

Positive Bestandsentwicklung der Koppe (*Cottus gobio* Linnaeus, 1758) zwischen 2000 und 2020 in den Gewässern Südtirols

Abstract

Increasing populations of the European bullhead (*Cottus gobio* Linnaeus, 1758) between 2000 and 2020 in the waters of South Tyrol

The European bullhead (*Cottus gobio*) is a fish species listed in the Annex II of the Habitat Directive of the European Union, but its status and population trends have not been estimated so far. In general, estimations for a larger region are rarely possible, mainly due to lack of data. Here, we use a data set from the Office for Wildlife Management consisting of >1300 surveys from 659 different lakes or river sections across South Tyrol, of which 98 sites have been fished multiple times.

Across the region that covers 7400 km² of the Central European Alps, most monitored populations (78 %) increased in density with an average increase of 7 ±3 % per year. The few populations with negative population trends were not geographically clustered. We conclude that bullhead populations have predominantly increased across the province, most probably due to improved water quality and habitat availability over the last few decades and despite the stocking measures of brown trout throughout the study area.

1. Einleitung

Die Mühlkoppe (*Cottus gobio* Linnaeus, 1758), in Südtirol auch *Koppe*, *Tolm* oder *Groppe* und im Englischen *European bullhead* genannt, ist ein vorwiegend nachtaktiver Fisch, welcher eine reduzierte Schwimmblase hat und sich deshalb vor allem am Grund von Gewässern aufhält. Die Art ist über weite Teile Zentraleuropas von Süden nach Norden verbreitet (KOTTELAT & FREYHOF 2007), ist vorwiegend in den oberen Fischregionen anzutreffen (Forellenregion und Äschenregion, also rhithrale Gewässer) und benötigt steiniges Substrat, eine hohe Sauerstoffkonzentration, niedrige Wassertemperaturen, und geringe Nährstoffkonzentrationen (CARTER et al. 2004). Diese Art ist im Anhang II der FFH-Richtlinie (EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 1992) gelistet, sie ist also eine Art „von gemeinschaftlichem Interesse, deren Schutz die Ausweisung besonderer Schutzgebiete erfordert“. Trotz ihres unionsweiten Schutzstatus sind Populationsentwicklungen für Südtirols Gewässer gesamtheitlich bisher nicht abschätzbar.

In weiten Teilen ihrer Verbreitung ist die Mühlkoppe durch Habitatveränderung (KNAEPKENS et al. 2004b), Verschmutzung oder auch durch den Fraß durch eingebrachte gebietsfremde Arten wie der Bachforelle beeinträchtigt (BONACINA et al. 2022, NIEDRIST et al. 2023), sodass Populationen zurückgehen, lokal verschwinden und dadurch eine fragmentierte Verbreitung bedingen (LEGALLE et al. 2005). Aufstauungen und Unterbrechungen von Fließgewässern verringerten die Verfügbarkeit von passenden Habitaten und durch den Rückhalt von grobem Substrat wird der allgemeine Gehalt an Feinsediment im jeweiligen Gewässerabschnitt erhöht (FISCHER & KUMMER 2000). Längsverbauungen bzw.

Keywords: monitoring, Groppe, Tolm, population trends, electro fishing, mountain rivers, FFH

Institutionen:

¹ Naturmuseum Südtirol, Bozen
² Fließgewässerökologie und Naturschutz, Institut für Ökologie, Universität Innsbruck, Innsbruck
³ Institut für Alpine Umwelt, Eurac Research, Bozen

Korrespondenz:

Georg H. Niedrist, Fließgewässerökologie und Naturschutz, Institut für Ökologie, Universität Innsbruck, Technikerstr. 25, 6020 Innsbruck, Österreich.
Georg.Niedrist@uibk.ac.at, ORCID: 0000-0002-2852-4661

eingereicht: 8.11.2023
angenommen: 14.11.2023

DOI: 10.5281/zenodo.10116140
online veröffentlicht am 30.12.2023

Ufersicherungen verringern zudem die Habitatverfügbarkeit und dadurch auch den Schutz vor Fraß-Feinden. Aufgrund der allgemeinen Veränderung der Gewässer im Anthropozän (z. B. BELLETTI et al. 2020) auch im Alpenraum (MUHAR et al. 2019) sind wir davon ausgegangen, dass die Verbreitung und die Populationsgrößen der Mühlkoppe in den letzten Jahrzehnten eigentlich rückläufig sein müssten.

Während die Art laut IUCN als wenig gefährdet („least concern“) gilt, sind die italienischen Artenschutzinteressen aufgrund Populationsfragmentierung und Rückgang des Verbreitungsgebietes sehr hoch. Im Alpenraum ist diese Art weiterhin weit verbreitet (WOLFRAM & MIKSCHI 2007, MERANER 2013). Aufgrund der Lebensweise der Koppen als Grundfische, der Verbauung und Zerschneidung von Fließgewässern während der letzten zwei Jahrhunderte, als auch der erheblichen Eutrophierung von Gewässern im letzten Jahrhundert ist jedoch davon auszugehen, dass Populationen der Koppen auch im Alpenraum einen deutlichen Rückgang der Populationen verzeichneten.

Das Ziel dieser Arbeit war eine erstmalige Abschätzung der provinzweiten Populationsdynamik der Koppe während der letzten beiden Jahrzehnte (2000 bis 2020). Aufgrund von laufenden Habitatveränderungen wie Verbauungen oder Erwärmung (MUHAR et al. 2019, NIEDRIST 2023) vermuteten wir, dass die Populationen regionsweit überwiegend abnehmen. Des Weiteren gingen wir von unterschiedlichen Trends in verschiedenen Flussregionen aus (mit geringsten Änderungen in oberen Fischregionen, da Veränderungen des Habitats dort geringer waren/sind). Eine separate Betrachtung von Populationsentwicklungen in unterschiedlichen Fischregionen würde auf besonders vulnerable Fischregionen bezüglich der Erhaltung dieser schützenswerten Fischart nach FFH hinweisen. Bisher wurden gewässerübergreifende und provinzweite Verschiebungen von Populationsstärken in unterschiedlichen Einzugsgebieten nicht ausgewertet (nur für nicht-heimische Fischarten, siehe NIEDRIST et al. 2023)). Solche Auswertungen könnten jedoch künftiges Management der Gewässer optimieren und gezielte Maßnahmenfindungen zur Stärkung von aquatischen Arten (in diesem Fall von einer Fischart des Anhangs II der FFH-Richtlinie) ermöglichen.

Um die Hypothesen zu überprüfen, wurden Populationsschwankungen der Mühlkoppe an gleichen Standorten innerhalb des Zeitraumes 2000–2020 identifiziert, standardisiert zusammengefasst und deren Trends graphisch lokalisiert.

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit erstreckt sich über weite Teile der Provinz Bozen und damit über einen großen Bereich der westlichen Ostalpen. Diese Bergregion zeichnet sich aufgrund der Topographie durch ihre Vielfalt an Gewässern aus, wobei

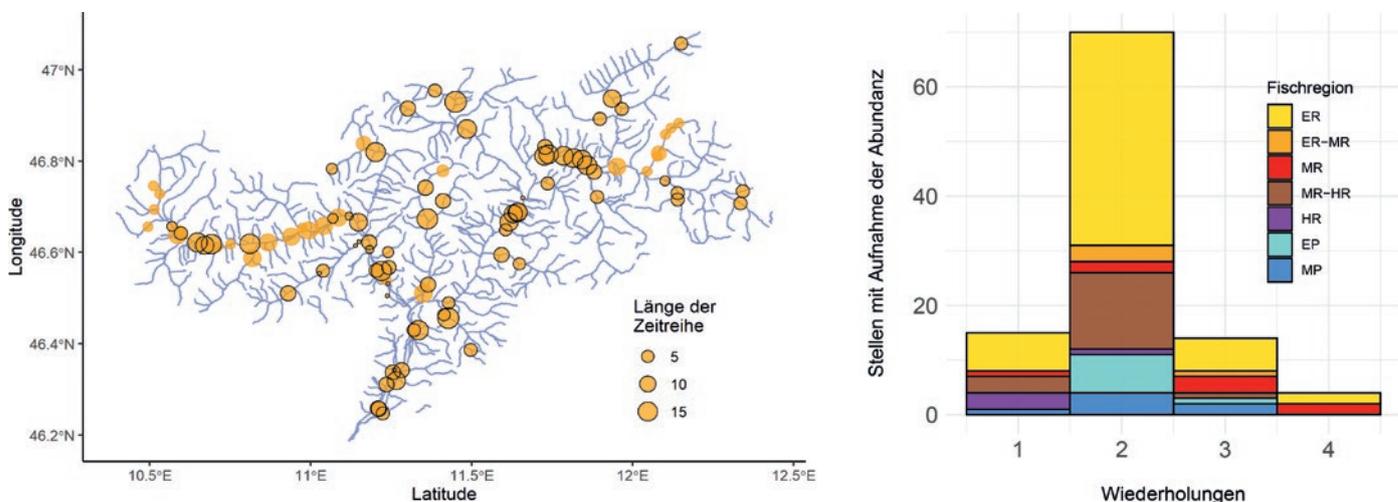


Abb. 1: Lage der Mehrfachbefischungen gleicher oder naheliegender Gewässerstrecken und Anzahl der Befischungen pro Strecke im Zeitraum zwischen 2000 und 2020. Die Einfärbung entspricht den verschiedenen Fischregionen (ER=Epirhithral, MR=Metarhithral, HR=Hyporhithral, EP=Epiopotamal, MP=Metapotamal).

Strecken der epirithralen Fischregion den Großteil ausmachen (64.8 % aller Gewässer Südtirols). Im Zeitraum zwischen 2000 und 2020 wurden in diesem Untersuchungsgebiet mehr als 1.300 Befischungen vom Amt für Wildtiermanagement der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol, dem Forschungsprojekt ALFFA (SCHMÖLZ et al. 2022) und dem Aquatischen Artenschutzzentrum durchgeführt, an 98 Abschnitten liegen mehrfache Befischungen vor (Abb. 1).

3. Material und Methoden

3.1 Datenquelle

Datenerhebung

Diese Arbeit basiert auf Elektro-Befischungen, bei denen entlang definierter Gewässerabschnitte alle Individuen gezählt und meist auch gewogen wurden. Die Fischdichte wurde in Individuen pro Quadratmeter (Ind m^{-2}) angegeben. Die Mehrfach-Befischungen gleicher Abschnitte (Abb. 1) fanden nicht in regelmäßigen Zeitabschnitten statt. Generell wird angemerkt, dass die quantitative Erhebung (= Befischen) von Koppen mittels Elektrobefischung aufgrund ihrer Lebensweise (unter dem Sohlgeröll) methodisch schwierig ist.

Verbreitung

Zur Abgrenzung der Verbreitung der Zielart wurden alle Befischungen zwischen 2000 und 2020 herangezogen ($n = 1356$), um die jeweilige Präsenz oder Absenz zu verorten.

Abschätzung der Populationstrends

Die Schätzungen von Populationsentwicklungen basieren auf wiederkehrenden quantitativen Befischungen (Abundanz pro ha, meist zwei Befischungsdurchgänge) in denselben Abschnitten zwischen 2000 und 2020 (236 Befischungen an 98 verschiedenen Stellen). Diese Befischungen wurden vorwiegend vom Amt für Wildtiermanagement der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol durchgeführt.

3.2 Analyse

Die reproduzierbare Bearbeitung des Datensatzes wurde mit R vorgenommen (R CORE TEAM 2021), zur Zusammenfassung und graphischen Darstellung wurden die Pakete *dplyr* (WICKHAM et al. 2020) und *ggplot2* (WICKHAM 2016 p. 2) verwendet. Die Steigung der regionalen Population (standardisierte mittlere Veränderung aller Populationen an gleichen Gewässerstrecken über die Dauer der Datenreihe, in % pro Jahr) wurden mittels Zusammenfassung der Steigungen der einzelnen einfachen linearen Modelle abgeschätzt (Mittelwert \pm Standardfehler).

Abschätzung von Populationstrends

Dazu wurden die erhobenen Populationsdichten ($\text{Individuen ha}^{-1}$) an mehrmals befischten Stellen verglichen, die dazwischenliegende Entwicklung (negative oder positive jährliche Zuwachsrates) mittels einfacher linearer Modelle beschrieben und als standardisierte Rate angegeben (mittlere Zunahme/Abnahme pro Jahr, in %). Alle Stellen zusammen ergaben einen mittleren (regionalen) Trend des regionalen Bestands der Mühlkoppe.

4. Ergebnisse

4.1 Verbreitung in Südtirol

Die Mühlkoppe wurde zwischen 2000 und 2020 in fast allen Hauptgewässern Südtirols (in der Passer nur im untersten Abschnitt), jedoch nur in wenigen Nebengewässern nachgewiesen (Abb. 2). Während die Art in manchen Gewässern bereits knapp flussabwärts des Ursprungs vorkommt (z. B. Antholzer Bach), besiedelt sie in anderen Gewässern nur den halben Gewässerverlauf (z. B. Ahr). An einigen Gewässernetzwerken der Täler Südtirols wurden sie nicht oder nur in den Mündungsbereichen der Hauptgewässer nachgewiesen (z. B. Plima, Falschauer). Die Mühlkoppe wurde in Gewässern bis 2222 m Meereshöhe nachgewiesen (die höchsten Nachweise finden sich im Großen Pfaffensee/Mals, Schrüttensee/Vahrn und im Zerzerbach oberhalb dem Haidensee, die tiefst gelegenen Nachweise stammen vom Salurner Graben und der Etsch bei Salurn), mit der mittleren Hälfte der Nachweise zwischen 255 und 889 m Meereshöhe (Abb. 2 rechts).

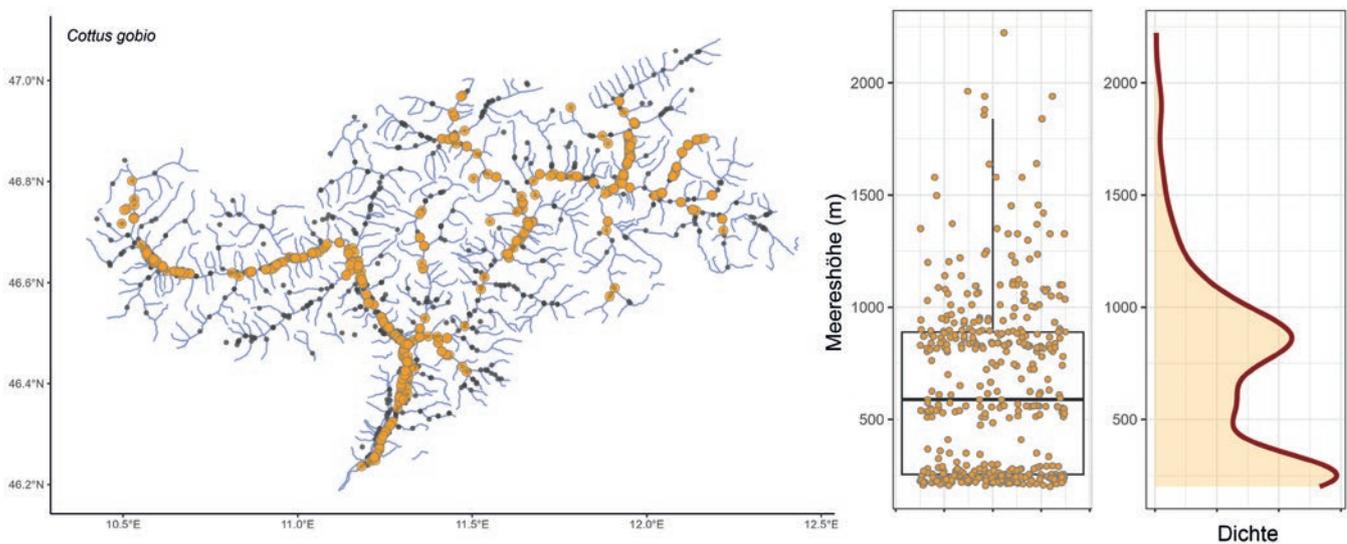


Abb. 2: Nachweise der Mühlkoppe innerhalb der letzten 20 Jahre, welche gleichzeitig auch die Verbreitungsgrenzen der Art andeuten, und Verteilung der Nachweise (als Punktwolke und Dichtediagramm) entlang der Meereshöhe der Gewässerabschnitte.

4.2 Regionsweite Bestandsveränderungen im Zeitraum 2000–2020

Bei den wiederkehrenden Befischungen an den 98 Standorten wurden in 55 Gewässerstrecken Mühlkoppen festgestellt und deren Abundanz erhoben. Die Vergleiche der Populationsgrößen wiesen positive Unterschiede und Steigungen auf, d.h. die Populationen nahmen im Zeitraum zwischen 2000 und 2020 vorwiegend zu, mit einem gemittelten Anstieg von $+7 \pm 3\%$ pro Jahr (Abb. 3). Der stärkste mittlere Anstieg wurde in der oberen Forellenregion (Epirhithral, ER) festgestellt, alle Fischregionen wiesen eine positive mediane Änderung auf.

Die vorwiegende Zunahme der Individuendichte in den befischten Abschnitten während der letzten beiden Jahrzehnte trat gleichverteilt über Südtirol auf (keine geographische Häufung positiver oder negativer Populationsänderungen, siehe Abb. 4). Die einzigen gehäuften Populationsrückgänge wurden im Tauferer Ahrntal und in der unteren Rienz festgestellt.

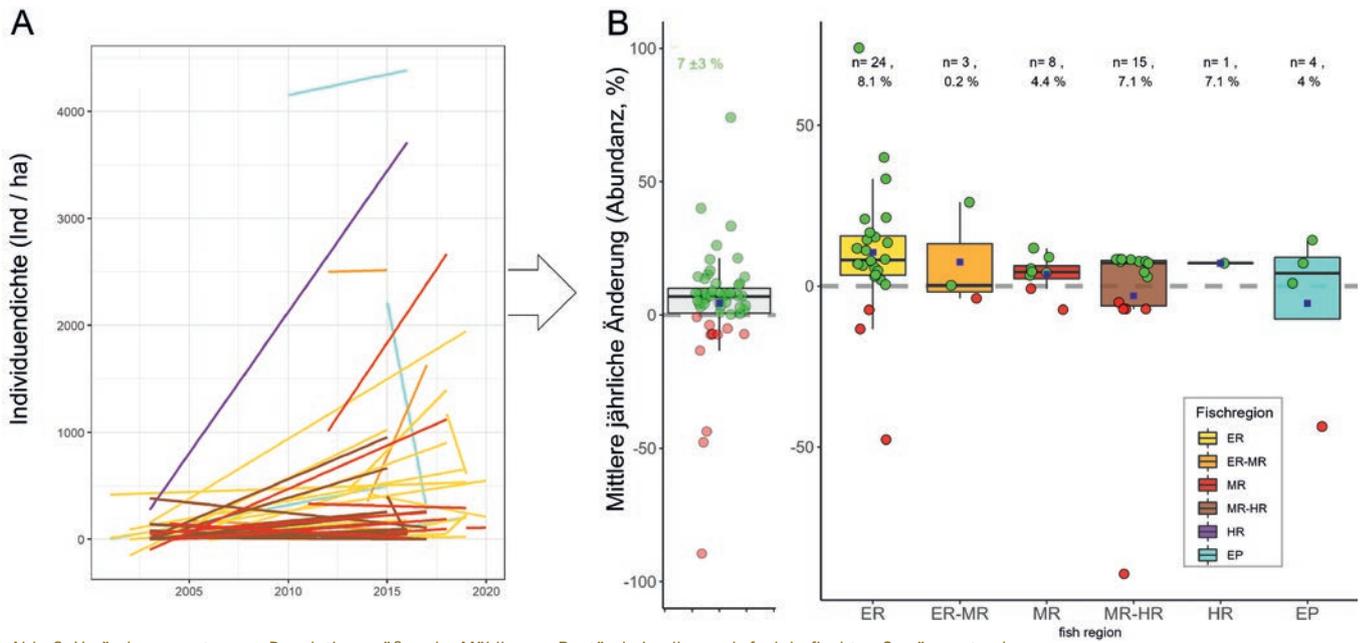


Abb. 3: Veränderungsdaten von Populationsgrößen der Mühlkoppe-Bestände in allen mehrfach befischten Gewässerstreifen als absolute Änderungen (A) und zusammengefasste standardisierte mittlere Veränderung pro Jahr (Individuen $ha^{-1}Jahr^{-1}$, in %) (B). Jede Linie in Abbildung A kennzeichnet Bestandsveränderungen an jedem mehrfach befischten Standort (die Länge der linearen Modelle hängt von den jeweiligen Befischungszeitpunkten ab). Die im linken Boxplot von Abbildung B zusammengefassten landesweiten Änderungsdaten (grün = zunehmend, rot = abnehmend) sind in den rechten Boxplots nochmals auf die verschiedenen Fischregionen aufgetrennt. Oben angeführt sind die jeweilige Anzahl an berücksichtigten Populationen und die durchschnittliche jährliche Änderung der Individuendichte (in %).

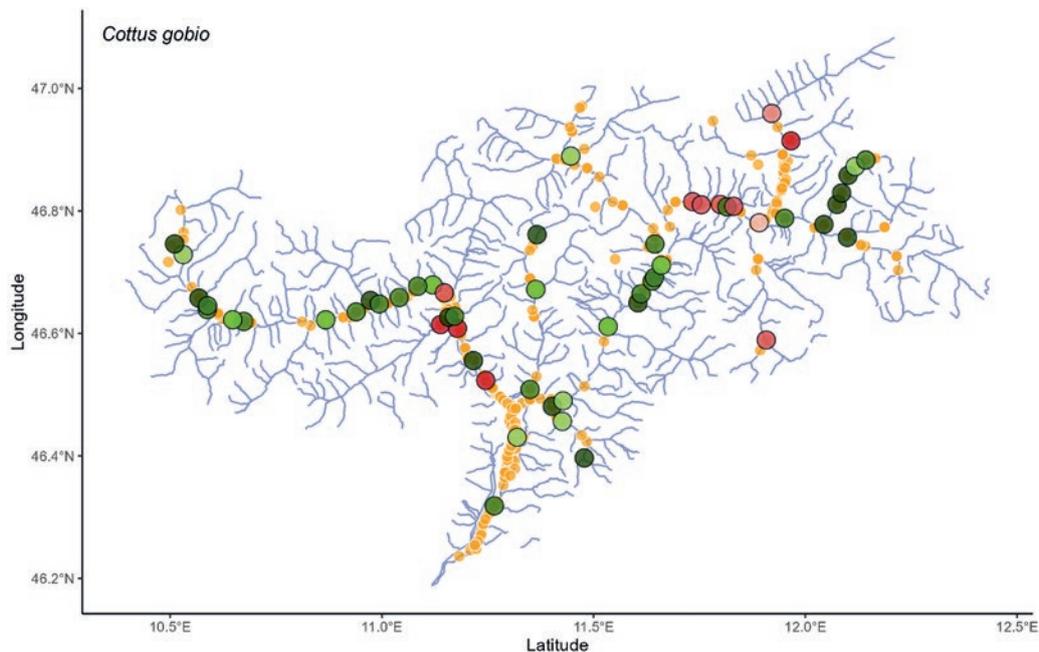


Abb. 4: Verteilung der Veränderungsdaten von Mühlkoppe-Populationsgrößen über die mehrfach befischten Standorte in Südtirol (grün = Anstieg der Individuendichte, rot = Abnahme der Individuendichte).

Diskussion

Die regionsweite Überprüfung zeigte Populationszunahmen der Mühlkoppe an den meisten befischten Standorten (78 %) und eine mittlere jährliche Zunahme der Individuendichten um 7 ± 3 % innerhalb des Zeitraums 2000 bis 2020. Solche Populationszunahmen und damit einhergehende Verbreitungen bewirken generell auch eine Steigerung der genetischen Vielfalt (KNAEPKENS et al. 2004a) und stärken – bei entsprechender Durchgängigkeit der Gewässer – dadurch zusätzlich die allgemeine Fitness dieser heimischen und im Anhang II geführten Fischart auf regionalem Niveau (EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 1992).

Wasserverschmutzung, Habitat-Degradierung und Habitat-Fragmentierung können generell Rückgänge von Koppen-Populationen bewirken (WINKLER 2002), da diese Art durchgängige Gewässer, als auch nährstoffarmes und klares Wasser benötigen (UTZINGER et al. 1998, KNAEPKENS et al. 2004b). Auch Gewässer im Alpenraum verzeichneten im letzten Jahrhundert einen starken Anstieg an Eutrophierung, Regulierungen, Unterbrechungen oder Längsverbauungen v. a. für Landnutzung, Wassernutzung und Hochwasserschutz (GRIZZETTI et al. 2017, HOHENSINNER et al. 2021), weshalb davon auszugehen ist, dass die Koppenbestände auch im Alpenraum Anfang des vorigen Jahrhunderts (vor dem Großteil der Verbauungen) wesentlich dichter waren und anschließend einbrachen. Die vorliegende Studie zeigte jedenfalls, dass sich die Lebensraumbedingungen u. a. durch den Ausbau von Kläranlagen und Maßnahmen zur Einhaltung der Wasserrahmenrichtlinie (EUROPEAN PARLIAMENT 2000) für die Koppe zumindest innerhalb der letzten 20 Jahre regionsweit offensichtlich verbessert – jedenfalls aber nicht verschlechtert – haben. Des Weiteren ergab die Auftrennung nach Fischregionen, dass die Populationsdichten der Koppe nicht nur in den Oberläufen, sondern entlang des gesamten Fließgewässerkontinuums zunahmen, weshalb von einer ganzheitlichen Verbesserung der Habitat-Eignung für die Mühlkoppe in Südtirols Gewässern auszugehen ist. Die Hauptverbreitung der Mühlkoppe liegt übrigens unterhalb ca. 1200 m Meereshöhe, wobei diese Art in mehreren Gewässern auch bis über 2000 m vorkommt.

Südtirols Gewässer wurden bis zum Erlass des neuen Fischereigesetzes (2023, https://www.provinz.bz.it/land-forstwirtschaft/fauna-jagd-fischerei/downloads/LG_3_2023_Fischerei.pdf) in großen Mengen vorwiegend mit wirtschaftlich interessanten und räuberischen Fischarten besetzt (v. a. Regenbogenforelle und Bachforelle, siehe NIEDRIST et al. 2022), wodurch nicht-heimische Salmoniden-Arten (Forelle, Regenbogenforelle) die Fischgemeinschaften in rhithralen Gewässern meist dominieren (NIEDRIST et al. 2023). Der Fraßdruck dieser Räuber kann das Vor- und Aufkommen der Mühlkoppe beeinträchtigen (BONACINA et al. 2022), weshalb auch in Alpengewässern bei dichten Beständen von Regenbogen- und Bachforellen von einer gewissen Regulierung der Mühlkoppen-Populationen auszugehen ist. Trotz der generellen zahlenmäßigen Dominanz von Bachforellen in Südtirols Oberläufen nahmen die Bestände der Mühlkoppe während der letzten 20 Jahre jedoch generell zu. Positive Auswirkungen könnten mit einer Reduktion des Besatzes mit Bachforelle und Regenbogenforelle Anfang der 2000er Jahre einhergegangen sein (NIEDRIST et al. 2022), darauf deuten Versuche in mediterranen Flüssen hin, wo die Entfernung der nicht-heimischen Bachforelle Populationszunahmen und Veränderung der Populationstruktur bewirkten (LORENZONI et al. 2018). Wir schlussfolgern jedenfalls, dass der positive Effekt der Habitat-Verbesserung dem eventuellen regulierenden Effekt durch die Salmoniden überwiegt. Ein zusätzlicher Effekt könnte eine potentiell veränderte Effizienz der Elektrobefischungen während der Studiendauer (20 Jahre) haben. Mühlkoppen sind nachtaktiv, ziehen sich tagsüber unter Steine am Gewässergrund zurück und sind deshalb auch trotz Elektrobefischung nur schwer zu erheben. Es wird deshalb festgehalten, dass ein Anteil der Bestände bei den Befischungen nicht erfasst wurde. Aufgrund derselben Vorgehensweise bei den Befischungen für diese Arbeit kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Vergleiche zwischen früheren und rezenteren Beständen durchwegs aussagekräftig sind. Die Koppe wird in Südtirols Gewässern nicht befischt und auch nicht besetzt (NIEDRIST et al. 2022), Populationsveränderungen sind folglich vorwiegend auf Veränderungen der Habitatqualität und Fraßdruck durch Räuber (v. a. durch Salmoniden, aber stellen-

weise auch durch Kormorane) zurückzuführen (WOLFRAM & MIKSCHI 2007, LORENZONI et al. 2018, BONACINA et al. 2022, GOVEDIĆ et al. 2022). Zusätzlich ist davon auszugehen, dass die verringerte Durchgängigkeit von Südtirols Gewässern den genetischen Austausch und dadurch die Fitness der Mühlkopfen reduzierte (THALER 2021). Aufgrund der ausbleibenden Manipulation der Bestände durch Besatz oder Entnahme (das beispielsweise auf die bewirtschafteten Fischarten zutrifft, deren Bestände laufend verändert werden), eignet sich diese Art als genereller Indikator für den morphologischen und chemischen Zustand von Alpengewässern. Wir zeigen in dieser Arbeit zusätzlich, dass dies – neben dem Vorhandensein oder Fehlen der Art – vor allem die mehrjährige Dynamik der Populationsgrößen ist, welche Veränderungen aufzeigt.

Südtirols Gewässer werden stellenweise seit mehreren Jahren re-strukturiert, indem sie aufgeweitet werden und mit Strukturen (z. B. Inseln, Totholz, Verklausungen) versehen werden (BLAAS & HECHER 2018). Insgesamt wird dabei versucht, den Gewässern mehr Raum zur Ausbreitung und Gestaltung zu geben, wodurch die Eigendynamik und damit die Ausformung von diversen Habitaten ermöglicht werden soll, dies entspricht dem Landesgesetz vom 13.2.2023 („Schutz der aquatischen Lebensräume und nachhaltige Fischerei“). Durch die Diversifizierung der Lebensräume innerhalb dieser re-strukturierten Gewässerstrecken (insbesondere durch das Schaffen von Laichhabitaten für Koppen) ist von einem weiteren positiven Effekt für die Populationsstärke und -struktur dieser Art auszugehen.

Schlussfolgerung

Während der letzten beiden Jahrzehnte nahmen die Bestände der Koppe (*Cottus gobius*) auf regionalem Niveau zu. Trotz negativer Entwicklung einzelner Populationen (z. B. Tauferer Ahrntal, hinteres Gadertal, untere Rienz, unterste Falschauer) nahm die Dichte der Koppe in 78 % der mehrmals befischten Populationen über ganz Südtirol zu. Es kann folglich auf eine positive regionale Bestandesentwicklung der Koppe in Südtirols Gewässern rückgeschlossen werden.

Dank

Wir danken dem Amt für Wildtiermanagement der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol für die Datenerhebung, die Datenaufzeichnung, sowie die Bereitstellung der Daten und dem Gutachter Josef Wieser für die Kommentare zum Manuskript.

Diese Arbeit wurde vom Forschungsfond des Betriebes Südtiroler Landesmuseen im Rahmen des Projektes *Die Verbreitung und Gefährdung von Fischen in Südtirol* gefördert.

Literatur

- BELLETTI B., GARCIA DE LEANIZ C., JONES J., BIZZI S., BÖRGER L., SEGURA G., CASTELLETTI A., VAN DE BUND W., AARESTRUP K., BARRY J., BELKA K., BERKHUYSEN A., BIRNIE-GAUVIN K., BUSSETTINI M., CAROLLI M., CONSUEGRA S., DOPICO E., FEIERFEIL T., FERNÁNDEZ S., FERNANDEZ GARRIDO P., GARCIA-VAZQUEZ E., GARRIDO S., GIANNICO G., GOUGH P., JEPSEN N., JONES P. E., KEMP P., KERR J., KING J., ŁAPIŃSKA M., LÁZARO G., LUCAS M. C., MARCELLO L., MARTIN P., MCGINNITY P., O'HANLEY J., OLIVO DEL AMO R., PARASIEWICZ P., PUSCH M., RINCON G., RODRIGUEZ C., ROYTE J., SCHNEIDER C. T., TUMMERS J. S., VALLESI S., VOWLES A., VERSPOOR E., WANNINGEN H., WANTZEN K. M., WILDMAN L. & ZALEWSKI M., 2020: More than one million barriers fragment Europe's rivers. *Nature*, 588: 436–441.
- BLAAS K. & HECHER P., 2018: Revitalisierung der Fließgewässer Südtirols. Hintergründe und Praxisbeispiele. Agentur für Bevölkerungsschutz – Landeswarnzentrum der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol, Bozen.
- BONACINA L., CANOBBIO S. & FORNAROLI R., 2022: Influence of the *Salmo (trutta) trutta* on the population structure, the growth, and the habitat preference of a *Cottus gobio* population. *River Research and Applications*, 38: 1585–1600.
- CARTER M. G., COPP G. H. & SZOZMLAI V., 2004: Seasonal abundance and microhabitat use of bullhead *Cottus gobio* and accompanying fish species in the River Avon (Hampshire), and implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14: 395–412.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT, 1992: FFH-Richtlinie: Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Page 68.

- EUROPEAN PARLIAMENT, 2000: Water Framework Directive (WFD) 2000/60/EC: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Page 72. Brussels.
- FISCHER S. & KUMMER H., 2000: Effects of residual flow and habitat fragmentation on distribution and movement of bullhead (*Cottus gobio* L.) in an alpine stream. *Hydrobiologia*, 422: 305–317.
- GOVEDIČ M., GOVEDIČ T. B., PAJTNAR A. & TORKAR G., 2022: Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in the Sub-alpine Soča River System, Slovenia: The Possible Effect of Avian Predators in a Sensitive Biogeographic Region for Fish. *Ardea*, 109: 395–415.
- GRIZZETTI B., PISTOCCHI A., LIQUETE C., UDIAS A., BOURAOUI F. & VAN DE BUND W., 2017: Human pressures and ecological status of European rivers. *Scientific Reports*, 7: 205.
- HOHENSINNER S., EGGER G., MUHAR 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 and Applications*, 37: 128–149.
- KNAEPKENS G., BERVOETS L., VERHEYEN E. & EENS M., 2004a: Relationship between population size and genetic diversity in endangered populations of the European bullhead (*Cottus gobio*): implications for conservation. *Biological Conservation*, 115: 403–410.
- KNAEPKENS G., BRUYNDONCK L., COECK J. & EENS M., 2004b: Spawning habitat enhancement in the European bullhead (*Cottus gobio*), an endangered freshwater fish in degraded lowland rivers. *Biodiversity & Conservation*, 13: 2443–2452.
- KOTTELAT M. & FREYHOF J., 2007: Handbook of european freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol.
- LEGALLE M., SANTOUL F., FIGUEROLA J., MASTRORILLO S. & CÉRÉGHINO R., 2005: Factors influencing the spatial distribution patterns of the bullhead (*Cottus gobio* L., Teleostei Cottidae): a multi-scale study. *Biodiversity & Conservation*, 14: 1319–1334.
- LORENZONI M., CAROSI A., GIOVANNOTTI M., PORTA G. L., SPLENDIANI A. & BARUCCHI V. C., 2018: Population status of the native *Cottus gobio* after removal of the alien *Salmo trutta*: a case-study in two Mediterranean streams (Italy). *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, 2018-January: 22.
- MERANER A., 2013: Schmerle, Steinbeißer, Koppe und Co: Kleinfischarten in Südtirol. *Autonome Provinz Bozen-Südtirol*, 112 S.
- MUHAR S., MUHAR A., SIEGRIST D. & EGGER G., 2019: Rivers of the Alps. Haupt Verlag, Bern.
- NIEDRIST G. H., 2023: Substantial warming of Central European mountain rivers under climate change. *Regional Environmental Change*, 23: 43.
- NIEDRIST G. H., HILPOLD A. & KRANEBITTER P., 2022: Fischbesatz in Südtirol während der letzten 30 Jahre: konstante Priorisierung nicht-heimischer Arten. *Gredleriana*, 22: 169–178.
- NIEDRIST G. H., HILPOLD A. & KRANEBITTER P., 2023: Unveiling the rise of non-native fishes in eastern alpine mountain rivers: Population trends and implications. *Journal of Fish Biology*, 103(5): 1085–1094. DOI:10.1111/jfb.15508
- R CORE TEAM, 2021: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- SCHMÖLZ K., BOTTARIN R., FELBER A., LASSACHER F., LEHNE F., MARK W., NIEDERWANGER M., NIEDRIST G. H., OBERARZBACHER S., PELSTER B., PERON A., PERSIANO S., SCHLETTERER M., SCHWARZENBERGER R., SCOTTI A., THALER M., WALDE J., WIESER J. & TASSER E., 2022: A first attempt at a holistic analysis of various influencing factors on the fish fauna in the Eastern European Alps. *Science of the Total Environment*, 808, 151886.
- THALER M., 2021: Population genetic analyse of selected bullhead populations (*Cottus gobio*; Teleostei: Cottidae) in regard to migration barriers. *Universität Innsbruck, Innsbruck*.
- UTZINGER J., ROTH C. & PETER A., 1998: Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. *Journal of Applied Ecology*, 35: 882–892.
- WICKHAM H., 2016: ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag, New York.
- WICKHAM H., FRANÇOIS R., HENRY L. & MÜLLER K., 2020: dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.0.1.
- WINKLER H. M., 2002: Effects of Eutrophication on Fish Stocks in Baltic Lagoons. In: Schernewski G. & Schiewer U. (eds.), *Baltic Coastal Ecosystems: Structure, Function and Coastal Zone Management*: 65–74. Springer, Berlin, Heidelberg.
- WOLFRAM G. & MIKSCHI E., 2007: Rote Liste der Fische (Pisces) Österreichs. In: Zulka K. (ed.), *Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 2: Kriechtiere, Lurche, Fische, Nachtfalter, Weichtiere*: 61–198. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Böhlau.



Mühlkoppe, © Julien Renout

