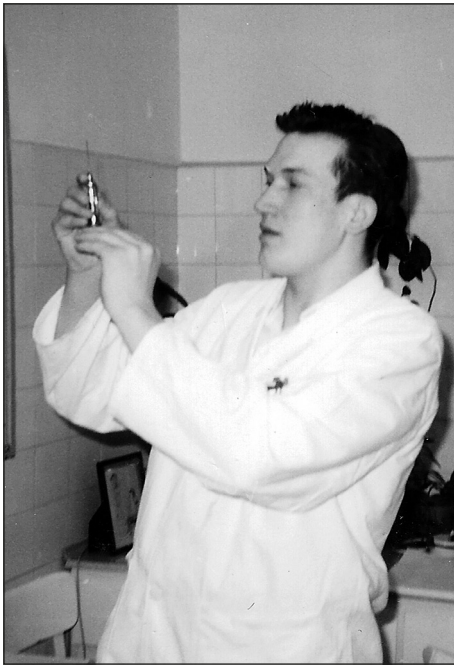


Abb. 5: Wilhelm Foissner als Laborant im Medizinischen Labor des Heeresspitals in Stammersdorf (Wien XXI) während seines Militärdienstes, 1968 (Fotoarchiv Ilse Foissner). – Fig. 5: Wilhelm Foissner as a laboratory assistant in the Medical Laboratory of the Military Hospital in Stammersdorf (Vienna XXI) during his military service, 1968 (Photo archive Ilse Foissner).

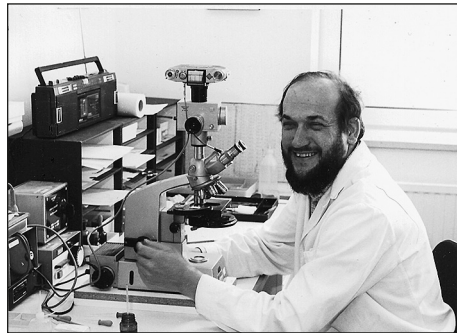


Abb. 6: Wilhelm Foissner in der Zeit seiner Dissertation, 1977, im Zoologischen Institut der Universität Salzburg (Fotoarchiv Ilse Foissner). – Fig. 6: Wilhelm Foissner during the work on his dissertation, 1977, in the Zoological Institute of the University Salzburg (Photo archive Ilse Foissner).



Abb. 7: Promotion von Wilhelm Foissner zum Dr. phil. am 12. Juli 1979 an der Universität Salzburg (Fotoarchiv Ilse Foissner).
– Fig. 7: PhD-promotion of Wilhelm Foissner at the University Salzburg, 12 July 1979 (Photo archive Ilse Foissner).



Abb. 8: Hochzeit von Wilhelm Foissner mit der Botanik-Studentin Ilse Fuchs am 26. Februar 1977 (Fotoarchiv Ilse Foissner).
– Fig. 8: Wedding of Wilhelm Foissner and Ilse Fuchs, student of Botany, 26 February 1977 (Photo archive Ilse Foissner).

Wissenschaftliches Opus

Wilhelm Foissner begann seine wissenschaftliche Tätigkeit eigentlich schon – trotz seiner bescheidenen Schulbildung – als Teenager, davon gibt seine erste Publikation (Foissner 1967) Zeugnis (Abb. 4). Ein eindrucksvoller Beweis, dass unerschöpfliche Begeisterung – gepaart mit hoher Intelligenz, mit unstillbarer Neugierde und mit der Bereitschaft, alle möglichen Quellen zu nützen, sein Wissen zu mehren – zu Leistungen, zu Entdeckungen befähigen, die sonst regelrecht ausgebildeten und akademisch graduierten Menschen vorbehalten sind. Die Ciliaten hatten ihn voll in Besitz genommen, und so blieb es bis zu seinem Tod.

Bis zum Beginn seines Studiums im Jahre 1974 hatte er bereits 20 wissenschaftliche Arbeiten publiziert – darunter auch seine erste Beschreibung einer neuen Spezies, *Colpidium kleini* (Ciliata, Holotricha, Tetrahymenidae), benannt nach seinem großen Vorbild, Bruno Maria Klein (Foissner 1969). Dieser Beschreibung einer neuen Art sollten in W. Foissners Leben noch mehr als 700 weitere folgen. Und als W. Foissner 1979 sein Studium beendete, umfasste seine Publikationsliste fast 60 Arbeiten (Aescht & Berger 2008b).

Die Dissertation von W. Foissner kann man nur als Opus magnum bezeichnen. Sie war hydrobiologischen Studien in den Hohen Tauern mit besonderer Berücksichtigung der Ciliaten gewidmet, sie umfasst zwei Bände von 175 bzw. 410 Seiten (Foissner 1979a, 1979b). Sie entstand im Rahmen eines von Prof. Dr. Herbert Franz (damals Hochschule für Bodenkultur, Wien) geleiteten *Man and Biosphere*-Projekts der UNESCO. Der offizielle Betreuer war Univ. Prof. Dr. Hans Adam (Univ. Salzburg). De facto brauchte W. Foissner fachlich keinen Betreuer, er hatte sich bereits alle Voraussetzungen für die Bearbeitung des Dissertationsthemas erarbeitet. H. Franz bestand zunächst auf der Einbeziehung der Boden-Ciliaten. Dieser Wunsch erreichte W. Foissner erst, nachdem er schon längst die limnischen Ciliaten zum zentralen Thema seiner Dissertation gemacht hatte. Dennoch erwies sich die Intention von H. Franz für W. Foissner als goldene Idee. Bald nach seiner Promotion begann er, sich zunehmend intensiv den Boden-Protozoen zu widmen, und sie bildeten in den folgenden 40 Jahren einen Schwerpunkt der Forschungen von W. Foissner. Die Organismen, die Willi Foissner geradezu seit seiner Kindheit fasziniert hatten – die Ciliaten – blieben bis ans Lebensende im Zentrum seiner gesamten wissenschaftlichen Tätigkeit, in der Forschung ebenso wie in der Betreuung der Studierenden durch Dissertationen und Diplomarbeiten. Auch die Themen der Vorträge, die er auf vielen internationalen und nationalen Kongressen und Symposien in aller Welt hielt, waren zum größten Teil den Ciliaten gewidmet, mitunter aber auch anderen Protozoen, z. B. Testacea (= Schalenamöben) oder dem von ihm entdeckten und gemeinsam mit seiner Frau, Ilse Foissner, und seinem Schüler und Dissertanten Hubert Blatterer beschriebenen Phylum Hemimastigophora (Foissner et al. 1988).

Der Schwerpunkt der Fragestellungen seiner Forschung war ohne Zweifel die Taxonomie und davon ausgehend Morphologie insgesamt, Systematik, Ökologie, Chorologie und Biogeographie. Wiederholt hat sich W. Foissner auch angewandten Fragen auf der Basis der vergleichenden Untersuchung der Ciliaten bestimmter anthropogen beeinflusster Biotope gewidmet. Ein wichtiges Anliegen war W. Foissner stets die Klärung nomenklatorischer Probleme. W. Foissner hat im Laufe seines Lebens insgesamt mehr als 1.000 neue Taxa beschrieben: ca. 730 Spezies, ca. 50 Subspezies, ca. 250 Genera, 11 Subgenera, 29 Familien, 4 Subfamilien, 7 Ordnungen, 11 Unterordnungen, 1 Klasse (Hemimastigea), 3

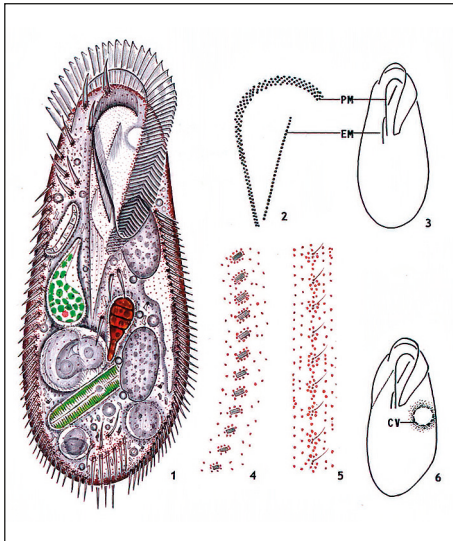


Abb. 9: Ein Beispiel für das Zeichentalent von Wilhelm Foissner: *Australocirrus aspoeki* (Foissner, 2004), eine in Oberösterreich entdeckte Ciliaten-Spezies, die ursprünglich in der Gattung *Cyrtohymena* beschrieben wurde. Foissner hat in dieser Art der Darstellung viele tausend Zeichnungen angefertigt (aus Foissner 2004). – Fig. 9: An example of Wilhelm Foissner's high talent for scientific drawing: *Australocirrus aspoeki* (Foissner, 2004), a species of ciliates discovered in Upper Austria, originally described in the genus *Cyrtohymena*. W. Foissner made many thousand drawings in this kind and technique (from Foissner 2004).

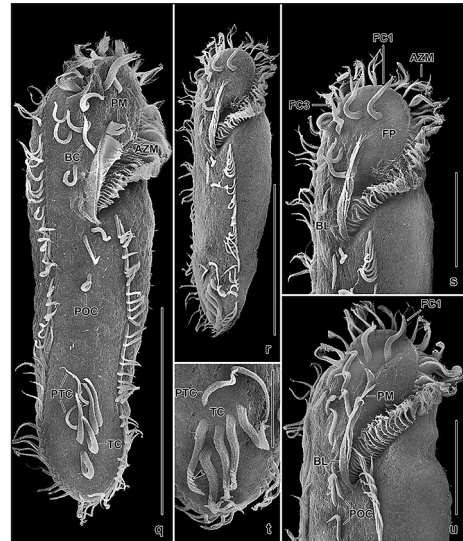


Abb. 10: Ein Beispiel für rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von W. Foissner: *Mixophrya pantanalensis pantanalensis* Foissner, 2021 (aus Foissner & Berger 2021). Er beherrschte die Präparation und die rasterelektronenmikroskopische Darstellung von Protozoen perfekt und stellte tausende Bilder her. – Fig. 10: An example of scanning electron microscopic photography of ciliates of W. Foissner: *Mixophrya pantanalensis pantanalensis* Foissner, 2021 (from Foissner & Berger 2021). He was absolutely perfect in the technique of preparation and in the scanning electron microscopy of Protozoa and took thousands of photographs.

Subklassen und 1 Phylum (Hemimastigophora). Alle seine Beschreibungen zeichnen sich durch außerordentliche Sorgfalt aus und enthalten – soweit es sinnvoll und notwendig erschien – exzellente Abbildungen. W. Foissner war ein sehr talentierter Zeichner, obwohl er selbst nicht davon überzeugt war, seine Beschreibungen zeichnen sich nicht nur durch wissenschaftliche Exaktheit in Wort und Bild aus, sondern bestechen auch aus der Sicht der Ästhetik (Abb. 9). Neben den Zeichnungen verdienen auch die vielen hervorragenden rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen alle Anerkennung (Abb. 10); er beherrschte die Technik perfekt und gab die erforderlichen Fähigkeiten auch an seine Schülerinnen und Schüler weiter.

W. Foissner hat die Ergebnisse seiner Forschungen in über 430 Arbeiten in wissenschaftlichen Zeitschriften, in 17 umfangreichen Monografien und Büchern (Abb. 11a-d) und über 40 Buchbeiträgen veröffentlicht. Insgesamt umfasst sein Opus ca. 17.000 Druckseiten (Publikationsliste von W. Foissner: https://www.wfoissner.at/varia/Foissner_W_publications.htm). Dazu kommen noch 260 Abstracts, die die intensive Vortragstätigkeit von W. Foissner auf Kongressen und Symposien bezeugen (Abb. 12-20). Eine Abfrage des Autor-



Abb. 11: Bücher von Wilhelm Foissner. Hier 4 Beispiele: Drei in Denisia publizierte, besonders umfangreiche Werke (a: Foissner et al 2002, b: Vďačný & Foissner 2012, c: Foissner 2016) und das letzte, posthum erschienene Werk (d: Foissner & Berger 2021). Bei den übrigen 13 Büchern handelt es sich um: Foissner et al (1991), Foissner et al (1992), Foissner (1993), Foissner et al (1994), Foissner et al (1995), Foissner & Berger (1996), Berger et al (1997), Foissner et al (1999), Berger & Foissner (2003), Foissner & Kreutz (2006), Foissner & Xu (2007), Foissner & Hawksworth (2009), Foissner (2009). – Fig. 11: Books of Wilhelm Foissner, four examples: three particularly large and extensive works published in Denisia (a: Foissner et al 2002, b: Vďačný & Foissner 2012, c: Foissner 2016) and the last, posthumously published work (d: Foissner & Berger 2021). The other 13 books are Foissner et al (1991), Foissner et al. (1992), Foissner (1993), Foissner et al (1994), Foissner et al (1995), Foissner & Berger (1996), Berger et al (1997), Foissner et al (1999) Berger & Foissner (2003), Foissner & Kreutz (2006), Foissner & Xu (2007), Foissner & Hawksworth (2009), Foissner (2009).

Profils von Wilhelm Foissner in der Datenbank Scopus vom 22.12.2023 ergab 274 Dokumente, 8.970 Zitierungen und einen h-Index von 46. Das sind hohe Werte, und trotzdem geben sie nicht annähernd das tatsächliche wissenschaftliche Lebenswerk wider: Bücher werden von Scopus zumeist nicht aufgenommen, aber die meisten großen Werke von W. Foissner enthalten Substanz für viele einzelne Publikationen, die sehr wohl in Scopus Aufnahme gefunden hätten, wodurch die (zwar ohnehin) hohen Zahlen noch erheblich gestiegen wären. In Google Scholar, einer weniger strengen Datenbank, hat sich W. Foissner nicht registrieren lassen, sodass die entsprechenden Zahlen (Dokumente, Zitierungen, h-Index) nicht ablesbar sind.

Ehrungen und Anerkennung

Wilhelm Foissner erfuhr schon frühzeitig – ab etwa 1980 – zunehmend große Anerkennung seiner wissenschaftlichen Leistungen; seine geradezu unheimliche Produktivität und permanente Veröffentlichung hochwertiger Arbeiten waren häufige Gesprächsthemen, so nimmt es nicht wunder, dass ihm zahlreiche Ehrungen aller Art zuteilwurden: Preise, Medaillen, zahlreiche Einladungen zu Vorträgen (häufig als Keynote-Speaker), zu Funktionen in Gesellschaften (z. B. Präsident der Deutschen Gesellschaft für Protozoologie von 1996–1999, Präsident der International Society of Protistologists 2006), zu Gastprofessuren in verschiedenen ausländischen Universitäten, von wissenschaftlichen Zeitschriften zur Funktion des Editors, als Mitglied des Redaktionskomitees und als Reviewer. Zu seinem 60. Geburtstag erschien eine fast 500 Seiten umfassende Festschrift (Aescht & Berger 2008a) mit zahlreichen ihm gewidmeten Arbeiten vieler Autoren. Er war – das darf man klar und ohne jede Einschränkung festhalten – gut 40 Jahre vor seinem Tod ein allseits geachteter und bewunderter Kollege. Alle Publikationen über ihn – solche zu seinen Lebzeiten ebenso wie Nachrufe bezeugen dies: Lametschwandtner (2008), Weisse (2008), Aescht & Berger (2008b), Fokin (2020), Weisse (2020), Berger (2021), Berger (2022), Hausmann (2023).



Abb. 12: Wilhelm Foissner bei einem Vortrag auf der 15. Wissenschaftlichen Tagung der Deutschen Gesellschaft für Protozoologie in Linz, 6.–9. März 1996 (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 12: Wilhelm Foissner giving a presentation at the 15th scientific meeting of the German Society of Protozoology in Linz, Upper Austria, 6–9 March 1996 (Photo archive H. & U. Aspöck).



Abb. 13: 11th International Congress of Protozoology ICOP in Salzburg, 15.–19. Juli 2001. Von links nach rechts: Miklós Müller, Wilhelm Foissner, Thomas Cavalier-Smith (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 13: 11th International Congress of Protozoology ICOP in Salzburg, 15–19 July 2001. From left to right: Miklós Müller, Wilhelm Foissner, Thomas Cavalier-Smith (Photo archive H. & U. Aspöck).



Abb. 14: 11th International Congress of Protozoology ICOP in Salzburg, 15.–19. Juli 2001. Von links nach rechts: Wilhelm Foissner, Klaus Heckmann, Thomas Cavalier-Smith (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 14: 11th International Congress of Protozoology ICOP in Salzburg, 15–19 July 2001. From left to right: Wilhelm Foissner, Klaus Heckmann, Thomas Cavalier-Smith (Photo archive H. & U. Aspöck).



Abb. 15: 11th International Congress of Protozoology ICOP in Salzburg, 15.–19. Juli 2001. Wilhelm Foissner (Mitte) und Helmut Berger (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 15: 11th International Congress of Protozoology ICOP in Salzburg, 15–19 July 2001. Wilhelm Foissner (middle) and Helmut Berger (Photo archive H. & U. Aspöck).



Abb. 16: Wilhelm Foissner bei einem Vortrag auf der 4. Jahrestagung von NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Graz, 2.–3. Dezember 2010 (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 16: Wilhelm Foissner giving a lecture at the 4th Annual Meeting of NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Graz, Styria, 2–3 December 2010 (Photo archive H. & U. Aspöck).



Abb. 17: Wilhelm Foissner auf der 4. Jahrestagung von NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Graz, 2.–3. Dezember 2010 (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 17: Wilhelm Foissner at the 4th Annual Meeting of NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Graz (Styria), 2–3 December 2010 (Photo archive H. & U. Aspöck).



Abb. 18: 10. Jahrestagung von NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Linz, 3. Dezember 2016. Von links nach rechts: Ulrike Aspöck, Wilhelm Foissner, Julia Walochnik mit ihrer Tochter, Lina, und Horst Aspöck (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 18: 10th Annual Meeting of NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Linz (Upper Austria) 3 December 2016. From left to right: Ulrike Aspöck, Wilhelm Foissner, Julia Walochnik with her daughter, Lina, and Horst Aspöck (Photo archive H. & U. Aspöck).



Abb. 19: Wilhelm Foissner bei seinem Vortrag auf der 13. Jahrestagung von NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Salzburg, 28.–29. November 2019 (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 19: Wilhelm Foissner giving a lecture at the 13th Annual Meeting of NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Salzburg, 28–29 November 2019 (Photo archive H. & U. Aspöck).



Abb. 20: Wilhelm Foissner (links) und Horst Aspöck auf der 13. Jahrestagung von NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Salzburg, 28.–29. November 2019 (Fotoarchiv H. & U. Aspöck). – Fig. 20: Wilhelm Foissner (left) and Horst Aspöck at the 13th Annual Meeting of NOBIS (Network of Biological Systematics) Austria, Salzburg, 28–29 November 2019 (Photo archive H. & U. Aspöck).

Die eigenwillige Persönlichkeit Wilhelm Foissners

Welche Eigenschaften zeichneten Wilhelm Foissner als Wissenschaftler und als Menschen im täglichen Leben und in der Kommunikation mit anderen aus? Er war grundsätzlich ein disziplinierter, verlässlicher und umgänglicher Mensch, der Vereinbarungen stets einhielt. Warum es ihm so schwerfiel, das Rauchen aufzugeben, kann man daher kaum verstehen. Er war in seiner Arbeit anspruchsvoll, kritisch und streng mit sich selbst, aber auch gegenüber anderen, seinen Kollegen und Kolleginnen, den Studierenden und seinen Schülern und Schülerinnen. Er war als Forscher ehrgeizig und geradezu maßlos in seiner Arbeit, und er erwartete diese Einstellung auch von anderen, was manchmal zu Konflikten führte. Er war im täglichen Leben bescheiden, aber großzügig, wenn es um die Erreichung wissenschaftlicher Ziele ging. Er unterstützte, wenn er es für gerechtfertigt hielt, Studierende auch finanziell. Er pflegte viele Kontakte mit anderen Wissenschaftlern, und er liebte hochwertige Diskussionen, aber er mied Gesellschaften mit anspruchslosem Gerede. Er war ein ausgeprägt schneller und scharfer Denker, dem sofort viele relevante Assoziationen einfielen. Er war höflich (konnte es zumindest sein), aber oft sehr direkt, und wenn seine intellektuellen Ansprüche nicht erfüllt wurden, sogar jähzornig. Er brauchte nur wenig Schlaf, und er arbeitete nicht nur bei Tag, sondern oft auch in der Nacht.

An dieser Stelle sei es erlaubt anzusprechen, dass er das Glück hatte, mit einer wunderbaren Frau verheiratet zu sein, die seinen maßlosen Arbeitseinsatz nicht nur akzeptierte, sondern in vielfacher Weise unterstützte. Ehe sie selbst als Botanikerin an der Universität wissenschaftlich tätig war, forschte und publizierte sie gemeinsam mit ihrem Mann.

W. Foissner führte – zu erheblichem Teil gemeinsam mit seiner Frau – viele Forschungsreisen in viele verschiedene Länder in Afrika, Asien, Australien und Amerika durch, auf denen er stets viele Bodenproben sammelte, aus denen er in Österreich mittels Kulturen Ciliaten (und andere Protozoen) – zum Großteil noch unbeschriebene Arten – isolierte und nach Möglichkeit züchtete (I. Foissner 2008). Die Bearbeitung der gesammelten Bodenproben und der aus diesen isolierten Protozoen erfolgte zu gutem Teil im Rahmen von Dissertationen, wofür W. Foissner regelmäßig Forschungsprojekte beim FWF einreichte. Die weitaus meisten seiner Projektanträge waren erfolgreich, was wohl darauf zurückzuführen ist, dass W. Foissner ein so hohes und über jeden Zweifel erhabenes Ansehen in der „Scientific community“ genoss. Das gewaltige, alles Übliche sprengende wissenschaftliche Lebenswerk von Wilhelm Foissner hat wohl jeden aufrichtigen Gutachter überzeugt.

Was bleibt und das Erbe W. Foissners

Insgesamt hat W. Foissner 11 Dissertationen und 3 Diplomarbeiten und einige Arbeiten von Postdocs betreut. Manche dieser Arbeiten fanden ihren Niederschlag in bedeutenden großen Publikationen (z. B. Foissner et al. 1991, 1995, 2002, Foissner & Xu 2007, Vďačný & Foissner 2012).

W. Foissner hat im Laufe von etwa 50 Jahren eine enorme, an Typen reiche Sammlung von Präparaten von Ciliaten und anderen Protozoa zusammengetragen. Einen Großteil dieser Sammlung hat er schon zu Lebzeiten dem Biologie-Zentrum in Linz übergeben. Er wusste, dass die Leiterin der Invertebraten-Sammlungen (diese enthalten auch die Protozoen), Dr.

Erna Aescht, die bei ihm über Ciliaten dissertiert hatte, natürlich über hohe Kompetenz verfügt und als verlässliche und verantwortungsbewusste Kollegin bekannt war. W. Foissner spendete dem Biologie-Zentrum schon in den Jahren 2001 und 2002 einen Betrag von 1.000.000 ATS (das entspricht heute etwa 73.000 Euro). Diese Spende war für den Ausbau des Dachbodens des Biologie-Zentrums gedacht, in dem die Sammlung Foissner ihre Bleibe finden sollte. Nach W. Foissners Tod begann für das Biologie-Zentrum eine unsichere Zeit, weil zunächst der Plan einer Übersiedlung dieser Institution an einen anderen Ort in der Umgebung von Linz – verbunden mit einer Reorganisation der Sammlungen – bestand. Daher wurde auch überlegt, die Sammlung Foissner an eine Sicherheit bietende Institution zu transferieren. Glücklicherweise hat sich die Situation kürzlich geklärt und zum Positiven gewendet: Das Biologie-Zentrum verbleibt in dem Gebäude, in dem es sich jetzt befindet, und das Haus wird sogar großzügig ausgebaut.

Die Sammlung Foissner umfasst tausende sorgfältig beschriftete Präparate, darunter hunderte Holotypen und viele Paratypen. H. Berger (pers. Mitt.) schätzt, dass sich etwa 98 % der Holotypen der von W. Foissner beschriebenen Spezies in dieser Sammlung befinden.

Der wissenschaftliche Nachlass von W. Foissner umfasst allerdings noch mehr: hunderte Ordner und Mappen mit Aufzeichnungen über die von ihm untersuchten Taxa, viele davon noch unvollständig bearbeitet und nicht publiziert, und eine hinsichtlich der Vollständigkeit herausragende Sonderdruck-Bibliothek. In dem Vertrag mit dem Biologie-Zentrum wurde ausdrücklich festgehalten, dass auch die Sonderdruck-Bibliothek letztlich im Biologie-Zentrum in Linz aufbewahrt werden soll. In diesem Zusammenhang noch ein gewichtiger Aspekt: Durch die Initiative von Dr. Erna Aescht gelang es, die Sammlung von Bruno M. Klein vom Niederösterreichischen Landesmuseum auf Dauer in das Biologie-Zentrum in Linz zu transferieren. Die Sammlungen Klein und Foissner stellen ein weltweit einmaliges Archiv von unschätzbarem Wert für die Ciliaten-Forschung dar. Sie sind im Übrigen Teil eines großen und großartigen „Mikrokosmos Archivs“, das von Dr. Erna Aescht mit der ihr eigenen souveränen Kompetenz, Sorgfalt und Gründlichkeit im Verlauf von Jahren aufgebaut wurde (Aescht 2018a, b). Dieses Archiv zählt zu den besonderen Schätzen des Biologie-Zentrums in Linz.

Schließen möchte ich mit einem Thema, das uns alle betrifft: Mit größter Wahrscheinlichkeit sind wir – *Homo sapiens* – die einzigen Organismen, die wissen, dass ihr Leben innerhalb einer ungefähr abschätzbaren Zeit enden wird, und trotz dieser Gewissheit fällt kaum ein Mensch deshalb in eine Depression. Ich denke, dass dies eine Meisterleistung der Evolution der Hominini ist.

Aber die meisten Menschen wollen Spuren hinterlassen – Kinder, Paläste, Symphonien, Bücher, ... und auch wissenschaftliche Publikationen gehören zu den besonders langlebigen Spuren.

Wilhelm Foissner war sich dieser Tatsache voll bewusst. Er sprach ganz freimütig darüber und über seinen Wunsch, bleibende Spuren zu hinterlassen. Kein Zweifel – er hat großartige Spuren hinterlassen, die auch in ferner Zukunft als seine Spuren – seine Forschungsergebnisse, seine Entdeckungen, seine Verdienste – erkannt werden und anerkannt bleiben – sein wissenschaftliches Lebenswerk ist einfach überwältigend in Qualität und Quantität.

Unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit steht Wilhelm Foissner unter den Zoologen, die Österreich hervorgebracht hat, in der ersten Reihe. Er ist wohl auch der bedeutendste österreichische Protozoologe und jedenfalls einer der großen Protozoologen weltweit



und gewiss der produktivste Ciliatologe.

Mit tiefer Bewunderung verbeugen wir uns vor ihm und vor seinem wissenschaftlichen Lebenswerk.

Abb. 21: Wilhelm Foissner mit seiner Katze, Salzburg 2019, wenige Monate vor seinem Tod (Fotoarchiv Ilse Foissner). – Fig. 21: Wilhelm Foissner with his cat, Salzburg, 2019, a few months before his death (Photo archive Ilse Foissner).

Danksagung

Vor und während der Niederschrift des Manuskripts habe ich viele Gespräche mit Frau Prof. Dr. Ilse Foissner und mit Schülerinnen und Schülern von Willi Foissner geführt: mit Dr. Erna Aescht, Prof. Dr. Sabine Agatha, Dr. Helmut Berger, Dr. Hubert Blatterer und Dr. Peter Vďačný und dabei viel über den Wissenschaftler und Menschen Wilhelm Foissner erfahren, was meine Erinnerungen an ihn wesentlich ergänzt, abgerundet und bereichert hat. Herzlichen Dank! Besonders danke ich zudem Frau Prof. Foissner für die Bereitstellung einiger Fotografien aus ihrem Fotoarchiv und Dr. Berger für viele Informationen zu ciliatologischen Fragen und zu Publikationen von Willi Foissner. Er ist auch weiterhin mit der Aufarbeitung des wissenschaftlichen Nachlasses von Wilhelm Foissner betraut und kümmert sich auch um die Fertigstellung von Arbeiten, die durch den Tod von W. Foissner nicht abgeschlossen und publiziert werden konnten (z. B. Foissner & Berger 2021). Frau Angelika Lehner, BSc. (Linz, Wien) danke ich für Geduld und Sorgfalt bei der Niederschrift des Manuskripts.

Literatur

- Aescht E (2018a) The “Microcosm Archive” at the Upper Austrian Museum in Linz (Austria): Microscopic Specimens, Protist Library, Profiles of Main Contributors and Educational Activities concerning Unicellulans. *Denisia* 41, 295–482
- Aescht E (2018b) Annotated Catalogue of Type Material of Ciliates (Ciliophora) and some further Protists at the Upper Austrian Museum in Linz (Austria) since 2008. *Denisia* 41, 483–502
- Aescht E, Berger H (2008a) The Wilhelm Foissner Festschrift. A tribute to an outstanding protistologist on the occasion of his 60th birthday. *Denisia* 23, 1–462
- Aescht E, Berger H (2008b) Univ.-Prof. Dr. Wilhelm Foissner – 60 years: biographical sketch and bibliography. *Denisia* 23, 15–46
- Berger H (2021) Wilhelm Foissner (1948-2020) *European Journal of Protistology* 78, 125740. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejop.2020.125740>
- Berger H (2022) Nachruf Wilhelm Foissner (18. August 1948–20. März 2020). *ZOOLOGIE* 2022. Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, 91–94
- Berger H, Foissner W (2003) Biologische Methoden der Gewässeranalysen: Ciliaten III-2.1 Illustrated guide and ecological notes to ciliate indicator species (Protozoa, Ciliophora) in running waters, lakes, and sewage plants. In: Steinberg, Calmano, Klapper, Wilken (Hg.), *Handbuch angewandte Limnologie* 17 (Ergänzungslieferung), 160 pp. ISBN 3-609-75847-3
- Berger H, Foissner W, Kohmann F (1997) Bestimmung und Ökologie der Mikrosaprobien nach DIN 38410. Fischer, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm 291 pp. ISBN 3-437-25026-4
- Eiselt J (1969) Dr. phil. H. c. Bruno M. Klein. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 73, 25–34
- Foissner I (2008) Wilhelm (“Willi”) FOISSNER: Studienzeit, reisen und sammeln. *Denisia* 23, 47–59
- Foissner W (1967) Wimpertiere im Silberpräparat. Ein „trockenes“ Verfahren zur Darstellung des Silberliniensystems. *Mikrokosmos* 56, 122–126
- Foissner W (1969) Eine neue Art aus der Gattung *Colpidium* (STEIN, 1860): *Colpidium kleini* sp. n. (Hymenostomatida, Tetrahymenidae). *Acta Protozoologica* 7, 17–23
- Foissner W (1979a) Hydrobiologische Studien an Kleingewässern in den Hohen Tauern, mit besonderer Berücksichtigung der Ciliaten (Protozoa, Ciliophora) I. Chemisch-physikalische Untersuchungen und Ökologie der Ciliaten. Diss. Univ. Salzburg, 175 pp.
- Foissner W (1979b) Hydrobiologische Studien an Kleingewässern in den Hohen Tauern, mit besonderer Berücksichtigung der Ciliaten (Protozoa, Ciliophora) II. Taxonomie und Systematik der Ciliaten. Diss. Univ. Salzburg, 410 pp.
- Foissner W (1993) *Colpodea* (Ciliophora). Fischer, Stuttgart, *Protozoenfauna* 4, I–X + 798 p. ISSN 0932-4739
- Foissner W (2004) Some new ciliates (Protozoa, Ciliophora) from an Austrian floodplain soil, including a giant, red “flagship”, *Cyrtohymena* (*Cyrtohymenides*) *aspoeki* nov. subgen., nov. spec. *Denisia* 13, 369–382
- Foissner W (2009) Soil ciliates. In: Röttger R., Knight R., Foissner W. (eds.), *A Course in Protozoology*. Shaker Verlag, Aachen 211–219. ISBN 978-3-8322-7534-1
- Foissner W (2016) Terrestrial and semiterrestrial ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Venezuela and Galápagos. *Denisia* 35, 1–912. ISSN 1608-8700
- Foissner W, Agatha S, Berger H (2002) Soil ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Namibia (Southwest Africa), with emphasis on two contrasting environments, the Etosha region and the Namib Desert. *Denisia* 5, 1–1459. ISSN 1608-8700
- Foissner W, Berger H (1996) A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology* 35, 375–482. ISSN 0046-5070

- Foissner W, Berger H (2021) Terrestrial ciliates (Protista, Ciliophora) from Australia and some other parts of the world. Series Monographiae Ciliophorae 5, i-xii, 1–380. ISBN 978-3-902147-07-3
- Foissner W, Berger H, Blatterer H, Kohmann F (1995) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band IV: Gymnostomatea, *Loxodes*, Suctorina. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München 1, 1–540. ISBN 3-930253-63-1
- Foissner W, Berger H, Kohmann F (1992) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München 5/92, 502 pp. ISSN 0176-4217
- Foissner W, Berger H, Kohmann F (1994) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München 1/94, 1–548. ISBN 3-930253-59-3
- Foissner W, Berger H, Schaumburg J (1999) Identification and ecology of limnetic plankton ciliates. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München 3/99, 793 pp. ISBN 3-930253-79-8
- Foissner W, Blatterer H, Berger H, Kohmann F (1991) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. Informationsberichte des Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft, München 1/91, 478 pp. ISSN 0176-4217
- Foissner W, Blatterer H, Foissner I (1988) The Hemimastigophora (*Hemimastix amphikineta* nov. gen., nov. spec.), a new Protistan Phylum from Gondwanian Soils. *European Journal of Protistology* 23, 361–383
- Foissner W, Hawksworth D L (2009) *Protist Diversity and Geographical Distribution*. Springer-Verlag, 211 pp. ISBN 978-90-481-2800-6
- Foissner W, Kreutz M (2006) The *Sphagnum* ponds of Simmelried in Germany: a biodiversity hotspot for microscopic organisms. *Protozoological Monographs* 3, 1–267. ISBN 978-3-8322-2544-5
- Fokin S I (2020) Everybody who deals with ciliates knows him. Professor Wilhelm Foissner (18.08.1948–20.03.2020). *Protistology* 14 (2), 95–98. DOI <https://doi.org/10.21685/1680-0826-2020-14-1-7>
- Hausmann K (2023) Wilhelm Foissner (18.8.1948–20.3.2020). *Berliner Mikroskopische Gesellschaft*, 2 pp.
- Klein B M (1926a) Über eine neue Eigentümlichkeit der Pellicula von *Chilodon unicus* Ehrbg. *Zoologischer Anzeiger*, Leipzig 67, 160–162
- Klein B M (1926b) Ergebnisse mit einer Silbermethode bei Ciliaten. *Archiv für Protistenkunde*, Jena 56, 243–279
- Lametschwandtner A (2008) Wilhelm FOISSNER – ein Sechziger. *Denisia* 23, 11–13
- Vdačný P, Foissner W (2012) Monograph of the dileptids (Protista, Ciliophora, Rhynchostomatia). *Denisia* 31, 1–529. ISSN 1608-8700
- Weisse T (2008) Wilhelm FOISSNER and the German Society for Protozoology. *Denisia* 23, 9
- Weisse T (2020) Wilhelm Foissner and the European Journal of Protistology. *European Journal of Protistology* 76, 125739. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2020.125739>
- Foissner W, Xu K (2007) Monograph of the Spathidiida (Ciliophora, Haptorida). Volume I: Proto-spathidiidae, Arcuospathidiidae, Apertospathulidae. *Monographie biologicae* 81, 1-485. ISBN 978-1-4020-4210-2

Eingelangt: 2024 02 14

Anschrift:

Horst Aspöck, E-Mail: horst.aspoeck@meduniwien.ac.at,
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9407-3566>
 Institut für Spezifische Prophylaxe und Tropenmedizin, Medizinische Parasitologie,
 Medizinische Universität Wien, Kinderspitalgasse 15, A-1090 Wien, Austria.

Buchbesprechungen

Kurt A. Chytil & Werner A. Buhre (2023) Die Wandtafeln des Paul Pfurtscheller. Ein sorgsam detailverliebtes Leben. 238 Seiten, 141 Abb., 12 Tab. Matrix Verlag. ISBN 978-3-7373-1224-7

„Kunst ist Einsatz ästhetischer Mittel im Dienst der Kommunikation“ schreibt Bernd Lötsch „Anstelle eines Vorwortes“ im hier besprochenen Buch und meint weiter: *“Das trifft auf die virtuose, wissenschaftlich scharfsichtige didaktische Bildnerie dieses wiederentdeckten Biologen zu“*. Tatsächlich hat Paul Pfurtscheller die Studierenden der Zoologie an vielen Universitäten der Welt wie auch Mittelschülerinnen und Mittelschüler bis in die 1990er Jahre geprägt, da seine Wandtafeln überall als Lehrmittel in Gebrauch waren. (Auch die Rezensentin bekam in ihrem Studium in den 1980er Jahren in Wien diese noch präsentiert!) Die Zoologische Sammlung des Departments für Evolutionsbiologie der Universität Wien verfügt über die meisten von ihnen. Und noch heute finden Pfurtschellers Abbildungen (eingefügt oder bearbeitet) in elektronisch zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien Verwendung!

Die Weitergabe von Wissen durch Text UND Bild ist ja seit der Antike eine anerkannte Praxis, wie uns beispielsweise „De materia medica“, eine antike Handschrift zu medizinisch genutzten Pflanzen, von Dioskurides Pedanius schon um die Zeitenwende vorführt. Die Bildtafeln im hier besprochenen Buch gehen aber über diesen Aspekt von informativen bildlichen Darstellungen weit hinaus, da sie nicht lediglich instruktiv, sondern auch künstlerisch wertvoll sind.

Die Lebensgeschichte von Paul Pfurtscheller (1855–1927) mit ihren vielen Verbindungen in die Welt der Biologie, der Kunst und des Lehrens wird gut recherchiert dargestellt. Hier interessiert besonders sein Studium in Wien, so etwa bei den Professoren Claus und Wiesner und weiteren, die die universitäre Welt mit der Welt derer verbanden, die sich für naturwissenschaftliches Wissen und dessen Weitergabe interessierten und engagierten: nämlich als Mitglieder der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Pfurtscheller, ebenfalls Mitglied, nützte vielerlei Kontakte, um das zu erreichen, was ihm schließlich gut gelungen ist: ein guter Biologe, ein begeisterter Lehrer (einer seiner Schüler war Paul Kammerer: er erinnerte sich an die motivierende Art seines Unterrichtes, die ihn an das Lebendige heranführte), und ein Künstler im Dienst der Vermittlung von zoologischen Inhalten zu werden. Anschauungsmaterial bekam er durch seine Kontakte (z. B. aus der zoologischen Station in Triest) sodass er jederzeit fachlich-zoologische Informationen bekommen konnte, was ihm auch ermöglichte, Naturaliensammlungen für Schulen zusammenzustellen. Im Rahmen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft, die damals auch die Versorgung von Schulen in der ganzen Monarchie mit Lehrmitteln zur Biologie als Aufgabe hatte, wurden – um ein Beispiel zu nennen – unter seiner Federführung allein im Jahr 1878 insgesamt 14.507 Objekte an 30 Lehranstalten ausgeteilt.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Förderung und Entwicklung seiner zeichnerischen und überhaupt künstlerischen Fähigkeiten auch auf seine familiäre Situation zurückgehen, denn Paul Pfurtscheller heiratete in Triest die Tochter eines Kunsthändlers, Constantine Schollian, mit guten Kontakten zu Künstlern in dieser Region. Er konnte sogar selbst lithographieren, was ihm im Prozess der Vervielfältigung seiner Tafeln auch handwerkliche Einflussnahme auf deren Qualität erlaubte.

Zwischen 1901 und 1927 hat Pfurtscheller insgesamt 39 Wandtafeln für den Schulunterricht konzipiert, nach der Natur skizziert und an ihrer Reproduktion mitgewirkt. Es gelang ihm durch geschickte Reduktionen und Verallgemeinerung, die Baupläne von Tiergruppen darzustellen, ohne die individuell abgebildete Art im Detail zu verfälschen. Sein Konzept – eine Hauptdarstellung, ergänzt durch mehrere Details in kleineren Formaten – erwies sich als sehr einprägsam. Da die Tafeln in sehr großen Auflagen von den Verlagen Tempsky, Hölder-Pichler-Tempsky, später von Deuticke, Leykam und Jugend und Volk produziert und weltweit verbreitet wurden, gab es bald Textkommentare von Pfurtscheller in mehreren Sprachen, die ebenfalls erhalten sind.

Im hier besprochenen Buch sind alle 39 Tafeln – in hoher Qualität gedruckt auf einem graugetönten Papier, um dem originalen Eindruck nahezukommen – abgebildet. Das Buch ist reichlich mit zusammenfassenden Tabellen, Verweisen und Literaturangaben versehen. Für besonders wertvoll erachtet die Rezensentin die Präsentation aller Tafeln in Kleinformat auf einer Doppelseite, in der man auch die künstlerische Weiterentwicklung Pfurtschellers auf einen Blick sehen kann.

Da ist die jahrelange Beschäftigung des Erstautors Kurt Chytil (eines engagierten AHS-Lehrers) mit dem Thema herauszuspüren: In diesem Zusammenhang hat er 2019 im Haus der Natur in Salzburg mit dem Thema „Die Wandtafeln des Paul Pfurtscheller“¹ eine Ausstellung kuratiert, die über ein Jahr zu sehen war, und mehrere Artikel als Originalarbeiten veröffentlicht.

Das Buch steht in der Bibliothek der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft den geschätzten Leserinnen und Lesern zur Verfügung. Alle Tafeln und Pfurtschellers originale Begleitworte zu diesen sind unter www.paul-pfurtscheller.com abrufbar (15.2.2024).

Literatur

Kurt Chytil (2022a): Paul Pfurtschellers Wandtafeln. Anmerkungen zu ihrer Didaktik. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse 156–157(2022), 1–36.

Kurt Chytil (2022b): Paul Pfurtscheller (1855–1927), Herausgeber zoologischer Tafeln, Bemerkungen zu seiner Biographie. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse 156–157(2022). S. 37–56.

Petra Hudler

Josef H. Reichholf (2023) Stadtnatur. Eine neue Heimat für Tiere und Pflanzen. Hardcover, 21,2 x 13,5 cm. oekom-Verlag, 172 Seiten.

»Land« gleich blühende Landschaften und Artenvielfalt, »Stadt« gleich Beton und Ödnis? Eine Vorstellung, die so nicht mehr gilt, wenn es nach Josef H. Reichholf geht. Der bekannte Ökologe und Bestseller-Autor unternimmt im letzten Teil seiner Natur-Trilogie [Stadtnatur – Waldnatur – Flussnatur] einen Streifzug durch die vielfältigen Ökosysteme des urbanen Raums. Indem er von Wildschweinen in Berliner Parks und der Vogelwelt in München erzählt, räumt er mit gängigen Mythen auf und zeigt, wie bunt und vielfältig die Natur in unseren Städten ist. Mit diesen und ähnlichen Worten wird das neue Buch des deutschen Biologen/Zoologen/Ökologen Josef H. Reichholf beworben, welches im Juli 2023 erschienen ist.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=-rbyy2B4x7A> und <https://www.sn.at/salzburg/chronik/video-haus-der-natur-dieses-schultafeln-nutzen-lehrer-ab-dem-19-jahrhundert-66880951> (15.2.2024)

Der Hinweis auf das Erscheinungsdatum ist deshalb wichtig, weil der Autor bereits 2007 ein Buch gleichen Titels (samt identischem Untertitel!) geschrieben hat. Im neuen Buch weist er selbst ausdrücklich darauf hin: „*In meiner früheren ‚StadtNatur‘ hatte ich viele Ergebnisse eigener Forschungen ... zusammengestellt. Das hier vorgelegte Buch überholt diese nicht, sondern fasst sie stärker zusammen, damit sich verallgemeinerungsfähige Konzepte ableiten lassen.*“ – Um immerhin mögliche Verwechslungen zu vermeiden, seien nachfolgend einige Eckdaten der beiden Bücher (2007–2023) einander gegenübergestellt:

Format: 24,1 × 14,8 – 21 × 13,5; Seitenzahl: 317 – 172; Zeilenzahl pro Seite: 42 – 34; Bilder (incl. Graphiken): 160 – 34; Register Pflanzen- und Tiernamen: 7 Seiten – 2 Seiten; Literaturzitate: über 112 – 26.

Verglichen mit dem früheren Buch, welches zahlreiche Detailergebnisse (oftmals kombiniert mit graphischen Darstellungen) bot, stellt das neue Werk also eine eher stark komprimierte Zusammenfassung dar und präsentiert mit Nachdruck jene Themen, welche dem Autor am Herzen liegen. Lose aufgezählt sind dies etwa die Folgenden: Ackerbau und Forstwirtschaft sind durch Monokulturen geprägt. Das „Land“ ist überdüngt („*Erstickstoff*“). Für die Wildtiere stellt es eine „*landscape of fear*“ dar, vor welcher sie in die Stadt flüchten; „*hier, im Burgfrieden der Stadt kann sich ihre [im Beispiel sind es die Wildschweine] natürliche Lebensweise entfalten*“. Denn die Bevölkerung in den Städten ist überwiegend tierfreundlich-tolerant, „*und machen Füchse ein Schläfchen ... auf der Hollywoodschaukel, fliegen ihnen die Herzen zu*“. Anders als in oft strikt durchgeregelten Naturschutzgebieten ist in Städten ein enger Kontakt mit der Natur möglich. Auf Grund des urbanen Strukturreichtums ist die Biodiversität viel höher als „draußen“. Es gibt keinen Grund, neue Tier- und Pflanzenarten per se mit Misstrauen zu betrachten. Das Taubenproblem wird sich mit der Zunahme der städtische Falkenpopulationen erledigen. Wichtig ist es, Freiräume in den Städten zu erhalten, statt diese unter dem Motto „Nachverdichtung“ auch noch zu verbauen. Probleme wie Lichtverschmutzung oder die Überwärmung („*Ein Grad stecken wir locker weg*“) erscheinen dem Autor überbetont.

All das wird zugegebenermaßen in fesselndem Stil dargeboten; seine Erzählungen stellen eine recht wirkungsvolle Mischung von persönlichem Erleben, eigenen Forschungen, und Resultaten offenkundig jahrzehntelanger Erfahrung dar. Menschen, welche sich bisher nicht oder kaum mit stadtökologischen Problemen oder auch nur Überlegungen hiezu konfrontiert haben, wird der (anscheinend mit unverbrüchlichem Optimismus ausgestattete) Autor mit seinem Enthusiasmus sicherlich „mitnehmen“ können.

Ein wenig anders wird das Buch wahrscheinlich auf all jene wirken, welche schon einige Vorkenntnisse in Sachen „Stadtökologie“ aufweisen. Sicherlich ist eine derartige *Streitschrift* – wie man das Werk mit einiger Berechtigung nennen kann – noch immer geeignet, gewohnte Denkmuster in manchen Themenbereichen in Frage zu stellen, sodass man diese eventuell einer kritischen Überprüfung unterziehen mag. Einem biologisch einigermaßen Vorbelasteten werden gleichwohl selbst bei flüchtiger Lektüre etliche Punkte auffallen, welche kritisch zu hinterfragen sind. Nachfolgend sollen nur einige Beispiele angeführt werden:

Das „*Wuchern der Städte, die ‚gutes‘ Land fressen*“ (p. 35) wird als Klischee dargestellt; die Zahlen, welche die noch immer zunehmende Versiegelung dokumentieren, sprechen gleichwohl eine andere Sprache. Die Katzen werden weitgehend vom Vogelmord exkulpiert (p. 52), ohne solide Zahlen dazu zu nennen (solche fehlen aber generell bei den

gemachten Aussagen). Die Schadwirkung der Kastanienminiermotte (p. 69f) wird heruntergespielt (dabei sind nicht einmal beim lange bekannten Ulmensterben Wirkungsmechanismen und Prognose zweifelsfrei gesichert). Warum bodennahes Kleinklima und „*offizielle meteorologische Messwerte*“ (p. 97) gegeneinander ausgespielt werden, erschließt sich dem Rezensenten nicht. Dass Pflanzen hohe Temperaturen durch gesteigerte Transpiration ‚einfach herunterkühlen‘ können (p. 98), stimmt zwar prinzipiell, aber nur in (bisweilen sehr engen) Grenzen.

Hier – wie überhaupt im ganzen Buch – fehlen Belege, Studien, Fachliteratur. Wobei (wie bereits oben dargelegt) die zum „*further reading*“ angeführten 26 Literaturangaben am Schluss zwar dankenswerterweise mit Kommentaren versehen sind, aber doch wohl eine recht mangelhafte Auswahl darstellen. So fehlt – wieder nur exemplarisch – etwa das ausgewiesene stadttökologische Fachbuch von Sukopp & Kunick (Stadtökologie, ²1998), oder die Übersicht über vogelkundliche Ergebnisse aus 16 europäischen Großstädten von Kelsey (Birds in European Cities, 2005). Die wenigen Pflanzen- und Tiernamen im Register sind übrigens – anders als im „alten“ Buch – ausschließlich mit ihren deutschen Trivialnamen (also ohne Anführung des wissenschaftlichen d. h. lateinischen Namens) verzeichnet.

Im letzten der fünf Hauptkapitel (der Autor hat der Versuchung nicht widerstanden, sie gleichsam alliterierend mit ‚Betrachtungen‘ – ‚Befunde – ‚Begründungen‘ – ‚Bedrohungen‘ – ‚Bewertungen‘ zu bezeichnen) lautet die Überschrift eines Unterkapitels: „*Es gibt noch viel zu tun für die Stadtnatur*“. Diesbezüglich jedenfalls wird man dem Autor – dem man seine Begeisterung für die gute Sache unmöglich absprechen kann – wohl uneingeschränkt zustimmen.

Wolfgang Punz

Mitteilungen aus der Gesellschaft – ZooBot-Jahresbericht 2023

Für den Vorstand und den Wissenschaftlichen Beirat von Elisabeth Kopp (Geschäftsführung) und Elisabeth Haring (Präsidentin der Gesellschaft) unter Mitwirkung von Benjamin Seaman und Helmut Sattmann

Vorwort

Wieder liegt ein sehr aktives Jahr hinter der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich. Die positive Entwicklung der Gesellschaft wird von außen vermehrt wahrgenommen, es gibt viel Feedback aus unterschiedlichsten Kreisen: Studierende, langjährige Mitglieder, Wissenschaftler:innen bis hin zur Politik, man kennt die ZooBot in Österreich – langsam, aber sicher auch außerhalb von Wien. Die Gesellschaft entwickelt sich – wie seit 173 Jahren – mit denselben Zielen, aber immer wieder neuen Mittel und Wegen der Zukunft entgegen.

Viele neue Ideen und Innovationen wurden in den letzten Jahren umgesetzt, bzw. sind sehr gut etabliert, wie beispielsweise der Newsletter „ZooBot News“, an manchen Zielen müssen wir jedoch noch arbeiten, und „Tausend neue Ideen“ schwirren in der und um die ZooBot herum. Während sich die Vereins- und Veranstaltungsaktivität absolut zum Guten entwickelt, mangelt es – wie bei so vielen Organisationen – insbesondere an finanziellen Mitteln und für das hochwertige Programm auch an Zeit. Daher bitten wir Sie, liebe Mitglieder, liebe Leser:innen, herzlich um Mitgliederwerbung. Ziehen Sie auch gerne eine Spende in Betracht, denn Reisekosten für Referent:innen, technisches Equipment für größere Veranstaltungen, die aufwändige Arbeit des Tagesgeschäfts etc. verursachen enorme Kosten. Gleichzeitig bemühen wir uns, insbesondere in Rücksicht auf die Student:innen-Geldbörse, Teilnahmegebühren, Mitgliedsbeiträge usw. so gering wie möglich zu halten und möchten diese möglichst auch nicht erhöhen müssen.

Nun wünschen wir Ihnen viel Lesevergnügen mit dem Bericht zum hinter uns liegenden Jahr 2023 – hoffentlich macht er Lust auf mehr und wir sehen einander recht bald bei einer ZooBot-Veranstaltung.

Das Vereinsjahr Aus dem Tagesgeschäft

Unsere Aktivitäten sowie unsere Kommunikation wie Newsletter und der erweiterte Social-Media-Auftritt werden von Mitgliedern und auch von den an der ZooBot interessierten Personen durchwegs positiv aufgenommen, und wir danken für viel gutes Feedback! Die proaktive Verbreitung von Informationen zu Tätigkeiten und Veranstaltungen führte im Jahr 2023 zu einer sehr positiven Entwicklung der Mitgliederzahl, unseren Aufzeichnungen nach gab es die höchste Zahl neuer Mitglieder der letzten Jahre.

Die Zusammenarbeit mit Organisationen und Institutionen über ganz Österreich hat sich ebenfalls weiterentwickelt, bezieht neue Partner:innen mit ein, und in vielen Fällen ist die bereits bestehende Zusammenarbeit enger geworden. Mit der regulären Vorstandswahl bei der Generalversammlung gab es kleine Änderungen im Vorstand (s. Appendix A). Mit jeder Vorstandswahl wird auch der Wissenschaftliche Beirat (ab hier WB genannt) neu berufen. Wie der Vorstand, besteht der WB insbesondere aus Wissenschaftler:innen, die Verbindungen zwischen Museen, Universitäten und Vereinen/Fachplattformen bilden.

Statutengemäß sind außerdem Sektionssprecher:innen sowie Vertreter:innen von korporativen Mitgliedern Teil des WBs. Im Zuge der Neuberufung des WBs gab es ebenfalls leichte Veränderungen in der Teamzusammensetzung. (s. Appendix A). Besonders freut es die ZooBot, dass nun auch die Austrian Biologist Association (ABA) im WB vertreten ist und somit die von beiden Seiten angestrebte Zusammenarbeit mit der ABA intensiviert wurde. Neben gemeinsamen Plänen wird bereits der „Jobbörse-Newsletter für Biolog:innen“ der ABA seit August 2023 intensiv von der ZooBot mitbespielt. Gemeinsam danken wir für das gute Feedback, das wir von Studierenden und stellensuchenden Biolog:innen dafür erhalten. Mit dem Vertreter des Stifts Seitenstetten als erstes Korporatives Mitglied ist seit Jahresende schließlich auch Stift Seitenstetten im WB vertreten (s. Vorstandsbeschlüsse Tab. 1). Wir freuen uns auf die gemeinsamen Aktivitäten!

Arbeit des ZooBot-Vorstandes und des Wissenschaftlichen Beirates

Vorstandssitzungen & Vorstandsbeschlüsse

Vorstandssitzungen:

Da sich jedes Vorstandsmitglied der ZooBot in unverbindlichem Rahmen am wöchentlichen Austausch miteinander in virtuellen Team-Treffen beteiligen kann und außerdem Vorstandsbeschlüsse im Umlaufbeschluss via Mail gefasst wurden, gab es 2023 nur 2 Vorstandssitzungen, die von der Präsidentin einberufen wurden. Eine Vorstandssitzung widmete sich dem Thema Finanzen der ZooBot, die sich der Wirtschaftslage entsprechend zunehmend schwierig gestalten. Die zweite Vorstandssitzung wurde einberufen, um nach der Generalversammlung statutengemäß den Wissenschaftlichen Beirat für eine neue Funktionsperiode zu berufen, bei dieser Gelegenheit wurde mit Friedrich Gusenleitner ein neuer Sektionssprecher für die ZooBot-Sektion Geschichte benannt und über korporative Mitgliedschaften gesprochen.

Vorstandsbeschlüsse:

Neben Beschlüssen, die sich auf diverse Appelle und Offene Briefe bezogen, die durch die ZooBot mitunterzeichnet wurden, waren insbesondere drei Vorstandsbeschlüsse von langfristiger Bedeutung für die ZooBot:

1. Um die Zusammenarbeit mit dem Verein „Haus des Meeres – Wissenschaft und Forschung“ auszugestalten und ihr damit einen Rahmen zu geben, wurde mit diesem gemeinsam ein Konzept in Form eines „Memorandum of Understanding“ (MoU) erarbeitet, welches der ZooBot-Vorstand in der Abstimmung annahm.
2. Das ZooBot-Archiv ist dankenswerterweise bereits seit vielen Jahren in den Räumlichkeiten des Archivs der zoologischen Sammlung der Universität Wien am Department für Evolutionsbiologie untergebracht, jedoch bisher ohne einen zugehörigen Vertrag. Dieser wurde, um nach dem 2021 erfolgten Umzug des Biologiezentrums und damit auch des Archivs der ZooBot eine dauerhafte Unterbringung abzusichern, gemeinsam mit der Universität Wien aufgesetzt und nach Vorstandsbeschluss am 25.07.2023 durch die ZooBot unterzeichnet.
3. Die korporative Mitgliedschaft ist eine mit den neuen Statuten von 2021 geschaffene Möglichkeit für Organisationen und Institutionen, Mitglied bei der ZooBot zu werden. Das Stift Seitenstetten beantragte, initiiert durch Mathias Weis, den Kustos für die Naturhistorische Sammlung, eine korporative Mitgliedschaft. Hierfür wurde auch ein gemeinsames MoU formuliert, wie die künftige Zusammenarbeit aussehen könnte.

Über Antrag und MoU stimmte der ZooBot-Vorstand positiv ab. Der Beschluss musste statutenkonform noch durch die Generalversammlung 2024 bestätigt werden, um volle Gültigkeit zu erlangen.

Tab. 1: Beschlüsse des Vorstandes der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich 2023.

Datum	Inhalt
25.01.2023	Unterzeichnung MoU zur Kooperation mit dem Verein „Haus des Meeres – Wissenschaft und Forschung“
24.04.2023	Vorstandsbeschluss zur Beteiligung & Aussendung des Offenen Briefes an den Salzburger Landtag: „Naturschutz stärken statt ihn zu schwächen (Unterstützung der Salzburger Umweltschutzgesellschaft)“ durch die ZooBot https://www.biodiversityaustria.at/wp-content/uploads/2023/04/Offener_Brief_Naturschutz_Salzburg_25.04.2023.pdf
02.05.2023	Berufung des Wissenschaftlichen Beirats für eine neue Funktionsperiode
02.05.2023	Vorstandsbeschluss zur Höhe des Mitgliedsbeitrags des zukünftigen Korporativen Mitglieds Stift Seitenstetten
16.05.2023	Vorstandsbeschluss zum Vertragsabschluss mit der Universität Wien bzgl. ZooBot-Archiv in den Räumlichkeiten der Sammlung der Zoologie
28.11.2023	Abstimmung über den Antrag auf Korporative Mitgliedschaft durch das Stift Seitenstetten
14.12.23	Vorstandsbeschluss zur Unterschrift eines Offenen Briefes an die Europäische Kommission „Maintaining the European Commission proposal for a Regulation on the Sustainable Use of Plant Protection Products (SUR)“, gemeinsam mit 87 anderen Organisationen https://www.pan-europe.info/resources/letters/2023/12/maintaining-european-commission-proposal-regulation-sustainable-use-plant

Vertretung der Interessen der biologischen Forschung und des Naturschutzes nach außen

Entsprechend dem Leitbild der ZooBot, Verantwortung für die Natur wahrzunehmen und diesen gesellschaftlichen Auftrag nach außen zu tragen, beteiligte sich die ZooBot an mehreren Appellen und Offenen Briefen (s. auch Tab. 1), über die die Mitglieder informiert wurden. Des Weiteren wurde in einer breiten Aussendung an Stakeholder, Presse und NGOs auf den Band 158 (2022) der „Acta ZooBot Austria“ zum Thema „Schutzgebiete und Biodiversität: Forschungsfelder und politischer Handlungsbedarf“ aufmerksam gemacht. Im darin enthaltenen Beitrag „Dringende Erfordernisse zur Erhaltung und Förderung der österreichischen Biodiversität“ sind – als Ergebnis einer Diskussion führender Naturschutzexpert:innen – die wesentlichen Erfordernisse und Handlungsfelder zusammengefasst. In der Folge wurde die ZooBot zu einem vom für Umwelt- und Klimaschutz verantwortlichen Referat der Landesregierung Salzburg organisierten Runden Tisch „Natur, Umwelt UND das Klima gemeinsam schützen“ am 2. März 2023 eingeladen, an welchem Andreas Tribsch und Elisabeth Haring teilnahmen. Weiters wurden Autor:innen der Publikation bzw. Vertreter:innen der ZooBot (Friedrich Schiemer, Fritz Gusenleitner, Franz Essl, Elisabeth Haring) am 20. März 2023 zu einer Diskussionsrunde „Biodiversitätserfordernisse“ mit Astrid Rössler, Naturschutzsprecherin der Grünen im Parlament, eingeladen.

Jours fixes – Wissenschaftlicher Beirat

2023 lud die ZooBot ihren Vorstand und WB viermal zu einem virtuellen Jour fixe ein. Bei diesen Treffen informierte in der Regel die Präsidentin Elisabeth Haring gemeinsam mit der Geschäftsführerin Elisabeth Kopp das gesamte Team über aktuelle Entwicklungen, Ideen und Vorhaben – ggf. ergänzt von einzelnen Teammitgliedern bei speziellen Themen. Nach einem solchen Update wurden meist einzelne aktuelle Punkte besprochen, diese umfassten 2023: Finanzen der ZooBot; Ausrichtung und Planung der „Tage der Biodiversität 2023“, insbesondere auch der Sessions, an denen die ZooBot beteiligt war; Veranstaltungsprogramm für 2024; Einreichung Förderungsanträge/Ideenwettbewerb; Besprechung von Offenen Briefen, Appellen und Positionspapieren; korporative Mitgliedschaften. Da die ZooBot ihr Team möglichst eng und vollständig einbeziehen möchte, finden sich Themen von Vorstandssitzungen bzw. Vorstandsbeschlüsse hier entsprechend wieder.

Generalversammlung

Die Ordentliche Generalversammlung wurde am 17.4.2023 abgehalten, das Protokoll dazu im Anschluss den Mitgliedern zugesandt. Die wichtigsten Punkte waren die Neuwahl des Vorstandes sowie die Adjustierung der 2021 erneuerten Statuten, insbesondere wurde die Möglichkeit einer Fördermitgliedschaft geschaffen.

Aus der ZooBot-Redaktion

Acta ZooBot Austria

Die Umstellung der Zeitschrift auf Open-Access-Erscheinung wurde positiv aufgenommen. Auch der Inhalt von Band 159 – als Begleitband des Symposiums „LOBAU SOLL LEBEN – Wasser für die Au“ – sozusagen an der Schnittstelle von Wissenschaft und Naturschutzanliegen – hat guten Anklang gefunden. Der vorliegende Band 160 führt diesen Weg fort.

Personell gibt es eine Änderung: Josef Dalla Via verlässt leider das Team der Acta ZooBot Austria – wir danken ihm für seine innovativen Ideen, für die Straffung der Richtlinien für Autor:innen und seine konstruktive Mitarbeit als Ko-Editor und wünschen ihm alles Gute. Dankenswerterweise ist er in der Sektion Geschichte weiter für die ZooBot aktiv.

Aus der Bibliothek

Auch 2023 wuchs trotz der in den Vorjahren aus Kostengründen reduzierten Zahl der Partner im Schriftentausch die Bibliothek der ZooBot. Insgesamt wurden etwa 200 neue Zeitschriften und Monografien eingepflegt. Die Entlehnungen stiegen 2023 nach den Covid-geprägten Jahren wieder auf etwa 100. Neben dieser kontinuierlichen Arbeit in der Bibliothek, die von der Geschäftsführung geleistet wird, sind aber weiterhin viele Nacharbeiten zu erledigen, die sich aus dem Umzug der Bibliothek vom früheren Biozentrum (Althanstraße 14, 1090 Wien) in das neue Biologiegebäude der Universität Wien am Dje-rassiplatz 1 ergaben. Diese werden dankenswerterweise zu einem Großteil noch immer von unserer ehemaligen ZooBot-Bibliothekarin Petra Hudler sowie der neuen ehrenamtlichen Helferin Xena Mayer und einer weiteren Helferin, die der ZooBot ihre Hilfe anboten, ausgeführt. Eines der großen Projekte der Umzugsnacharbeit, die von den Ehrenamtlichen durchgeführt wird, die Aufnahme der neuen Standorte aller 5000 Monografien, befindet sich in vollem Gange und ist bereits weit fortgeschritten.

An dieser Stelle möchte sich die ZooBot auch ganz besonders bei dem Team der Fachbereichsbibliothek Biologie und Botanik für die gute Zusammenarbeit bedanken. Mit Susanne Desbalmes und Silvia Scherbaum sind 2023 bzw. Anfang 2024 zwei langjährige Mitarbeiterinnen der Fachbereichsbibliothek und Freundinnen der ZooBot in Pension gegangen, die insbesondere unsere Bibliothek immer geschätzt und unterstützt haben. Wir danken herzlichst für Ihre Expertise und Freundschaft und wünschen ihnen für ihren weiteren Lebensweg alles Gute!

Die Führung einer Fachbibliothek hat sich die ZooBot seit ihrer Gründung vor 173 Jahren zur Aufgabe gemacht. Im 21. Jahrhundert ist sie noch immer Teil unseres Vereinsalltages und unseres Angebots an alle Interessent:innen der Biologie gleichwie an Wissenschaftler:innen aller Disziplinen. Kommen Sie die Bibliothek besuchen, mit einer u:card oder als Mitglied können Sie Zeitschriften und Monografien ausleihen, auch ein Buchscanner steht für jede Person bereit, die ihren eigenen USB-Stick mitbringt.

Aus den Sektionen

ZooBot-Sektion Geschichte

Die Ende des Vorjahres gegründete ZooBot-Sektion Geschichte nahm 2023 ihre Arbeit auf. Nach der Generalversammlung mit Vorstandsneuwahl stellte sich Friedrich Gusenleitner als Sektionssprecher zur Verfügung und folgt damit auf Michael Kiehn, der bei der Sektionsgründung interimistisch die Funktion übernommen hatte.

Auch die Sektion Geschichte arbeitete 2023 daran, die Grundstrukturen der ZooBot zu stärken und zu sichern: Schon seit einigen Jahren befindet sich das Archiv der ZooBot in den Räumlichkeiten der Sammlung des Zoologischen Instituts, doch gab es diesbezüglich noch keine vertragliche Regelung mit der Universität Wien. 2023 initiierte das Zoologische Institut mit dem Vorstand der ZooBot und der Projektgruppe „ZooBot-Archiv“ einen ebensolchen Vertrag, der den Fortbestand des Archivs langfristig sichert. Aktuell sucht die Sektion noch nach guten Möglichkeiten zur digitalen Archivierung, hierzu wurde ein Workshop abgehalten, ein Endergebnis steht derzeit noch aus. Erfreulicherweise war die bis dato aus Biolog:innen bestehende Sektion bei diesem Treffen erstmals von Historiker:innen besucht, die Unterstützung von Geschichtswissenschaftler:innen in der Sektion ist sehr willkommen und wird von dieser auch als notwendig angesehen.

Auch bereits vor der Sektionsgründung bestehende ZooBot-Geschichtsprojekte führten ihre Arbeit weiter fort: Die überaus rege Projektgruppe rund um die Forschung zur k.k. Zoologischen Station in Triest setzte ihre Aktivitäten fort, Josef Dalla Via hielt für die Gruppe einen Vortrag auf der Tagung „The 52nd Congress of the Italian Society of Marine Biology (SIBM)“ der Universität Messina (12.-15.06.2023) in Italien.

Längere Zeit hatte das Projekt „Interviews österreichischer Biolog:innen“ geruht, doch wurde es nun neu belebt. In diesem Projekt werden über Interviews, in zwangloser Atmosphäre aufgenommen, die Lebensgeschichten und Karrieren von bedeutsamen österreichischen Biolog:innen für die Nachwelt archiviert. Das Interview mit Hannes Paulus wurde in Auszügen auch auf seiner 80. Geburtstagsfeier gezeigt, so fand ein rezentes Interview unmittelbar Verwendung bei einem erfreulichen Anlass.

ZooBot-Sektion ProMare

Auch die ZooBot Sektion ProMare mit Sektionsprecher Jörg Ott war 2023 sehr rege: Nebst dem von der Sektion organisierten marinbiologischen Vortrag im Haus des Meeres (Monika Bright „*Leben über & unter heißen Quellen der Tiefsee – mit Österreichs Hydronautin 2000 Meter unter dem Meer*“, s. Appendix B) startete auch die Herausgabe der „Blue News“. Hierbei handelt es sich um kurze Artikel, die von aktuellen Problemen der Ozeane sowie über Arbeitsgruppen, Projekte und Publikationen im Bereich der Meereskunde in Österreich berichten. Die Blue News erscheinen auf der Homepage der ZooBot (https://www.zoobot.org/promare/#mare_bluenews) und werden nach Veröffentlichung über den ZooBot-Newsletter verbreitet. Vier Artikel der Blue News sind 2023 erschienen.

Veranstaltungen

Überblick

Auch 2023 lag ein Schwerpunkt der ZooBot auf der Organisation und Abhaltung vieler unterschiedlicher Veranstaltungen, insgesamt wurden 35 Veranstaltungen (Vorträge, Workshops, Exkursionen, Symposien) organisiert oder auch mit-organisiert. Viele Veranstaltungen wurden gemeinsam mit anderen Organisationen abgehalten, eine Bereicherung, die man kaum genug schätzen kann. Da die Organisation der Veranstaltung nebst dem Tagesgeschäft, den Team-Meetings, Jours fixes und Bibliotheksarbeit stattfindet, stellt sie auch wiederholt eine große Herausforderung dar, die mit vereinten Kräften leichter zu stemmen sind. Neben den altbekannten Veranstaltungen gab es auch wieder viel Neues. Jede Veranstaltung war gut besucht, viele sogar ausgebucht, was ein ermutigendes Feedback ist. Leider musste mit dem Pflegeeinsatz am Zeiserlberg eine unserer traditionellen Veranstaltungen ausfallen, alle beteiligten Partner:innen sind hier aber bestrebt, 2024 wieder einen Pflegeeinsatz stattfinden zu lassen. Eine Auflistung aller ZooBot-Veranstaltungen im Jahr 2023 finden Sie im Appendix B.

Besuchen Sie auf unserer Homepage den (laufend wachsenden) Veranstaltungskalender und das Veranstaltungsarchiv, um einen Überblick über alle ZooBot-Veranstaltungen zu gewinnen!

Veranstaltungskalender: <https://www.zoobot.org/veranstaltungskalender/>

Veranstaltungsarchiv: <https://www.zoobot.org/veranstaltungsarchiv/>

Einblicke in einige ZooBot-Veranstaltungen 2023

Lehrveranstaltungen/ZooBot-Hybrid-Vortragsreihen 2023

Wie bereits in den vergangenen Jahren wurden die ZooBot-Vortragsreihen in Form von Lehrveranstaltungen für Biologie-Bachelor-Studierende der Universität Wien von Harald Krenn (Schriftführer ZooBot) und Barbara Gereben-Krenn (Wissenschaftlicher Beirat ZooBot) organisiert und fanden im „University of Vienna Biology Building“ statt. Die Studierenden konnten sich für die Lehrveranstaltung regulär inskribieren, alle anderen Interessierten der Einfachheit halber ohne Anmeldung als Gasthörer:innen vor Ort dabei sein. Die Vorträge wurden auch wieder live übertragen, der beliebte Hybrid-Modus damit beibehalten. Diese Form der Organisation erlaubt es Personen, unkompliziert in Präsenz oder online teilzunehmen und erweitert die Zuhörerschaft enorm.

Die beiden Lehrveranstaltungen/Vortragsreihen fanden jedes Semester unter einem anderen Thema statt:

- Sommersemester 2023: „Biologische Forschung und Vermittlungskonzepte in österreichischen Schutzgebieten“
- Wintersemester 2023/24: „Berufe in organismischer Biologie“

Die Themen beider Vortragsreihen zogen eine große Zuhörerschaft an, häufig gab es im Vortragsraum kaum noch Sitzplätze, und virtuell waren zusätzlich oft dutzende Teilnehmende dabei. Neben den Studierenden und den ZooBot-Mitgliedern spiegelte die Diversität der virtuellen Zuhörer:innen wider, wie weit die Bewerbung von ZooBot-Veranstaltungen erfreulicherweise reicht: Studierende aus dem deutschsprachigen Raum, Angestellte der Österreichischen Nationalparks und Biosphärenparks, Bundes- und Landesbehörden ebenso wie Museums-Mitarbeiter:innen, freie Biolog:innen, Planungsbüros und viele mehr waren unter den Teilnehmer:innen.

Beide Themen fanden auch bei der Studentenschaft großen Anklang. Die Themenreihe des Sommersemesters gab einen häufig gar noch nicht vorhandenen Überblick über die größeren Schutzgebiete Österreichs – selbst der Biosphärenpark Wienerwald oder die nahe Wien gelegenen Nationalparks waren teilweise gar nicht oder rein als Ausflugsziel in der Freizeit bekannt. Die durchwegs sehr guten Referent:innen gaben detaillierten und authentischen Einblick in die der breiten Öffentlichkeit meist unbekanntem Wissenschafts- und auch Bildungsarbeit. So wurden die Teilnehmer:innen auf die hohe Biodiversität in den Schutzgebieten aufmerksam gemacht, insbesondere die Studierenden auch auf die Möglichkeit von Praktika und Anstellungen im Forschungs- und Bildungsbereich der Schutzgebiete.

Das Thema des Wintersemesters adressierte insbesondere Studierende organismischer Richtungen der Biologie (oder auch Studieninteressierte bzw. Absolvent:innen), ganz dem Ziel der ZooBot entsprechend, die Biologie und Studierende der Biologie zu unterstützen. Um dem Vorurteil der „studierten Arbeitslosigkeit“ entgegenzutreten bzw. die häufig gestellte Frage „Was kann man mit einem Biologie-Studium arbeiten?“ zu beantworten, stellten 11 verschiedene Personen ihren Werdegang und insbesondere ihre aktuellen Berufsbilder vor. Biologische Berufsbilder und Möglichkeiten der Arbeitsfelder nach dem Studium sind wohl ähnlich divers wie die Biologie selbst, häufig ist einem das vor und während des Studiums noch nicht bewusst. Das durchwegs sehr gute Feedback der Studierenden, das Seminar hätte ihnen Einblicke in vorher Unbekanntes und insbesondere auch Positivität und Zukunftsaussichten vermittelt, bestärkt die ZooBot darin, über diese und andere Schienen Studierende zu unterstützen, Perspektive für ihren Berufsweg zu finden.

Science-Event Lobau, 23.09.2023, Nationalparkhaus Lobau

Der Schutz der Wiener Lobau ist bereits seit Längerem ein Schwerpunkt der Vereinsarbeit der ZooBot. Im Zuge eines Vortragsabends beim befreundeten Österreichischen Naturschutzbund Wien diskutierten ZooBot und Vertreter:innen der Wiener Studienvertretung Biologie, wie man neben der bereits für das Thema sensibilisierten Fachschaft auch jene Personen erreichen kann, welche die Lobau in ihrer Freizeit nutzen und zwar als Naturraum schätzen, jedoch nicht vertraut sind mit der Rolle der hohen Biodiversität des Nationalparks und deren Gefährdung. Schnell war man sich einig, gemeinsam im Nationalparkhaus in Kooperation, auch mit dem Wiener Naturschutzbund, ein Familien-

Lobau-Event zu veranstalten, denn nur was man kennt, kann man auch schützen. Die Studienvertretung Biologie der Uni Wien hat hier mit großem Einsatz ihre Idee zu diesem Event verwirklicht. Einen ganzen Tag lang gab es im Nationalparkhaus Stationen, an denen man spannende Arten der Lobau kennenlernen konnte – ein großes Team an mitwirkenden Wissenschaftler:innen verschiedenster Institutionen zeigten Erwachsenen wie Kindern, Schüler:innen und Studierenden, hochinteressante, auf die Au spezialisierte Pflanzen, Vögel, Mollusken, Insekten u.v.m. Aktiv werden konnte man bei einem Fotowettbewerb: Wer hinaus in die Au ging und eine Art fotografierte, konnte spannende Preise gewinnen. Einführung in die Möglichkeiten, über die App iNaturalist selbst Arten zu erheben, gab es auch; Teilnehmer:innen konnten auch gemeinsame Spaziergänge im Umland machen, um gleich zusammen mit Expert:innen die App auszuprobieren. Trotz massiven Schlechtwetters besuchten rund 300 Personen das Science Event. Anschließend Familienausflüge oder Hunde-Spaziergänge in der Lobau mögen nach unserer Veranstaltung für die Besucher:innen nicht mehr ganz dasselbe sein. Der Auwald ist für uns Menschen mehr als eine wunderschöne Kulisse bei Freizeitaktivitäten, er ist ein höchst bedeutender und schwer gefährdeter Lebensraum.

„Tage der Biodiversität 2023“, 8.–10.11.2023, Universität für Bodenkultur (BOKU)

Seit Langem hegte die ZooBot den Wunsch nach der Veranstaltung einer Biodiversitätstagung, bei der die vielen verschiedenen Vereine und Fachplattformen Österreichs, die sich mit Biodiversitätsforschung beschäftigen, beteiligt sein könnten. Daher nahm die ZooBot sehr gerne die Möglichkeit wahr, sich in die Organisation der „Tage der Biodiversität 2023“ an der BOKU einzubringen und eine Session zu organisieren, die gezielt dem Austausch und der Zusammenarbeit gewidmet war: Session 2 „Relevanz von Plattformen und Fachvereinen in der Biodiversitätsforschung“. Nach einem Einstiegsvortrag, Blitzlicht-Selbstpräsentationen der Vereine und einer gemeinsamen Diskussion hatten wir die Möglichkeit, den Abend produktiv in ungezwungenem Umfeld ausklingen zu lassen. Die Vereine hatten Poster mit einer Vorstellung ihrer Arbeit mitgebracht, an denen man einander und auch das Tagungspublikum kennenlernen konnte. Man tauschte sich aus, besprach Ideen zu gemeinsamen Aktionen. Für das Publikum, insbesondere die Studentenschaft, wurde hier ein Rahmen geboten, einen Blick in die große Vereinslandschaft Österreichs zu werfen und Möglichkeiten zu erkunden, sich selbst einzubringen. Viele der Beteiligten wünschen sich eine Wiederholung, ein Wunsch, dem hoffentlich in gemeinsamer Anstrengung nachgekommen werden kann.

Allgemein war die Tagung ein sehr großer Erfolg. Die beteiligten Organisationen „Netzwerk Biodiversität Österreich“ (Universität für Weiterbildung Krems), Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (Universität für Bodenkultur Wien), NOBIS – „Network of Biological Systematics Austria“, ABOL – „Austrian Barcode of Life“, ZooBot – „Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich“ arbeiteten hervorragend zusammen und boten ein lösungsorientiertes Programm zum Thema „*Gemeinsam aus der Biodiversitätskrise*“. Dies, besetzt mit herausragenden Key-Note-Sprecher:innen, sowie eine Podiumsdiskussion mit Bundesministerin Leonore Gewessler lockte so viele Teilnehmer:innen an, dass Präsenztickets ausverkauft waren.

Wer die Tagung verpasst hat oder ausgewählte Teile noch einmal ansehen möchte, kann alle Vorträge übrigens auf dem Youtube-Kanal der BOKU finden. Eine Link-Übersicht zu

den Videos der einzelnen Sessions im ZooBot-Veranstaltungsarchiv hilft bei der Orientierung im dichten Programm:
https://www.zoobot.org/veranstaltung/tdb_2023/

TaxSyst Summerschool: Intensivkurs Moose – Artenkenntnis, Systematik, Biologie, 31.07.–04.08.2023, Salzburg

Die ZooBot bemüht sich zur Förderung von Artenkenntnis insbesondere bei unterrepräsentierten Gruppen, um ein bis zwei Intensivkurse (sog. TaxSyst Summerschools) während der Sommersemesterferien. Im Jahr 2023 wurde ein sehr erfolgreicher Kurs zum Thema Moose mit Martina Pörtl (Joanneum) und Andreas Tribsch (ZooBot, Universität Salzburg) abgehalten. Die Summerschool war diesmal als Lehrveranstaltung ausgelegt, sodass keine Teilnahmegebühren anfielen. Der Kurs war komplett ausgebucht, die Warteliste dafür lang. Die Studierenden waren sehr motiviert, was bei dem hochwertigen Indoor-und-Outdoor-Programm (mooskundlicher Rundgang im botanischen Garten, mikroskopische Übungen, Exkursion in die Glaserbachklamm) nur zu verständlich ist. Eine Wiederholung des Kurses 2024 ist in Planung.

Wiener ZooBot-Stammtische

Die im Vorjahr neu eingeführten Wiener ZooBot-Stammtische in Gasthäusern nahe des neuen Biozentrums wurden erfolgreich fortgeführt. Gleich sechs Termine fanden über das ganze Jahr verteilt statt, im Heurigen oder im Irish Pub. Besonders beliebt waren die Termine zum Start und Ende der Wintersemester, die Zahl der Anwesenden, die maximal zwischen 40-50 Personen lag, sprengte jede Erwartung (und jede vorher getätigte Tischreservierung). Etwas ruhiger ging es bei den Stammtischen im Sommer zu, auch bei diesen waren zwischen 15 und 30 Personen anwesend. In einer solchen lockeren Umgebung konnten Mitglieder und Nicht-Mitglieder, Studis, aktive Biolog:innen bis hin zu emeritierten Professor:innen plaudern, feiern oder auch Pläne zu ZooBot-Aktivitäten schmieden und sich vernetzen. Die Wiener ZooBot-Stammtische sind ein voller Erfolg. Der Wunsch, diese auch auf andere Universitätsstädte auszuweiten, besteht nach wie vor und muss bald in die Tat umgesetzt werden!

Kooperationsveranstaltungen mit dem Verein „Haus des Meeres – Wissenschaft und Forschung“ (WiFo)

2023 nahm die Kooperation mit dem Verein „Haus des Meeres – Wissenschaft und Forschung“ (WiFo) an Fahrt auf. Die Vorstände der beiden Vereine gaben gemeinsam mit der Geschäftsführung der Zusammenarbeit eine Struktur in Form eines „Memorandum of Understanding“, das Mitgliedern der ZooBot Vorteile bzgl. der Ticketpreise zusichert und die Organisationsarbeit der Veranstaltungen definiert. Auch die ZooBot-Sektion ProMar ist mit der Organisation eines Vortrags pro Jahr eingebunden. Die Veranstaltungsreihe „Wasser-Leben“, deren Veranstaltungen allesamt im „Lighthouse¹⁰“, dem Vortragssaal im 10. Stock des Hauses des Meeres mit wunderbarer Aussicht über Wien, abgehalten wurden, umfasste fünf Veranstaltungen: Zwei sog. Thementage (Veranstaltungen mit mehreren Vorträgen rund um ein Thema, in feierlichem Rahmen mit Getränken und von Live-Musik untermalt) und drei alleinstehende, längere Vorträge (Details zu den Titeln s. Appendix B). Alle Veranstaltungen waren enorm gut besucht, fast jede war komplett ausgebucht, und häufig gab es vor Ort noch lange Warteschlangen von Leuten, die auf ein Last-Minute-Ticket hofften.

In memoriam

*Begrenzt ist das Leben,
doch unendlich die Erinnerung.*

Unbekannt

Schmerzhaft für die Zoologisch-Botanische Gesellschaft im Jahr 2023 war der Verlust zweier langjähriger Mitglieder, die beide jahrzehntelang maßgeblich die Gesellschaft mitgestaltet haben. Harald Niklfeld und Friedrich „Fritz“ Ehrendorfer waren nicht nur großartige Botaniker, sondern vielen auch liebe Freunde, Kollegen, Professoren und Vorbilder. Es fehlen uns ihre facettenreichen Charaktere, ihre Freundschaft, ihre Expertise und ihr unermüdlicher Einsatz für Botanik und Naturschutz. Den Hinterbliebenen sprechen wir unser tief empfundenes Beileid aus.

Wir vermissen schmerzlich:

Harald Niklfeld

09.09.1940–22.03.2023

Langjähriges aktives Mitglied, im Ausschussrat und Editorial Board



Harald Niklfeld
(Foto: Gerhard Kleesadl)

Friedrich „Fritz“ Ehrendorfer

26.07.1927–28.11.2023

Langjähriges Vorstandsmitglied,
Ehrenmitglied der ZooBot



Friedrich „Fritz“ Ehrendorfer
(Foto: Luise Ehrendorfer-Schratt)

Danksagung

Wie viele andere Vereine auch, ist die ZooBot in all ihrem Tun auf ehrenamtliche Mitarbeiter:innen angewiesen. Unzählige Stunden fließen in die Arbeit des Wissenschaftlichen Beirats wie des Vorstands, in die Organisation von Veranstaltung, Bearbeitung der Bibliothek, Schaffung und Aufrechterhaltung von Infrastruktur.

Herzlichster Dank gebührt daher allen Händen, die an der ZooBot arbeiten. Der Vorstand dankt dem Wissenschaftlichen Beirat für seine Zeit, Expertise und Zusammenarbeit! Besonderer Dank gebührt erneut dem Ehepaar Harald Krenn und Barbara-Amina Gereben-Krenn, die 2023 wiederum 11 Vorträge zusätzlich zu den anderen Aktivitäten der ZooBot organisiert haben.

Meter um Meter haben sich die ehrenamtlichen Mitarbeiter:innen der ZooBot-Bibliothek durch die Regale mit tausenden Monographien gearbeitet, um dort nach dem Umzug

2021 jeden einzelnen Standort zu korrigieren – vielen Dank für diese liebevolle Sisyphos-Arbeit, die ohne ehrenamtlichen Einsatz nicht möglich wäre.

Wir danken allen unseren Kooperationspartnern für die professionelle und zuverlässige Zusammenarbeit! Mit Euch und Ihnen macht es große Freude, aktiv zu sein und Veranstaltungen zu organisieren – für unsere gemeinsamen Ziele ziehen wir an einem Strang. Die ZooBot dankt außerdem allen Autor:innen und Gutachter:innen verschiedener Artikel, hier in der Acta ZooBot Austria, aber auch für die Blue News der Sektion ProMare.

Und wie jedes Jahr bedanken wir uns bei Ihnen, liebes Mitglied! Danke für Ihre wertvolle Unterstützung durch Spenden und Ihren Mitgliedsbeitrag, ohne die unsere Arbeit nicht möglich wäre. Danke für Ihre Teilnahme an unseren Aktivitäten, die unserer Arbeit erst einen Sinn gibt. Danke für all Ihr Feedback und Ihren Zuspruch, die uns direkt helfen, unser Tun auszurichten. Bleiben Sie uns treu und empfehlen Sie uns bitte weiter, damit wir unsere Arbeit auch fortsetzen können. Wie leider häufig bei Vereinen sind die Finanzen immer schwierig und von Spenden und Mitgliedsbeiträgen abhängig. Wir hoffen, wir sehen einander recht bald einmal wieder, virtuell oder in Realität, bei einer Exkursion oder auf einem Stammtisch bei einem Gläschen im Heurigen – auf bald!

Appendix

A: Team der ZooBot 2023

Vorstand

Präsidentin	Priv. Doz. ⁱⁿ Dr. ⁱⁿ Elisabeth Haring
Vizepräsidenten	Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn Univ.-Prof. Mag. Dr. Christian Sturmbauer
Schriftführer	Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Krenn
Stv. Schriftführer	Assoz. Prof. Mag. Dr. Andreas Tribsch
Rechnungsführer	Maximilian Petrasko, BSc
Stv. Rechnungsführer	Hofrat Dr. Gerhard Aubrecht
Referenten Redaktion	Univ.-Prof. Dr. Rudolf Maier Hofrat Dr. Helmut Sattmann
Weitere Vorstandsmitglieder	Assoz. Prof. Mag. Dr. Franz Essl Hofrat Mag. Friedrich Gusenleitner Assoz.Prof. ⁱⁿ DI ⁱⁿ Dr. ⁱⁿ Ursula Nopp-Mayr Univ.-Prof. Mag. Dr. Gabriel Singer

Wissenschaftlicher Beirat

Univ.-Prof. Dr. Stefan Dötterl
Mag. Dr. Anton Drescher
Dr.ⁱⁿ Barbara-Amina Gereben-Krenn
Univ.-Prof. i.R. Dr. Michael Götzinger
ao. Univ.-Prof.ⁱⁿ Mag.^a Dr.ⁱⁿ Irmgard Greilhuber
Univ.-Prof. Mag. Dr. Christian Griebler
Univ.-Prof. i.R. Dr. Alois Herzig
Dr. Stefan Kapeller

Mag. Dr. Christian Komposch
 Priv.Doz. Dr. Matthias Kropf
 Dr. Robert Lindner
 Univ.-Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Andrea Möller
 Mag. Dr. Johann Neumayer
 Univ.-Prof. i.R. Dr. Jörg Ott
 Univ.-Prof. i.R. Dr. Hannes Paulus
 Univ.-Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Birgit Schlick-Steiner
 Mag.^a Ruth Swoboda
 Univ.-Prof. i.R. Dr. Roman Türk
 Univ.-Prof. i.R. Dr. Manfred Walzl
 Univ.-Prof. Dr. Andreas Wanninger
 Mag. Mathias Weis
 Mag. Dr. Helmut Zwander

Rechnungsprüfer:innen

Priv. Doz. Dr. Alexander Franz
 Mag.^a Ursula Fraunschiel

Ko-Redakteure Acta ZooBot

Mag. Benjamin Seaman
 Dr. Josef Dalla Via (bis April 2023)

Editorial Board Acta ZooBot Austria

Sanja Baric (Bozen, Italien), Siegmart Bortenschlager (Innsbruck, Österreich), Manfred Fischer (Wien, Österreich), Elisabeth Haring (Wien, Österreich), Alois Herzig (Wien, Österreich), Michael Kiehn (Wien, Österreich), Jörg Ott (Wien, Österreich), Martina Podnar (Zagreb, Kroatien), Friedrich Schiemer (Wien, Österreich), Thomas Stützel (Bochum, Deutschland), Bernd Sures (Essen, Deutschland), Roman Türk (Salzburg, Österreich), Johann Waringer (Wien, Österreich), Harald Zechmeister (Wien, Österreich)

Geschäftsführung

Elisabeth Kopp MSc

B: Veranstaltungen der ZooBot 2023

Datum	Veranstaltung
11.01.2023	Hybrid-Vortrag von Mihaela Pavlicev: <i>Evolutionäre Erforschung medizinischer Fragen</i> (ZooBot-Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biologische Forschung in Österreich“)
25.01.2023	Hybrid-Vortrag von Tim Wollesen: <i>Von der einzelnen Zelle zum komplexen Organismus – Einblicke in die moderne Evolutions- und Entwicklungsforschung</i> (ZooBot-Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biologische Forschung in Österreich“)

31.01.2023	Wiener ZooBot-Stammtisch
08.03.2023	Peter Zulka: <i>Welchen Teil der österreichischen Biodiversität decken die sechs Nationalparks ab?</i>
22.03.2023	Hybrid-Vortrag von Alexander Maringer: <i>Der Flussuferläufer im Nationalpark Gesäuse</i> (ZooBot-Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biologische Forschung und Vermittlungskonzepte in österreichischen Schutzgebieten“)
29.03.2023	Haus des Meeres – Thementag „ <i>Tracking – den Tieren mit modernen Methoden auf der Spur</i> “
17.04.2023	Ordentliche Generalversammlung der ZooBot
19.04.2023	Hybrid-Vortrag von Csilla Tragner: <i>UN-Biodiversitätspolitik (CBD COP 15) – Biodiversitätsaktivismus in Österreich</i> (ZooBot-Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biologische Forschung und Vermittlungskonzepte in österreichischen Schutzgebieten“)
21.04.2023	Gedenkfeier für Univ.-Prof. Roland Albert
24.04.2023	Haus des Meeres – Vortrag Georg Rauer: <i>Wolf.will.kommen?!</i>
03.05.2023	Hybrid-Vortrag von Christian Baumgartner: <i>Die Donauauen bei Wien – eines der am intensivsten besuchten und beforschten Gebiete Österreichs</i> (ZooBot-Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biologische Forschung und Vermittlungskonzepte in österreichischen Schutzgebieten“)
03.05.2023	Wiener ZooBot-Stammtisch
10.–11.06.2023	Botanische Illustration im Botanischen Garten
12.–15.06.2023	Vortrag der ZooBot Sektion Geschichte durch Josef Dalla Via auf dem The 52nd Congress of the Italian Society of Marine Biology (SIBM) in Messina, Italien
14.06.2023	Hybrid-Vortrag von Andreas Weiß: <i>Wienerwald – ein UNESCO Biosphärenpark am Rande einer Millionenstadt – Ziele, Aufgaben und Arbeitsschwerpunkte</i> (ZooBot-Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biologische Forschung und Vermittlungskonzepte in österreichischen Schutzgebieten“)
14.06.2023	Wiener ZooBot-Stammtisch
21.06.2023	Hybrid-Vortrag von Harald Grabenhofer: <i>Forschung und Monitoring im Nationalpark Neusiedler See-Seewinkel: Aufgaben, Schwerpunkte und Bildungsarbeit</i> (ZooBot-Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biologische Forschung und Vermittlungskonzepte in österreichischen Schutzgebieten“)

20.07.23	Wiener ZooBot-Stammtisch
31.07.–04.08.2023	TaxSyst Summerschool: <i>Intensivkurs Moose – Artenkenntnis, Systematik, Biologie</i> mit Martina Pörtl und Andreas Tribusch
16.–17.09.2023	Botanische Illustration im Botanischen Garten
23.–24.09.2023	Botanische Illustration im Botanischen Garten
23.09.2023	Science Event: <i>LobAU – Wiens schönste Wildnis entdecken / erkennen / verstehen</i>
30.09.2023	<i>Von der Baustelle zum Trockenrasen</i> : Exkursion mit Andreas Weiß & Pflegeinsatz im Biosphärenpark Wienerwald
03.10.2023	Wiener ZooBot-Stammtisch
11.10.2023	Elisabeth Kopp: <i>Fernglas, Bücher und PC: Buntgemischtes Berufsbild Geschäftsführung bei der ZooBot, Ornithologie und Naturvermittlung</i>
16.10.2023	Thementag im Haus des Meeres: <i>Horror im Wassertropfen – vom Leben und Sterben aquatischer Minimonster</i>
19.10.2023	Hybrid-Veranstaltung: <i>Wissenschaft an der Tropenstation La Gamba – 7. Workshop Österreichische Tropenforschung</i>
25.10.2023	Agnes Dellinger: <i>Der Pflanzenevolution auf der Spur – Berufsbild Botanikerin an der Universität Wien</i> & Lukas Landler: <i>Im Einsatz für Amphibien – Berufsbild Herpetologe an der BOKU Wien</i>
29.10.2023	Exkursion Irmgard Greilhuber: <i>Pilzwanderung im spätherbstlichen Wienerwald bei Gießhübl</i>
08.–10.11.2023	<i>Tage der Biodiversität – Gemeinsam auf dem Weg aus der Biodiversitätskrise</i>
11.–12.11.2023	Botanische Illustration im Botanischen Garten
13.11.2023	Haus des Meeres – Vortrag Günther Pass: <i>Albrecht Dürers Tierdarstellungen: Neue Einsichten durch zoologische Kriminalistik</i>
22.11.2023	Hybrid-Vortragsreihe „Berufe in organismischer Biologie“ Daniel Abed-Navandi: <i>Meeresberuf im Wiener Haus des Meeres -Tierpflege und Forschungsaspekte im 1 Millionen Liter fassenden Wiener Meer</i> Tobias Schernhammer: <i>Von den Vögeln zu Dungkäfer: Welche Jobchancen für Artenkenner:innen gibt es eigentlich?</i>
06.12.2023	Hybrid-Vortragsreihe „Berufe in organismischer Biologie“ Dominique Zimmermann: <i>Bienen, Wespen & Ameisen im NHM – an der Schnittstelle von Forschung und Gesellschaft</i> Karin Lebl-Bakran: <i>Wie aus einer Säugetierkundlerin eine Gelsenexpertin wird</i>

06.12.2023	Wiener ZooBot-Stammtisch
04.12.2023	Haus des Meeres – Vortrag von Monika Bright: <i>Leben über & unter heißen Quellen der Tiefsee – mit Österreichs Hydronautin 2000 Meter unter dem Meer</i>

