



Die Zeitschrift für Gewässerschutz
bietet Ihnen fundiertes Wissen rund
um das Thema Wasser.

Da war jemand schneller als Sie.

Wünschen Sie eine Gratis-Probenummer
oder entscheiden Sie sich gleich für ein
Jahresabonnement?

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf unter
Telefon 052 625 26 58, senden Sie uns
eine E-Mail auf info@aquaviva.ch oder
besuchen Sie unsere Webseite unter
www.aquaviva.ch

Best-practice für die Gestaltung von Fischaufstiegs- und Fischabstiegsystemen

A photograph showing a concrete fish passage structure. The structure consists of several rectangular concrete blocks arranged in a channel, creating a series of steps or pools. Water is flowing through the channel, creating white foam and turbulence. The concrete blocks are light-colored and show some signs of wear and algae growth. The background is a concrete wall.

Die Sanierung der Wanderhindernisse ist eine prioritäre Aufgabe der Kraftwerksbetreiber und Behörden im Rahmen der Renaturierung der Gewässer. Die Aufwärtswanderung kann mit technischen Aufstiegshilfen mittlerweile ermöglicht werden. Für die Minderung von Fischschäden bei der flussabwärts gerichteten Wanderung stehen Konzepte für kleinere und mittelgrosse Anlagen bereit, die in den nächsten Jahren konsequent zur Anwendung kommen sollen.

von Daniel Hefti

◀ Die Fischtreppe am Kraftwerk Iffezheim.

Im Laufe ihres Lebens unternehmen alle Fische grössere oder kleinere Wanderungen. Deshalb sind sie auf vernetzte und durchgängige Gewässer angewiesen. Schätzungsweise ca. 1000 kraftwerksbedingte Wanderhindernisse müssen bis 2030 saniert werden (Fischauf- und/oder abstieg). Die Checkliste «Wiederherstellung der Fischauf- und Fischabwanderung bei Wasserkraftwerken» des Bafu liefert Grundlagen und Empfehlungen für die Planung von Anlagen, um die Wiederherstellung der Fischwanderung bei kleinen und mittleren Kraftwerken zu gewährleisten.

Die Flussaufwärtswanderung

Um eine Fischaufstiegshilfe auf die Ansprüche der Fische auszurichten, sind verhaltensbiologische Informationen zu Fischen wie z.B. zum Schwimmverhalten zentral: Ein flussaufwärts schwimmender Fisch orientiert sich an der Strömung und schwimmt in der Regel nahe der Gewässersohle. Er wird somit auf natürliche Weise von turbulenten Zonen angezogen. Dieses Verhalten kann man nutzen, um den Fisch anzulocken und ihn zum Einstieg in eine Fischaufstiegshilfe zu leiten. Von da an muss sich der Fisch längs eines künstlich gestalteten Wasserkorridors orientieren, bis er am Ausstieg aus der Anlage ins Oberwasser der Kraftwerksanlage gelangt. Der Aal ist in seinem Schwimmverhalten ein Sonderfall und benötigt spezielle Einrichtungen, die sich von den für die anderen Arten allgemein anwendbaren Eigenschaften stark unterscheiden.

Die Wiederherstellung der flussaufwärts gerichteten Fischwanderung bei einem künstlichen Hindernis macht den Bau eines oder mehrerer Bauwerke nötig. Das Prinzip der Fischaufstiegsanlagen besteht darin, den Fisch an einen bestimmten Ort am Fuss des Hindernisses zu locken und ihn dazu zu bewegen oder ihn sogar zu zwingen, weiter flussaufwärts zu schwimmen, indem man ihm ein dafür speziell gebautes Gewässer anbietet. Der Fischlift

ist ein Spezialfall, aber auch hier müssen die Fische den Einstieg finden und in eine Kammer gelockt werden.

Die Fischaufstiegsanlagen nützen so das natürliche Verhalten des aufwärts schwimmenden Fisches, der aktiv einen Durchgang sucht und sich dabei an der Strömung orientiert.

Je nach Art der Anlage unterscheidet man «technische» und «naturnahe» Werke. Der Erfolg des Fischaufstiegs hängt im Wesentlichen von folgenden Parametern ab:

Standort und Positionierung des Einstiegs in den Fischpass – Der Einstieg zu einem Fischpass sollte mit Vorteil direkt an einem Ufer liegen, da die wandernden Fische die Tendenz haben, in Ufernähe flussaufwärts zu schwimmen. Da der Fisch unweigerlich bis direkt ans Wanderhindernis heranschwimmt, sollte der Einstieg in die Fischaufstiegshilfe dort liegen, wo die Wanderung des Fisches blockiert wird. Bei Kraftwerken ohne Ausleitung muss der Einstieg zum Fischpass möglichst weit oben auf der Seite der Turbinen liegen. Es ist darauf zu achten, dass der Einstieg nicht in Flusszonen mit Gegenströmungen liegt, weil dort die Fische die Orientierung verlieren können. Bei grossen Wasserkraftwerken ist es oft unabdingbar, mehrere Fischpässe oder mehrere Einstiege anzulegen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Haupteinstieg des Fischpasses mit einem Sammelwerk («collection gallery») zu verbinden. Bei naturnahen Umgehungsgewässern, welche gerade in den grösseren Flusstauhaltungen in Aare und Hochrhein sehr willkommenen Ersatzlebensraum bieten, kann der Haupteinstieg meist nicht direkt beim Wanderhindernis gebaut werden. In diesem Fall ist darauf zu achten, dass das Umgehungsgewässer mit ausreichend Wasser dotiert wird und die Fische so auch weit entfernt vom Hin-

dernis entsprechend angelockt werden. Zudem braucht es direkt beim Wanderhindernis einen zweiten Einstieg, meist in einen technischen Fischpass. Der grossräumigen Positionierung der Einstiege ist bei der Planung generell eine prioritäre Bedeutung zuzumessen.

Wassermenge und Strömungsgeschwindigkeit beim Einstieg in den Fischpass – Die Funktionsfähigkeit einer Aufstiegshilfe hängt zu einem grossen Teil von ihrer Lockwirkung ab. Die Strömung, die vom Auslauf des Fischpasses ausgeht, muss vom Fisch wahrgenommen werden. Bei einem Wasserkraftwerk mit Ausleitung, bei dem die ganze Dotation über die Fischtreppe geleitet werden kann, ist das noch relativ einfach. Schwieriger ist die Situation bei einer Anlage ohne Ausleitung.

Die hydraulische Attraktivität eines Fischpasses hängt von der Bewegungsmenge im Bereich des Einstiegs ab, das heisst vom Produkt von Strömungsgeschwindigkeit und Wassermenge. Die Ausflussgeschwindigkeiten beim Einstieg in den Fischpass müssen deshalb relativ hoch sein. Andererseits ist aber darauf zu achten, dass auch schwimmschwache und juvenile Fische den Einstieg schaffen. Im Allgemeinen sollte die Ausflussgeschwindigkeit beim Einstieg zwischen 0,8 und 1,5 m/s liegen. Da die Geschwindigkeit beim Einstieg zum Fischpass nicht unendlich erhöht werden kann, sollte dessen Attraktivität durch eine erhöhte Wassermenge verbessert werden.

Im Allgemeinen wird nur ein Teil des Wassers durch die Becken des Fischpasses geführt, der Rest wird in eine separate Leitung eingespeist und in der Nähe des Einstiegs oder in den untersten Becken des Fischpasses zugeführt. Die beträchtliche Energie der Lockströmung muss dafür in einem speziell dimensionierten Becken umgewandelt werden. Die Lockströmung wird dann mit schwachem Druck durch ein feines Gitter in den Fischpass eingeführt. Eine solche Anlage stellt auch einen gleichmäs-

sigen Abfluss und geringe Fließgeschwindigkeiten (0,3–0,4 m/s) sicher, die den Durchgang des wandernden Fisches von einem Becken zum anderen nicht stören.

Die Lockströmung ist bei einem Laufkraftwerk ohne Ausleitung entscheidend, da die Wassermenge, die den Fischpass verlässt, in direkter Konkurrenz zu der turbinieren Wassermenge steht.

Damit eine genügende Attraktivität erreicht wird, muss eine Gesamtwassermenge für den Fischpass und die Lockströmung in der Grössenordnung von 1 bis 5 Prozent der effektiv turbinieren Wassermenge festgelegt werden.

Orientierung des austretenden Wasserstrahls – Grundsätzlich werden die besten Ergebnisse erzielt, wenn die Wassermasse aus dem Fischpass parallel zur Fließrichtung des Hauptabflusses eingeleitet wird. In einer solchen Situation erkennen die Fische die Lockströmung schon weit unten und können sich leicht zum Einstieg hin orientieren. Die Attraktivität nimmt mit dem Einleitungswinkel ab. Man sollte einen Winkel von 30 bis 45° zum Hauptausfluss nicht überschreiten, denn sonst wird der Strahl schnell abgeschnitten und kann von den Fischen nicht mehr auf Distanz wahrgenommen werden. Je homogener die Strömungslinien des Strahls sind, desto besser nimmt der Fisch sie wahr.

Sohlenanschluss – Beim Aufsteigen bewegen sich die Fische entlang der Gewässersohle. Es ist deshalb wichtig, zwischen dem ersten Becken (Einstieg in den Fischpass) und der Gewässersohle einen kontinuierlichen Übergang sicherzustellen (Rampe mit maximaler Neigung von 1:1,5 bis 1:2).

Hydrodynamische Bedingungen in den Becken – Der Durchwanderbarkeit des Fischpasses hängt zu einem grossen Teil von den hydrodynamischen Bedingungen in den Becken ab. Neben der Geschwindigkeit

stellt der Wert der Leistungsdichtedissipation in den Becken ein Mass für die Turbulenz dar. Diese zwei Parameter sind Schlüsselfaktoren für die Durchwanderbarkeit der Becken. In Abhängigkeit des jeweiligen Abflusses im Fischpass sollen die Länge, Breite und Tiefe der Becken so dimensioniert sein, dass eine Fließgeschwindigkeit von ca. 0,5 m/s und eine Energiedissipation von 150 W/m³ für Cypriniden oder von 200 W/m³ für Salmoniden erreicht wird. Als Faustregel gilt, dass die minimale Länge der Becken etwa dreimal so lang sein muss wie die Länge des grössten in der Fischtreppe zu erwartenden Fisches. Weiter sollte eine Beckentiefe von mindestens 0,6 m eingehalten werden.

Gestaltungstyp der Becken – Becken mit glattem Boden ohne jede Rauigkeit sind zu vermeiden. Die beste Lösung besteht darin, das Becken mit einem Substrat von mindestens 20 cm Dicke zu bedecken, das eine ähnliche Zusammensetzung wie dasjenige des Flusses aufweist. Empfehlenswert ist auch, Elemente mit grossen Korngrössen beizufügen, z. B. herausragende Steine von etwa 15–20 cm Durchmesser. In einem solchen Substrat können sowohl kleinere Fische wie auch Makroinvertebraten wandern.

Standort und Positionierung des Ausstiegs aus dem Fischpass – Der Ausstieg aus dem Fischpass (oberstes Becken) in den Fluss zurück muss in einer geeigneten und wenig turbulenten Zone liegen (Strömungsgeschwindigkeit kleiner als 1,5 m/s), damit der Fisch nicht unmittelbar nach dem Austritt aus dem Fischpass wieder nach unten getrieben wird. Von Rechen oder Turbinenöffnungen muss ein minimaler Abstand von 10 m eingehalten werden. Wie beim Einstieg ist es auch hier empfehlenswert, eine Rampe zu bauen, die bis an die Gewässersohle reicht. Schliesslich muss der Ausstieg aus dem Fischpass vor Geschwemmsel geschützt werden, damit er nicht verstopft.

Betriebsdauer des Fischpasses – Die Funktionstüchtigkeit einer Fischaufstiegshilfe muss grundsätzlich dauernd, d. h. ganzjährig während 24 Stunden, sichergestellt sein, mindestens aber während 300 Tagen/Jahr (Funktionsbereich zwischen Q_{30} und Q_{330}). Ein Unterbruch bei ausgeprägtem Niedrigwasser ($Q < Q_{30}$) und bei Hochwasser ($Q > Q_{330}$) kann hingenommen werden, da davon ausgegangen wird, dass Fische bei diesen besonderen hydrologischen Bedingungen wenig oder nicht aktiv sind.

Die Fischabwärtswanderung

Beim Abstieg hat der Fisch die Tendenz, sich mehr oder weniger passiv von der Strömung leiten zu lassen, und zwar im Allgemeinen im oberen Teil des Wassers, wobei der Kopf flussaufwärts gerichtet ist. Der Fisch zeigt also gegenüber dem Aufstieg ein völlig anderes Verhalten, was die meisten Aufstiegshilfen für den Fischabstieg unbrauchbar macht.

Grundsatz und Funktionsweise von Fischabstiegshilfen – Beim Fischabstieg werden zwei Ziele angestrebt: Einerseits geht es darum, dem Fisch die Überwindung eines Hindernisses flussabwärts zu ermöglichen, andererseits soll die Mortalität bei diesem Unterfangen minimiert werden. Je nach ihren Eigenschaften sind künstliche Hindernisse an Gewässern für den Fisch mehr oder weniger durchlässig. Stauwehre mit häufigen Überläufen ermöglichen einen gewissen Fischabstieg. Wasserfassungen mit einem Coanda-Rechen (Das Wasser sickert durch den Coanda-Rechen in die Fassung, während Feststoffe und Fische weitergeleitet werden) sichern einen permanenten und für den Fisch gefahrlosen Durchgang. Grundsätzlich muss aber davon ausgegangen werden, dass die Abwärtswanderung bei den meisten Wasserkraftwerken ein Problem darstellt und deshalb spezifische Lösungen gesucht werden müssen, um eine gefahrlosen Abstieg zu ermöglichen.



Foto: Passage 309

▲ Ein Lachs im Beobachtungsbereich der Fischtreppe Gamsheim am Oberrhein.

Oberflächenabfluss mit leichter Turbulenz und zunehmender Geschwindigkeit bewirkt. Damit sie ihre Wirkung entfalten können, müssen Auslässe eine permanente Wasserführung haben. Die Abflusshöhe im Auslass wird durch einen Schieber reguliert. Sie muss mindestens 0,40 m betragen. Sofern der Auslass optimal angelegt ist, «verschluckt» er den Fisch, ohne ihn zu verletzen. Manchmal wird eine Beleuchtung (Quecksilberdampf Lampe 50W) installiert, um die Attraktivität zu verstärken. Diese Methode kann aber die hydrodynamischen Effekte nicht ersetzen.

Der Transfer des Fisches vom Ober- ins Unterwasser im freien Fall ist im Allgemeinen nicht problematisch, solange die Wassertiefe mindestens ein Viertel der

Absturzhöhe, aber mindestens einen Meter aufweist. Die Auslässe können im Unterwasser durch Rampen, Gleiten, Rutschen oder Röhren verlängert werden. Dabei ist zu beachten, dass die Fließgeschwindigkeit in solchen Strukturen 7–8 m/s nicht überschreitet und dass der Fisch nicht durch raue oder vorstehende Oberflächen verletzt wird. Das Auslassen ins Unterwasser muss über dem Wasserspiegel im freien Fall von maximal 2,5 m erfolgen. Von einem Auslassen unter Wasser ist abzuraten, da sich der Fisch bei der starken Verlangsamung beim Eintritt ins Unterwasser verletzen könnte. ♦

Literatur

- Adam B., Schwevers U. 1998. Zur Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Verhaltensbeobachtungen an Fischen in einem Modellgerinne. *Wasser und Boden* 50 (4), 55–58.
- Asce 1995. Guidelines for Design of Intakes for Hydroelectric Plant. *American Society of Civil Engineers*, New York, 469–499.
- Bell M. 1980. General considerations for upstream fish passage facilities. In: *Analysis of environmental issues related to small scale hydroelectric deve-*

lopment II: Design considerations for passing fish upstream around dams. Hildebrand S.G. (Hrsg). *Oak Ridge National Laboratory, Environmental Sciences Division, Oake Ridge, Tennessee*. No. 1567, 47–62.

- Courret D., Larinier M. 2008. Guide pour la conception de prises d'eau «ichtyocompatibles» pour les petites centrales hydroélectriques. *Rapport GHAAPPE*. 72 p.
- Dumont U., Anderer P., Schwevers U. 2005. Handbuch Querbauwerke. *Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf*, 212 S.
- DWA 2010. Merkblatt DWA-M 509. Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung (Entwurf).
- Gosset C., Travade F. 1999. Etudes de dispositifs d'aide à la migration de dévalaison des salmonidés: barrières comportementales ? *Cybiuim*, 23(1), 45–66.
- Höfer R., Riedmüller U. 1996. Fischschäden bei Salmoniden durch Turbinen von Wasserkraftanlagen. *Studie im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg*. 81 S. + Anhang.
- Larinier M. 2002. Location of fishways. *Bulletin français de la pisciculture* 364 (supplement), 39–53.
- Larinier M. 2008. Fish passage experience at small-scale hydroelectric power plants in France. *Hydrobiologia* 609, 97–108.



Dr. Daniel Hefti,

Biologe, Dr. Biologe, arbeitet seit 1989 beim Bafu im Bereich Gewässerökologie, Fischerei und

aquatische Fauna. Autor der Bafu-Publikation: Wiederherstellung der Fischauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken - Checkliste Best practice.

Dr. Daniel Hefti

Bundesamt für Umwelt Bafu
Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften
CH-3003 Bern
daniel.hefti@bafu.admin.ch