

Nicht zu schnell und nicht zu langsam: Ethohydraulische Untersuchungen zur Analyse und Ableitung von Bemessungsempfehlungen für Fischaufstiegsanlagen

Matthias Scholten
Roman Weichert
Marcus Herbst
Matthias Pitsch
Cornelia Schütz

Stichworte: Dotationszugabe, Schlitzpässe, Passierbarkeit von Engstellen, ethohydraulische Versuche

1 Einleitung

Die Bemessung und Planung von Fischaufstiegsanlagen (FAA) folgt vielfach den Empfehlungen des DWA Merkblatts 509. Obwohl dort für zahlreiche Bauteile einer FAA konkrete Bemessungsempfehlungen angegeben werden, bleiben einzelne, für die Funktionsfähigkeit zentrale Elemente hinsichtlich ihrer Bemessung unklar. Ein wichtiges Thema ist dabei die Leitströmung im Unterwasser einer FAA. Die Ausprägung der Leitströmung erfordert sowohl einen ausreichenden Durchfluss als auch eine adäquate Strömungsgeschwindigkeit, um ein wahrnehmbares hydraulisches Signal auszubilden und damit die Auffindbarkeit einer FAA zu gewährleisten (Heneka et al. 2021, Wiering et al. 2022).

Damit sind zwei Herausforderungen für die Passierbarkeit des Einstiegs verbunden: Wie kann die Zugabe einer größeren Dotationswassermenge in den Einstiegsbereich einer FAA erfolgen, ohne dass die Passierbarkeit der Anlage gefährdet wird? Wie hoch darf die Fließgeschwindigkeit im Einstieg sein, um der Passierbarkeit für schwimmschwächere Arten und Größenstadien nicht entgegen zu stehen.

2 Untersuchungsansatz

2.1 Ausgestaltung der Rechenanlage in Dotationsbecken

Um diese Planungsunsicherheiten für die FAA an den Bundeswasserstraßen zu schließen, haben die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in den vergangenen Jahren ethohydraulische Untersuchungen an der Versuchsrinne der BAW in Karlsruhe durchgeführt.

In einem ersten Versuchsansatz wurde die Ausgestaltung unterschiedlicher Rechensysteme auf die Passierbarkeit des Einstiegsbeckens analysiert. Dabei wurde das Verhalten größerer Fischarten wie Nase, Forelle aber auch kleinwüchsiger Arten wie Plötze, Schneider und Gründling untersucht. Anhand der Ergebnisse konnten konkrete Bemessungsempfehlungen für die Ausgestaltung der Rechenanlage in Dotationsbecken abgeleitet werden (Schütz et al. 2021).

2.2 Passierbarkeit der Engstelle am Einstieg

Die Frage der Passierbarkeit der Engstelle am Einstieg wurde in verschiedenen Schritten analysiert. In einer ersten Versuchsanordnung wurden die Passagewahrscheinlichkeiten von kleinen Fischarten (Gründling, Schneider und juvenile Rotaugen) bei unterschiedlichen Wasserspiegeldifferenzen (Δh) am Einzelschlitz und einer glatten Sohle ermittelt (Schuetz et al. eingereicht).

In einer zweiten Versuchsanordnung wurden die Strömungsverhältnisse in und unterhalb einer Engstelle im Vergleich einer rauen Sohle zu einer glatten Sohle untersucht (Wiering et al. eingereicht) und anhand von zwei ausgewählten Arten (Gründling und juvenile Rotaugen) die Auswirkungen auf die Passierbarkeit im ethohydraulischen Versuch analysiert.

Die Ausprägung der zeitlichen und räumlichen Schwankungen in einem Schlitz hängt maßgeblich von der Charakteristik der Anströmung und der geometrischen Ausgestaltung des Schlitzes ab (Henning & Weichert 2020, Höger et al. 2020). So weist der in der Laborrinne platzierte Einzelschlitz der ersten beiden Versuchsreihen zwar gleiche zeitliche Mittelwerte in der Engstelle wie in gebauten Anlagen auf, ist jedoch durch eine geringere zeitliche Variabilität der Messpunkte im Schlitz charakterisiert. Für die Frage der Passierbarkeit von Schlitzpässen, insbesondere durch schwimmschwache Arten, könnten solche Unterschiede in den hydraulischen Bedingungen ggf. einen Erklärungsansatz bieten, wie es schwimmschwachen Arten gelingt, trotz eigentlich zu hoher Bemessungsgeschwindigkeiten, derartige Engstellen zu passieren (Sokoray und Weichert 2020,

Sokoray-Varga et al. 2022). Beobachtungen von Wang et al. (2010) lassen vermuten, dass Fische ggf. kurze Phasen mit geringeren Geschwindigkeiten in den Engstellen nutzen könnten.

In einer dritten Versuchsanordnung wurden daher die Auswirkungen instationärer Zustände auf die Passierbarkeit von schwimmschwachen Arten in ethohydraulischen Untersuchungen analysiert (Habedank et al. in prep.). Neben den Strömungsbedingungen im Einzelschlitz der ersten beiden Versuchsreihen konnte u.a. durch die Entwicklung einer steuerbaren Lamellenwand Schwankungsgrößen erzeugt werden, die den Verhältnissen in realisierten Schlitzpässen entsprach. Zusätzlich wurde mit der Lamellenwand ein Szenario entwickelt, das gezielte periodische Schwankungen im Schlitz erzeugt (Focht & Heneka 2023).

Obwohl die Modellergebnisse keinen konkreten Geschwindigkeitsschwellenwert für eine optimale Passierbarkeit liefern können, gibt es artspezifische Ergebnisse, die als Grundlage für die Gestaltung von Fischaufstiegsanlagen herangezogen werden können.

3 Ausblick

Der Vortrag stellt die fachlichen Anforderungen und das methodische Vorgehen bei der Durchführung der ethohydraulischen Versuche vor (Pitsch et al. 2021, Schuetz et al. eingereicht), adressiert die Schnittstellen zwischen Fischverhalten und Hydraulik sowohl bei der Erfassung als auch bei der Datenanalyse und stellt erste Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen vor.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr für die finanzielle Förderung der Forschungsvorhaben sowie den Teams in der BfG und BAW für die großartige Unterstützung bei der Durchführung der ethohydraulischen Versuche an der grünen Rinne in der BAW.

4 Literatur

- Focht, L. Heneka, P. (2023): Providing Defined Velocity Fluctuations in Ecohydraulic Flumes Using Rotatable Fins. Proceedings of the 40th IAHR World Congress. Vienna, Austria.
- Habedank, M., Heneka, P., Schütz, C., Herbst, M., Focht, L., Wiering, V. (2024) Effect of velocity fluctuations on passage rates of small-bodied fish in a vertical slot. Manuscript in preparation.
- Heneka, P.; Zinkhahn, M.; Schütz, C.; Weichert, R.B. (2021): A Parametric Approach for Determining Fishway Attraction Flow at Hydropower Dams. *Water* 2021, 13, 743.
- Henning, M.; Weichert, R. (2020): Hydraulische Parameter von Fischaufstiegsanlagen in Schlitzpassbauweise in Bemessung und Bestand. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): BAWMitteilungen Nr. 106, Karlsruhe: BAW, S. 7-14.
- Höger, V.; Prinz, F.; von Melzer, J.; Weichert, R. (2020): Die Variabilität der Fließgeschwindigkeit in Schlitzpässen. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): BAWMitteilungen Nr. 106, Karlsruhe: BAW, S. 23-32
- Pitsch, M.; Heimann, W.; Burghardt, G.; Heynen, M. (2021). Colour marking of small fish with a marking stand for Dermojet®. *MethodsX*, 8, 5. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101510>
- Schütz, C.; Czerny, R.; Herbst, M.; Henning, M.; Pitsch, M. (2024 eingereicht): Passage through a fishway entrance at different velocities - results from flume experiments with small non-salmo. – *Rivers Research and Applications*
- Schütz, C.; Henning, M.; Czerny, R.; Herbst, M.; Pitsch, M. (2021). Addition of auxiliary discharge into a fishway – A contribution to fishway design at barrages of large rivers. *Ecological Engineering*, 167, 106257. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106257>
- Sokoray-Varga, B.; Weichert, R. (2020). Analyse turbulenter Strömungsmuster in Schlitzpässen aus Sicht der Fischpassage. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): BAWMitteilungen Nr. 106, Karlsruhe: BAW, S. 59-65.
- Sokoray-Varga, B.; Kriegseis J.; Weichert, R.B. (2022) On the use of time coefficients of proper orthogonal decomposition for describing quasi-periodic flow processes in the highly turbulent flow of a fish pass, *Journal of Hydraulic Research*, 60:6, 922-934, DOI: 10.1080/00221686.2022.2067083.
- Wang, R.; David, L.; Larinier, M. (2010): Contribution of experimental fluid mechanics to the design of vertical slot fish passes, *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 396 (02), pp. 21.
- Wiering, V.; Weichert, R.; Kundruhn, M. (2024 eingereicht): Vergleich der Schlitzgeschwindigkeit über glatten und rauen Sohlen. *Wasserwirtschaft*.
- Wiering, V.; Heneka, P.; Henning, M.; Schütz, C. (2022): Bemessungsansatz für die Leitströmung von Fischaufstiegsanlagen. *Wasserbauliche Mitteilungen TU Dresden*, Heft 68, Nachhaltigkeit im Wasserbau - Umwelt, Transport, Energie, Dresdner Wasserbaukolloquium 2022.

Autoren:

Dr. Matthias Scholten
Dr. Marcus Herbst
Dipl. Biol. Matthias Pitsch
Dr. Cornelia Schütz

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abteilung Ökologie
Referat Tierökologie
Projektgruppe
„Ökologische Durchgängigkeit“
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Tel.: +49 261 1306 5937
Fax: +49 261 1306 5082
E-Mail: Scholten@bafg.de

Dr. Roman Weichert

Bundesanstalt für Wasserbau
Abteilung Wasserbau im Binnenbereich
Referat Wasserstraße und Umwelt

Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Tel.: +49 721 9726-2660
Fax: +49 721 9726-4540
E-Mail: Roman.Weichert@baw.de