

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

## **Weichert, Roman; Heneka, Patrick; Henning, Martin; Mahl, Lena Qualitätssicherung bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen - Berücksichtigung von Unsicherheiten am Beispiel der Leitströmung**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102329>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Weichert, Roman; Heneka, Patrick; Henning, Martin; Mahl, Lena (2016): Qualitätssicherung bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen - Berücksichtigung von Unsicherheiten am Beispiel der Leitströmung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau; Bundesanstalt für Gewässerkunde. S. 45-54.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



## **Qualitätssicherung bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen - Berücksichtigung von Unsicherheiten am Beispiel der Leitströmung**

Dr. sc. techn. Roman Weichert, Bundesanstalt für Wasserbau

Dr.-Ing. Patrick Heneka, Bundesanstalt für Wasserbau

Dr.-Ing. Martin Henning, Bundesanstalt für Wasserbau

Dr.-Ing. Lena Mahl, Bundesanstalt für Wasserbau

### **Einleitung**

Die Planung von Fischaufstiegsanlagen erfolgt in Deutschland in der Regel nach den anerkannten Richtlinien des DWA-Merkblatts M509 (DWA 2014). Diese Richtlinien werden an den großen Fließgewässern ergänzt um die Empfehlungen der Arbeitshilfe Fischaufstiegsanlagen der Bundesanstalt für Wasserbau und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BAW/BfG 2015). Gemäß DWA (2014) kann von einer Funktionsfähigkeit einer Fischaufstiegsanlage ausgegangen werden, wenn die Bemessungskriterien gemäß Merkblatt eingehalten sind. Diese Aussage stellt aufgrund einer Reihe offener Fragen grundsätzlich eine starke Vereinfachung der komplexen Wirkzusammenhänge an einer Fischaufstiegsanlage dar. Im Kontext der Bewertung einer Planung in einem Genehmigungsverfahren bzw. der Investitionssicherheit eines Vorhabenträgers ist das in DWA (2014) vorgeschlagene Vorgehen trotzdem als sinnvoll zu bezeichnen, da die Alternative, aufgrund von Wissenslücken keine Fischaufstiegsanlagen zu bauen, wenig zielführend ist und die Praxis zeigt, dass Fischaufstiegsanlagen, die nach dem Standard des DWA-Merkblatts errichtet werden, von Fischen angenommen werden.

Der vorliegende Artikel leistet einen Beitrag zum Umgang mit Unsicherheiten, die bei der Planung einer Fischaufstiegsanlage auftreten. Es wird dabei ausschließlich auf das Thema der Auffindbarkeit eingegangen. Auch im Kontext des generellen Wanderverhaltens und der Passierbarkeit bestehen wesentliche Unsicherheiten, mit denen umgegangen werden muss. Beispiele sind z.B. das Abreißen des durch rheotaktische Geschwindigkeiten definierten Wanderkorridors im Oberwasser einer Fischaufstiegsanlage oder die Durchwanderbarkeit von Dotationsbecken.

### **Unsicherheit und Risiko**

Unsicherheiten können in zwei Klassen unterteilt werden (z.B. Merz und Thieken 2005, Dangen-dorf et al. 2012): Unsicherheiten, die aus der natürlichen Variabilität eines Prozesses resultieren (aleatorische Unsicherheiten – nachfolgend als Typ 1 bezeichnet) lassen sich weder vermeiden noch reduzieren. Demgegenüber stehen Unsicherheiten, die aus unvollständigem Wissen, bzw. der partiellen Unkenntnis über einen Prozess resultieren (epistemische Unsicherheiten – nachfolgend als Typ 2 bezeichnet). Diese Art der Unsicherheiten lässt sich vom Menschen beeinflussen, d.h. Wissens- oder Informationszuwachs reduziert die Unsicherheit.

Bei der Planung einer Fischeaufstiegsanlage spielen grundsätzlich beide Klassen von Unsicherheiten eine Rolle. Die Berücksichtigung der natürlichen Variabilität eines relevanten Prozesses in einer Planung ist möglich, wenn sich der Prozess z. B. durch Messungen über einen hinreichend langen Zeitraum beschreiben lässt und die entsprechenden Daten vorliegen. Für die Unsicherheiten des Typs 2 besteht im Rahmen einer Planung die Möglichkeit, sich für einen Standort z.B. über Naturuntersuchungen, gegenständliche und numerische Modelle (z.B. Musall 2008, Heinzelmann et al. 2013, Heinzelmann und Gisen 2013, Fiedler 2016) oder sogar ethohydraulische Versuche (z. B. Hoffmann und Böckmann 2015, Schütz 2016) zusätzliche Informationen zu generieren. Dieses ist mit Aufwand verbunden, kann jedoch zu einer Reduktion der Unsicherheiten am Standort und damit zu mehr Planungs- und Investitionssicherheit führen.

Trotz aller bestehenden Möglichkeiten offene Fragen im Rahmen der Planung vertieft zu begegnen, verbleiben Unsicherheiten für die Funktionsfähigkeit der Anlage. Diesen Unsicherheiten, die sich sowohl dem Typ 1 wie auch dem Typ 2 zuordnen lassen, kann man zumindest teilweise durch Untersuchungen an der realisierten Anlage begegnen, indem die Funktionsfähigkeit eines Aspektes detailliert betrachtet wird und bei negativen Ergebnissen baulich umgerüstet wird. Dieses Vorgehen wird als adaptives Management bezeichnet und ist z.B. an US-amerikanischen Anlagen durchaus üblich (Nestler et al. 2012).

BAW und BfG planen das Verhalten der Fische an ausgewählten Pilotanlagen zu untersuchen. Ziel dieser Analysen ist neben den Erkenntnissen für den konkreten Standort, das Wissen über die Interaktion von Hydraulik und Fischverhalten zu verbessern, um so bestehende Bemessungskriterien zu verifizieren bzw. zu erweitern.

Neben den Unsicherheiten spielt der Begriff des Risikos eine wesentliche Rolle. Als Risiko wird die Auswirkung der Unsicherheit auf den Grad der Zielerreichung bezeichnet. In der Planungspraxis spielt der Umgang mit Risiken eine große Rolle, ist jedoch aufgrund mangelnder Informationen über die Wirkzusammenhänge an einer Fischeaufstiegsanlage ein schwieriges Feld, wie nachfolgendes Beispiel zeigen soll: Gemäß den Empfehlungen des DWA (2014) sollte der Einstieg einer Fischeaufstiegsanlage „unmittelbar am Querbauwerk platziert werden“. An vielen Standorten ist die exakte Erfüllung dieser Vorgabe (d.h. Einstieg liegt direkt am Querbauwerk) schwierig und kostenintensiv. Aus diesem Grund tritt häufig die Frage auf: „Wie nah ist nah genug?“ oder „Ist ein Mehraufwand gerechtfertigt, wenn ich dadurch um eine bestimmte Distanz näher an das Querbauwerk komme?“ Letztendlich handelt es sich also um Planungsfragen, die eine Risikobewertung erfordern, wobei Unkenntnis über die Unsicherheit („Ab welcher Distanz vom Querbauwerk gibt es einen Einfluss auf die Auffindbarkeit der Anlage?“, „Wie stark ist die Abhängigkeit des Abstands zum Querbauwerk zur Auffindbarkeit der Anlage generell?“) sowie die Ermittlung eines hinreichenden Grads der Zielerreichung grundlegende Schwierigkeiten im Umgang mit dem Risiko darstellen.

## **Unsicherheiten im Kontext der Auffindbarkeit**

Gemäß DWA (2014) sind folgende Aspekte zu berücksichtigen, um die Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage unabhängig von Abfluss- und Wasserspiegelschwankungen zu gewährleisten:

- Ausbildung einer Leitströmung im Nahbereich des Querbauwerks mit dem Ziel, einen unterbrechungsfreien Wanderkorridor zwischen dem Unterwasser eines Querbauwerks und einer Aufstiegsanlage herzustellen,
- Korrekte Position des Einstiegs in die Fischaufstiegsanlage,
- Korrekte Ausgestaltung des Einstiegs der Fischaufstiegsanlage.

Grundsätzlich gilt, dass die Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage dann als gegeben angesehen wird, wenn die aufstiegswilligen Fische den Einstieg ohne Verzögerung finden. Aus dieser Formulierung lassen sich drei Themenfelder ableiten, die bei der Betrachtung eines einzelnen, im Unterwasser einer Stauanlage schwimmenden Fisches zu berücksichtigen sind: Motivation zur Aufwanderung sowie Orientierung und Leistungsvermögen des Fisches. Ist die grundsätzliche Motivation zum Aufstieg gegeben, ist es entscheidend, dass Bedingungen vorliegen, die eine Orientierung des Fisches hin zum Einstieg der Anlage ermöglichen und Quellen, die zur Desorientierung der Fische beitragen, vermieden werden. Die Erfüllung dieser Forderung allein reicht jedoch nicht aus, denn erst, wenn der Wanderkorridor für den Fisch auch durchschwimmbar ist, d.h. mit seiner aktuellen Leistungsfähigkeit zu bewältigen ist, kann von einer gegebenen Auffindbarkeit gesprochen werden.

Bei der obigen Definition wurde von Motivation, Orientierung und Leistungsvermögen des einzelnen im Unterwasser einer Stauanlage schwimmenden Fisches ausgegangen. Da die Untersuchung der Motivation eines einzelnen Fisches und der damit verbundenen Interaktion mit dessen Orientierung und Leistungsvermögen grundsätzlich problematisch ist, werden meist verallgemeinerte Erkenntnisse zu den relevanten Fischarten (und Altersstadien) genutzt (s. Wey 2016). Auch wenn dieser verallgemeinernde Schritt ein gewisses Maß an Unsicherheit in den Planungsprozess bringt (Typ 1), so lassen die vorhandenen Kenntnisse über das Verhalten einzelner Fischarten und deren Ableitung in Bemessungskriterien nach DWA (2014) den Schluss zu, dass die Funktionsfähigkeit einer nach diesen Standards bemessenen Fischaufstiegsanlage wahrscheinlich ist. Nachfolgend werden die genannten Themenfelder mit den Bemessungskriterien nach DWA (2014) und den dazugehörigen Unsicherheiten verknüpft.

### **Motivation**

Die mit der Motivation der Fische verbundenen Unsicherheiten sind eher vom oben definierten Typ 1, d. h. kaum durch den Menschen beeinflussbar. So spielt beispielsweise für den Wandertrieb der Fische die Wassertemperatur eine entscheidende Rolle oder auch ob sich im Bereich des Einstiegs zur Fischaufstiegsanlage Prädatoren aufhalten.

Die Kenntnis darüber, wie viele der in einem Unterwasser anstehenden Fische tatsächlich aufsteigen wollen, ist insbesondere für die Bewertung der Auffindbarkeit an einem Standort ein relevanter, wenn auch schwer zu bestimmender Faktor. Für die Planung hingegen ist die Aussage, dass ganzjährig von wanderwilligen Tieren ausgegangen werden muss, im Sinne der oben beschriebenen Verallgemeinerung vom Individuum auf Fischarten, zunächst hinreichend.

Das Kriterium, dass eine Fischeaufstiegsanlage für Abflüsse bzw. Wasserstände zwischen den Werten  $Q_{30}/W_{30}$  und  $Q_{330}/W_{330}$  zu bemessen ist, hat keine Verknüpfung zur Motivation zur Aufwanderung der Fische, sondern stellt vielmehr ein Kompromiss dar zwischen „biologischer Notwendigkeit und technischer Machbarkeit“ (DWA 2014).

### **Orientierung**

Die wesentlichen Bemessungskriterien, die dem Themenfeld Orientierung zugeordnet werden können, beziehen sich auf die drei miteinander verknüpften Aspekte der richtigen Position und Ausgestaltung des Einstiegs sowie der Ausbildung einer Leitströmung im Nahfeld des Querbauwerks. Der Einstieg einer Fischeaufstiegsanlage ist direkt am Querbauwerk bevorzugt am Ufer vorzusehen. Die Mindestbreite und -höhe der Öffnung richten sich nach den Abmessungen der zu berücksichtigenden Fischarten, wobei dem Schwarmverhalten der Fische Rechnung getragen werden soll. Weiterhin ist ein Sohlanschluss für bodenorientierte Arten wichtig und der Einstieg soll, wenn möglich, in Strömungsrichtung orientiert sein (DWA 2014). Es sei darauf hingewiesen, dass in der Fachgemeinde auch andere Meinungen präsent sind, nämlich den Einstieg dort zu platzieren, wo zu hohen Fließgeschwindigkeiten einer Weiterwanderung im Fluss ausschließen - im Zweifel auch weit unterhalb des Querbauwerks. Bei dieser Bemessungsphilosophie ist jedoch die stark unterschiedliche Leistungsfähigkeit der verschiedenen zu berücksichtigenden Arten problematisch. Die konsequente Ableitung dieser Idee in Planungsvorgaben würde in einer großen Anzahl an Einstiegen münden.

Die Unsicherheiten, die mit der Platzierung und Ausgestaltung des Einstiegs verbunden sind, sind primär dem Typ 2 zuzuordnen, d.h. wären durch zusätzliche Untersuchungen reduzierbar. Neben rein hydraulischen Analysen, die mit der Leistungsfähigkeit der zu betrachtenden Fischarten verknüpft werden, kommen grundsätzlich auch ethohydraulische Versuche oder Beobachtungen im Feld (z.B. wo sich Fische aufhalten) in Frage, wobei diese Methoden für einen einzelnen Standort mit einem sehr hohen Aufwand verbunden sind. Es sei darauf hingewiesen, dass bei Untersuchungen zum Thema Leitströmung/Dotationswassermenge, die Fragen der Position und Ausgestaltung eines Einstiegs zwangsläufig mit betrachtet werden, wobei in der Regel zunächst von den konkreten Vorgaben des DWA (2014) ausgegangen wird und eher die Dotationswassermenge die variable Größe darstellt.

Als Bedingung für eine ausreichend dimensionierte Leitströmung wird gefordert, dass „in allen Abschnitten des Wanderkorridors die geometrischen Anforderungen an Wassertiefe und Breite zu erfüllen sind, damit adulte Exemplare auch der größten Arten der autochthonen Fischfauna gemäß

ihres artspezifischen Schwimmverhaltens manövrieren können“ (DWA 2014). Aufgrund der engen Verknüpfung mit den im Wanderkorridor herrschenden Geschwindigkeiten wird das Thema Leitströmung im folgenden Abschnitt aufgegriffen.

### **Leistungsvermögen**

Neben den Abmessungen des Wanderkorridors enthält das DWA Merkblatt M509 auch Vorgaben hinsichtlich der einzuhaltenden Geschwindigkeiten im Wanderkorridor. Diese basieren auf Überlegungen, die den Zusammenhang zwischen der durch den Fisch zurückzulegenden Strecke, den vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten und der Zeit und Energie, die der Fisch einsetzen muss, um die Strecke überwinden zu können, wiedergeben. Als hydraulisch maßgebend für die Ausprägung der Leitströmung wird der Strömungsimpuls benannt, der über die Geschwindigkeit im Einstieg der Fischeinstiegsanlage und dem dazugehörigen Abfluss beschrieben werden kann. Betrachtet man hierzu die Angaben in DWA (2014), so lassen sich Unterschiede in der Konkretisierung dieser Vorgaben ausmachen. Während für die Geschwindigkeit im Einstieg Bemessungswerte benannt werden, sind die Angaben bezüglich der erforderlichen Größe der Dotationswassermenge wenig konkret. Dieses lässt sich damit begründen, dass zu diesem Thema bislang keine systematischen Untersuchungen vorliegen. Vielmehr werden Erfahrungswerte aus ausländischen Richtlinien zitiert, wobei auch die Angaben in den Originalquellen vage sind und nicht auf systematischen Untersuchungen aufzubauen scheinen.

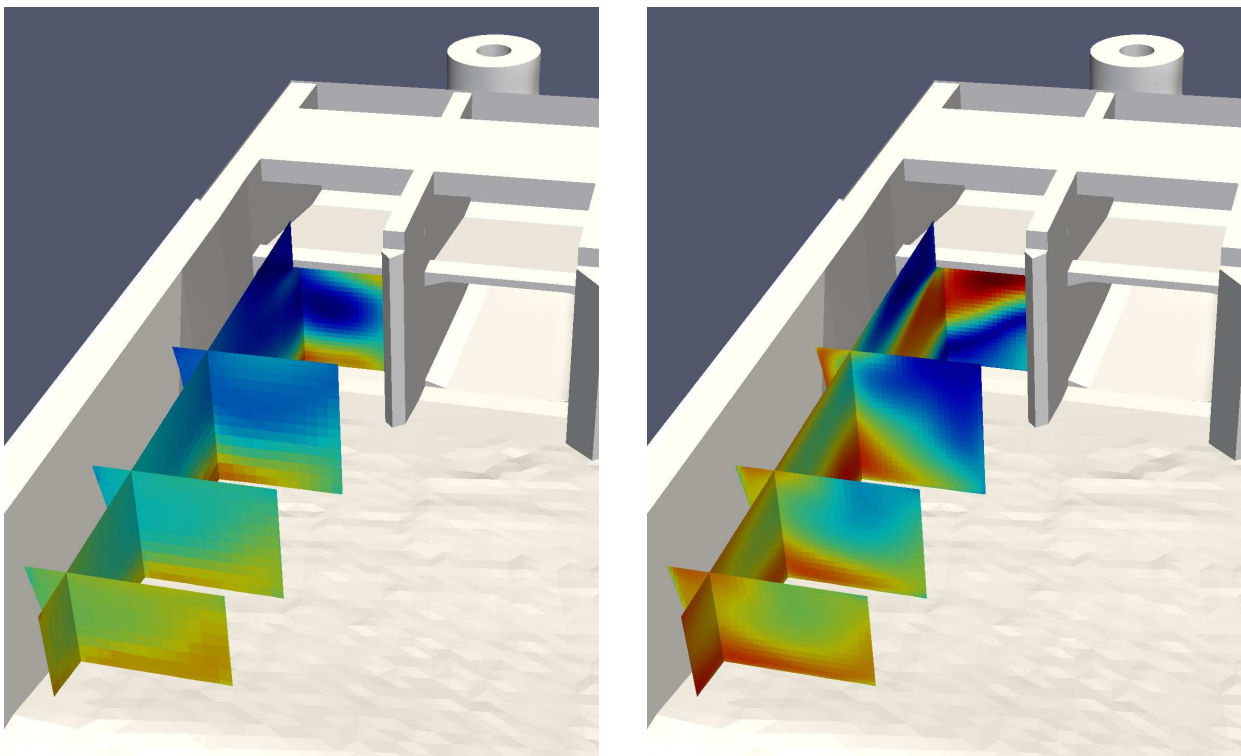
Ziel der Festlegung der Einstiegsgeschwindigkeit sowie der Dotationswassermenge ist gemäß DWA (2014), dass sich im Nahfeld des Einstiegs zur Fischeinstiegsanlage ein durchgehender Wanderkorridor ausbildet, der „im gesamten Verlauf die rheoaktive Geschwindigkeit der Arten der autochthonen Fischfauna erreicht und sich nur selten und dann nur über kurze Distanzen deren Sprintgeschwindigkeit annähert, ohne diese aber zu erreichen“.

Grundsätzlich sind die Unsicherheiten im Kontext der Leistungsfähigkeit des einzelnen Fisches dem Typ 1 zuzuordnen, wobei verallgemeinernde Informationen zu den Schwimmfähigkeiten der Fischarten nur zum Teil vorliegen und somit diese Unsicherheiten dem Typ 2 zuzuordnen wären. Die Unsicherheiten der konkreten Bemessungsempfehlungen, wie etwa, ob sich die geforderten Geschwindigkeiten im Wanderkorridor auch tatsächlich ausbilden, sind hingegen dem Typ 2 zuzuordnen, d.h. zusätzliche Informationen reduzieren die bestehenden Unsicherheiten. So setzen beispielsweise BAW und BfG für ausgewählte Standorte gegenständliche und numerische Modelle ein und führen diese entsprechend der bekannten Schwimmgeschwindigkeiten der Fische (z. B. Adam und Lehmann 2011) einer fischökologischen Bewertung zu (z.B. Heinzemann et al. 2013, Heinzemann und Gisen 2013, Kampke 2013).

### **Hydraulische Modelle als Methode zur Reduktion vorhandener Unsicherheiten**

Bei schwierigen hydraulischen Fragestellungen ist es gängige Praxis mittels des Einsatzes gegenständlicher oder numerischer Modelle bestehende Planungsunsicherheiten zu reduzieren. Auch für

das Themenfeld der Auffindbarkeit wurden in der Vergangenheit erfolgreich gegenständliche oder dreidimensionale numerische Modelle eingesetzt (Musall 2008, Andersson et al. 2012, Heinzelmann et al. 2013, Heinzelmann und Gisen 2013). Ziel dieser Modelle ist i.d.R. die Leitströmung im Nahfeld des Einstiegs der Fischeinstiegsanlage abzubilden und entsprechend der Vorgaben des DWA (2014) sowie unter Berücksichtigung der Belange der Wasserkraftanlagenbetreiber zu optimieren. Die Erfahrungen mit diesen Modellen zeigen, dass bei der Erstellung und dem Betrieb der Modelle ein hohes Maß an Sorgfalt Voraussetzung für belastbare Ergebnisse ist. So ist es beispielsweise wesentlich, die Modelle zu kalibrieren (z.B. mittels ADCP-Messungen – siehe z.B. Sokoray-Varga et al. 2011, Andersson et al. 2012) und über Sensitivitätsanalysen den Einfluss der Modellparameter und -randbedingungen zu testen. Anschaulich lässt sich dies an numerischen Simulationen eines Unterwassers mit unterschiedlichen Gitterauflösungen (grob/fein) zeigen (Bild 1). Die Simulationen wurden für die Staustufe Wallstadt am Main mit identischen Randbedingungen durchgeführt.



**Bild 1:** *Strömungsgeschwindigkeiten in X-Richtung des simulierten Strömungsfelds im Unterwasser des Standorts Wallstadt / Main. Unterschiedliche Resultate bedingt durch unterschiedliche Gitterauflösung bei sonst gleichen Randbedingungen (u.a. Abfluss, Drallrandbedingung der Turbine)*

Deutlich zeigt Bild 1 die Unterschiede in der Turbinenabströmung, was wiederum die Aussage unterstreicht, dass hydraulische Modelle zwar grundsätzlich als geeignete Hilfsmittel zur Unterstützung der Bemessung angesehen werden können, jedoch die Nutzung eines Modells als solches als Kriterium für die Belastbarkeit der Resultate bei weitem nicht ausreicht, um das Ziel der Reduk-

tion von Unsicherheiten in der Bemessung zu erreichen. Vielmehr ist für das Thema der Auffindbarkeit bislang von einem hohen Modellierungsaufwand pro Standort auszugehen, damit die Ergebnisse als belastbar angesehen werden können.

## **Schlussfolgerungen**

Während für Position und Ausgestaltung der Einstiege klare Bemessungsvorgaben nach DWA M509 vorliegen, gibt es beim Thema Leitströmung für den planenden Ingenieur nur wenige Angaben. Zwar ist die Geschwindigkeit im Einstieg der Fischeinstiegsanlage definiert, doch fehlen konkrete Aussagen zur Dotationswassermenge. Eine erste Bemessungsempfehlung liefern die Untersuchungen der BAW/BfG an den Anlagen Lauffen und Kochendorf am Neckar, wobei vor der Anwendung dieser Empfehlung an anderen Standorten jeweils die Frage der Übertragbarkeit der Ergebnisse zu klären ist (Weichert et al. 2011). Das Fehlen einer konkreten Bemessungsvorgabe lässt sich damit begründen, dass die Wirkung der Leitströmung an einem Standort von einer Vielzahl an Parametern abhängt, wie etwa der Ufergestaltung (Geometrie, Neigung, Rauheit), der Sohlgeometrie sowie Kraftwerks- (Turbinenart, Anzahl Turbinen, Beaufschlagung, Drehrichtung, Saugrohrgestaltung, etc.), oder Wehrparametern (Verschlussart, Anzahl Wehrfelder, Beaufschlagung). Weiterhin ist zu beachten, dass sich für die fischökologisch relevanten Abfluss- und Wasserspiegelzustände unterschiedliche Konstellationen ergeben, die jeweils Auswirkungen auf die Leitströmung haben können. Für die hydrodynamisch-numerische Modellierung, sonst eine effiziente Methode zur Untersuchung komplexer hydraulischer Zusammenhänge, liegen bislang nur vereinzelte Erfahrungen vor, sodass derzeit noch mit einem großen Aufwand beim Einsatz dieser Methode zu rechnen ist. Der zeitlich, finanziell und (im Falle von numerischen Modellen) rechen-technisch hohe Aufwand steht im Widerspruch zu den engen Fristen der EU-WRRRL und dem damit verbundenen Ziel, möglichst viele Fischeinstiegsanlagen in kurzer Zeit zu realisieren.

Aufgrund dieser Konstellation ist festzustellen, dass momentan sehr unterschiedlich mit dem Thema Leitströmung umgegangen wird. So wird an manchen Standorten eine aufwendige Modellierung durchgeführt, während an anderen Standorten das Thema nur sehr oberflächlich abgehandelt wird. Dieses führt zur Frage, wieviel Aufwand beim Thema Leitströmung erforderlich ist, um die Unsicherheiten auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Die obigen Ausführungen haben gezeigt, dass dabei sowohl Unsicherheiten eine Rolle spielen, die auf die natürliche Variabilität einzelner Prozesse im Kontext der Auffindbarkeit zurückzuführen sind, wie auch Prozesse eine Rolle spielen, die aufgrund von Wissensdefiziten mit Unsicherheiten behaftet sind. Im Rahmen der Umsetzung einer Planung spielt der Faktor Zeit eine wichtige Rolle. Es sollte daher zwischen dem Aufwand zusätzlicher Messungen oder Modellierungen und der damit verbundenen Reduktion der Unsicherheiten eine Abwägung getroffen werden.

Bei der Ableitung eines grundsätzlichen Vorgehens ist zunächst ein nach Größe des Gewässers differenzierter Umgang zu empfehlen. An kleinen, nur wenige Meter breiten Gewässern, ist die Bedeutung der Leitströmung wesentlich reduziert, da der Fisch aufgrund der räumlichen Situation wesentlich leichter einen richtig positionierten Einstieg finden wird. Selbst bei kleineren Bundeswasserstraßen mit Wasserkraftanlagen kann häufig auf eine vertiefte Betrachtung der Leit-



strömung verzichtet werden, da in der Regel der Betriebsdurchfluss der Fischaufstiegsanlage im Verhältnis zum Durchfluss der Wasserkraftanlage hinreichend groß ist.

Für die größeren Bundeswasserstraßen ist hingegen derzeit eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Thema zwingend. Aus fachlicher Sicht machen dabei standortspezifische Untersuchungen Sinn, wobei nochmals auf den hohen Aufwand dieser Untersuchungen hingewiesen wird. Erst wenn systematische Untersuchungen zu den offenen Fragen vorliegen, lässt sich einschätzen, ob eine Reduktion des Aufwands in der Modellierung möglich ist oder sogar allgemeingültige Bemessungsempfehlungen angegeben werden können.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass auch nach der anzustrebenden Konkretisierung der Empfehlungen zur Leitströmung Unsicherheiten bestehen bleiben werden, mit denen im Rahmen der Planung einer Fischaufstiegsanlage umgegangen werden muss. Es wird daher nach BAW/BfG (2015) empfohlen, wo immer möglich, Bauteile so zu entwerfen, dass eine Anpassung nach Bau der Anlage möglichst wenig aufwendig durchführbar ist (siehe dazu auch Heimerl 2016, Gebler 2016), auch wenn dies für das Themenfeld der Auffindbarkeit an manchen Stellen eine Herausforderung darstellt. Flexibilität in der Bauweise ermöglicht bei Feststellung von Defiziten in der Funktionsfähigkeit eine kostengünstige Anpassung der Anlage (adaptives Management).

## Literatur

- Adam, B., Lehmann, B. (2011): Ethohydraulik: Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse, 1ste Auflage, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg.
- Andersson, A.G., Lindberg, D.-E., Lindmark, E.M., Leonardsson, K., Andreasson, P., Lundqvist, H., Lundström, T.S. (2012): A Study of the Location of the Entrance of a Fishway in a Regulated River with CFD and ADCP, Model. Simulat. Eng. 2012, Article ID 327929, 12 p.
- BAW/BfG (2015): Arbeitshilfe Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen (AH FAA), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Version 2.0, 26.06.2015.
- Dangendorf S., Burzel, A., Wahl, T., Mudersbach, C., Jensen, J., Oumeraci, H. (2012):, Unsicherheits- und Sensitivitätsanalyse im Rahmen einer integrierten Risikoanalyse, Projekt XtremRisk , Aktivität 4.5 Unsicherheitsanalyse, Zwischenbericht April 2012.
- DWA (2014): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung, Merkblatt DWA-M 509, 2014.
- Fiedler, G. (2016): Bauweisen für die beruhigte und gleichmäßig verteilte Durchströmung eines spitzwinkligen Dotationsbeckens, Tagungsband BAW/BfG-Kolloquium „Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg“, 08./09.Juni 2016, Karlsruhe.
- Geber, R.-J. (2016): Flexibilität in der Bauweise, Umsetzbare Anforderung?, Tagungsband BAW/BfG-Kolloquium „Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg“, 08./09.Juni 2016, Karlsruhe.

- Heimerl, S. (2016): Anordnung und Gestaltung der Einstiege in Fischaufstiegsanlagen – Herausforderungen an die Planung, Tagungsband BAW/BfG-Kolloquium „Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg“, 08./09.Juni 2016, Karlsruhe.
- Heinzelmann C., Weichert, R., Wassermann, S. (2013): Hydraulische Untersuchungen zum Bau einer Fischaufstiegsanlage in Lauffen am Neckar, Wasserwirtschaft, Heft 1/2 2013, S.26-32.
- Heinzelmann C., Gisen, D. (2013): Hydraulische Untersuchungen zur Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen, Fachtagung „Ökohydraulik Leben im, am und mit dem Fluss“, 27./28. Juni 2013, Oberrach, Tagungsband, S.37-48.
- Hoffmann, A., Böckmann, I. (2015): Ethohydraulische Untersuchungen als Funktionsnachweis für den Bau eines Fischliftsystems am Ruhrwehr Baldeney, WasserWirtschaft, 105.Jahrgang, Heft 11, S.43-51.
- Kampke, W.: Design of fishway entrances – hydraulic model tests of different river bed and fishway substrate connections, International Conference on Engineering & Ecohydrology for Fish Passage, Oregon State University, Corvallis, USA, 25./27. Juni 2013, Proceedings.
- Merz, B., Thielen, A.H. (2005): Separating Natural and Epistemic Uncertainty in Flood Frequency Analysis, Journal of Hydrology 309: 114-132.
- Musall, M., Oberle, P., Fust, A., Nestmann, F. (2008): 3-D-Strömungssimulation zur Bewertung der Leitströmung eines Umgehungsgerinnes am Hochrheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt, Wasserwirtschaft 98(1/2), S.37–42.
- Nestler, J., Goodwin, A.R., Smith, D.L.: Decision management and the assessment of fishways in the perspective of river ecology, Tagungsband BAW/BfG-Kolloquium „Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen“, 07./08.Juni 2011, Koblenz, S.5-14.
- Schütz, C. (2016): Ethohydraulische Untersuchungen von BfG und BAW, Tagungsband BAW/BfG-Kolloquium „Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg“, 08./09.Juni 2016, Karlsruhe.
- Sokoray-Varga, B., Weichert, R., Lehmann, B. (2011): Flow investigations for fish pass Lauffen/Neckar in field and laboratory, Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 45, 87–94.
- Weichert R., Kampke, W., Deutsch L., Scholten, M. (2013): Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, Wasserwirtschaft, Heft 1/2 2013, S.33-38.
- Wey, J. (2016): Umgang mit fischbiologisch begründeten Unsicherheiten bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen, Tagungsband BAW/BfG-Kolloquium „Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg“, 08./09.Juni 2016, Karlsruhe.

