

Leitwerke und Einschwimmsperren für Fische an Wehranlagen

Niklas Schwiersch
Markus Grünzner
Stephan Heimerl
Thorben Frener

Im Unterwasser von Wehranlagen kann es aus vielfältigen Gründen zu gewässerökologischen Sackgassen kommen. Um ein Einschwimmen stromauf wandernder Organismen in diese zu vermeiden, bedarf es geeigneter Leitwerke und Einschwimmsperren hin zum Einstieg der Fischaufstiegsanlagen. Dies kann u. a. mittels einer physikalisch-hydraulischen Barriere bewerkstelligt werden. Dieser Beitrag erläutert grundlegende Gedanken für eine derartige Barriere und veranschaulicht ihre hydraulische Optimierung anhand eines Anwendungsbeispiels.

Stichworte: Durchgängigkeit, Fischaufstieg, Leitströmung, Leitbühne, Ethohydraulik

1 Motivation und Zielstellung

Es ist unstrittig, dass Wehranlagen in Fließgewässern Einbauten darstellen, welche sowohl die aufwärts als auch die abwärts gerichtete Durchgängigkeit für die aquatische Fauna einschränken können. Daher werden in der Praxis seit Jahrzehnten große Anstrengungen unternommen, die sichere Durchgängigkeit (wieder-) herzustellen. Dafür werden u. a.

- auf die örtlichen Gegebenheiten angepasste Fischaufstiegsanlagen (FAA) errichtet,
- Maßnahmen im Anströmbereich von Wasserentnahmen vorgesehen, welche das Einschwimmen von Lebewesen z. B. in die Maschinensätze von Wasserkraftanlagen physikalisch unterbinden (Fischschutz) und

- Fischabstiegsbauwerke in Form von Bypässen (Rohrleitungen, Überfällen oder Rinnen) ins Unterwasser (UW) hergestellt.

Bei FAA spielt neben der Passierbarkeit der Anlage ihre Auffindbarkeit eine zentrale Rolle [1]. Denn ist eine FAA für aufwärts wandernde Organismen nicht oder unzureichend auffindbar, ist die Durchgängigkeit nicht gegeben oder trotz Bauwerk eingeschränkt. Entgegen der z. T. idealisierten Regelbauweisen (vgl. *DWA (2014)*) ist es aufgrund von räumlichen, gewässermorphologischen oder auch betrieblichen Gründen nicht immer möglich, den Einstieg in die FAA unmittelbar am Wehr vorzusehen. So muss dieser mancherorts ein Stück ins UW verschoben werden und es ergeben sich so potenzielle gewässerökologische Sackgassen.

Um die Auffindbarkeit dennoch herzustellen, bedarf es weiterer Strukturen, an welche folgende Anforderungen zu stellen sind:

- Es muss eine eindeutige hydraulische Leitwirkung hin zum Einstieg der FAA ausgebildet sein und
- das Einschwimmen aquatischer Organismen, z. B. Fische, in diese Sackgassen ist während der relevanten Betriebszeiten der FAA (i. d. R. Wasserspiegellagenbereich zwischen W_{30} und W_{330}) weitestgehend zu verhindern.

Die sogenannte physikalisch-hydraulische Barriere (Bild 1) stellt hierfür eine wirksame Struktur dar, welche als Sohlenschwelle einer physikalischen und mit ihrer Überfallströmung auch einer hydraulischen Barriere entspricht und gleichzeitig durch die Strömungslenkung die Auffindbarkeit der FAA nennenswert verstärken soll.

2 Grundlegende Gedanken

2.1 Gewässerökologische Barrierewirkung

Eine Barrierewirkung liegt hydraulisch dann vor, wenn die lokale Fließgeschwindigkeit die Sprintgeschwindigkeit der gewässertypischen Fischzönose übersteigt. Sie ergibt sich außerdem auch, wenn die Bedingungen im Bereich der Sperre so sind, dass die Fische diese auch nicht durch einen Sprung überwinden können, wozu u. a. eine fehlende Anlaufstrecke mit unzureichender Wassertiefe, eine entsprechende Wasserspiegeldifferenz zwischen OW zu UW oder hohe Fließgeschwindigkeiten im Überfallbereich zählen.

Für den Entwurf einer solchen Barriere bedeutet dies das Erfordernis eines begrenzten Aufstaus und der lokalen Beschleunigung des fließenden Wassers.

2.2 Hochwasserneutralität

Zwar dienen physikalisch-hydraulische Barrieren vornehmlich der gewässerökologischen Aufwertung eines Gewässers, doch gilt für sie - wie für eine Vielzahl weiterer Maßnahmen im Gewässer - das Verschlechterungsverbot nach europäischer Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie. Demnach dürfen derlei Maßnahmen keinen bzw. nur einen vernachlässigbar kleinen, negativen Einfluss auf die lokalen Hochwasserverhältnisse besitzen.

In der Folge sollte der stauende Effekt der Barriere bestenfalls nur für das Betriebsregime der FAA bestehen.

2.3 Unterhalt und Betrieb

Aus der betrieblichen Perspektive bestehen Anforderungen hinsichtlich Kosteneffizienz. Demnach sollte derlei Barriere nach den Herstellungskosten möglichst geringe, besser keine Unterhaltungs- oder gar Betriebskosten verursachen.

Daraus leitet sich die Anforderung einer robusten und nach Möglichkeit selbstreinigenden Konstruktion ab.

2.4 Vorauswahl eines Bauwerktyps

Vor dem Hintergrund der mannigfaltigen Anforderungen bietet sich die Konstruktion einer Sohlenschwelle an. Als Überfallbauwerk erzeugt sie eine gezielte Beschleunigungsströmung in Abhängigkeit der Überfallhöhe und ist bei großen Abflüssen dennoch sehr robust in Bezug auf die Überfallhöhe.

2.5 Entwurfsgrößen

Zur gleichzeitigen Induktion einer Barrierewirkung für die gewässerökologische Sackgasse und einer unterstützenden Leitströmung zum Einstieg in die FAA lassen sich u. a. folgende geometrische Entwurfsgrößen variieren:

- die Trassierung der Barriere im Gewässer,
- der Höhenverlauf der Überfallkante,
- der Querschnitt der Sohlenschwelle,
- die Abströmverhältnisse aus der FAA heraus und
- die Ausgestaltung des Nahbereichs im Unterwasser.

Weiterhin sind unterschiedliche Bauweisen, wie z. B. als monolithische Betonkonstruktion oder gesetzte Steinreihe, vorstellbar, die in geeigneter Weise dauerhaft in die Gewässersohle eingebunden werden müssen.

3 Anwendungsbeispiel

3.1 Allgemeines

Im Zuge eines Wasserkraftprojekts im Allgäu soll die gewässerökologische Durchgängigkeit an einem Wehrstandort hergestellt werden. Der Planung sind die Fischzönose der Barbenregion und zusätzlich der Huchen zugrunde zu legen. Folglich ist von schwimmstarken Fischarten auszugehen, von denen in Sonderfällen auch einige begrenzt springen können.

Es ist angedacht, eine FAA in Schlitzpassbauweise zu errichten. Aufgrund der örtlichen Verhältnisse wird die Positionierung der FAA am linksufrigen Gleitufer bevorzugt. Die FAA reicht bis zu ca. 90 m in das UW des Wehrstandorts, um nicht in den oberstrom bestehenden, besonders schützenswerten Auwald einzugreifen. Um der Entstehung einer gewässerökologischen Sackgasse vorzubeugen, wird daher am Einstieg in die FAA eine physikalisch-hydraulische Barriere vorgesehen, deren Entwicklung Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen ist.

Vor dem Erfahrungshintergrund zu Projekten ähnlicher gewässerökologischer Rahmenbedingungen werden die folgenden Parameter planerisch als nicht durchgängig angenommen:

- Fließgeschwindigkeit: >2,4 m/s
- Höhendifferenz der Wasserspiegellagen von OW zu UW: 0,30 m

3.2 Ausgangsentwurf

Unter Verwendung analytischer Ansätze wurde die physikalisch-hydraulische Barriere vordimensioniert (Abbildung 1). Hierbei wurde darauf geachtet, dass sie in einem Winkel von ca. 30° bis 45° gegenüber der Gewässerachse geneigt ist und so eine langgestreckte Leitwirkung für rechtsufrig aufwandernde Fische erzeugt. Darüber hinaus weist sie einen in der Höhe gegliederten Querschnitt auf, welcher insbesondere geringe Abflüsse im Einstiegsbereich der FAA konzentrieren soll. Die Schwelle ragt im Mittel ca. 0,30 m aus der UW-Sohle heraus.

Die Wirksamkeitsuntersuchung der entworfenen Barriere erfolgt für definierte Lastfälle (je zwei Lastfälle für Mindestwasser- und Mittelwasserverhältnisse) mittels 3-D-HN-Simulation unter Verwendung der Software FLOW-3D Hydro.

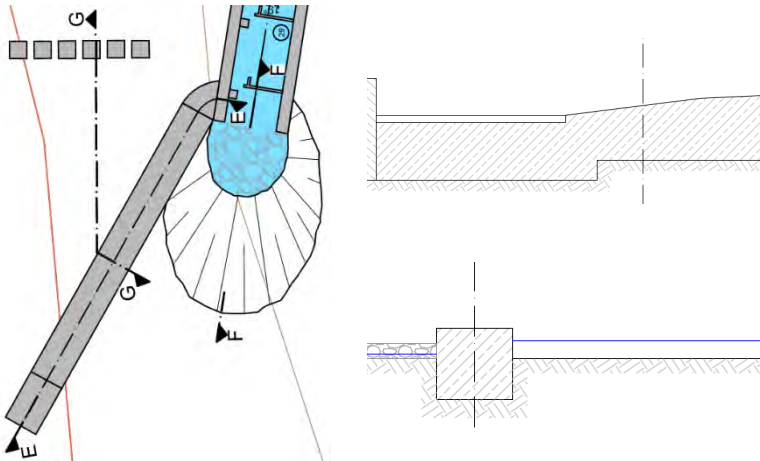


Abbildung 1: Ausgangsentswurf der physikalisch-hydraulischen Barriere im Grundriss (links) sowie im Quer- und Längsschnitt (rechts)

3.3 Hydraulische Optimierung

Die Simulationsergebnisse zum Ausgangsentswurf zeigen für geringe Abflüsse aus dem Wehrfeld die prinzipielle Wirksamkeit der Barriere. Für höhere Abflüsse deuten sich jedoch die Unwirksamkeit der oberstromigen Abflusskonzentration sowie flächig hohe Geschwindigkeiten im Unterwasser an. Insbesondere letztgenanntes unterbricht für stromauf wandernde Organismen die Leitwirkung vom rechten zum linken Ufer mit dem FAA-Einstieg. Wie in Abbildung 2 links anhand der roten Flächen verdeutlicht, werden diese nicht zur FAA geleitet, sondern tendenziell durch hohe Fließgeschwindigkeiten nach UW verdriftet. Ursächlich hierfür ist die gemeinsame Wirkung von kleinen Abflusstiefen bei einem durch die örtliche Topografie bedingten großen Längsgefälle. Im Hinblick auf die weitere Optimierung bedeutet dies, dass die Fließgeschwindigkeit im Unterwasser für derlei Lastfälle zu reduzieren ist. Um dem zu genügen, werden iterativ und chronologisch die folgenden Adaptionen vorgenommen:

- Entfernen der Steine im OW
- Steigerung der Barrierenneigung auf 45°

- Harmonisierung des Querschnitts
- Ergänzung einer Vertiefung im UW zur lokalen Energieumwandlung

Das Entfernen der Steine im Oberwasser mindert die Abflusskonzentration am linken Ufer insbesondere für die größeren Abflüsse. Daher wird die Bühne gleichmäßiger angeströmt.

Mit der Änderung der Barrierenneigung gehen zwei Effekte einher. Zum einen werden die Geschwindigkeitsvektoren der Überfallströmung um ca. 15° in Richtung der Gewässermitte gedreht und zum anderen die ufernahen Schubspannungen für hohe Abflüsse (so u. a. auch für Hochwasser) reduziert.

Durch die Harmonisierung des Barrierenquerschnitts ist die Überfallbreite für alle Lastfälle konstant. Dies bewirkt eine Verbreiterung des Abflussquerschnitts und eine Reduktion der Fließgeschwindigkeiten im UW. Gleichsam sinkt auch die Geschwindigkeit des Überfallstrahls bei kleinen Abflüssen, so dass die optimale Höhenlage der Oberkante diskret zu finden ist.

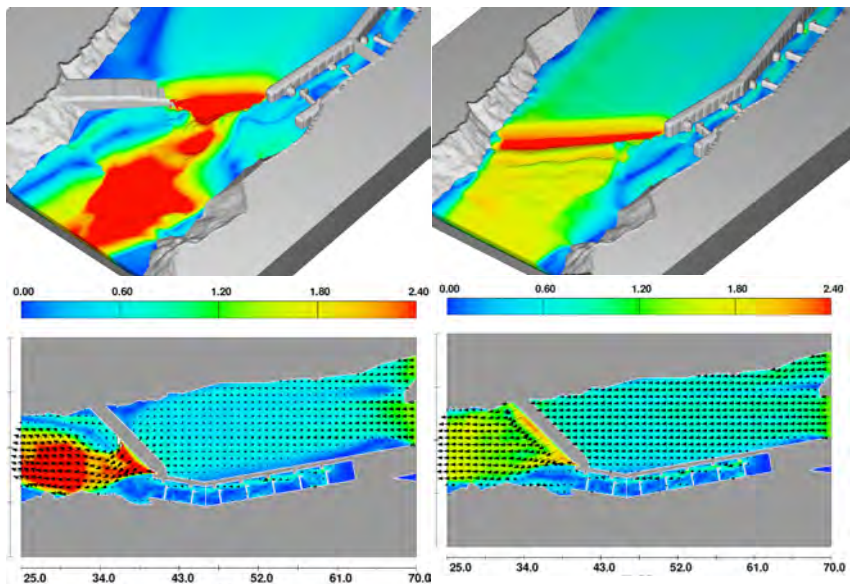


Abbildung 2: Fließgeschwindigkeit in [m/s] vor (links) und nach (rechts) der hydraulischen Optimierung (Quelle: Fichtner)

Aus der Vertiefung im UW resultieren die lokale Energieumwandlung unmittelbar hinter der Barriere und die weitere Minderung der Fließgeschwindigkeit im UW durch eine gleichmäßige Abströmung. Weiterhin unterstützt die entstehende Turbulenzwalze die Unpassierbarkeit der Barriere und die Beräumung von potenziellen Sedimenten.

Im Ergebnis der Optimierung (Abbildung 2, rechts) wird am Standort dieses Anwendungsbeispiels eine horizontale Sohlenschwelle geplant, welche sowohl die angestrebten Fließgeschwindigkeiten von über 2,4 m/s als auch eine Differenz der Wasserspiegellagen von über 0,30 m im relevanten Betriebsbereich erreicht.

Bei größeren Abflüssen und somit größeren Wassertiefen wirkt die Sohlenschwelle nur noch als lokales Rauheitselement der Gewässersohle. Somit erzeugt sie keine negativen Auswirkungen z. B. hinsichtlich der HQ₁₀₀-Überflutungsflächen.

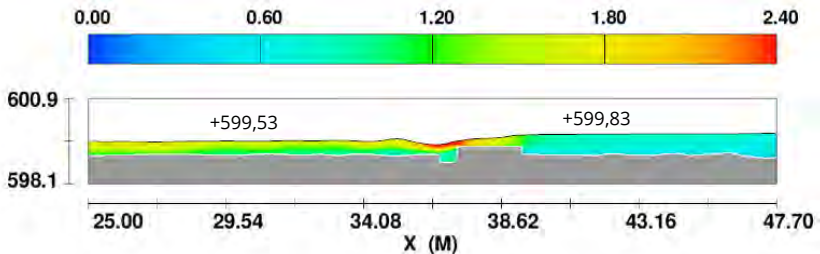


Abbildung 3: Wasserspiegellage in [m NHN] und Fließgeschwindigkeit in [m/s] nach der hydraulischen Optimierung für den kritischen Lastfall im Längsschnitt (Quelle: Fichtner)

4 Weiterführende Optimierungsansätze

Zusätzlich zu den beschriebenen Schritten der konstruktiven Optimierung sind weitere vorstellbar, welche sowohl den gewässerökologischen als auch den weiteren Anforderungen dienen. Diese sind u. a. die geometrische Optimierung des FAA-Einstiegs zur Stärkung des linksufrigen Strömungsimpulses und das Vorsehen einer aufgelösten Steinreihe im UW zur Freihaltung eines linksufrigen und präferierten Wanderkorridors.

Diese sind Gegenstand der aktuellen Planungsschritte, sodass ihre Wirkung noch aussteht.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Zur Vermeidung gewässerökologischer Sackgassen an Wehranlagen bedarf es mancherorts wirksame Leitwerke hin zum FAA-Einstieg und Einschwimmsperren.

Für diese Aufgaben stellt die hier sowohl konzeptionell als auch praktisch vorgestellte physikalisch-hydraulische Barriere eine geeignete Lösung dar.

Weiterhin zeigt sich, dass ihre konstruktive Ausgestaltung die örtlichen Randbedingungen einbeziehen muss und sie somit das Ergebnis einer planerischen Iteration sein kann.

Die ausstehenden Optimierungsschritte werden zu gegebenem Zeitpunkt zu präsentieren und zu diskutieren sein.

Literatur

DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

Autoren:

Dr.-Ing. Niklas Schwiersch
Dipl.-Ing. Markus Grünzner
Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl
Thorben Frener, M. Sc. (ehemals Fichtner)

Fichtner Water & Transportation GmbH
Sarweystraße 3
70191 Stuttgart

Tel.: +49 711 8995 1592
E-Mail: niklas.schwiersch@fwt.fichtner.de
markus.gruenzner@fwt.fichtner.de
stephan.heimerl@fwt.fichtner.de