

# Videogestützte Versuchsreihen zur Untersuchung der Passage von Großfischen im Modifizierten Denilpass

*Georg Seidl und Markus Haslwanter*

## Zusammenfassung

Mit den vorliegenden Untersuchungen wurde für Salmoniden geprüft, ob die dreifache Fischbreite als Bemessungskriterium, wie sie bei beckenartigen Bautypen, bezogen auf die Schlitzweite herangezogen wird, auch beim Modifizierten Denilpass, in Bezug auf den Lamellenausschnitt, Anwendung finden kann. Dazu wurden videogestützte Versuchsreihen durchgeführt, in welchen das Schwimmverhalten aufgezeichnet und interpretiert wurde. Die Untersuchungen, wurden mit Bachforellen, Seeforellen und Huchen, deren Körperbreiten mehrheitlich deutlich über dem Bemessungskriterium lagen, durchgeführt. So konnte der Aufstieg für Individuen, deren Körperbreite bis zu 60% des Lamellenausschnittes betrug, dokumentiert werden. Im Zuge der Untersuchungen konnten im kurzen Beobachtungsfenster von 1,5 Tagen, 100% der Forellen und 50% der Huchen, den Fischpass zur Aufwanderung problemlos nutzen. Von den aufgestiegenen Individuen konnten jeweils etwa 40% auch beim Abstieg beobachtet werden.

## 1 Einleitung

Die Planung und Errichtung von Fischaufstiegshilfen (FAHs) zielt darauf ab, die Passierbarkeit für ein breites Arten- und Größenspektrum sicherzustellen. Dabei werden die Anlagen in Österreich so ausgelegt, dass die Funktionalität für alle Leit- und typischen Begleitarten in den Altersstadien > 1+ (nach Erreichen des ersten Jahres) gegeben ist (BMLRT 2021). Entsprechende Bedeutung kommt dabei der größenbestimmenden Bemessungsfischart zu, da diese Individuen, aufgrund ihrer Reproduktivität, einen besonders hohen Beitrag für die Population liefern. Im Zuge der Entwicklung neuer FAH-Bautypen ist es dabei oftmals schwierig bis unmöglich die größenbestimmende Fischart in einem biologischen Monitoring nachzuweisen. Dies liegt einerseits daran, dass viele der größenbestimmenden Fischarten durch Raubfische repräsentiert werden, deren Anteil an der Gesamtpopulation, vor allem in potamalen Regionen, nur äußerst gering ist. Andererseits wird der Bemessungsfisch in der Regel durch ein kapitaless Individuum repräsentiert. Da in vielen Gewässerabschnitten, aufgrund unterschiedlichster Ursachen (Regulierung, Fragmentierung, fischereiliche Bewirtschaftung) große Raubfische wie Hecht, Wels und Huchen stark dezimiert bzw. verschwunden sind, wird dadurch die Erfolgsaussicht auf einen natürlichen Großfischnachweis zusätzlich geschmälert bzw. verunmöglicht.

Um neue FAH-Bautypen entsprechend auslegen zu können, ist es dennoch erforderlich Aussagen zur Passage von Großfischen zu treffen. Mit dem vorliegenden Beitrag wird die Arbeitshypothese, dass für den Modifizierten Denilpass, analog zu beckenartigen FAHs, die dreifache Fischbreite für die Dimensionierung des Lamellenausschnittes als Bemessungsgrundlage herangezogen werden kann, geprüft. Ebenso wird auf Basis der Auswertung von Daten aus Elektrofischungen und FAH-Monitorings, die grundsätzliche Möglichkeit des Nachweises des Bemessungsfisches in einem Monitoring, fischregionsspezifisch interpretiert.

## 2 Methodik

### 2.1 Versuchsaufbau

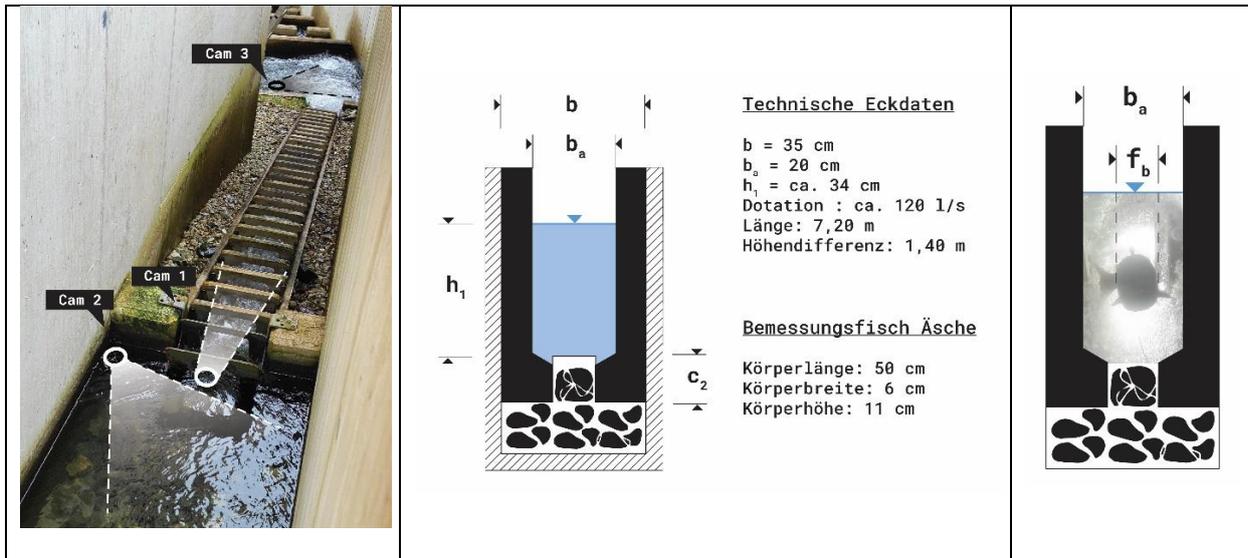
Der Versuch wurde an einem Modifizierten Denilpass im Metarhithral, dessen Auslegung für die Bemessungsfischart Bachforelle (Körperlänge 50 cm) erfolgte, durchgeführt. Für die Untersuchungen wurden Großfische der Arten Bachforelle, Seeforelle und Huchen im Ruhebecken unterhalb des Modifizierten Denilpasses eingesetzt. Dabei wurde die FAH am Anfang und am Ende gesperrt um ein Entkommen der Fische zu verhindern. Die Fische wurden vor Beginn des Versuches, fotografiert, protokolliert und detailliert vermessen. Dabei wurden die Körperlänge (KL), die Fischbreite (fb) und die Fischhöhe (fh) erfasst.



**Abb. 1** Vermessung einer Bachforelle (li), Einsetzen eines Huchens ins Ruhebecken (re)

Zur Überwachung des Versuches wurden 3 GoPro Kameras mit externer Stromversorgung installiert. Kamera 1 wurde dabei unmittelbar im Ausstieg des Denilpasses installiert. Kamera 2 befand sich ebenso im Ausstiegsbereich mit dem Sichtfeld leicht flussauf und ermöglichte durch ihr Blickfeld die Abbildung der Fische in gesamter Länge. Dadurch wurde die nachträgliche Zuordnung zum jeweiligen vermessenen und fotografierten Individuum möglich. Kamera 3 wurde im Einstiegsbereich situiert, lieferte allerdings, aufgrund von technischen Problemen keine für die Untersuchungen brauchbaren Daten.

Die Kameras wurden extern mit Strom versorgt, die Laufzeit der Aufzeichnungen war demgemäß durch die Speicherkartengrößen begrenzt.



**Abb. 2** Versuchsanordnung und Kamera-Setup (li), technische Daten der FAH (mi), Fischbreite und Lamellenausschnittweite (re)

Die Kameras wurden 37 Stunden exponiert. Davon blieben 3 Stunden unbeobachtet, da die Speicherkapazität der verwendeten Karten frühzeitig erschöpft war und die Kameras beim Speicherkartentausch erst zeitversetzt reaktiviert werden konnten.

## 2.2 Fischerkennungssoftware FishProLab

Das durch die Kameraaufzeichnungen erhaltene Videomaterial wurde mit der, auf der Programmiersprache Python basierenden, Fischerkennungssoftware FishProLab (Haslwanger 2021, unveröffentlicht) analysiert.

Im Programmablauf erfolgt eingangs die Erstellung eines statischen Hintergrundmodells für jeden einzelnen Videoclip, um in weiterer Folge Abweichungen dazu als potentielle Bewegungen detektieren zu können. Dazu wird mittels Computer Vision jedes x-te Standbild der Videosequenz (hier alle 150, entspricht alle 2,5 Sekunden) in Graustufen exportiert, in eine zweidimensionale Zahlenmatrix umgewandelt und anschließend über den Median ein statistischer Mittelwert der Datenreihe in jedem einzelnen Bildpunkt ermittelt. Für die Videoanalyse wird anschließend in regelmäßigen Abständen ein Standbild der Videosequenz, nach Konvertierung aus dem BGR-Farbraum in Graustufen, mit dem zuvor berechneten Hintergrundmodell verglichen. Nach Filterung der Abweichung des Grauwertes über einen definierten Schwellenwert kann so eine Maske mit den erkannten Bewegungsbereichen erstellt werden. Durch Einsatz weiterer Filter- und Nachbearbeitungsfunktionen können Bereiche unter einer definierten Mindestgröße (hier 10.000 Pixel, entspricht  $< 0,5 \%$  des Bildes), wie etwa eingetragene Luftblasen, effektiv ausselektiert werden. Sofern relevante Bereiche in der Bewegungsmaske verbleiben, wird der Vorgang für die nachfolgenden Bildsequenzen wiederholt, um die Dauer der erkannten Bewegung zu ermitteln. Liegt die Dauer über einem definierten Schwellenwert (hier 10 Bilder, entspricht  $> 0,165$  Sekunden), so wird von einer positiven Detektion ausgegangen und es erfolgt die Ausgabe der ermittelten Bewegungsmaske sowie des entsprechenden Bildausschnittes mit dazugehörigem Zeitstempel in Bilddateien.

Die von FishProLab exportierten Bildausschnitte wurden anschließend einer manuellen Sichtung unterzogen um eventuelle Fehldetektionen erkennen und ausschließen zu können. Mithilfe der ausgegebenen Zeitstempel konnten anschließend die entsprechenden Videodateien exakt auf die relevanten Passagen der Fischwanderungen zugeschnitten werden.

### **2.3 Auswertung von Befischungsdaten**

Für die Prüfung der theoretischen Annahme, dass es ein eher unwahrscheinliches Ereignis darstellt, den Nachweis des größtenbestimmenden Bemessungsfisches während eines FAH-Monitorings zu erbringen, wurden Befischungsdaten ausgewertet. Als Datengrundlage dienten Rohdaten aus biotischen Funktionskontrollen und Elektrobefischungen in Fließgewässern. Dabei wurden insgesamt 195 Datensätze aus FAH-Monitorings und E-Befischungen herangezogen, in Fischregionen gefiltert und das größte vorkommende Individuum in Größenrelation zum jeweiligen Bemessungsfisch gesetzt. Für die Fischregionen Hyporhithral und Epipotamal wurden ausschließlich mittlere und große Gewässer herangezogen, deren Bemessungsfisch durch einen großwüchsigen Raubfisch repräsentiert wird. Die Fischregionen „Hyporhithral klein“ und „Epipotamal klein“ flossen also nicht in die Bewertungen ein. Die Grundlage für die Analysen lieferte der österreichische FAH-Leitfaden (BMLRT 2021), welcher in Abhängigkeit von Fischregion und Gewässergröße, die Bemessungsfischart und deren maßgebende Körperlänge listet.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Wanderaktivität

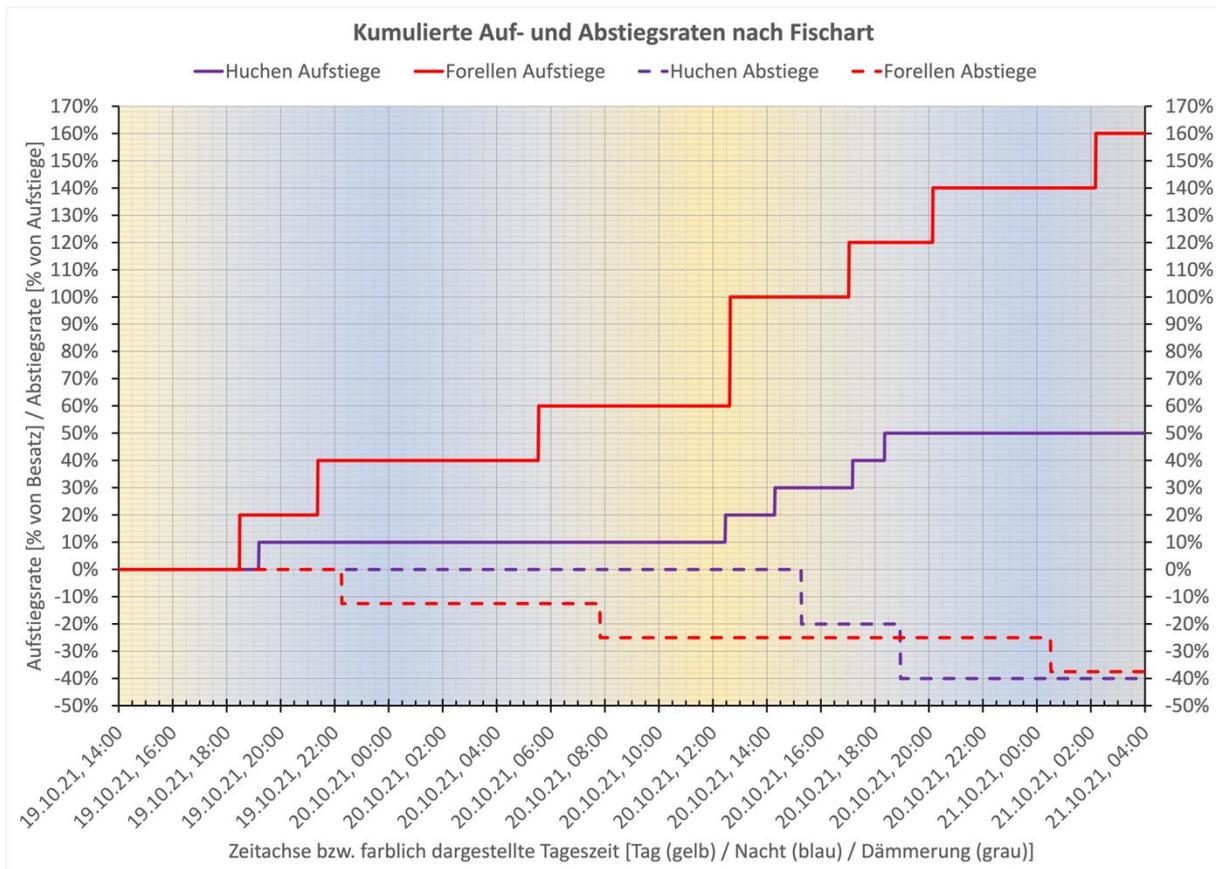
Die nachfolgende Tabelle listet die für den Versuch herangezogenen Probanden, mit den biometrischen Abmessungen und den damit in Verbindung stehenden beobachteten Aktivitäten während des Versuchs.

| Fischart    | Länge KL (cm) | Breite fb (cm) | fb/ba | Aufstieg | Abstieg |
|-------------|---------------|----------------|-------|----------|---------|
| Huchen      | 53            | 6              | 30%   | x        |         |
| Huchen      | 75            | 9              | 45%   |          |         |
| Huchen      | 53            | 6              | 30%   | x        |         |
| Huchen      | 54            | 6              | 30%   | x        | x       |
| Huchen      | 55            | 7              | 35%   | x        | x       |
| Huchen      | 53            | 6              | 30%   |          |         |
| Huchen      | 51            | 6              | 30%   |          |         |
| Huchen      | 53            | 6              | 30%   |          |         |
| Huchen      | 52            | 6              | 30%   |          |         |
| Huchen      | 83            | 11             | 55%   | x        |         |
| Seeforelle  | 63            | 9              | 45%   | x        |         |
| Bachforelle | 58            | 9              | 45%   | x        | x       |
| Bachforelle | 60            | 8              | 40%   | x        | x       |
| Bachforelle | 72            | 12             | 60%   | x        | x       |
| Bachforelle | 52            | 8              | 40%   | x        |         |

Von den 10 besetzten Huchen wurde fünfmal ein Aufstieg und zweimal ein Abstieg registriert. Dabei ist, aufgrund der schwierigen Zuordenbarkeit, nicht auszuschließen, dass ein Individuum mehrmals auf- und abgewandert ist. Ein Huchen (75 cm) konnte nach Beendigung des Versuchs nicht wieder aufgefunden werden, der Verbleib blieb unklar.

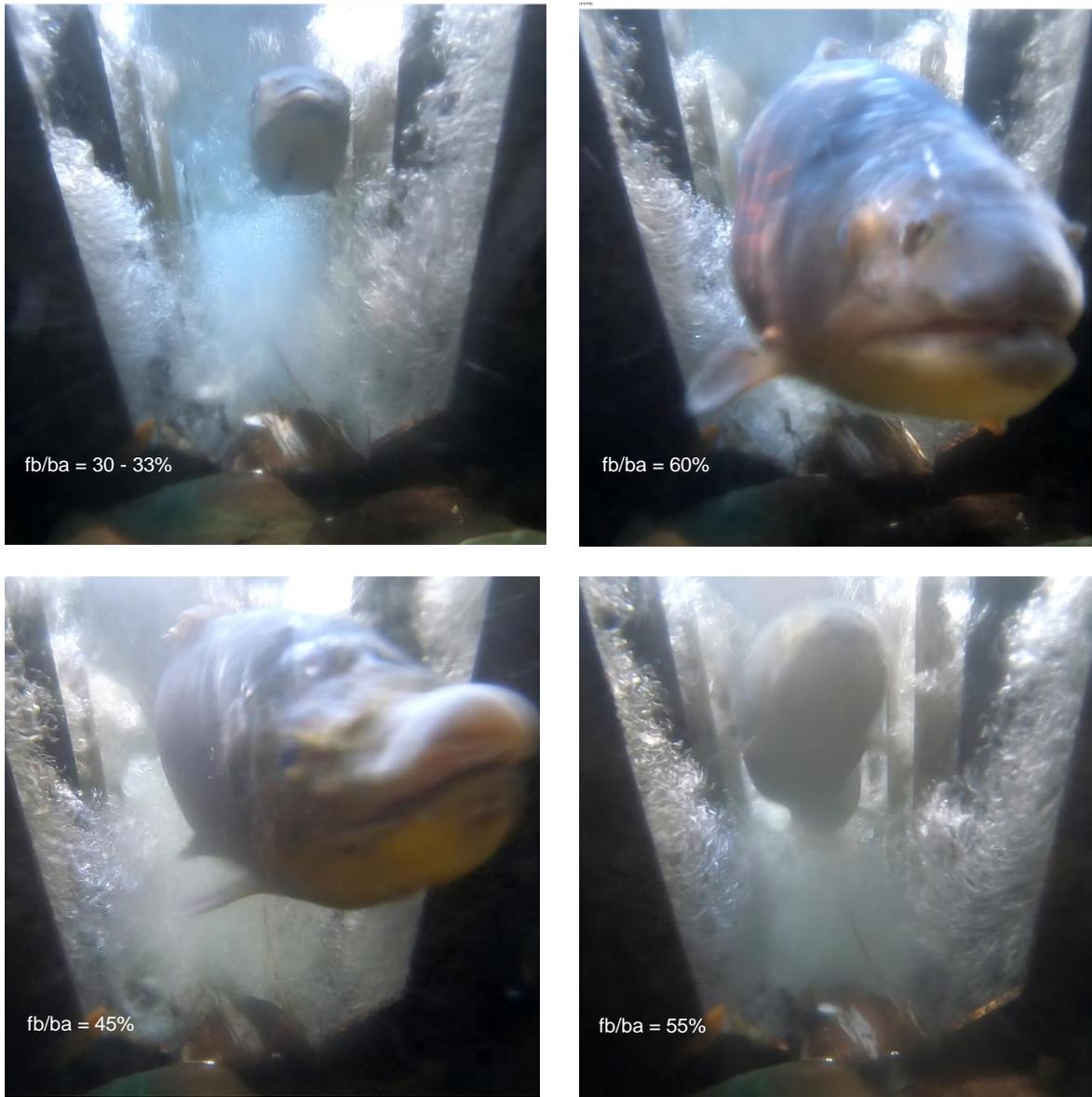
Das nachfolgende Aktivitätsdiagramm zeigt deutlich, dass die Wanderbewegungen der Fische erst nach etwa knapp einem Tag Exposition einsetzten. Zwar wurden die ersten Auf- bzw. Abstiege bereits nach wenigen Stunden getätigt, kontinuierliche Aktivitäten waren aber erst in der zweiten Hälfte der Versuchsreihe zu verzeichnen und klangen bis zum Versuchsende nicht ab. Die kumulierte Darstellung der Aktivitäten im Diagramm ergibt beim Aufstieg der Forellen

eine Quote von 160%. Dieser Wert ist darin begründet, dass alle Individuen den Fischpass durchwanderten, drei der aufgestiegenen Individuen allerdings nach erfolgreichem Abstieg erneut über den Fischpass aufstiegen. Von den besetzten Huchen konnte von 50% der Aufstieg beobachtet werden. Davon nutzten 40% den Fischpass auch als Abstiegskorridor. Alle absteigenden Fische wanderten mit dem Kopf nach oben über den Fischpass ab, wobei sie sich langsam und in sorgfältiger Ausrichtung in den Fischpass treiben ließen. Die Wanderungen der Forellen fanden zu jeder Tageszeit statt, während jene der Huchen auf die Nachmittage und Dämmerungen beschränkt waren.



**Abb. 3** Zeitdiagramm mit kumulierten Auf- und Abstiegsraten nach Fischart

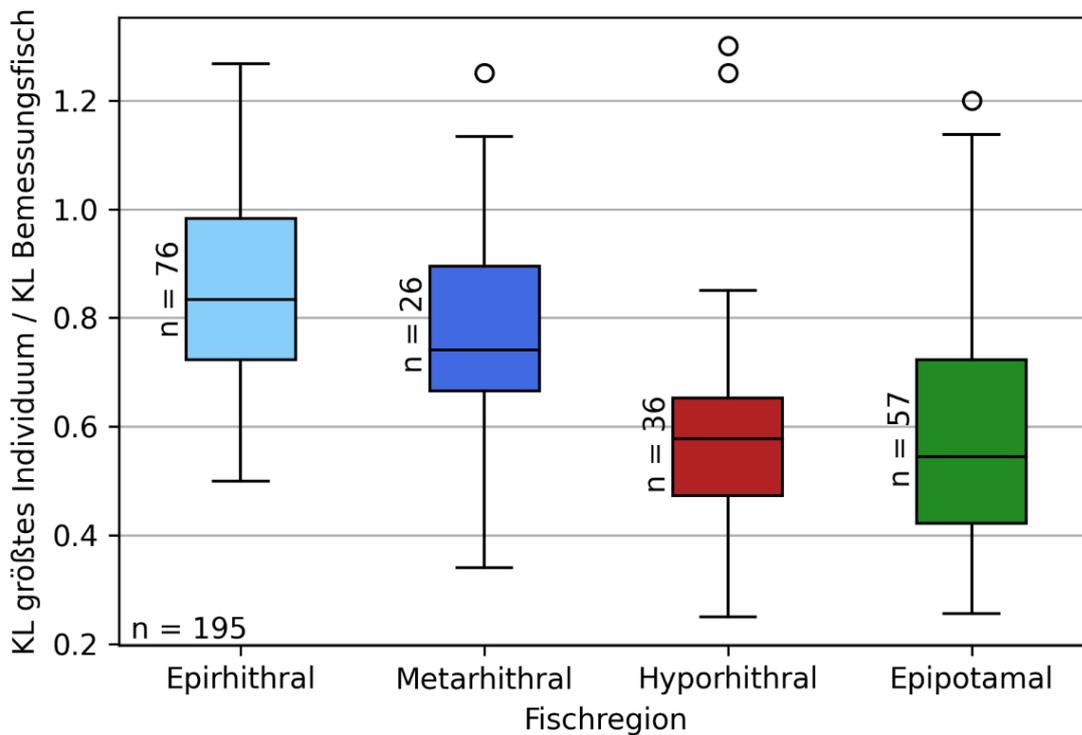
Das größte Individuum, eine Bachforelle (KL = 72 cm, fb = 12cm, fh = 17cm), durchwanderte den Fischpass zweimal. Das Verhältnis der Körperbreite des Fisches zum Lamellenausschnitt lag dabei bei 60%. Von den in der Tabelle 1 angeführten Großfischen konnten in der Beobachtungsperiode alle Bachforellen das Denilsystem mindestens einmal durchwandern.



**Abb. 4** Ausschnitte ausgewählter Videosequenzen: Huchen (ol), Bachforelle (or), Seeforelle (ul), Huchen (ur)

### 3.2 Analyse der Daten aus FAH-Monitorings und Elektrofischungen

Die Auswertung der Daten ergab, dass in der Fischregion Epirhithral am ehesten mit dem Nachweis der Bemessungsfischart zu rechnen ist. So liegt die Standardabweichung der Fischlängenrelation knapp unter 1, dieser Wert entspricht der Fischlänge des Bemessungsfisches. Während im Metarhithral die Standardabweichung immerhin noch einen Wert von 0,9 einnimmt (90% der Ziel-Fischlänge) verringern sich die Werte auf 0,65 bzw. 0,7 im Hyporhithral und Epipotamal.



**Abb. 5** Körperlängenrelationen in Bezug auf die größtenbestimmende Fischart (Basis: E-Befischungen und FAH-Monitorings)

#### 4 Diskussion

Im Zuge des Versuches konnten 13 verletzungsfreie Aufstiege von 5 Huchen (KL 51-83cm/fb 6-11cm), 7 Bachforellen (KL 52-72cm/ fb 8-12cm) und einer Seeforelle (KL 63cm/fb 9cm) sowie 5 Abstiege von 2 Huchen (KL 51-55cm/fb 6cm) und 3 Bachforellen (KL 58-72cm/fb 8-12cm) nachgewiesen werden. Die Breite der Lamellenausschnittöffnung betrug dabei 20 cm.

Die für die sehr kurze Untersuchungsdauer unerwartet hohe Aktivität der Bachforellen bzw. der Seeforelle hängt möglicherweise mit der Laichzeit zusammen. Die Aktivität der Huchen ist trotz der kalten Jahreszeit und dem kurzen Beobachtungsfenster mit anderen Untersuchungen (Kern 2013, Mitterfellner 2018, Petz-Glechner 2018, Seidl & Parthl 2018) vergleichbar. Auffällig ist die deutliche Steigerung der Aktivität mit zunehmender Versuchsdauer, welche auch von den anderen Autoren beschrieben wurde. Die in anderen Untersuchungen (z.B. Kern 2013) implementierte Akklimatisationsdauer vor Beginn der Untersuchungen bzw. die deutlich längere Untersuchungsperiode aller anderen Versuche konnte bei der vorliegenden Studie aus betriebstechnischen Gründen nicht umgesetzt werden, sodass für den Versuch ein Zeitfenster von knapp 1,5 Tagen zur Verfügung stand.

Die Aufzeichnungen belegen für den untersuchten Fischpass die Funktionalität für die Passage von Großsalmoniden. Auf Basis der Untersuchungen konnte bestätigt werden, dass die Arbeitshypothese, die Lamellenöffnung des Fischpasses, mindestens auf die 3-fache Fischbreite auszulegen, jedenfalls ein funktionales Bemessungskriterium darstellt. Die Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass es sich dabei sogar um einen eher konservativen Ansatz handelt, da auch die Passage für Fische mit einer Körperbreite von > 50% des Lamellenausschnittes problemlos erfolgte. So zeigten die Videoanalysen, dass sich die Fische mit kleinen

Flossenschlägen anstrengungslos nach oben bewegten und dabei in keiner der Aufzeichnungen Gefahr liefen mit den Lamellen zu kollidieren.

Die Auswertung der Körperlängenverhältnisse aus Felddaten, in welchen das jeweils größte gefangene Individuum in Relation zur Körperlänge der jeweiligen Bemessungsfischart gesetzt wurde, ergaben eine eindeutige Verringerung der Relationen vom Epirhithral zum Epipotamal. Dieses Ergebnis erscheint insofern plausibel, als im Epirhithral, in Abhängigkeit der Gewässergröße, die Bachforelle mit einer Körperlänge von 30 bzw. 40 cm als größtenbestimmende Fischart gelistet ist. Dabei handelt es sich um durchaus übliche Fischlängen adulter Individuen. Da Bachforellen in diesen Fischregionen die Hauptfischart, sowohl hinsichtlich der Abundanz, als auch der Individuendichte darstellen, ist von einem Vorkommen des Bemessungsfisches in dieser Fischregion kausal auszugehen. Anders stellt sich die Situation in den Fischregionen Hyporhithral und Epipotamal dar. Zwar repräsentiert ein Huchen mit einer Fischlänge von 80 cm (Bemessungsfisch im Hyporhithral mit MQ 2 bis 20 m<sup>3</sup>/s) kein kapitales Individuum, dennoch ist ein Nachweis aufgrund seiner Seltenheit, vielerorts durch den Gefährdungsstatus dieser Art begründet, kaum zu erwarten. Erschwerend wirkt, dass diese Fischart in vielen Gewässerabschnitten nicht mehr vorkommt und die nächstgrößeren Arten (Bachforelle, Äsche und Aalrutte) des Hyporhithrals in ihren Maximallängen deutlich darunter liegen. Dies erklärt die deutlichen geringeren Körperlängenverhältnisse im Hyporhithral in Bezug auf deren Standardabweichung. Ähnlich ist die Situation im Epipotamal zu interpretieren, wobei die Bemessungsfischlänge des Huchens in dieser Fischregion bereits 100 cm beträgt. Die Untersuchungen von Holčík et al. (1988) ergaben, dass Huchen mit dieser Körperlänge ein Alter von 11 Jahren überschritten haben, es sich also um kapitale Individuen handelt, deren Anteil an der Huchenpopulation lediglich 3% beträgt. Der Bemessungsfisch repräsentiert hier also ein seltenes Individuum einer, von Natur aus seltenen Art; welche zusätzlich noch einen hohen Gefährdungsstatus aufweist. Die Datengrundlage der vorliegenden Analysen basiert mehrheitlich auf Daten aus der Steiermark, um die Aussage zu generalisieren wäre es erforderlich den Datenpool zu erweitern. So könnten Datensätze aus anderen Bioregionen und eine getrennte Analyse nach Monitorings, wie auch E-Befischungen in belasteten bzw. unbelasteten Gewässern, die Konsistenz der Aussage verifizieren. Auf Basis der vorliegenden Auswertungen stellt die Detektion des Bemessungsfisches im Monitoring, in den Regionen des Hyporhithrals und Epipotamals, eher einen glücklichen Zufall als ein zu erwartendes Ereignis dar.

In der fachlichen Diskussion wird oftmals darauf verwiesen, dass Großfischuntersuchungen in FAHs lediglich das Fluchtverhalten von Fischen aus einer Versuchsanordnung und weniger den freiwilligen Aufstieg von Großfischen belegen. Bei dieser Feststellung blieb allerdings unberücksichtigt, dass die Aktivität in sämtlichen Großfischversuchen erst nach einer mehrstündigen Akklimatisationsphase eintrat (Petz-Glechner et al. 2018, Parthl & Seidl 2016, Kern 2013). Ein spontanes Fluchtverhalten ist somit auszuschließen. Auch die Tatsache, dass es sich bei den Probanden in der Regel um Zuchtfische handelt, lässt keinen Stress aufgrund beengter Platzverhältnisse oder etwa dem Kontakt mit Artgenossen ableiten.

## Literatur

- BMLRT (2021). Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen 2021, Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien, 224 Seiten
- Holčík, H.; Hensel, K, Nieslanik, J, Skácel LR. (1988). The eurasion Huchen, Hucho hucho – largest Salmonid of the word, Dr. W. Junk Publishers, 239 Seiten
- Haslwanter M. (2021). FishPro – Fischerkennungssoftware zur Detektion von Fischen in Unterwasseraufnahmen, unveröffenKLicht
- Kern, J. (2013). Technische und fischökologische Funktionsüberprüfung des enature® Fischpasses am Wehr Hart / Ager OÖ, Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien, 194 Seiten
- Mitterlehner, C. (2016). Auszüge des Endberichts „Monitoring Fischaufstiegsschnecke Url, KW Pilsing“, Haag, 9 Seiten
- Petz-Glechner, R, Achleitner, St. (2018). Untersuchungen an der Fischwanderhilfe Mühltalwehr – Evaluierung der Passierbarkeit für adulte Huchen, Studie im Auftrag von Kleinwasserkraft Österreich, 24 Seiten
- Seidl, G, Parthl, G. (2018) Huchenversuch am technischen Beckenpass KW Mitterdorf 1 – Nachweis der Bemessungsfischart in einer alternativen Bautype, Wasserkraft Nr. 61, S. 30 - 31

## Anschrift der Verfasser

DDipl.-Ing. Georg Seidl  
Dipl.-Ing. Markus Haslwanter  
flusslauf e.U., IB für Gewässerökologie und Wasserbau  
A-8010 Graz, Brockmanng. 108/2  
Email: office@flusslauf.at