

Invasion der Schwarzmeergrundeln im Oberrhein und Auswirkungen auf das Gewässerökosystem

Patricia Holm

Zusammenfassung

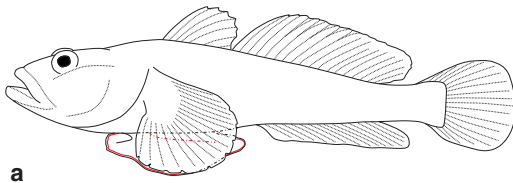
Seit ihrer Ankunft im Rhein bei Basel untersuchen wir in einem breit aufgestellten inter- und transdisziplinären Projekt die Biologie und Ökologie der Grundeln (*Ponticola kessleri*, *Neogobius melanostomus*) und ihre Auswirkungen auf das Gewässerökosystem und entwickeln in Zusammenarbeit mit ExpertInnen aus der Praxis Vorschläge, um die weitere Ausbreitung dieser invasiven Fische rheinaufwärts zu verhindern. Wir konnten zeigen, dass diese eher benthischen Fische auch an Bootsrümpfen zu finden sind, an den Wänden in den Häfen neuen Lebensraum besiedeln und dort auch Laichmöglichkeiten nutzen. Wir stellten fest, dass ihre Larven, die in der Dämmerung an der Wasseroberfläche driften, in die Motoren von Motorbooten eingesaugt werden und so verfrachtet werden können. Grundeln fressen Eier von Nasen (*Chondrostoma nasus*), eine geschützte einheimische Art, die im Hochrhein und seinen Seitengewässern Laichgebiete von nationaler Bedeutung hat. Zu den von uns vorgeschlagenen Maßnahmen gehören Informationskampagnen, um Angler und Aquarianer vom »Freilassen« lebender Fische abzuhalten und Sportbootsbesitzer zur Reinigung der Boote vor dem Einbringen in andere Gewässer aufzufordern. Zur Verhinderung der aktiven Ausbreitung über Fischpässe wurde eine hydraulische Grundelsperre entwickelt, die derzeit im Fischpass des Kraftwerks Rheinfelden eingebaut wird.

Summary

Invasive gobies in the Upper Rhine and their effects on the river ecosystem

We are studying the biology and ecology of invasive gobies (*Ponticola kessleri*, *Neogobius melanostomus*) since they arrived in the river Rhine near Basel in 2011/2012. This is an inter- and transdisciplinary project in collaboration with other researchers and experts active in administration, water management, fisheries, and boat owners aiming at developing measures to prevent further dispersal. We showed that these fish, in contrast to textbook knowledge, are not only benthic but can be found at boat hulls, inhabit harbor walls, and even use spawning opportunities at vertical walls. Further, their larvae, drifting at dusk at the water surface, can be sucked into motors of recreational boats and in consequence, being transported to yet goby-free river stretches. Gobies feed on eggs of the fish Nase (*Chondrostoma nasus*), a native endangered species with protected spawning sites in the river Rhine and its tributaries. We proposed measures, such as information campaigns. These aim at preventing anglers and aquarists from releasing fish into water courses and encourage owners of recreational boats to clean their boats before entering a different water body. To prevent further active dispersal, we developed a hydraulic barrier to be integrated in a vertical slot fish pass. Such a barrier is currently constructed in the fish pass of the hydropower plant of Rheinfelden.

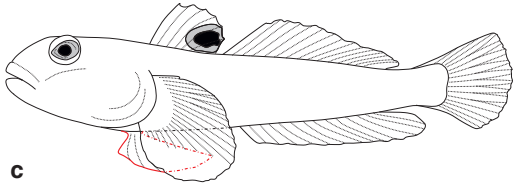
✉ Prof. Dr. Patricia Holm, Universität Basel, Department Umweltwissenschaften, Programm Mensch-Gesellschaft-Umwelt, Vesalgasse 1, 4051 Basel, Schweiz; patricia.holm@unibas.ch



a



b



c



d



e

Abb. 1. Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*) (a, b) und Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*) (c, d); e: zusammengewachsene Bauchflossen. – Grafiken: © I. Adrian-Kalchhauser, MGU; Fotos: MGU.

Einführung

2022 kommt das inter- und transdisziplinäre Projekt »Schwarzmeergrundeln in der Schweiz« zu seinem Ende. Wir haben darin über 10 Jahre intensiv mit anderen Wissenschaftler:innen und Stakeholdern zusammengearbeitet, sowohl mit der öffentlichen Administration als auch mit den Fischereiverbänden, Sportbootbesitzern usw., und waren mit ihnen im ständigen Austausch. Unsere Forschungsfragen haben wir auch danach ausgewählt, was diese interessierten und betroffenen Kreise von uns Forschenden wissen wollten. Diese gute Zusammenarbeit hat sicher zu dem Erfolg des Projekts beigetragen, in dessen Verlauf zahlreiche Publikationen und Dissertationen entstanden sind.

Schwarzmeergrundeln im Rhein bei Basel

Unter dem Begriff »Schwarzmeergrundeln« werden verschiedene Grundelarten zusammengefasst. Zwei davon, die Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*, Syn.: *Neogobius kessleri*) und die Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*) (Abb. 1) sind bereits in den Rhein vorgedrungen, drei weitere Arten stehen sozusagen schon vor den Toren der Schweiz. Bei der Kessler- und der Schwarzmundgrundel handelt es sich um kleine, maximal 25 cm große Arten, die 4 Jahre alt werden. Sie leben räuberisch am Boden und besitzen keine Schwimmblase. Beide Arten laichen zweimal pro Jahr, meist zwischen April und August. Besonders wichtig ist, dass sie Höhlenlaicher sind, d. h., sie legen ihre Eier in Höhlen oder an Vorsprüngen ab; das Männchen bewacht die Eier. Beide Arten kommen sowohl im Süß- als auch im Salzwasser vor, was sie, zusammen mit einigen der anderen Merkmale, dafür prädestiniert, sich gut in vielen Gewässern auszubreiten. Charakteristisch für die Schwarzmeergrundeln ist, dass die beiden Bauchflossen miteinander verwachsen sind zu etwas, das auf den ersten Blick wie ein Saugnapf aussieht. Tatsächlich dient das Gebilde aber nur als Stütze bei der Fortbewegung. Sie schwimmen nach einem sog. »Burst and hold swimming«, d. h., sie schwimmen gewissermaßen ein Stück im Sprint, hocken sich dann kurz im Strömungsschatten hinter einem Stein, Ast o.Ä., erholen sich und schwimmen dann wieder los. Für dieses Ausruhen benutzen sie ihre zusammengewachsenen Bauchflossen.

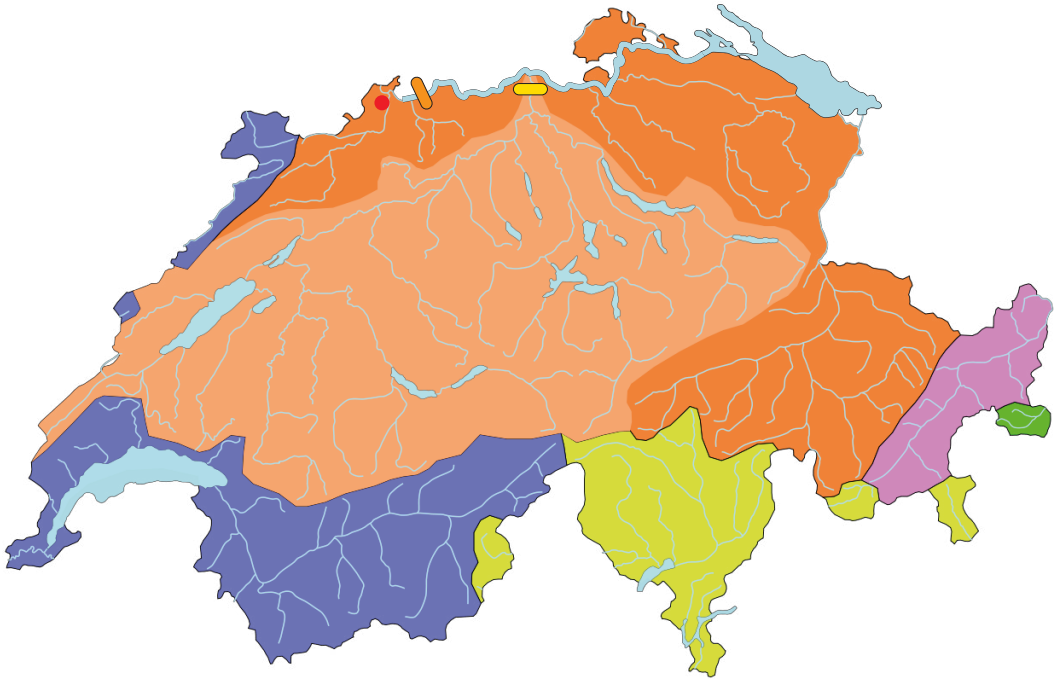


Abb. 2. Flusseinzugsgebiete in der Schweiz, mit Oberrhein, Bodensee und den Staustufen Rheinfelden (orange) und Klingnau (gelb). ● Basel. Einzugsgebiete: orange Rhein; orange Aare; blau Rhone; grün Po; grün Etsch; lila Donau. – Pymouss, CC-BY-3.0, via Wikimedia Commons, ergänzt.

Zeitliche Entwicklung und Ausbreitungswege

2011 wurde erstmals eine Kesslergrundel im Rhein bei Basel gesichtet. Wir haben daraufhin ein regelmäßiges Monitoring etabliert, bei dem wir jedes Jahr im August im Hafen mit Reusen nach diesen Tieren fischen. 2011 war nur die Kesslergrundel da, 2012 kam die Schwarzmundgrundel dazu und ist sehr schnell zur dominierenden Fischart in den Reusen geworden; ab 2016 waren die einheimischen Fische fast nicht mehr in den Reusen zu finden. Seit 2016 haben die Grundelfangzahlen wieder abgenommen, insbesondere hatte die Schwarzmundgrundel im Jahr 2018 einen starken Einbruch, dafür stiegen die Fangzahlen bei der Kesslergrundel wieder an. Aus der Literatur kennen wir solche Fluktuationen nach dem sog. »Boom and bust«-Konzept, d. h., es kommt zu einem starken Aufschwung, dann geht die Populationsgröße wieder zurück und pendelt sich anschließend auf einem mittleren Niveau ein (Strayer et al. 2017). Dieses Niveau sehen wir jedoch noch nicht.

Bei der kantonalen Fangstatistik sehen die Zahlen insgesamt nicht grundsätzlich anders aus. Beide Fangmethoden haben ihr Vor- und Nachteile, mit den Reusen erfassen wir z. B. nicht die pelagischen, d. h. im freien Wasser schwimmenden, Arten.

Die Schwarzmundgrundel kommt ursprünglich aus dem Gebiet des Schwarzen und des Kaspischen Meeres und hat sich über verschiedene Fließgewässersysteme ausgebreitet, die durch Kanäle verbunden worden sind (Bij de Vaate et al. 2002):

- Ein nördlicher Ausbreitungskorridor verläuft von der Mündung der Wolga im Kaspischen Meer bzw. von der Mündung des Don im Schwarzen Meer flussaufwärts und führt schließlich über den Wolga-Ostsee-Kanal bis an die Ostseeküste.
- Ein zentraler Ausbreitungskorridor beginnt am Schwarzen Meer mit der Mündung des Dnepr, führt flussaufwärts und ist über den Dnepr-Bug-Kanal mit der Bug und damit dem Gewässersystem der Weichsel verbunden.

- Ein südlicher Ausbreitungskorridor verläuft über die Donau und den Rhein-Main-Donau-Kanal zum Rhein.

Von den Grundelpopulationen im Rhein bei Basel wissen wir, dass sie über den Rhein zu uns gekommen sind, vermutlich aber zunächst in die Ost- und Nordsee und dann von der Rheinmündung flussaufwärts nach Basel, insbesondere mit dem Ballastwasser der Handelsschiffe. Das Problem ist nun, dass 68% des Schweizer Gewässernetzes und die meisten Seen Teil des Rhein-Einzugsgebiets sind (Abb. 2), im Ernstfall wären über zwei Drittel der gesamten Schweiz von der Invasion der Grundeln betroffen. Den Staustufen Rheinfelden und Klingnau kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Bis Rheinfelden geht die Handelschifffahrt, d. h. die Ausbreitung der Grundeln mit dem Ballastwasser. Die Staustufe Klingnau bei Koblenz liegt am Zufluss der Aare in den Rhein und stellt damit das Tor zum Aare-Einzugsgebiet dar. Inzwischen sind die Grundeln über das Kraftwerk Rheinfelden hinaus bis über das Kraftwerk Säckingen¹ vorgedrungen (Abb. 3) und alle Behörden und Fischereivereine in den Kantonen verfolgen die weitere Ausbreitung sehr aufmerksam.

Möglichkeiten der Ausbreitung

Wenn der Transport über das Ballastwasser von Handelsschiffen wegfällt, kommen, neben einer aktiven Verbreitung, als wesentliche Verbreitungswege Boottransporte, Köderfischerei und Aquaristik infrage.

Verbreitung durch Boottransporte

Freizeit- und kleine Sportboote können durchaus einen Ausbreitungsvektor darstellen. Wie eingangs bereits erwähnt, sind die Grundeln Höhlenlaicher. Unsere Überlegung war daher, dass die Grundeln möglicherweise in Nischen und Höhlungen von Booten, wie sie z. B. im Bereich des Ankers zu finden sind, ihre Eier legen und diese an den Booten angehefteten Eier dann bei Überlandtransporten verschleppt werden. In der Tat gibt es bei allen Querbauwerken entlang des Hochrheins Möglichkeiten für Sportboot-Passagen (vgl. Abb. 3).

Gemäß einer Studie der Eawag waren 2013 in der Schweiz knapp 100 000 Sportboote registriert, 10% davon wurden regelmäßig über Land transportiert, allein von Basel aus wurden 58 Überland-Bootsbewegungen registriert. Aber auch von vielen anderen Stellen in der Schweiz geht eine große Zahl von Bootstransporten aus, sowohl innerhalb der Schweiz, als auch in die angrenzenden Länder (z. B. an den Gardasee in Italien) und an den Atlantik, die Nord- und Ostsee und das Mittelmeer (De Ventura et al. 2016). Damit ist zumindest theoretisch die Gefahr gegeben, dass diese Boote zur Ausbreitung der Grundeln beitragen.

Aber können die Eier tatsächlich auch längere Transporte über Land überleben? Um diese Frage zu beantworten, haben wir Grundeln ablaichen lassen und die Eier auf ihre Widerstandsfähigkeit hinsichtlich Austrocknung untersucht. Selbst nach 24 Stunden im Trockenschrank sind aus den Eiern, wenn wir sie in Aquarien überführt haben, Larven geschlüpft (Hirsch et al. 2016a). Um zu zeigen, dass – entgegen der gängigen Lehrbuchmeinung – die Grundeln tatsächlich an Booten laichen, haben wir Bootsrümpfe und den Hafenbereich intensiv untersucht und zahlreiche, auch laichbereite Grundeln an den Hafenwänden und an Bootsrümpfen beobachtet (Bussmann & Burkhardt-Holm 2020).

Neben den Eiern können aber auch die Larven verbreitet werden. Wenn die Larven schlüpfen, treiben sie, meist nachts oder in der Dämmerung, zur Wasseroberfläche auf und driften mit der Strömung. Sie können dann z. B. in den Motor von Sportbooten anlässlich eines abendlichen Ausflugs eingesaugt werden (Bussmann et al. 2022).

Angelfischerei und Aquaristik

Die Wahrscheinlichkeit, beim Angelfischen Grundeln zu fangen, ist sehr groß. Schon 2013 hat uns ein befreundeter Fischer berichtet, dass er nach nur 1–2 Stunden Angelfischerei an der Mosel mehrere hundert Grundeln gefangen hat. Damit ist die Grundel auch ein begehrter Köderfisch. Wir haben damals die Blogs und Foren durchsucht und tatsächlich Aussagen gefunden wie diese, dass Grundeln, besonders für Zander, wunderbare Köderfische abgeben (Fischundfang.de 2011, Stühling 2015). Man könnte natürlich sagen, solange die Grundeln dabei gefressen werden, passiert nichts weiter. Aber wir wissen

1 Nachtrag: Ende Juni 2022 hatten sie auch das Kraftwerk Laufenburg überwunden.

auch, dass bei der Angelfischerei gelegentlich nicht benötigte Köderfische in den Gewässern entsorgt werden.

Auch zur Aquaristik haben wir in den Blogs und Foren gelesen, dass Personen Grundeln züchten wollten, um sie dann in einem Gartenteich auszusetzen. Auch hier gibt es mögliche Verbindungen zu Oberflächengewässern und damit das Risiko, dass Grundeln aus Gartenteichen in bisher von diesen Fischen nicht besiedelte Gewässer entkommen.

Möglicher Schaden durch Schwarzmeergrundeln

Die Schwarzmeergrundel ist Teil des heimischen Nahrungsnetzes geworden (Hirsch et al. 2016b). Sie dient adulten Raubfischen wie z. B. Zander, Trüsche oder Egli als Nahrung, ernährt sich selbst räuberisch von bodenlebenden Organismen wie Kleinkrebsen (Amphipoden) und Muscheln und tritt damit in Nahrungskonkurrenz zu anderen bodenlebenden Fischarten und Jungstadien von Raubfischen. In der Literatur gibt es sehr viele Berichte darüber, welche Schäden die Grundeln anrichten. Aufgrund einer Analyse von 113 Publikationen zur Schwarzmundgrundel sind wir zu folgender Schadensabschätzung gelangt (Hirsch et al. 2016b). Die ökologischen Effekte sind sehr unterschiedlich, abhängig vom jeweiligen Ökosystem. Dazu zwei Beobachtungen aus Gewässern, bei denen im Sommer und Herbst jeweils junge Grundeln und Zander vorhanden waren. Im Niederrhein standen die juvenilen Zander und die Grundeln zueinander in Nahrungskonkurrenz. Nach dem Winter waren die Zander nicht wesentlich größer als die Grundeln und werden deshalb kaum Grundeln fressen. Im Nord-Ostsee-Kanal lebten zusätzlich zu den Zandern und Grundeln in größeren Mengen garnelenähnliche Kleinkrebse im Wasser. Hier waren nach dem Winter die Zander deutlich gewachsen und konnten sich von den Grundeln ernähren und damit deren Population in Schach halten (Borcherding, mündl. Mitteilung). Dieses Beispiel zeigt, dass die Auswirkungen in den einzelnen Ökosystemen sehr verschieden sein können und im Grunde nicht vorhersagbar sind.

Die ökonomischen Effekte (direkt quantifizierbare Schäden, z. B. Rückgänge der Fänge für die Berufsfischerei) sind in unseren Gewässern momentan nicht zu beziffern.

Auch die sozio-ökonomischen Auswirkungen, vor allem ein verringerter unmittelbarer oder vermeintlicher Nutzen des Ökosystems Rhein (z. B. durch rückläufige Angellizenzerkäufen), sind nicht einfach zu erfassen. Nach dem Vorsorgeprinzip sind demzufolge Maßnahmen erforderlich und zum Teil auch bereits vom Gesetzgeber vorgeschrieben (s. unten).

Im Rahmen des Grundelprojektes haben wir uns gefragt, bei welchen Arten die Schwarzmeergrundeln tatsächlich einen Schaden anrichten könnten. Zu den Fischarten, die am Hochrhein unter Schutz stehen, gehört neben dem Lachs (*Salmo salar*) auch die Nase (*Chondrostoma nasus*). In den Nebenflüssen des Rheins bei Basel gibt es Nasenlaichgebiete von nationaler Bedeutung, so z. B. in der Wiese (Basel/Kleinhüningen), in die auch Grundeln eingewandert sind. Wir haben daraufhin den Mageninhalt der Grundeln auf Naseneier untersucht und Nasen-DNA nachgewiesen (Lutz et al. 2020). Es liegt also tatsächlich ein Schaden vor, gegen den wir entsprechende Maßnahmen ergreifen müssen.

Maßnahmen gegen die passive Ausbreitung der Schwarzmeergrundeln

Gegen die passive Verbreitung aufgrund von Aquaristik, Angelfischerei und Transport von Sportbooten gibt es etliche Gesetze und Verordnungen. So steht z. B. in der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF, Verordnung SR 923.01) vom 24.11.1993 (Stand 01.01.2021) im Abschnitt 2a »Bekämpfung landesfremder Fische und Krebse« unter Artikel 9a: »Die Kantone treffen Massnahmen, damit landesfremde Fische und Krebse nach Anhang 3, die in Gewässer gelangt sind, sich nicht ausbreiten; soweit möglich entfernen sie diese.« In dem Anhang 3 »Arten, Rassen und Varietäten von Fischen und Krebsen, deren Anwesenheit als unerwünschte Veränderung der Fauna gilt« sind dabei unter anderem genannt: Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*), Kesslergrundel (*Neogobius kessleri*), Flussgrundel (*Neogobius fluviatilis*), Nackthalsgrundel (*Neogobius gymnotrachelus*) und Marmorierte Süßwassergrundel (*Proterorhinus semilunaris*). Auch in der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FrSV;

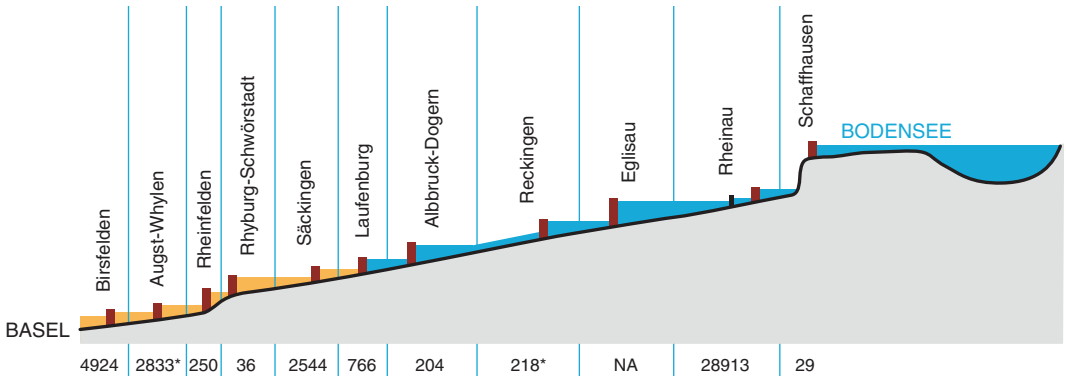


Abb. 3. Querbauwerke am Hochrhein zwischen Basel und Bodensee mit der Anzahl der Kleinbootpassagen über die jeweiligen Barrieren im Zeitraum 2009–2013 und dem Ausbreitungsgebiet der Schwarzmeergrundeln (■); *Augst-Whylen: Daten des 4ten Quartals nicht dokumentiert, Reckingen: 2010–2013. – Hirsch et al. 2016 (Appendix S3), ergänzt.

Verordnung AS 2008 4377) heißt es in Artikel 15: »Der Umgang mit gebietsfremden Organismen in der Umwelt muss so erfolgen, dass dadurch weder Menschen, Tiere und Umwelt gefährdet noch die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigt werden, insbesondere dass [...] die Organismen sich in der Umwelt nicht unkontrolliert verbreiten und vermehren können.«

Auch aufgrund unserer Forschungen wurde 2016 die sog. Grundelstrategie ins Leben gerufen, in der sich die Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter (KVU) und die Jagd- und Fischereiverwalter-Konferenz der Schweiz und des Fürstentums Liechtenstein (JFK), beides überkantonale Organisationen, mit dem Problem der Schwarzmeergrundeln in der Schweiz beschäftigt haben. Daraus ist eine Reihe von Maßnahmen entstanden, deren Umsetzung in den folgenden Jahren an die Hand genommen wurde (Bussmann & Holm 2022). Unsere Forschungsgruppe ist dabei für einen Teil dieser Maßnahmen zuständig.

Für die Aquaristik wird darauf hingewiesen, dass das Freisetzen von Fischen aus Aquarien zwar verboten ist, aber dennoch regelmäßig vorkommt (Doenni 2016). Wir haben dazu in weitergehenden sozio-ökonomischen und gesellschaftlichen Untersuchungen Dialoge mit den Stakeholdern geführt. Dabei stießen wir auf das Problem, dass z. B. Aquarianer:innen, die eine persönliche Beziehung zu den Tieren haben, es gar nicht als ein »Freisetzen« ansehen, sondern

das Wiederausbringen eher als ein »Freilassen« bezeichnen, also dem Tier etwas Gutes tun wollen.

Um die Ausbreitung der Schwarzmeergrundeln aus der Angelfischerei zu verhindern, haben wir ein Merkblatt entworfen (Hrsg.: Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt; Amt für Wald beider Basel, Jagd und Fischerei; Universität Basel; Bundesamt für Umwelt BAFU); ein weiteres Merkblatt richtet sich an Sportbootsbesitzer (Hrsg. Bundesamt für Umwelt BAFU). Wir sprechen die Sportbootsbesitzer und Angler auch persönlich an, gehen in die Verbände und Vereine und halten dort Vorträge bzw. laden sie zu uns ein. Im Falle der Sportboote sind wir sogar noch einen Schritt weitergegangen und haben Pionier-Reinigungsanlagen aufgestellt. Hier ist die Problematik des Dreiländerecks aber besonders groß: Was man in der Schweiz nicht darf, macht man möglicherweise in Frankreich oder in Deutschland.

Maßnahmen zur Verhinderung der aktiven Ausbreitung

Zunächst ist man davon ausgegangen, dass die Grundeln nicht gut genug schwimmen können, um z. B. Fischtreppe zu überwinden (Abb. 4a). Wir konnten jedoch in unseren Studien zeigen, dass die Tiere sehr wohl gut schwimmen und herkömmliche Barrieren überwinden können (Egger et al. 2020). Daher wurde im Rahmen einer Dissertation eine sog. Grundelsperre entwickelt, die

wir in das Modell einer Fischtreppe eingebaut und am Karlsruher Institut für Technologie getestet haben (Abb. 4b; Wiegleb et al. 2022). Es handelt sich im Grunde um ein Blech, das lang genug sein muss, dass die Grundeln die Strecke dieses Blechs nicht bewältigen können, da sie aufgrund ihres »Burst and hold swimming«-Modus längere Schwimmstrecken kaum überwinden können. Wir haben dieses Blech auch an Groppen (*Cottus gobio*) und Gründlingen (*Gobio gobio*) getestet, um sicherzustellen, dass es für die Ausbreitung von heimischen Arten kein Hindernis darstellt und damit die freie Durchgängigkeit für die heimischen Fische gewährleistet ist. Gründlinge konnten die Sperre bei einer Fließgeschwindigkeit von 130 L/s passieren; Groppen, die den Grundeln sehr ähnlich sind, schafften es zwar, schwammen aber direkt wieder zurück; Grundeln konnten die Sperre dagegen nicht überwinden (Wiegleb et al. 2022). Dieser interessante Ansatz muss sich nun in der Praxis bewähren.

Danksagung

Unterstützt haben das Projekt u. a. das Bundesamt für Umwelt (BAFU), der Kanton Basel-Stadt, die Lotteriefonds der Kantone Basel-Landschaft, Aargau, Solothurn und Zürich sowie die Universität Basel.

Literatur

- Bij de Vaate, A., K. Jazdzewski, H. A. M. Ketelaars, S. Gollasch & G. van der Velde. 2002. Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59 (7): 1159–1174. <https://doi.org/10.1139/f02-098>.
- Bussmann, K. & P. Burkhardt-Holm. 2020. Round gobies in the third dimension – use of vertical walls as habitat enables vector contact in a bottom-dwelling invasive fish. – *Aquatic Invasions*, 15 (4): 683–699. <https://doi.org/10.3391/ai.2020.15.4.09>.
- Bussmann, K. & P. Holm. 2022. „Schwarzmeergrundeln Schweiz“: Strategie, Massnahmen und Umsetzung – eine Bilanz. – *Aqua Viva*, 64 (4): 22–25.
- Bussmann, K., P. E. Hirsch & P. Burkhardt-Holm. 2022. Invasive goby larvae: first evidence as stowaways in small watercraft motors. – *Management of Biological Invasions*, 13 (1): 191–203. <https://doi.org/10.3391/mbi.2022.13.1.11>.
- De Ventura, L., N. Weissert, R. Tobias, K. Kopp & J. Jokela. 2016. Overland transport of recreational boats as a spreading vector of ze-

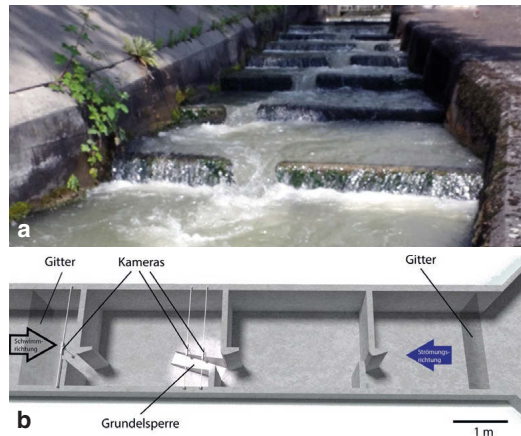


Abb. 4. Herkömmliche Fischtreppe (a) und Modell des Versuchsstandes in Karlsruhe mit einer eingebauten Grundelsperre (b). – J. Wiegleb, MGU.

- bra mussel *Dreissena polymorpha*. – *Biological Invasions*, 18 (5): 1451–1466. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1094-5>.
- Egger, B., J. Wiegleb, F. Seidel, P. Burkhardt-Holm & P. E. Hirsch. 2020. Comparative swimming performance and behaviour of three benthic fish species: the invasive round goby (*Neogobius melanostomus*), the native bullhead (*Cottus gobio*), and the native gudgeon (*Gobio gobio*). – *Ecology of Freshwater Fish*, 30 (3): 391–405. <https://doi.org/10.1111/eff.12592>.
- Fischundfang.de. 2011. Grundeln als Köderfisch; Moderator: Thomas Kalweit. – Fisch & Fang-Forum: Raubfisch-Forum: Ansitzangeln; Beiträge von August 2011. <https://www.forum.fischundfang.de/viewtopic.php?f=17&t=10647> [abgerufen 08.06.2022].
- Hirsch, P. E., I. Adrian-Kalchhauser, S. Flämig, A. N'Guyen, R. Defila, A. di Giulio & P. Burkhardt-Holm. 2016a. A tough egg to crack: recreational boats as vectors for invasive goby eggs and transdisciplinary management approaches. – *Ecology and evolution*, 6 (3): 707–715. <https://doi.org/10.1002/ece3.1892>.
- Hirsch, P. E., A. N'Guyen, I. Adrian-Kalchhauser & P. Burkhardt-Holm. 2016b. What do we really know about the impacts of one of the 100 worst invaders in Europe? A reality check. – *Ambio*, 45 (3): 267–279. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0718-9>.
- Lutz, E., P. E. Hirsch, K. Bussmann, J. Wiegleb, H.-P. Jermann, R. Müller, P. Burkhardt-Holm & I. Adrian-Kalchhauser. 2020. Predation on native fish eggs by invasive round goby revealed by species-specific gut content DNA analyses. – *Aquatic Conservation*, 30 (8): 1566–1577. <https://doi.org/10.1002/aqc.3409>.

Strayer, D. L., C. M. D'Antonio, F. Essl, M. S. Fowler, J. Geist, S. Hilt, I. Jarić, K. Jöhnk, C. G. Jones, X. Lambin, A. W. Latzka, J. Pergl, P. Pyšek, P. Robertson, M. von Schmalensee, R. A. Stefansson, J. Wright & J. M. Jeschke. 2017. Boom-bust dynamics in biological invasions: towards an improved application of the concept. – *Ecology letters*, 20(10): 1337–1350. <https://doi.org/10.1111/ele.12822>.

Stühling, H. 2015. Köderfisch: Aktiv mit Grundel auf Zander. – *Fisch & Fang*, 12: 24.

Wiegand, J., P. E. Hirsch, F. Seidel, G. Rauter & P. Burkhardt-Holm. 2022. Flow, force, behaviour: assessment of a prototype hydraulic barrier for invasive fish. – *Hydrobiologia*, 849: 1001–1019. <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04762-z>.

Diskussion

P. Spaak: In Ergänzung zu dem Vortrag möchte ich betonen, dass aus dem Schwarzmeergebiet nicht nur invasive Fische, sondern auch andere invasive Arten zu uns kommen. Es könnte einen ganz ähnlichen Vortrag geben, in dem die Grundeln lediglich durch die Quaggamuscheln (*Dreissena bugensis*) ersetzt sind. Diese breiten sich auf die gleiche Weise aus und verursachen vielleicht noch viel schrecklichere Probleme in tiefen Seen wie dem Bodensee, die sie vollständig besetzen. Wenn du das alles noch einmal von vorne anfangen könntest: Hättest du wieder die Schwarzmeergundeln für deine Forschung ausgewählt oder vielleicht doch die Quaggamuschel?

P. Holm: Ich hätte tatsächlich die Quaggamuschel gewählt, aus dem einfachen Grund, dass es viel einfacher ist, Experimente mit Wirbellosen zu machen (wenn es sich nicht gerade um Zehnfüßkrebse handelt) als mit Fischen. Fischexperimente sind Tierversuche und als solche »just a pain in the neck«. Ich kann zum Beispiel keine Masterarbeiten vergeben, die Experimente mit Grundeln enthalten, weil die Genehmigungsverfahren dafür viel zu lang dauern.

M. Matern: Letztes Jahr wurde der Grundstein für eine Brücke über den künftigen »Istanbul-Kanal« gelegt. Der Kanal soll das Marmarameer mit dem Schwarzen Meer verbinden. Wenn der Kanal entstehen würde, welche Folgen hätte das auf die Ausbreitung der Grundeln?

P. Holm: Da muss ich Sie enttäuschen, das lässt sich nicht so einfach beantworten. Man muss sich sehr genau anschauen, was das konkret für Folgen haben könnte. Die Folgen sind ja, wie

ich versucht habe zu zeigen, sehr stark von dem jeweiligen Ökosystem abhängig.

M. Matern: Wurden die Grundeln von Ihnen auch auf ihre Radioaktivität hin überprüft?

P. Holm: Nein, das haben wir nicht gemacht. Ich weiß aber, dass es einige Bestrebungen gibt, die Tiere als Lebensmittel zu nutzen.

R. Mosandl: Als Naturnutzer, als Förster und Jäger, frage ich mich auch, ob man die Tiere nicht nutzen kann. Wie schmecken die Grundeln denn? Kann man sie räuchern oder grillen? Das wäre vielleicht auch eine Möglichkeit, ihre Bestände zu reduzieren.

P. Holm: Wir haben Grundeln tatsächlich schon gegrillt und filetiert. Letzteres ist durchaus aufwändig und hat meditativen Charakter. Sie schmecken aber als »Knusperli« in der Schweiz, dabei merkt man die vielen Gräten nicht. Es gibt tatsächlich in unserer Gegend zwei kleine Start-ups, die die Grundeln gerne für den Verzehr nutzen möchten und mit denen wir in Kontakt sind. Es ist aber immer eine zweischneidige Sache, wie wir auch von anderen invasiven Arten wissen: In dem Moment, wo die Tiere genutzt werden, besteht die Tendenz, sie zu unterstützen und zu fördern, womit man die Populationsentwicklung weiter anheizt, anstatt sie zu schwächen.

J. Geist: Auch in Deutschland werden die Grundeln zum Teil gegessen. Bei uns am Lehrstuhl war das aber nur so lange populär, bis sich eine Doktorarbeit mit ihren Parasiten beschäftigt hat.