



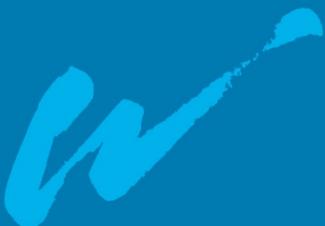
Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen

Zusammenfassung zum Abschlussbericht 2020

Band 2a: Versuche zur fangbedingten Schädigung



wasser





Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen

Zusammenfassung zum Abschlussbericht 2020

Band 2a: Versuche zur fangbedingten Schädigung

Impressum

Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen
Zusammenfassung zum Abschlussbericht 2020 Band 2a: Versuche zur fangbedingten Schädigung

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung:

Dr. Melanie Mueller, Josef Knott, Dr. Joachim Pander, Prof. Dr. Jürgen Geist
Technische Universität München
Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie
Mühlenweg 18–22, 85354 Freising
Tel: 08161 71-3947
Fax: 08161 71-3477
E-Mail: aquasys@tum.de
Internet: www.fisch.wzw.tum.de

LfU: Diana Genius, Madlen Gerke, Heidi Kammerlander, Birgit Lohmeyer, Dr. Christoph Mayr

Bildnachweis:

Abbildungen 1 und 2: abgeändert nach PANDER ET AL. (2018)
Abbildungen 3 und 4: Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie/TUM

Stand:

Juli 2020

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Untersuchungsstandort Freising an der Moosach	4
2	Methodenversuch zur fangbedingten Schädigung	4
2.1	Hintergrund	4
2.2	Methoden	6
2.3	Ergebnisse & Diskussion	7
2.4	Schlussfolgerungen für das Projekt	10
3	Literatur	11

1 Untersuchungsstandort Freising an der Moosach

Die methodischen Vorversuche im Projekt „Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen“ zur fangbedingten Fischschädigung fanden am Standort Freising an der Moosach statt. Die Versuchsanlage am Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie (WGS 84: 48°23'39" N, 11°43'24" E, 446 m NN) befindet sich im oberbayerischen Landkreis Freising direkt an der Moosach. Naturräumlich zählt dieses Gebiet zum Donau-Isar-Hügelland im Großraum Alpenvorland. Die Moosach gehört zur Flussgebietseinheit Donau und wird dem Fließgewässertyp 2.2: Kleine Flüsse des Alpenvorlandes zugerechnet. Der mittlere Abfluss am Pegel Freising beträgt 2,64 m³/s. Der tatsächliche Abfluss der Moosach am Versuchsstandort des Lehrstuhls lag während der Versuche bei durchschnittlich 1,5 m³/s. An der Moosach am Standort Freising ist derzeit keine Wasserkraftanlage installiert. Die Wehranlage besitzt eine Fallhöhe von etwa 1,3 m und deckt die gesamte Gewässerbreite ab.

2 Methodenversuch zur fangbedingten Schädigung

2.1 Hintergrund

Der repräsentative Fang von Fischen an wasserbaulichen Anlagen in Gewässern mit einem Abfluss größer als 1 m³/s stellt derzeit noch eine große technische Herausforderung dar. Wissenschaftlich begründete Standards zur Auswahl der passenden Fangmethodik gibt es derzeit nicht. Unterschiede in der Fangeffektivität, der fangbedingten Mortalität und den fangbedingten Verletzungen zwischen den verschiedenen Techniken sind bislang unbekannt. Um in Zukunft die Anforderungen an das Monitoring von Wasserkraftanlagen nach wissenschaftlichen Standards besser erfüllen zu können, waren daher vergleichende Versuche mit unterschiedlicher Fangmethodik im Projekt vorgesehen. Im Rahmen dieses Methodenvergleichs fanden verschiedene Versuchsdurchläufe statt. Vergleichend analysiert wurde dabei die Schädigung (Mortalität und subletale (nicht unmittelbar tödliche) Verletzungen) durch Netze (Steertreuse; Abb. 1) oder durch einen Metallfangkasten. Die Leerung der Netze und des Fangkastens erfolgte in einem Versuchsdurchgang jeweils nach einer Stunde, in einem weiteren nach zwölf Stunden. Zudem wurden unterschiedliche Treibgutmischungen zugegeben. Es wurde außerdem untersucht, wie hoch die Schädigungen und die Fangeffektivität von Netzen mit unterschiedlich großer prozentualer Abdeckung des Gewässerquerschnitts (30 % bzw. 50 % Teilhamen und 100 % Hamen) ist (Abb. 1, Abb. 2, PANDER ET AL. 2018).

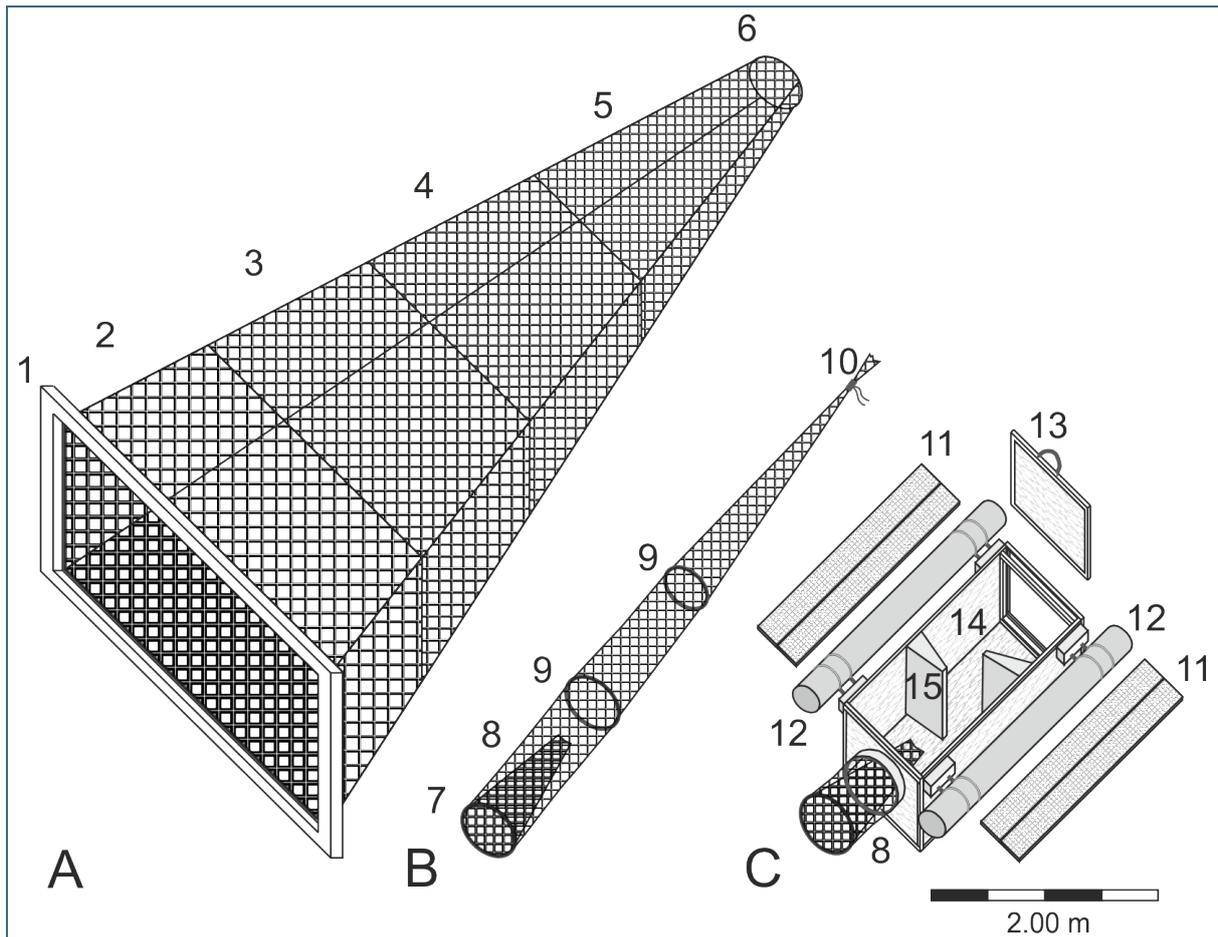


Abb. 1: Schematische Darstellung eines am Turbinenauslauf, hier unterhalb der Wehranlage, angebrachten Fanghamens mit abnehmender Maschenweite, Steertreuse und Fangkasten. A: Fanghamen mit 1 = rechteckig gestricktes Netz befestigt an einem Metallrahmen. Jede Masche des Fanghamens wurde an den Metallrahmen angestrickt; 2 = Netzfeld mit einer Maschenweite von 30 mm; 3 = Netzfeld mit einer Maschenweite von 20 mm; 4 = Netzfeld mit einer Maschenweite von 15 mm; 5 = Netzfeld mit einer Maschenweite von 10 mm; 6 = Edelstahlring an welchem die Steertreuse oder der Fangkasten angestrickt wird. B: Steertreuse (Maschenweite 8 mm) mit 7 = Edelstahlring welcher an den passenden Ring am Fanghamen angebracht wird; 8 = trichterförmige Netzkehle; 9 = Edelstahlringe; 10 = Schnur zum Schließen der Steertreuse. C: Fangkasten mit 11 = aufklappbare Abdeckung; 12 = Schwimmkörper; 13 = hinterer Verschluss; 14 = Stahlblechkörper der Box; 15 = Strömungslenker

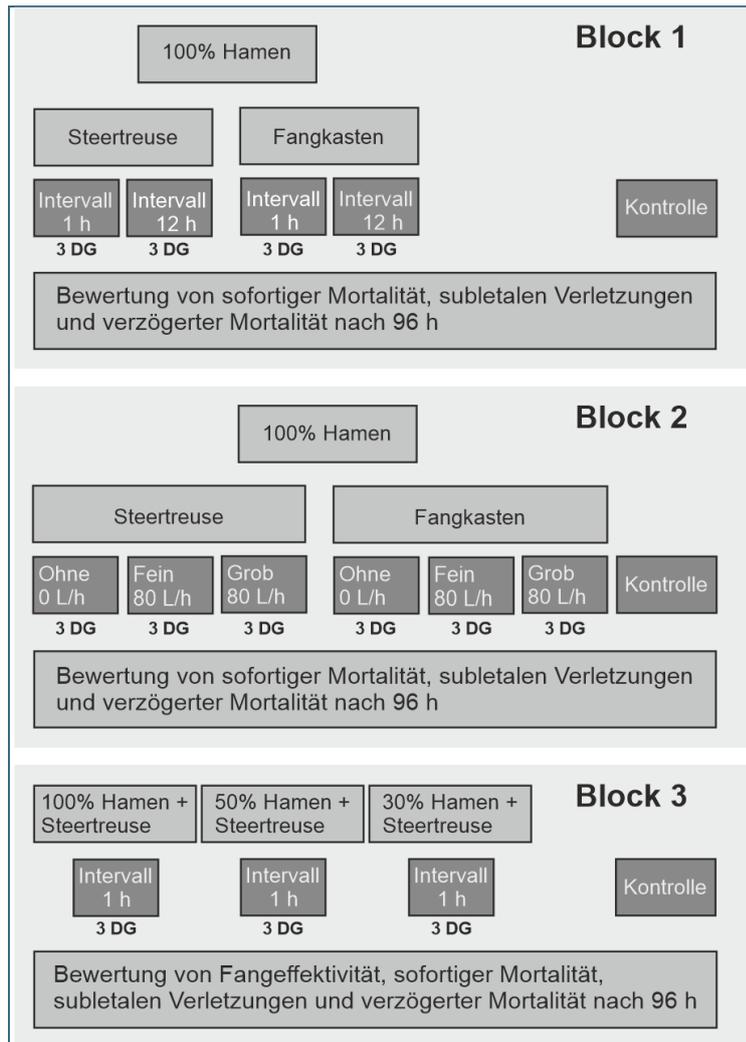


Abb. 2: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns beim Methodenversuch; 3 DG = jeweils drei Durchgänge/Wiederholungen; Leerungsintervall in Block 2 und 3 = jeweils eine Stunde

2.2 Methoden

Für die standardisierten Versuche, die im Rahmen eines genehmigten Tierversuchs (ROB-55.2-2532.Vet_02-15-24) stattfanden, wurde mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt der Einsatz folgender Fischarten abgestimmt: Bachforelle, Huchen, Äsche, Barbe, Nase, Rotaugen und Flussbarsch. Die Auswahl der Versuchsfische basierte auf der Referenzfischartenliste der Untersuchungsgewässer des Projekts, Unterschieden in der Anatomie der Fische, der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Gebiete und der jeweiligen Verfügbarkeit der Arten zum Versuchszeitpunkt. Die an den anderen Versuchsstandorten zum Teil verwendete Fischart Aal kam hier nicht zum Einsatz, da diese Art natürlicherweise nicht in der Moosach vorkommt. Darüber hinaus gilt der Aal als sehr robust gegenüber fangbedingten Effekten (SCHNEIDER & HÜBNER 2017). Bei jedem Versuchsdurchgang wurden 309 Fische (103 Individuen pro drei Fischarten) zugegeben. Aus logistischen Gründen wurden die Versuche nicht gleichzeitig mit allen Fischarten durchgeführt, sondern auf mehrere Versuchswochen verteilt. Zudem wurde der Flussbarsch immer getrennt von den restlichen Fischarten beprobt. Der Flussbarsch besitzt Kammschuppen und daher würde bei Kontakt mit den anderen Fischarten, die Rundschuppen besitzen, ein erhöhtes Verletzungsrisiko in der Fangeinrichtung bestehen. Die Versuchsfische wurden oberhalb der Anlage eingesetzt und nach der Passage mit den unterschiedlichen Fangeinrichtungen gefangen und untersucht. Die Auswertung der Verletzungen erfolgte anhand des im Projektband 1 (MUELLER ET AL. 2020a) beschriebenen Protokollblatts (MUELLER ET AL. 2017). Zur Bestimmung der verzögerten Mortalität wurden die Fische getrennt nach Arten und Versuchsgruppen

über 96 h in zwanzig Langstromrinnen gehältert und täglich kontrolliert. Als Referenz wurden Kontrollfische, die nicht in den Versuchen eingesetzt wurden, zu Versuchsbeginn sowie nach 96 h Hälterung anhand des Protokollblatts auf Vorschäden überprüft (Versuchsgruppe „Vorschädigung“). Die Versuche wurden in zwei Zeiträumen (21.05.2015–15.08.2015 und 07.10.2015–01.11.2015) durchgeführt.

Die Hamenbefischung mittels Steertreue und Fangkasten basierte auf einem trichterförmigen Netz, dessen Maschenweiten sich zum Ende verjüngen (30 mm, 20 mm, 15 mm, 10 mm) und welches an einem Metallrahmen (220 cm x 120 cm) befestigt war (Abb. 1). Zusätzlich wurde die Fangeffektivität des Hamens bei einer geringeren Abdeckung des durchflossenen Wehrquerschnitts untersucht. Hierfür wurden Hamen verwendet, welche nur die Hälfte (50 %) oder nur ein Drittel (30 %) des Abstiegskorridors abdeckten. Zusätzlich zur herkömmlichen Fangmethodik mittels Steertreue wurde ein Fangkasten genutzt, dessen potenzielle Vor- bzw. Nachteile in Bezug auf die fangbedingten Schädigungsraten der Fische ermittelt werden sollten. Der Fangkasten bestand aus einem quaderförmigen Rahmen aus Aluminium, welcher mit Lochblechen verkleidet wurde. Nach oben war der Fangkasten offen und konnte durch eine faltbare Holzkonstruktion, bespannt mit Schattiergewebe, geschlossen werden. In den Fangkasten wurden zwei dreieckige Strömungsbrecher eingebaut, um strömungsberuhigte Bereiche zu erzeugen. In den Eingang des Fangkastens (Durchmesser 60 cm) wurde eine Netzkehle eingearbeitet, welche die Fische im Fangkasten daran hindern sollte, wieder aus diesem zu entkommen. Diese Netzkehle war baugleich mit der Kehle der Steertreue (siehe Abb. 1, Nummer 8).

Um zu quantifizieren, welche Effekte die Menge und Beschaffenheit von Treibgut beim Fang von Fischen auf die Schädigungsraten hat, wurden unterschiedliche Treibgutmischungen während der Versuchsblöcke zugegeben. Da an den Wasserkraftanlagen der zu untersuchenden Projektstandorte sowohl Rechen mit vergleichsweise geringem Stababstand (15 mm bis 20 mm) als auch Rechen mit weitem Stababstand (120 mm bis 300 mm) installiert sind, wurden zwei standardisierte Treibgutmischungen unterschiedlicher Zusammensetzung verwendet. Für Feinrechen wurde eine Mischung aus vorher definierten Anteilen aus gehäckseltem Laub, Wasserpflanzen (Makrophyten) und dünnen Ästen hergestellt. Bei der gröberen Mischung wurden zusätzlich verschiedene gröbere Aststärken zugegeben.

2.3 Ergebnisse & Diskussion

Die fangbedingten Mortalitätsraten und die aufgetretenen Fischverletzungen weisen auf einen eindeutigen und teilweise sehr großen Einfluss der Fangmethodik hin. Für empfindliche Arten wie z. B. die Äsche wurden in dieser Studie maximale fangbedingte Mortalitätsraten von mehr als 80 % beobachtet (Ansatz mit zwölfstündigem Leerungsintervall und der Fangeinrichtung Steertreue). Eine wichtige Rolle während der Versuche spielten dabei die Länge des Leerungsintervalls, das sich im Laufe des Intervalls ansammelnde Treibgut, die Biomasse der Fische in der Fangeinrichtung sowie die Strömungsgeschwindigkeit in der Fangeinrichtung. Studien zur Schädigung von Fischen an Wasserkraftanlagen, bei denen keine Daten zur Vorschädigung und zur fangbedingten Schädigung erhoben werden, überschätzen vermutlich die anlagenbedingte Mortalität.

Insgesamt wurden 12.152 von 18.168 eingesetzten Fischen wiedergefangen und auf ihre Verletzungen hin untersucht. Bei den Versuchen mit einem den Gewässerquerschnitt vollständig abdeckenden Netz (100 % Hamen) betrug die **Wiederfangrate** 71 %. Für den 50 %-Teilhamen lag die Wiederfangrate bei 48 % und für den 30 %-Teilhamen bei 32 %. Bei einem Leerungsintervall von einer Stunde war die Wiederfangrate in der Steertreue signifikant höher als im Fangkasten. Bei einem Leerungsintervall von zwölf Stunden wurden dagegen im Fangkasten signifikant mehr Fische gefangen. Es traten artspezifische Unterschiede in den Wiederfangraten auf (Abb. 3). Die strömungsliebenden Fischarten wie Barbe, Bachforelle und Äsche wurden in einer wesentlich geringeren Anzahl wiedergefangen als

die weniger strömungsliebenden Arten Rotauge und Flussbarsch. Für die ebenfalls strömungsliebenden Arten Nase und Huchen traf dies jedoch nicht zu. Zwar können mit einem Teilhamen nicht alle absteigenden Fische des natürlichen Fischabstiegs gefangen werden, zur bloßen Erfassung des Artenspektrums sind sie aber durchaus geeignet. Vor allem in größeren Flüssen können die Teilhamen eine gute Möglichkeit zur Beprobung darstellen, da sie mit dem geringeren Querschnitt auch einen geringeren Teil des Treibguts aufnehmen und aufgrund der geringeren Größe leichter in der Handhabung sind.

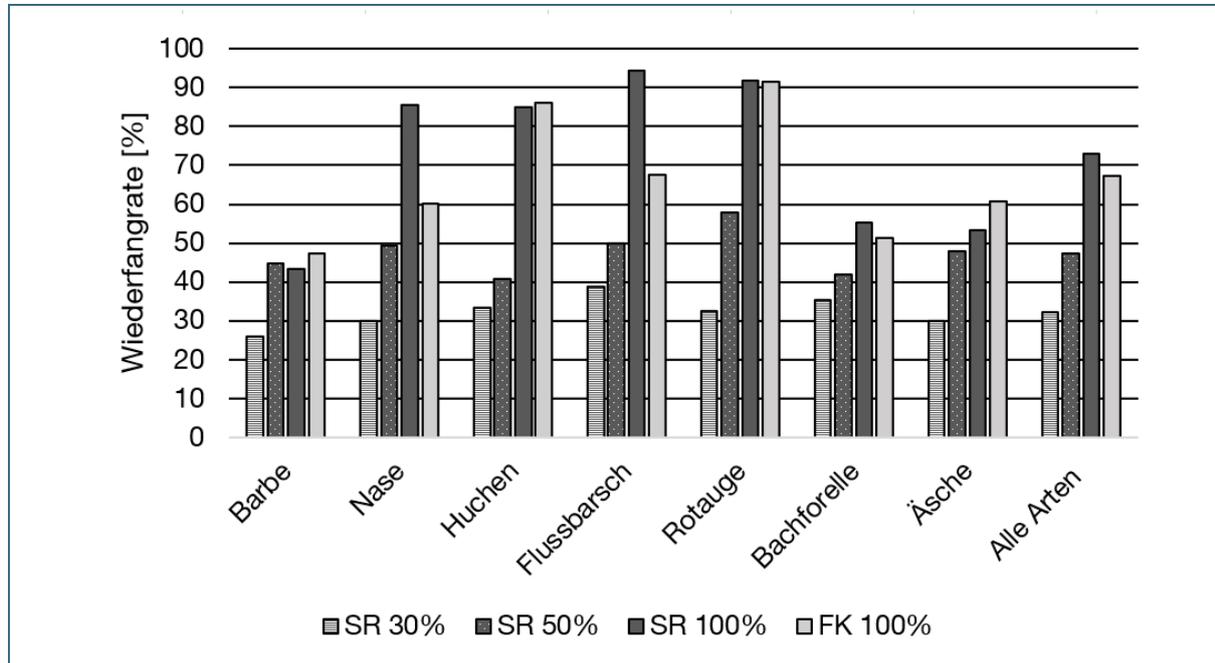


Abb. 3: Mittlere Wiederfangrate für verschiedene Fischarten im Fangkasten (FK) und in der Steertreuse (SR) bei verschiedenen Hamengrößen (30 %, 50 % und 100 % Abdeckung des Gewässerquerschnitts)

Unter den gefangenen Fischen gab es sowohl solche mit tödlichen als auch mit subletalen (nicht unmittelbar tödlichen) Verletzungen. Über alle Fischarten, Fangmethoden und Leerungsintervalle gemittelt ergab sich eine sofortige **Mortalitätsrate** von 9,9 %. Die verzögerte Mortalität nach der Hälterung war ähnlich hoch, es gab jedoch nur geringe Unterschiede zwischen den gefangenen gehälterten Fischen und Fischen der Kontrollgruppe (11,8 % und 8,1 %). Daher wird die verzögerte Mortalität für die weitere Interpretation der Ergebnisse dieser Vorversuche nicht herangezogen. Die Intensität der aufgetretenen Verletzungen war stark von der Fischart, der Fangeinrichtung und dem Leerungsintervall abhängig. Die sofortige Mortalität war beim zwölfstündigen Leerungsintervall in der Steertreuse im Vergleich zum einstündigen Leerungsintervall deutlich höher (zum Beispiel bis zu 150-fach erhöht beim Flussbarsch, sofortige Mortalitätsrate bei Leerung nach einer Stunde 0,2 % und bei Leerung nach zwölf Stunden 30,1 %, Abb. 4). Die höchste Mortalität trat bei der Äsche auf, die nach zwölf Stunden in der Steertreuse gefangen wurde (84 % Mortalitätsrate). In der Steertreuse hatten außerdem die Biomasse der Fische und die Strömungsgeschwindigkeit einen deutlichen Einfluss auf die Mortalitätsrate der gefangenen Fische. Ab einer Gesamt-Fischbiomasse von über 3,5 kg in der Steertreuse wurde grundsätzlich eine Mortalität festgestellt. Dies gilt ebenso für eine Strömungsgeschwindigkeit in der Steertreuse von mehr als 0,5 m/s. Im Teilhamen (50 %) wurde hingegen nur für die Äsche eine Mortalitätsrate von 1,4 % festgestellt. Für alle anderen untersuchten Fischarten traten keine tödlichen Verletzungen auf. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Gesamt-Fischbiomasse in der Steertreuse bei den Teilhamen, aufgrund der im Vergleich zum 100 % Hamen geringeren Wiederfangrate, zu keinem Zeitpunkt höher als 3,5 kg war. Auch die Strömungsgeschwindigkeit in der Steertreuse lag während der Versuche mit den Teilhamen meist unter 0,5 m/s.

Die häufigsten fangbedingten **Verletzungen** in allen Versuchsgruppen waren Schuppenverluste, Flosseneinrisse, Pigmentveränderungen und Hautverletzungen. Alle Verletzungen traten prinzipiell sowohl bei den Versuchsfischen als auch bei den Kontrollfischen auf. Die Intensität der Verletzungen wurde jedoch durch den Fang verstärkt. Wurden die Fangeinrichtungen nach zwölf Stunden geleert, traten Schuppenverluste, Pigmentveränderungen und Flosseneinrisse in deutlich höherer Intensität auf als bei einer Leerung nach einer Stunde. Allgemein waren die Verletzungsmuster artspezifisch. Äsche, Nase, Rotaugen und Huchen waren eher empfindliche Arten mit einer generell höheren Anzahl und Intensität von Verletzungen als die Arten Bachforelle, Flussbarsch und Barbe.

Bei einem Leerungsintervall von zwölf Stunden unterschieden sich die Verletzungsmuster der gefangenen Fische in Abhängigkeit von der Fangeinrichtung. Wurden sie in der Steertreue gefangen war insbesondere die Intensität von Schuppenverlusten etwas höher als im Fangkasten. Die Zusammensetzung des Treibguts (grob oder fein) hatte dahingegen keinen Einfluss auf die Verletzungs- und Mortalitätsrate der gefangenen Fische. Bei höheren Treibgutmengen war ein leichter Trend zu höheren Mortalitätsraten zu erkennen, ein signifikanter Unterschied konnte aber nicht festgestellt werden.

Die Versuche haben insbesondere gezeigt, dass die Länge des Leerungsintervalls den größten Einfluss auf die Mortalitäts- und Verletzungsrate der gefangenen Fische hat. Lange Leerungsintervalle führen zu einer stark erhöhten Mortalität und intensiveren Verletzungen. Es ist deshalb von zentraler Bedeutung, das Leerungsintervall möglichst kurz zu wählen. Der Leerungszeitraum nach einer Stunde hat sich sehr bewährt.

Der in den Versuchen getestete Fangkasten stellte sich für einzelne Arten als schonender heraus, es gab aber auch Arten, für welche die fangbedingten Effekte in der Steertreue geringer waren. Bei einem Leerungsintervall von einer Stunde sind die Unterschiede der Fangeinrichtungen insgesamt gering. Daher kann keine pauschale Empfehlung zur Verwendung einer der Fangeinrichtungen gegeben werden.

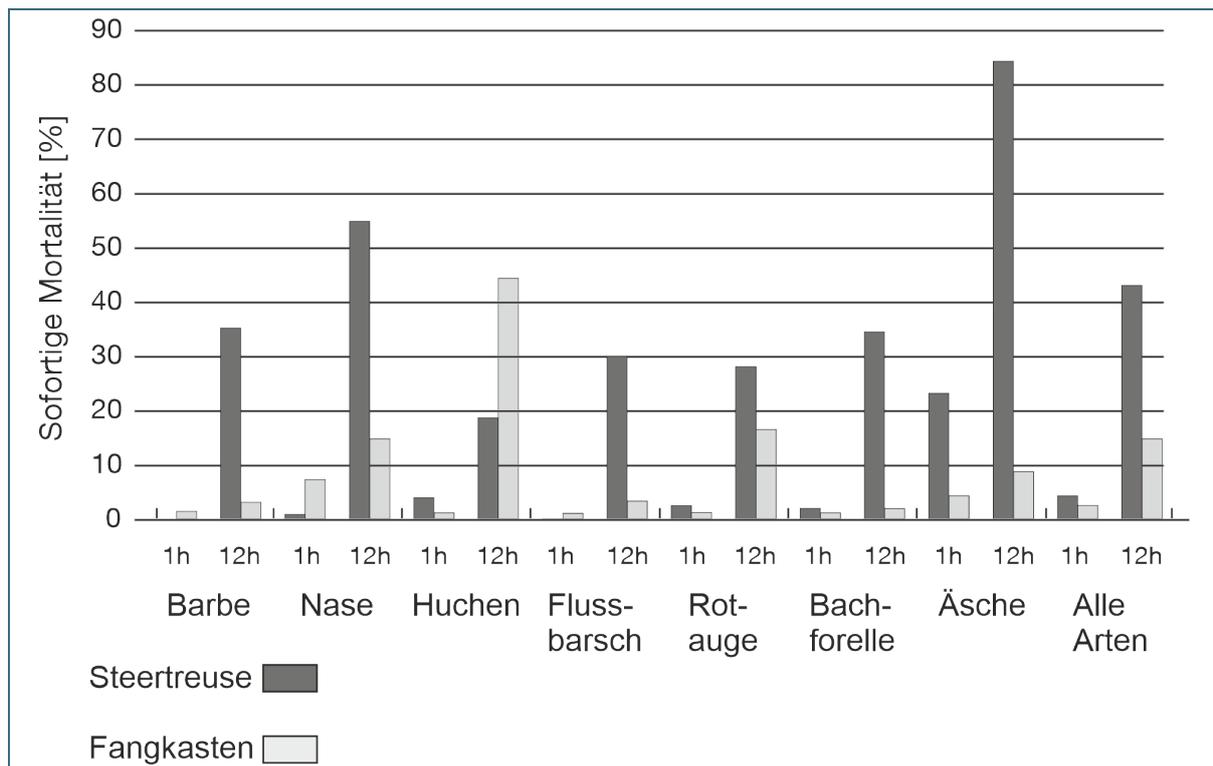


Abb. 4: Fangbedingte Mortalität für verschiedene Fischarten im Fangkasten und in der Steertreue für Leerungsintervalle von 1 h und von 12 h

2.4 Schlussfolgerungen für das Projekt

Die Ergebnisse der Versuche zur fangbedingten Schädigung von Fischen zeigen klar auf, dass diese Effekte immens sein können und unter Umständen eine ähnliche, in Einzelfällen sogar höhere Mortalität als Wasserkraftturbinen hervorrufen können. Dies kann insbesondere bei innovativen Wasserkraftanlagen mit einer zu erwartenden niedrigen Mortalität zu Schwierigkeiten bei der Differenzierung fangbedingter und turbinenbedingter Effekte führen. Bei Untersuchungen an Wasserkraftanlagen müssen daher fangbedingte Effekte unbedingt quantifiziert werden und es sollten Maßnahmen ergriffen werden, um diese Effekte zu minimieren. Andernfalls können fangbedingte und anlagenbedingte Effekte nicht klar voneinander abgegrenzt werden.

Da die fangbedingte Schädigung artspezifisch ist und darüber hinaus stark von individuellen Standortbedingungen, wie der Strömungsgeschwindigkeit, der Gesamt-Fischbiomasse und der Treibgutmenge in der Reuse sowie von der Kondition der Fische abhängt, sollte diese standortspezifisch quantifiziert werden. Da diese Bedingungen im Fluss ständig wechselnd sein können, sollte die fangbedingte Schädigung idealerweise bei allen Versuchen kontinuierlich erfasst werden.

Im Projekt „Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen“ wurde dies dadurch erreicht, dass entsprechend markierte Versuchsfische nicht nur oberhalb der Kraftwerke/direkt in die Turbinen, sondern auch direkt in die Hamen zugegeben wurden.

Aus den Untersuchungen ließ sich keine klare Empfehlung zur Verwendung einer der beiden Fangeinrichtungen ableiten. Da sich der Fangkasten außerdem für die Arbeiten im hier vorliegenden Großprojekt als schwer praktikabel erwies (erschwerter Einbringung ins Gewässer, längere Leerungszeiten, mehr Personalaufwand für die Leerung, höhere Kosten), wurden für die folgenden Untersuchungen ausschließlich Hamen mit Steertreusen aus knotenlosem Netzmaterial verwendet. An den verschiedenen Wasserkraftanlagen wurden zudem keine Teilhamen eingesetzt, sondern ausschließlich Hamen mit vollständiger Abdeckung des Gewässerquerschnitts (100 % Hamen). Das Ziel war, möglichst viele der eingesetzten Versuchsfische nach der Turbinenpassage wiederzufangen, um die ermittelten Schädigungsraten statistisch absichern zu können.

Fangbedingte Schäden können in der Steertreuse minimiert werden, indem die Leerungsintervalle vergleichsweise kurz sowie die Strömung und die Biomasse gering gehalten werden. Im Projekt wurden die Fangeinrichtungen daher zur Ermittlung der kraftwerksbedingten Schädigung in der Regel nach einer Stunde geleert, wobei die Länge des Leerungsintervalls bei sehr geringen Wiederfangraten bedarfsmäßig angepasst wurde. Dadurch wurde auch das Treibgutaufkommen auf ein Minimum reduziert. Um die Gesamt-Fischbiomasse in der Steertreuse geringer als 3,5 kg zu halten, wurden die Fischzugaben an den Standorten vorsichtig dosiert und entsprechend dem standortspezifischen Wiederfang angepasst. Zudem wurden Versuche mit großen Fischen und Räubern soweit logistisch möglich getrennt von Versuchen mit kleinen Fischen durchgeführt, z. B. in der darauffolgenden Versuchswoche. Um die Strömung geringer als 0,5 m/s zu halten, wurde der Hamen mit einer so großen Länge konstruiert, dass die Steertreuse unterhalb der Turbulenzen am Turbinenauslauf zum Liegen kam. Hierzu fand ein enger Austausch mit den Spezialisten der Netzfabrikationsfirma statt. Für eine bessere Zuordnung der Effekte wurden abiotische Parameter wie Treibgutmenge und Strömungsgeschwindigkeit während der Versuche an allen Standorten regelmäßig über die Untersuchungsdauer dokumentiert.

3 Literatur

MUELLER, M., PANDER, J. & GEIST, J. (2017): Evaluation of external fish injury caused by hydropower plants based on a novel field-based protocol. *Fisheries Management and Ecology* 24; 240–255. DOI: 10.1111/fme.12229.

MUELLER, M., KNOTT, J., EGG, L., BIERSCHENK, B., PANDER, J. & GEIST, J. (2020a): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen: Band 1 Hintergrund und Methoden. Abschlussbericht. Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie, Technische Universität München, Freising. 183 Seiten.

PANDER, J., MUELLER, M., KNOTT, J. & GEIST, J. (2018): Catch-related fish injury and catch efficiency of stow-net-based fish recovery installations for fish-monitoring at hydropower plants. *Fisheries Management and Ecology* 25; 31–43. DOI: 10.1111/fme.12263.

SCHNEIDER, J. & HÜBNER, D. (2017): Funktionskontrolle der Fischwechsellanlagen am Main-Kraftwerk Kostheim. *Biologische Durchgängigkeit von Fließgewässern: Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft*, 244.



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

