

Überlegungen zur Gestaltung von Einstiegen in Fischaufstiegsanlagen

Stephan Heimerl
Marq Redeker
Roman Weichert

Im Rahmen der Planung einer Pilotanlage zur Untersuchung von Fragestellungen an Fischaufstiegsanlagen wurden innovative Lösungen im Zusammenhang mit der Auffindbarkeit der Anlage entwickelt. Diese werden mit Hilfe von Versuchen im gegenständlichen Modell sowie numerischer Simulationen an der Bundesanstalt für Wasserbau näher betrachtet, um zum einen konkrete Lösungen für die anstehenden Projekte zu finden und zum anderen generelle Baukastenlösungen zur Übertragung an andere Standorte zu entwickeln.

Stichworte: Fischaufstiegsanlage, Auffindbarkeit, Einstieg, Dotation, Leitströmung

1 Einleitung

Fischaufstiegsanlagen (FAA) werden weltweit seit über 300 Jahren und in deutschen Gewässern seit mehr als 130 Jahren an Querbauwerken und natürlichen Barrieren errichtet, um die stromaufwärts gerichtete Passage von Fischen und aquatischen Wirbellosen sicherzustellen.

In Anlehnung an die Definitionen von *Clay (1995)* und *Thorncraft & Harris (2000)* verstehen wir heute unter funktionsfähigen FAA prinzipiell Wasserwege bzw. Wanderkorridore, die von Fischen über einen möglichst großen Zeitraum des Jahres weitgehend ohne Zeit- und damit Energieverlust auffindbar, sowie ohne vermeidbaren Stress gefahrlos bis in das Oberwasser des Wanderhindernisses passierbar sind.

1.1 Planungspraxis nach Merkblatt DWA-M 509

Folgende Hauptfaktoren bedingen die Effektivität und Effizienz von Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbaren Bauwerken:

- Auffindbarkeit
- Passierbarkeit
- Betriebsdauer/ -zeit

Für die Funktionsfähigkeit kommt der Auffindbarkeit der FAA die Schlüsselrolle zu. Dies wurde bereits von *Gerhardt (1904)* dokumentiert: „Von der größten Wichtigkeit bei der Anlage eines Fischweges ist die Lage und Beschaffenheit der unteren Ausmündung. Es sind nämlich bei jedem Fischwege zwei Aufgaben zu lösen: die erste ist die, den Fisch in den Weg hineinzubringen, die zweite, ihn darin aufwärts zu führen. Die erste Aufgabe ist wichtiger als die zweite, denn von ihrem Gelingen hängt der Erfolg der zweiten ab. Sie ist außerdem auch viel schwieriger, weil bei ihrer Lösung auf die Gewohnheiten der Fische sorgfältig Rücksicht genommen werden muß. Der Wert dieser Aufgabe wird meist unterschätzt, und hierin gerade ist die Erklärung dafür zu suchen, daß so viele Fischwege erbaut sind, die keinen Erfolg haben.“

Das Merkblatt DWA-M 509 (*DWA, 2014*) repräsentiert den Stand des Wissens und der Technik zur korrekten Planung, baulichen Ausführung und dem Betrieb von FAA und fischpassierbaren Bauwerken. Eine Präzisierung einzelner für die Bundeswasserstraßen relevanter Aspekte ist in der Arbeitshilfe zur Planung und Bau von Fischaufstiegsanlagen der Bundesanstalten für Wasserbau (BAW) und Gewässerkunde (BfG) aufgeführt (*BAW/BfG, 2015*). Folgende wesentliche Einzelfaktoren der Auffindbarkeit sind in beiden Dokumenten konkret beschrieben:

- Großräumige Anordnung der FAA im Gewässer bzw. am Standort unter Berücksichtigung der Nutzung.
- Wahrnehmbarkeit der aus der FAA austretenden Leitströmung bezüglich Fließgeschwindigkeit, Abfluss und Eintrittswinkel.
- Kleinräumige Positionierung des Einstiegs der FAA und damit die Einbindung in das Unterwasser des Wanderhindernisses.
- Gestaltung des Einstiegs, z. B. Anpassung an schwankende Unterwasserstände und Anbindung an die Gewässersohle.

Die Empfehlungen im Merkblatt DWA-M 509 stellen einen Maßstab für ein einwandfreies technisches Verhalten dar. Allerdings kann das Merkblatt nicht alle Sonderfälle abdecken. Ferner gibt es Kenntnislücken bei gewissen Aspekten.

1.2 Forschungsbedarf

Insbesondere bei der Projektierung von FAA an Querbauwerken an großen Fließgewässern mit entsprechend hohen Abflüssen, großen Gewässerbreiten sowie komplexen Strukturen und Strömungsverhältnissen ist das Wissen über das Verhalten verschiedener Fischarten in solchen Situationen sowie die darauf ausgerichtete Ausgestaltung der Einstiegsbereiche von FAA noch unzureichend.

Prinzipiell ist z. B. bekannt, dass die Auffindbarkeit einer FAA umso besser ist, je höher der Leitstrom im Verhältnis zum Gesamt- bzw. Konkurrenzabfluss im

Gewässer ist. International gibt es jedoch nur wenige Empfehlungen zur Dotation von FAA (Redeker, 2012). Europäische Richtlinien und das DWA-M 509 empfehlen i. W. die Orientierungswerte von Larinier et al. (1994). Bei allen vorliegenden Angaben handelt es sich jedoch um Richtwerte mit gewissen Bandbreiten. Aus diesem Grund wurden im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) von BAW/BfG Untersuchungen für den Standort Lauffen am Neckar durchgeführt, die zum Ziel hatten, die erforderliche Dotationsmenge für den Standort zu präzisieren. Aufgrund des großen Aufwands solcher Studien wurden die Untersuchungsergebnisse in Weichert et al. (2013) so beschrieben, dass sie auch für andere Standorte zur Anwendung kommen können. So wurde u. a. festgelegt, dass der Einstiegsquerschnitt von FAA an Bundeswasserstraßen so zu dimensionieren ist, dass für den Bemessungsfall Q_{330} der Gesamtabfluss der FAA im Einstiegsbereich 5 % des tatsächlichen Abflusses der FAA-nahen Turbine betragen soll. Es ist zu beachten, dass die Übertragbarkeit der Ergebnisse vom Neckar für jeden Standort einzeln zu prüfen ist. Des Weiteren ist die Frage der Einstiegsgestaltung zusammen mit der erforderlichen Dotationswassermenge ein zentraler Baustein im Forschungsprogramm von BAW/BfG.

Weitere aktuelle Fragstellungen sind z. B.:

- Herausforderungen an Wasserkraftanlagen im Bereich des Saugrohres mit dem daran i. d. R. anschließenden Krafthausgebäude;
- Lage/Platzierung von mehreren Einstiegen in Fischaufstiegsanlagen;
- Hydraulische Herausforderungen bei Zudotationen (mittels Bypassleitungen oder Dotationsturbinen) zur Gewährleistung einer gleichförmigen Leitströmung bei unterschiedlichen/schwankenden Unterwasserständen;
- Ausgestaltung der Sohlenanschlüsse.

1.3 Grundsätzliches Untersuchungskonzept

Das Konzept von BAW/BfG zur Untersuchung offener Fragen im Kontext der Fischaufstiegsanlagen ist mehrstufig. Das tatsächliche Fischverhalten an einer FAA kann erst nach deren Realisierung in Naturversuchen betrachtet werden. Um Forschung an einer FAA durchführen zu können, sind von Seiten der jeweiligen Planer in der Regel besondere bauliche Anforderungen in der Planung zu berücksichtigen. Der vorliegende Beitrag verdeutlicht, dass diese Anforderungen mit Herausforderungen einhergehen, die häufig in speziellen, innovativen Lösungen münden. Weiterhin sind die Planungen für eine Pilotanlage von einem Zusammenspiel zwischen dem aufgrund der individuellen Randbedingungen des Standorts Umsetzbaren und dem für das F&E Erforderlichen geprägt, was eine enge Zusammenarbeit zwischen den Planern und BAW/BfG bedingt.

Aufgrund des hohen Aufwands der vorgesehenen Naturuntersuchungen an den Pilotanlagen und der Tatsache, dass die Möglichkeiten, an einer realisierten Anlage verschiedene bauliche Varianten zu testen, begrenzt sind, werden ausgewählte Planungsansätze vorab in numerischen und gegenständlichen Modellen untersucht. Die Bewertung der in den Modellen untersuchten Varianten erfolgt dabei auf der Grundlage hydraulischer Kenngrößen, die fischbiologisch interpretiert werden. Weiterhin sind vor der Realisierung der Pilotanlagen ethohydraulische Untersuchungen geplant, bei denen einzelne Aspekte des Fischverhaltens im Labor gezielt untersucht werden können.

2 Entwicklung eines neuartigen Fischpasseinstiegs

Im Rahmen der Planung von einigen größeren Fischaufstiegsanlagen wurden zur Lösung vorgenannter sowie weiterer Fragestellungen einige innovative Konzepte entwickelt, die nachstehend exemplarisch kurz vorgestellt werden.

An Stauanlagen mit Wasserkraftanlagen herrschen unterwasserseitig im Bereich des Saugrohres nicht selten enge Platzverhältnisse, schwierige Topografien und/oder wasserbauliche Anlagen (z. B. Ufermauern, rückverankerte Spundwände u. dgl.) vor. Diese erschweren die Anordnung eines FAA-Einstiegs, der aufgrund der Turbinenströmung i. d. R. in diesem Bereich zu platzieren ist. Um den Leitstrom der FAA möglichst parallel zum Stromstrich einmünden zu lassen, sind dann i. d. R. 90°- oder 180°-Wendungen des Einstiegs erforderlich. Zusätzlich herausfordernd ist eine Zudotation im Einstiegsbereich zur Gewährleistung eines ausreichenden Leitstroms, insbesondere wenn die Dotation ein Mehrfaches des eigentlichen FAA-Abflusses beträgt. Zudem muss ein Regulierorgan im Einstiegsbereich dann angeordnet werden, wenn bei den üblicherweise vorherrschenden Unterwasserstandschwankungen eine weitgehend konstante Leitströmungsgeschwindigkeit über die gesamte Betriebsdauer zwischen UW_{30} und UW_{330} gefordert wird, wie dies bei den Pilotstandorten vorgesehen ist.

Vor dem Hintergrund solch komplexer Randbedingungen entwickelten die Autoren als Planer (ARGE Fichtner Water & Transportation GmbH und ARCADIS Deutschland GmbH) und als Fachberater (BAW/BfG) für eine geplante F&E-Fischaufstiegsanlage (Pilotstandort) in Wallstadt an der Bundeswasserstraße Main eine Lösungsvariante, bei der die vorgesehene Zudotation i. H. v. $\leq 6,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (max. 8-fache des FAA-Betriebsabflusses) über einen Gleichrichter und Horizontalfeinrechen in einem flachen Winkel seitlich in einen FAA-Einstiegskanal zugeführt werden wird, dessen Querschnitt sich zum Einstieg hin kontinuierlich vergrößert (Abbildung 1). Zur Minimierung hydraulischer Verluste ist als Regulierorgan ein Tor (mit der Strömung öffnend) vorgesehen, welches

vor der 180°-Wendung ins Unterwasser angeordnet wird (eine 90°-Variante ist analog realisierbar und kommt bei einem weiteren Einstieg eventuell zum Einsatz). Dessen Öffnungsquerschnitt ist in Abhängigkeit von Leitströmung (Abfluss und/oder Geschwindigkeit) und Unterwasserstand variabel einstellbar, so dass sich im Einstieg ein möglichst gleichförmiger Leitstrom ausbildet. Unmittelbar am Einstieg kann zusätzlich ein Revisionsverschluss angeordnet werden.

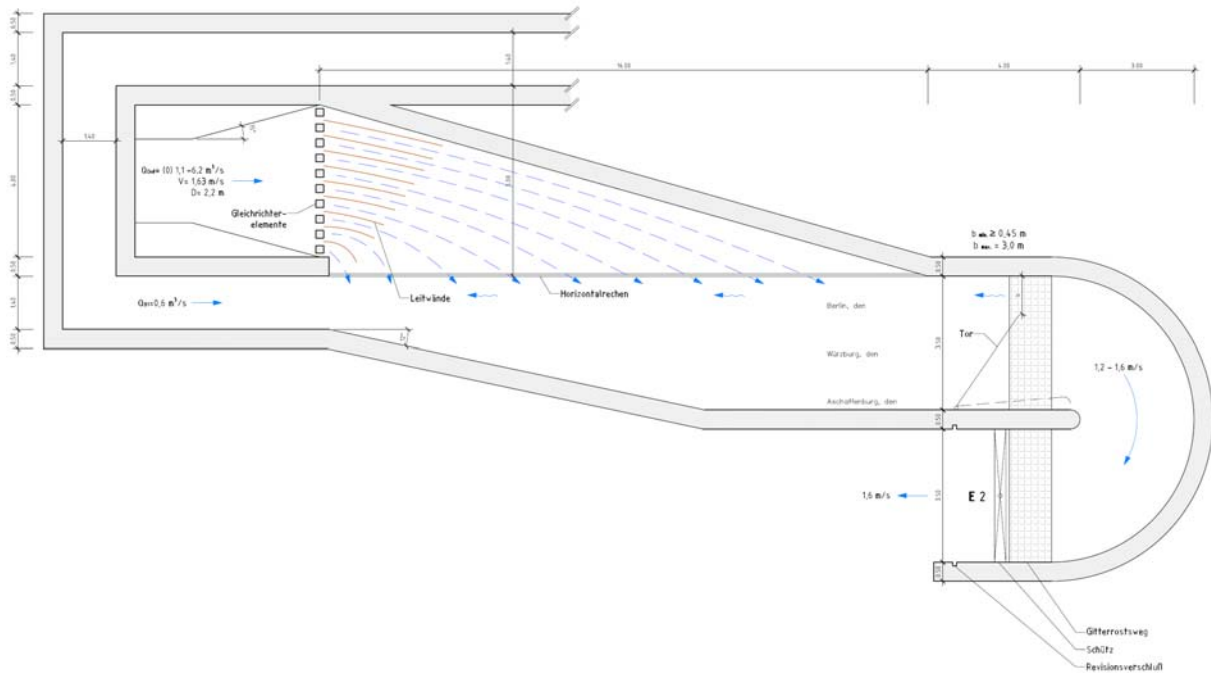


Abbildung 1: Skizze eines neuartigen Einstiegs in eine Fischaufstiegsanlage (Quelle: ARGE)

Vorstehend beschriebenes Konzept wird nunmehr mit seinen einzelnen Elementen im Rahmen hydraulischer Untersuchungen sowohl im gegenständlichen wie auch im numerischen Modell in der BAW betrachtet, um zum einen konkrete Lösungen für die anstehenden Projekte zu finden und zum anderen generelle Baukastenlösungen zur Übertragung an andere Standorte zu entwickeln.

3 Untersuchungen zur Einstiegsgestaltung

Für die Untersuchung offener Fragestellungen im Einstiegsbereich einer Fischaufstiegsanlage existiert an der BAW ein gegenständliches Modell im Maßstab 1:5. Neben der Möglichkeit verschiedene Fragestellungen der Passierbarkeit an diesem Modell zu betrachten, liegt ein Schwerpunkt in der Untersuchung der Zugabe des Dotationswassers in die FAA und der Beschreibung der Strömung im Umlenkbereich. Da an vielen Standorten Dotationswassermengen erforderlich sind, die weit größer sind als der eigentliche Abfluss in der FAA, muss da-

bei die Zugabe so erfolgen, dass Fische nicht fehlgeleitet werden, sondern möglichst verzögerungsfrei den Dotationsbereich passieren.

Eine Konstruktionszeichnung des Labormodells mit den Außenmaßen 4,5 m x 11,0 m ist in Abbildung 2 dargestellt. In einem ersten Schritt wird die Geometrie gemäß Abbildung 1 im Modell realisiert. Das Modell ist dabei so konzipiert, dass Anpassungen in der Geometrie der Einbauten mit vergleichsweise wenig Aufwand möglich sind.

Verschiedene Wasserzuleitungen erlauben eine Zugabe von bis zu maximal 500 l/s in das Modell. Die wesentlichen Messgrößen für die fischbiologische Bewertung der zu untersuchenden baulichen Varianten sind Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten. Die Wasserspiegellagen werden mit Hilfe von Ultraschallsensoren an ausgewählten Stellen im Modell erfasst. Die Strömungsgeschwindigkeiten werden mittels ADV-Sonden aufgenommen, ein je nach Fragestellung anpassbares Messraster kann dabei über eine Traversierung automatisiert angefahren werden.

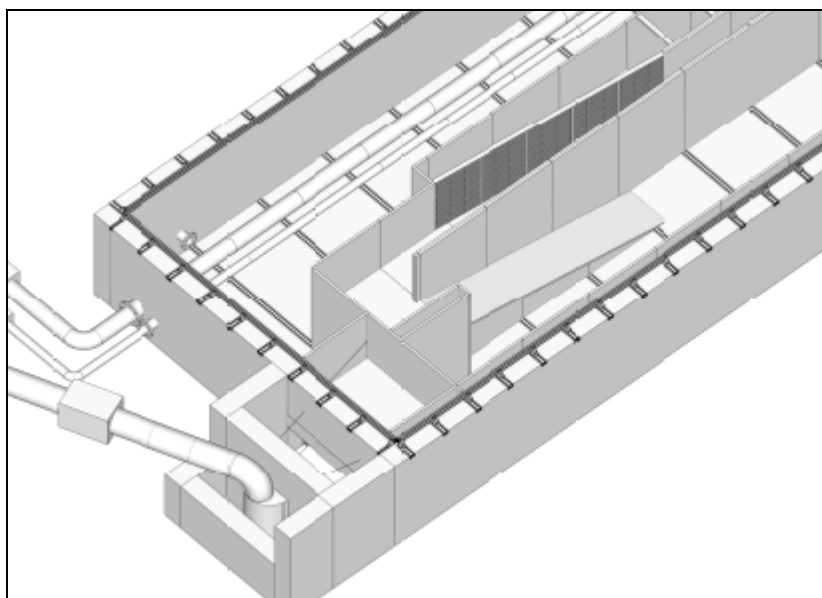


Abbildung 2: Konstruktionskizze des gegenständlichen Modells (Maßstab 1:5) zur Untersuchung des Einstiegsbereichs einer Fischaufstiegsanlage (Quelle: BAW)

Die gegenständlichen Modelluntersuchungen werden durch umfangreiche dreidimensionale numerische Modellierungen begleitet. Hintergrund für dieses Vorgehen ist das Bestreben, die an der BAW eingesetzten numerischen Modellverfahren für verschiedene Fragestellungen zu validieren. Eine gute Reproduktion der im gegenständlichen Modell vermessenen Strömungsfelder stärkt das Vertrauen in die numerischen Modelle und ermöglicht es, ähnliche Fragestellungen an anderen Anlagen mit oft standortspezifischen Herausforderungen numerisch zu untersuchen. Für die hier vorgestellten Untersuchungen kommt das Verfahren

OpenFoam zum Einsatz. Ein exemplarisches Bild der zurzeit laufenden Voruntersuchungen ist in Abbildung 3 dargestellt. Das Bild zeigt den Ausschnitt des numerischen Modells, bestehend aus Unterwasser, Umlenkbecken im Einstiegsbereich, den Bereich der Fischaufstiegsanlage, in den die Dotationswassermenge eingeleitet wird sowie den darüber liegenden Abschnitt des Fischpasses. Als Ergebnis ist der Geschwindigkeitsbetrag an der Wasseroberfläche dargestellt. Die Zudotation, im Beispiel die doppelte Menge des Basisabflusses aus dem Fischpass, wird über die schräge Fläche gleichmäßig zugegeben. Für den Unterwasserbereich existiert im gezeigten Beispiel keine Konkurrenzströmung aus dem Kraftwerk. Weitere Voruntersuchungen folgen, um den Einfluss verschiedener numerischer Randbedingungen zu testen, bevor die eigentlichen Untersuchungen für die im gegenständlichen Modell realisierte Variante durchgeführt werden.

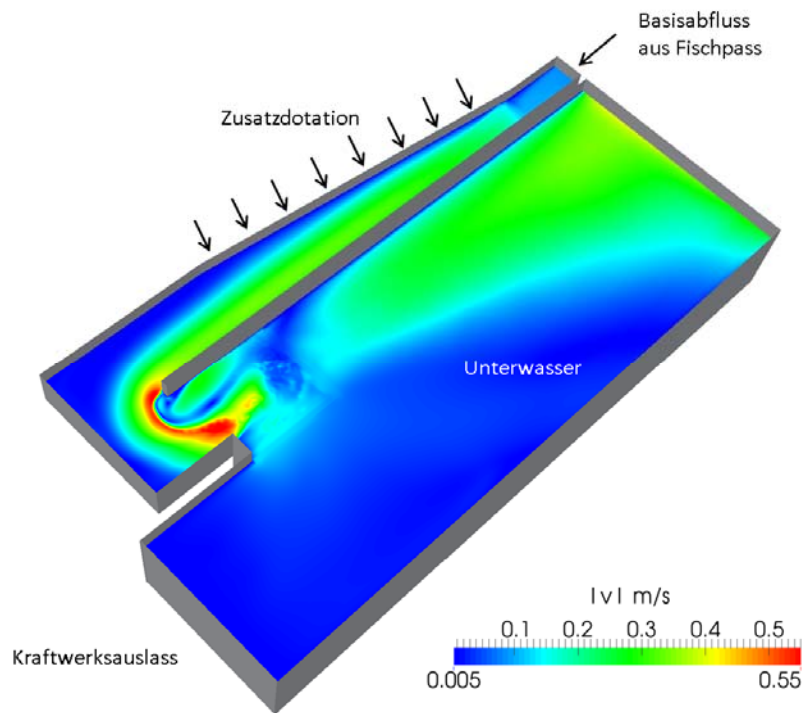


Abbildung 3: Beispiel aus numerischen Voruntersuchungen zum Thema Einstiegsbereich einer Fischaufstiegsanlage (Quelle: BAW)

4 Ausblick

Das Forschungskonzept von BAW/BfG verfolgt die Zielstellung, Wissensdefizite bezüglich der Gewährleistung der ökologischen Durchgängigkeit insbesondere

re an großen Fließgewässern zu beheben. Grundsätzlich drehen sich dabei eine Vielzahl offener Fragen um

- Grundlagen zum Fischverhalten unter speziellen hydraulischen Bedingungen sowie
- die Eignung technischer Methoden zur Gewährleistung der Fischwanderung.

In einer ersten Stufe wird mittels hydraulischer und ethohydraulischer Untersuchungen und Modellierungen der aktuelle Kenntnisstand bewertet und weiterentwickelt. Explorative Untersuchungen an speziell errichteten Pilotanlagen, Studien zum Fischverhalten und die parallele Erfassung abiotischer Parameter bilden die zweite Stufe des Forschungskonzepts.

Die Beantwortung der o. g. Fragen unter Einbeziehung der Planer der ARGE setzt ein umfassendes interdisziplinäres Verständnis von Wasserbau und Biologie/Ökologie von Fischen voraus. Durch innovative Konzepte und Untersuchungen, wie vorstehend vorgestellt, werden weiteren Schritte hin zu gesamtheitlichen Lösungen entwickelt.

5 Literatur

- BAW/BfG (2015): Arbeitshilfe Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen (AH FAA), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
- Clay, C. (1995): Design of fishways and other fish facilities. 2nd Edition, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida (USA), 248 S.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2014): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Merkblatt DWA-M 509, Mai 2014
- Gerhardt, P. (1904): Fischwege und Fischteiche - die Arbeiten des Ingenieurs zum Nutzen der Fischerei. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig
- Larinier, M.; Porcher, J. P.; Travade, F. & C. Gosset (1994): Passes à poissons - Expertises et conception des ouvrages de franchissement. Collection „Mise au point“, Conseil Supérieur de la Pêche, Paris, Frankreich, 336 p.
- Redeker, M. (2012): Anforderungen an die Auffindbarkeit nach deutschen und internationalen Regelwerken. In: BAW und BfG „Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit. Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen - Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze“, Karlsruhe, S. 13 ff.
- Thorncraft, G. & J. H. Harris (2000): Fish Passage and Fishways in New South Wales: A Status Report. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Technical Report 1/2000, May 2000
- Weichert, R.; Kampke, W.; Deutsch, L. & M. Scholten (2013): Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern. Wasserwirtschaft 1/2 2013, S. 33 - 38

Autoren:

Dr.-Ing. Stephan Heimerl

Fichtner Water & Transportation GmbH
Sarweystr. 3
70191 Stuttgart

Tel.: +49-711/8995-737
Fax: +49-711/8995-666
E-Mail: stephan.heimerl@fwt.fichtner.de

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Marq Redeker

ARCADIS Deutschland GmbH
Johannisstraße 60-64
50668 Köln

Tel.: +49 221 89006-19
Fax: +49 221 89006-60
E-Mail: m.redeker@arcadis.de

Dr. sc. techn. Roman Weichert

Bundesanstalt für Wasserbau
Kussmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Tel.: +49 0721 9726-2660
Fax: +49 0721 9726-2610
E-Mail: roman.weichert@baw.de