

1/2019



Veranstaltungen

Kolloquiumsreihe **Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen**

6. Kolloquium

Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen – Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen

6./7. Juni 2018 in Koblenz

Koblenz, Januar 2019

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: +49 (0)261 1306-0
Fax: +49 (0)261 1306 5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: <http://www.bafg.de>

Druck: Druckerei des BMVI

ISSN 1866 – 220X

DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2019.1

Zitiervorschlag:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen – Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen. 6. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 6./7. Juni 2018 in Koblenz. – Veranstaltungen 1/2019, Koblenz, Januar 2019, 84 S.;

DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2019.1

Inhalt

Vorwort	4
Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen – Stand der Umsetzung und Notwendigkeit von Standards	5
Sebastian Messing	
Standardisierung im Wasserbau	10
Jürgen Stamm	
Some physiological rules and strategies for fish passage	18
Tony Farrell	
Standards bei Fischaufstiegsanlagen – Was kann ein Regelwerk leisten?	28
Stephan Heimerl und Marq Redeker	
Hydraulische Methoden zur Bemessung der Leitströmung einer Fischaufstiegsanlage ..	36
Patrick Heneka, Lena Mahl und Roman Weichert	
Modellversuche zur Gestaltung der Dotations-becken in den Pilotanlagen Lauffen und Kochendorf am Neckar	43
Gerrit Fiedler, Christof Bauerfeind und Lena Mahl	
Ableitung von Bemessungsstandards anhand von verhaltensbiologischen und hydraulischen Untersuchungen	50
Cornelia Schütz und Martin Henning	
Guidance for assessing the efficiency and related metrics of fish passage solutions using telemetry	54
Emma Washburn and Jon Hateley	
Entwicklung einer Standardreize zur biologischen Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen	60
Erik Fladung und David Nijssen	
Methodische Grundlagen zur Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs an Querbauwerksstandorten	68
Falko Wagner	
Standardization of Upstream Fish Passage – Experiences of the U.S. Corps of Engineers	74
John Nestler	

Vorwort

Die Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen steht im Spannungsfeld von biologischen, hydraulischen und konstruktiven Anforderungen auf der einen und knappen Ressourcen auf der anderen Seite. Im Rahmen dieses Kolloquiums sollten Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen einer Standardisierung thematisiert werden. Ausgehend von den Anforderungen an eine Standardsetzung wurden aktuelle Ergebnisse von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten vorgestellt und hinsichtlich des Potenzials für eine Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen bewertet.

Die Kolloquiumsreihe ist eine gemeinsame Veranstaltung der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW).

Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen – Stand der Umsetzung und Notwendigkeit von Standards

Sebastian Messing

1 Einleitung

Seit Neufassung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) im Jahr 2010 ist die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) gesetzlich zur Erhaltung oder Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Stauanlagen an den Bundeswasserstraßen verpflichtet, soweit es die Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erfordern.

Die von der WSV hoheitlich durchzuführenden Maßnahmen sind Bestandteil der WRRL-Gesamtumsetzung in Deutschland und fließen in die Bewirtschaftungsplanungen der zuständigen Bundesländer ein. Durch Erlass des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) vom 3. September 2010 wurde der Erhaltung und Wiederherstellung der Durchgängigkeit an den von ihr errichteten oder betriebenen Stauanlagen der Bundeswasserstraßen die höchste Aufgabenpriorität zugewiesen. Als gesetzliche Verpflichtung hat die Aufgabe Vorrang gegenüber Aufgaben, für die die WSV lediglich aufgrund rechtlicher Regelungen zuständig ist (z. B. Ausbau, Betrieb, Unterhaltung). Sie steht hinsichtlich ihres verpflichtenden Charakters auf gleicher Stufe wie z. B. die Verkehrssicherungspflicht, wenn auch die in den Schutzbereich der Verkehrssicherungspflicht fallenden Rechtsgüter Leben und Gesundheit von Menschen in jedem Fall höherrangig einzustufen sind.

Die neue Aufgabe wurde im Jahr 2012 durch die Einführung des bundesweiten Priorisierungskonzeptes „Durchgängigkeit Bundeswasserstraßen“ (2015: Aktualisierung) durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) fest im Portfolio der WSV verankert (BMVBS 2012, BMVI 2015). Mit Einrichtung der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) wurde im Jahr 2013 neben der klassischen Wasserstraßenmanagementabteilung eine Umwelta Abteilung eingerichtet, womit sich die GDWS deutlich zur Übernahme – alter und neuer – Umweltaufgaben positioniert hat.

Dennoch musste bereits im Rahmen des 5. BAW/BfG-Kolloquium zur ökologischen Durchgängigkeit im Jahr 2016 festgehalten werden, dass die WSV trotz bester konzeptioneller und organisatorischer Voraussetzungen die gesetzliche Verpflichtung der WSV aus § 34 Abs. 3 WHG zur Erreichung der WRRL-Bewirtschaftungsziele bis zur Fristerreicherung Ende 2027 mit den ihr zur Verfügung stehenden Personalressourcen für die Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Bundeswasserstraßen nicht erfüllen kann (ASTER & ERNST 2016).

Auch der Beschluss der Umweltminister des Bundes und der Länder im Rahmen der 87. Umweltministerkonferenz Ende 2016 in Berlin, in der noch einmal nachdrücklich auf die zentrale Bedeutung der fristgerechten Umsetzung des Priorisierungskonzeptes für die ökologische Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen hingewiesen und das BMVI um die Bereitstellung der erforderlichen Bearbeitungskapazitäten in der WSV gebeten wurde, hat bis heute nichts an der unzulänglichen Personalsituation geändert.

Damit dies gelingt, ist weiter an der Umsetzung zweier zentraler Forderungen der WRRL zu arbeiten, nämlich dass „der Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern stärker in andere politische Maßnahmen der Gemeinschaft integriert werden [müssen], so z. B. in die Energiepolitik, die Verkehrspolitik, die Landwirtschaftspolitik, die Fischereipolitik, die Regionalpolitik und die Fremdenverkehrspolitik“ und dass die WRRL „die Grundlage für einen kontinuierlichen Dialog und für die Entwicklung von Strategien für eine stärkere politische Integration [des Gewässerschutzes] legen [soll]“ (WRRL 2000).

2 Standardisierung in der WSV

Um trotz der äußerst begrenzten Personalressourcen einen halbwegs erkennbaren Fortschritt bei der Umsetzung erzielen zu können, sind von der WSV andere Optimierungsmöglichkeiten zu prüfen und in Betracht zu ziehen. Eine dieser Optimierungsmöglichkeiten wird in der Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen (FAA) gesehen. Hierbei ist zu beachten, dass die WSV gemeinsam mit dem BMVI schon seit Jahren die Standardisierung in vielen Bereichen als eigenes Themenfeld vorantreibt.

Mit Erlass des BMVI WS 10/2216.4/1 vom 20.12.2016 „Standardisierung von Objekten an BWaStr – Anpassung der Prozessorganisation“ wurde die Aufgabe der Standardisierung vom BMVI an die GDWS abgeschickt und die GDWS aufgefordert, im Zuge der Neuorganisation der WSV die Prozesse der Standardisierung voranzutreiben und die Standardisierungskommission organisatorisch und personell anzupassen. Im Frühjahr 2018 haben sich BMVI und GDWS auf eine neue Geschäftsordnung der Standardisierungskommission mit den dazugehörigen Prozessabläufen geeinigt, womit auch diese Aufgabe jetzt fest im Portfolio der WSV verankert ist.

Der Standardisierungsauftrag bezieht sich hierbei auf Bauwerke, Anlagen, Geräte und Fahrzeuge der WSV, verbunden mit den Zielen, den behördeninternen Verwaltungsaufwand für Entwicklung, Beschaffung und Unterhaltung zu minimieren, die Planungsprozesse zu beschleunigen und die Qualität zu verbessern. Durch die Festlegung von Anforderungen, Konstruktionsprinzipien und Schnittstellen sowie durch einen Vergleich bereits ausgeführter Lösungen (*best practice*) unter Einbeziehung von Optimierungserkenntnissen ist der jeweilige Standard zu entwickeln, festzuschreiben und umzusetzen.

Federführend für den Prozess ist die sogenannte Standardisierungskommission, in der alle relevanten Organisationseinheiten der WSV und des BMVI vertreten sind; die Personalvertretung und die Schwerbehindertenvertretung haben Beobachterstatus.

Die Bundesanstalten für Gewässerkunde (BfG) und für Wasserbau (BAW), die Fachstelle für Verkehrstechniken (FVT) sowie ggf. weitere interne und externe Berater werden nach Bedarf bzw. entsprechend den Themen miteinbezogen.

Des Weiteren wird die Arbeit der Standardisierungskommission durch Expertengruppen unterstützt, welche für bestimmte, definierte Aufgaben im Rahmen der Standardisierung zusammengestellt werden. BAW, BfG (und FVT) werden bei Bedarf ebenfalls bei den Arbeiten der Expertengruppen mit einbezogen.

3 Stand der Umsetzung der ökologischen Durchgängigkeit

Zur wirtschaftlich und ökologisch effizienten Aufgabenerfüllung wurde im Jahr 2012 das bundesweite Priorisierungskonzept „Durchgängigkeit Bundeswasserstraßen“ veröffentlicht und Ende 2015 vom BMVI fortgeschrieben (BMVBS 2012, BMVI 2015). Im Fokus stand dabei von Beginn an der Bau von FAA. Die Frage des Fischabstiegs (und Fischschutzes) wurde aufgrund erheblicher Wissenslücken und der Annahme einer geringeren Betroffenheit zunächst zurückgestellt.

Zur besseren Steuerung des Gesamtprojektes wurde von der GDWS im Jahr 2015 ein Multiprojektmanagement (MPM) FAA aufgestellt und seit dem mehrfach fortgeschrieben. Die jüngste Fortschreibung fand im Rahmen des 5. Monitorings im März 2018 statt; der Sachstand wurde von der GDWS im Juni 2018 an das BMVI berichtet.

In der aktuellen Gesamtbilanz 2018 muss festgehalten werden, dass von den seit 2010 in Summe gestarteten 45 MPM-Projekten erst eine FAA fertiggestellt werden konnte (Lewitz). Eine weitere befindet sich derzeit im Bau (Malliß). Die weiteren Ergebnisse des Monitorings lassen sich wie folgt zusammenfassen: sechs laufende FAA-Planungen sind Pilotprojekte, 21 FAA-Planungen laufen in Synergie mit einer Wehrplanung und sieben laufende Planungen an Bundeswasserstraßen werden von der WSV begleitet und finanziert, das eigentliche Projekt läuft aber auf der Grundlage von Vereinbarungen bei den Ländern.

Derzeit befinden sich fünf FAA-Projekte in der Planfeststellung und ein FAA-Projekt wird mit Verzicht auf Planfeststellung umgesetzt. Fünf in 2017 stehende FAA-Projekte können in 2018 fortgeführt werden, während vier gestartete FAA-Projekte wegen unterschiedlicher Gründe bis auf Weiteres stillgelegt werden mussten und für sieben weitere FAA-Projekte aufgrund fehlender Personalressourcen die Einstellung der Bearbeitung droht.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Auch wenn Planung und Bau von FAA an Bundeswasserstraßen aufgrund der in der Regel sehr unterschiedlichen Randbedingungen individualisierte Lösungen zu erfordern scheinen, wird die Standardisierung von FAA dringend gebraucht. Gerade vor dem Hintergrund der begrenzten Personalressourcen ist der technisch-planerische Aufwand weiter zu minimieren.

Zwar konnten in den vergangenen Jahren dank der intensiven Beratungsleistung von BAW und BfG an den jeweiligen Standorten viele Fragen geklärt werden. Ziel ist es aber, dass die WSV (nach einer Eingangsberatung durch die beratenden Oberbehörden) die weiteren Planungs- und Umsetzungsschritte weitestgehend selbständig unter Einbeziehung fachkundiger Ingenieurbüros realisiert. Dafür werden Standards als zwingend erforderlich angesehen.

Die Beratungsleistungen von BAW und BfG sollen sich auf die Planung der Pilotanlagen, die Beantwortung von Grundsatzfragen, auf komplexe Anlagen und die Qualitätssicherung

begrenzen. Dabei wird davon ausgegangen, dass in einem ersten Schritt nicht komplette FAA, sondern nur Teile dieser standardisiert werden, z. B. die Ein- und Ausleitungsbauwerke, die Dotierung, etc.

Das gemeinsame Ziel muss es sein, trotz begrenzter Ressourcen in den kommenden Jahren so viele FAA an Bundeswasserstraßen wie möglich zu realisieren.

Literatur

- ASTER, D. & A. ERNST (2016): Steuerung der Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen. In: BAW/BfG-Kolloquiumsreihe „Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen“, Tagungsband: Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg, 8. und 9. Juni 2016, Karlsruhe, S. 7-12
- BMVBS (2012): Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen – Erläuterungsbericht zu Handlungskonzeption und Priorisierungskonzept des BMVBS
- BMVI (2015): Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen - Bundesweites Priorisierungskonzept und Maßnahmenpriorisierung für den Fischaufstieg – 1. Fortschrittsbericht
- WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L327 vom 22.12.2000



Kontakt:

Sebastian Messing

Generaldirektion Wasserstraßen und
Schifffahrt (GDWS)

Ulrich-von-Hassel-Str. 76

53123 Bonn

Tel.: 0228/ 42968 2580

E-Mail:

sebastian.messing@wsv.bunde.de

1993-1999

Studium Bauingenieurwesen an der Universität
Hannover

1999-2000

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Franzius-Institut
der Universität Hannover

2000-2002

Referendariat in der Wasser- und Schifffahrtsver-
waltung des Bundes

2002-2011

Projekt- und Sachbereichsleiter in den WSÄ Trier,
Stuttgart und Duisburg-Rhein/Köln

2011-2018

Referent im Bundesministerium für Verkehr und
digitale Infrastruktur in den Referaten WS 11
(Wasserstraßenmanagement) und
WS 14 (Umweltbelange an Wasserstraßen)

seit März 2018

Leiter der Unterabteilung U1 (Umwelt, Neben-
wasserstraßen) der GDWS

Standardisierung im Wasserbau

Jürgen Stamm

1 Einleitung

Durch Standardisierung werden in der Ingenieurdisziplin „Wasserbau“ ein ökonomisches, in Qualität und Funktion sicheres Planen, Bauen und Betreiben von Wasserbauwerken unterstützt, Aspekte des Umweltschutzes und der Ressourcenschonung integriert und zugleich eine Grundlage für juristische Bewertungen geschaffen. Im Wasserbau werden die Standards von verschiedenen Institutionen gesetzt. Sie sind oft eng mit den Anforderungen an die großen Wasserstraßen verbunden. Im vorliegenden Beitrag soll eine terminologische Einordnung von Standards erfolgen und auf deren Erstellung, Nutzen und Entwicklung eingegangen werden.

2 Die qualitätsgesicherte Standardisierung

Die Standardisierung umfasst im Allgemeinen eine Vereinheitlichung von Objekten (Produkte, Bauwerke, Bauteile) und Verfahren (Herstellung, Bemessung, Messwerterfassung, ...) und dient dem Zweck, für „allgemeine und wiederkehrende Anwendungen Regeln, Leitlinien und Merkmale für Tätigkeiten und deren Ergebnisse“ (DIN EN 45020:2006) festzulegen. Die Standardisierung wird mehr oder weniger regelgebunden und mit unterschiedlicher institutioneller Unterstützung auf landesweiter, nationaler, europäischer sowie internationaler Ebene erstellt.

2.1 Standard und Norm

Grundsätzlich lassen sich Standards und Normen bedingt durch den jeweiligen Entwicklungsprozess und den erreichten Konsensgrad voneinander differenzieren. Die englischen Bezeichnungen „consortial standard“ und „public standard“ weisen direkt auf die in der Gremienarbeit beteiligten Kreise und inhärent auf das Maß der Verbindlichkeit hin (Abb. 1). Der „Standard“ repräsentiert z. B. als Industrie- oder Werkstandard einen technischen Sachverhalt, der sich im Laufe der Zeit durch die Praxis vieler Hersteller und Anwender pragmatisch als richtig und technisch vorteilhaft erwiesen hat, ohne dass dazu ein Normungsverfahren durchgeführt wurde.

Eine Norm ist nach DIN EN 45020 ein „Dokument, das mit Konsens [beteiligter interessierter Kreise] erstellt und von einer anerkannten Institution angenommen wurde [...]“. Dies ist ein grundsätzlicher Unterschied zum nicht normativen Regelwerk. Normen repräsentieren die anerkannten Regeln der Technik. Dennoch haben sowohl Normen als auch Standards den Charakter von Empfehlungen. Ihre Anwendung ist grundsätzlich freiwillig, und sie haben

von sich aus keine rechtliche Verbindlichkeit. Erst wenn Normen zum Inhalt von zivilrechtlichen Verträgen werden, oder wenn der Gesetzgeber ihre Einhaltung zwingend vorschreibt, werden Normen bindend. Das Arbeitsblatt DWA-A 400 regelt die „Grundsätze für die Erarbeitung des DWA-Regelwerks“ und rückt damit das Regelwerk in die Qualitätsstufe der Normung bei dem zeitgleichen Anspruch, näher am Stand der Wissenschaft und Forschung zu sein. De facto wird nach Ansicht des Autors das DWA-Regelwerk oftmals gehandhabt wie eine Norm, aufgrund abnehmender Ressourcen in der Administration und fehlender Alternativen. Die Berücksichtigung der Normen und Regelwerke hilft im Fall einer möglichen Haftung, da ein ordnungsgemäßes Verhalten einfacher nachzuweisen ist. Es lässt sich konstatieren: „Normen sind Standards aber nicht alle Standards sind Normen!“

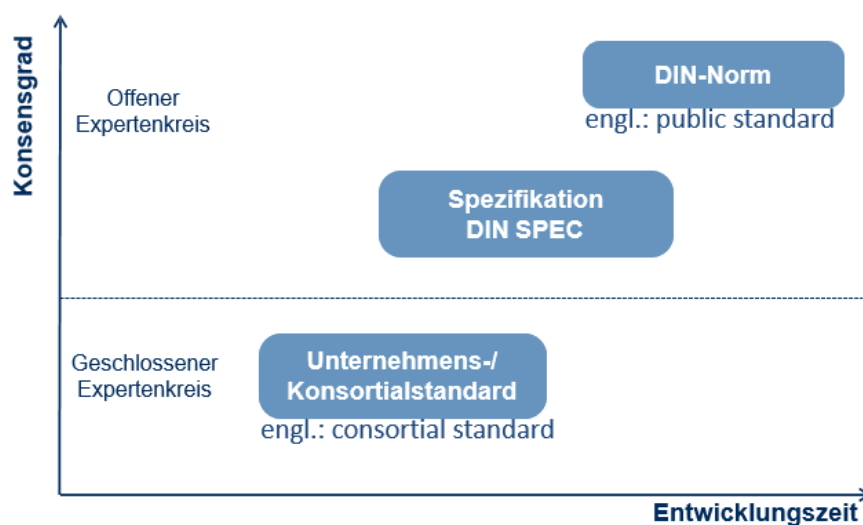


Abb. 1: Konsensgrad und Entwicklungszeit von Standards und Normen (nach DIN e.V. 2015)

Die nationale Normungsstelle (DIN) ist in das Europäische Komitee für Normung (CEN) sowie in die Internationale Organisation für Normung (ISO) eingebunden, um die nationalen Interessen in der europäischen und internationalen Normung zu vertreten und zugleich die grundsätzliche Konformität der Regeln sicherzustellen. Eine europäische Norm kann unverändert in eine nationale Norm überführt oder ggf. durch einen nationalen Anhang ergänzt werden. Entgegenstehende nationale Normen hingegen sind zurückzuziehen.

2.2 Wer setzt die Standards?

Als Konsortialstandards sind im Wasserbau z. B. das umfangreiche Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) und der Bundesvereinigung für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK), die Merkblätter der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und mit direktem Bezug zu Bundeswasserstraßen die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen – Wasserbau“ (ZTV-W) und der „Standardleistungskatalog – Wasserbau“ (STLK-W) sowie die „VV-WSVen“ und schließlich die Regelwerke der länderspezifischen Arbeitsgruppen (LAWA) zu betrachten. Diese Standards werden in Expertengruppen erarbeitet und erst durch die i. d. R. begleitende Einführung per Erlass durch die oberste Bundesbaubehörde (BMVI) oder auch durch die Nennung als Vertragsgrundlage verpflichtend in der Anwendung. Die eingeführten Standards sind soweit bauaufsichtlich abgesichert, dass sie keiner erneuten (Über-)Prüfung bedürfen. Es handelt sich dann um Regelbauweisen.

Die wasserstraßennahen Fachverbände wie HTG und PIANC setzen sich ebenfalls für die Erarbeitung von internationalen Regelwerken ein. Letztlich ist der allgemein anerkannte Stand der Technik in den normativen Regelwerken der DIN enthalten. Das hierarchische Ineinandergreifen von Verwaltungsvorschriften und DIN-Normen ist am Beispiel der DIN EN 1990 in der ZTV-W LB 215, Ausgabe 2012 exemplarisch dargestellt.

3 Anwendung und Entwicklung von Standards

Die Anwendung von Standards ist vielschichtig motiviert und dient den Zielen:

- > Planung und Ausführung von Bauwerken i.S. der Effizienz unterstützen,
- > Planungsprozesse beschleunigen,
- > Aufwand und Kosten minimieren für Entwicklung, Bau/Beschaffung und Unterhaltung sowie Reparatur,
- > Qualität verbessern,
- > Grundlage für juristische Bewertungen schaffen,
- > Umweltschutz und Ressourcenschonung unterstützen.

Der erfolgreiche Einsatz standardisierter Objekte oder Verfahren erfordert jedoch als Voraussetzung die Definition klarer Randbedingungen (Lastannahmen, Leistungsdaten) und Schnittstellen sowie die Festlegung funktionaler und konstruktiver Prinzipien. Auf dem Gebiet des Verkehrswasserbaus stellt sich insbesondere die Standardisierung von Schleusen, Wehren und Schiffen als vorteilhaft und geeignet dar und wird seitens des BMVI unterstützt, wie in BAW (2011) zum Ausdruck kommt. Abbildung 2 zeigt exemplarisch ein standardisiertes Oberhaupt.



Abb. 2:
Standard-Drucksegment im Obertor der
Schleuse Bolzum (HEINZELMANN &
THORENZ 2014) (Foto: Thorenz, BAW)

Standardisiert sind u. a. für Schleusen bis 10 m Hub (WACHHOLZ 2015):

- > hydraulisches Gesamtsystem ohne Umläufe,
- > Oberhaupt, Tor (Drucksegment mit außenliegendem Antrieb),
- > Unterhaupt, Tor (Stemmtor mit integrierten Schützen),
- > Untertorantriebe, Elektrohubzylinder (EHZ) oder hydraulischer Kompaktantrieb
- > Antriebe der Entleerungsschütze im Untertor,

und für Schleusen über 10 m Hub:

- > hydraulisches Gesamtsystem Grundlaufsystem.

Darüber hinaus sind Revisionsverschlüsse, Stoßschutzeinrichtung (Fangseil und Stoßbalken), Schwimmpoller mit rückwertiger Führungskonstruktion, Eis- und Geschwemmselbhalungsanlagen, Leerrohrsysteme am Oberhaupt, Betriebspegel, visuelle Einfahrhilfen, Schleusengeländer, Ausrüstung, Zubehör und die Farbgestaltung weitgehend vereinheitlicht (BAW 2011).

Die oben aufgeführte Liste zeigt allein für Schleusenbauwerke eindrucksvoll die mögliche Modularisierung und Vereinheitlichung von Bauteilen und Komponenten auf und verdeutlicht das Potenzial der technisch orientierten Standardisierung.

Technische Standards können nach der folgenden Klassifizierung eingeteilt werden:

- > Geometrische Standards, z. B.
 - Kompatibilität (Schleuse – Schiff),
 - Modularisierung (Logistik, z.B. Container ISO-Norm 668),
 - Austauschbarkeit;
- > Funktionale Standards, z. B.
 - zulässige Sickerwassermenge durch Dichtungen (ZTV-W LB 210);
- > Operationelle Standards, z. B.
 - Stauraumbewirtschaftung (z. B. Vorabsenkung), vgl. DIN 19700,
 - ökologische Restwassermenge;
- > Material-Qualitätsstandards, z. B.
 - Baumaterialien, Beton im Wasserbau (DIN EN 1992-1, DIN EN 206-1, ...),
 - Massivbauwerke im Wasserbau (DIN 19702),
 - TLW 1997 => DIN EN 13383 „Wasserbausteine“ (2002).

Darüber hinaus wurden in den zurückliegenden drei Dekaden zunehmend auch **Umweltstandards** erarbeitet und in Form von europäischen Richtlinien veröffentlicht, wie z. B.

- > FFH-RL (*Richtlinie 92/43/EWG*), Richtlinie 79/409/EWG,
- > UVP (Richtlinie 85/337/EWG), SUP (Richtlinie 2001/42/EG),
- > WRRL (Richtlinie 2000/60/EG),
- > HWRM-RL (Richtlinie 2007/60/EG).

Sie entsprechen dem gestiegenen Umweltbewusstsein, sollen den Einklang von Technik und Natur fördern, die natürlichen Ressourcen schonen und den Umweltschutz fördern sowie die Anforderungen aus dem Klimawandel erfassen.

Natürlich stellt sich zugleich die Frage, inwieweit (ein Übermaß an) Standardisierung die technische Entwicklung hemmt, oder anders: Inwieweit entwickeln sich Standards? Hierfür bietet sich die Betrachtung der separierten Entwicklung der Talsperren-Norm im zeitweilig geteilten Deutschland an (Abb. 3Abb.). Die Frage, ob Standardisierung innovationsfeindlich ist, beantwortet SEUS (2012) wie folgt: „Wir analysieren zunächst den breiten Erfahrungsschatz der WSV systematisch, was ein mühsamer Prozess ist. Dies gewährleistet aber auch, dass gute Lösungen, die sich über Jahrzehnte bewährt haben, herausgefiltert werden. Diese überregionalen Analysen und der Druck, sparsame Lösungen zu suchen, sind dann darüber hinaus der Treiber für Evolution und Innovation“.

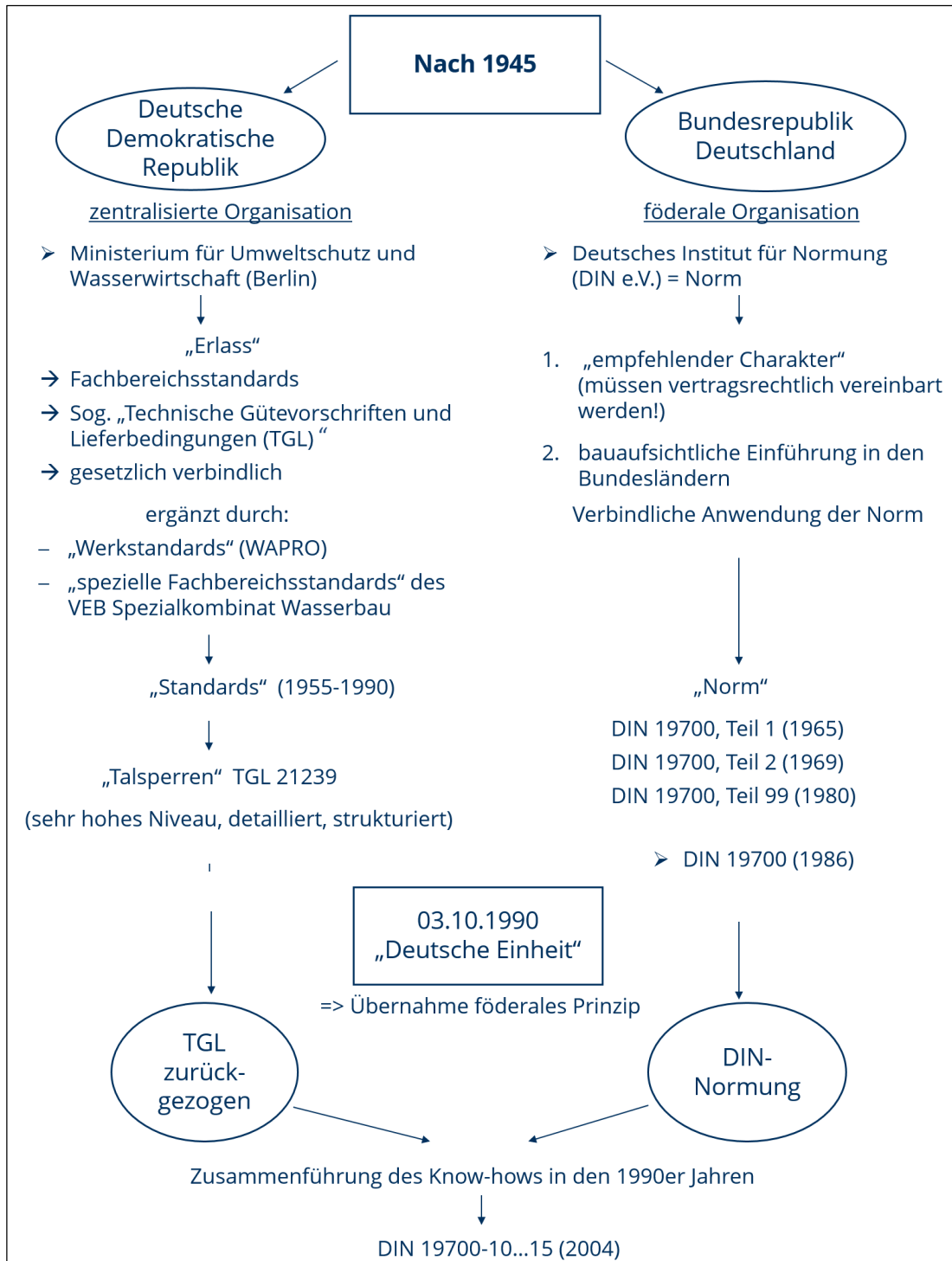


Abb. 3: Entwicklung und Zusammenführung von Normen für Stauanlagen in Deutschland

Für die DIN 19700-13 liegt aktuell ein überarbeiteter Gelbdruck vor, der voraussichtlich noch 2018 als Weißdruck veröffentlicht wird. Es zeigt sich also, dass auch die Standards einer kontinuierlichen Entwicklung unterliegen.

Eine deutliche Entwicklung lässt sich bei den **methodischen Standards** feststellen, die sich von den rein deterministischen Methoden (Globalsicherheitskonzept), über die semiprobabilistischen Methoden (Teilsicherheitskonzept, Zuverlässigkeitsindex β), hin zu vollprobabilistischen Methoden (Monte-Carlo, Logische Bäume) entwickeln und heute auch die Erfassung von Unschärfe mittels Fuzzy-Methoden ermöglichen. Die Methodenentwicklung ist unerlässlich, da die zu berücksichtigende Komplexität der betrachtenden Systeme zunimmt. So ist heute die Erfassung der Interaktion Hydraulik – Vegetation – Morphodynamik und ihre Einwirkung auf den ökologischen Zustand von grundlegender Bedeutung. Sie erfordert zunehmend komplexere Berechnungsmethoden einschließlich der Berücksichtigung biologischer Komponenten im Rahmen von Habitatmodellierungen. Darüber hinaus ist fallweise das Fließgewässersystem im Zusammenwirken mit dem Bewirtschaftungssystem zu betrachten.

Entwicklungen in den korrespondierenden technischen Wissenschaftsbereichen, wie die Informatik und Sensorik oder die Naturwissenschaften (z. B. Biologie), wirken sich impulsgebend aus, wie das die Ethohydraulik oder auch die zunehmende Digitalisierung im Bauwesen zeigen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Betrachtung der Regelwerke im Wasserbau zeigt, dass es in dieser Disziplin mehr Standards als Normen gibt. Waren es zunächst mehr produktbezogene Standards/Normen, so wurden im Laufe der Zeit auch viele Verfahren standardisiert. Standards bieten zweifelsfrei ökonomische und qualitative Vorteile, müssen hierzu jedoch regelmäßig überprüft und weiterentwickelt werden. Standards dienen der ökonomischen Verfügbarmachung von technischen Entwicklungen im Konsens mit der gesellschaftlichen Entwicklung. Das heißt, dass Standards i. A. weder zur Qualitätsminderung noch zu reduzierter Gebrauchstauglichkeit, Sicherheit oder Tragfähigkeit führen dürfen und auch keinesfalls als Kompensationsmöglichkeit für Kürzungen im Personalbereich betrachtet werden können.

Die technischen Standards sind in der „gestalteten Umwelt“ häufiger anzutreffen und ausgeprägter als die umweltbezogenen Standards (Umweltziele), da es kein „Standard-Gewässer“ gibt oder geben soll. Allerdings bieten „Best-Practice“-Beispiele die Ableitung von sogenannten offenen Standards an.

Die Standards im Umweltbereich entwickeln sich mit den gesellschaftlichen Anforderungen. Dieser Prozess braucht mehr Zeit als die Entwicklung von technischen Standards.

Sowohl die Praxis als auch die Lehre und Forschung müssen initiativ die Evolution und die Innovation von Standards vorantreiben.

Literatur

BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2011): Standardisierung im Verkehrswasserbau, BAW Kolloquium 25. Mai 2011, Bonn

DIN e.V. (2015): DIN SPEC – Standardisierung bei DIN, Präsentation der Abteilung Innovation, Entwicklung neuer Arbeitsgebiete (ENA), www.din.de/go/spec

HEINZELMANN, CH. & C. THORENZ (2014): Methodeneinsatz im Binnenverkehrswasserbau am Beispiel des Neubaus der Weser-Schleuse Minden, 44. IWASA Internationales Wasserbau-Kolloquium Aachen 2014

SEUS, P. (2012): Standardisierung in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, Kolloquium der Bundesanstalt für Wasserbau, 4./5. Juli 2012

WACHHOLZ, TH. (2015): Standardisierung von Wasserbauwerken in der WSV, Kolloquium der Bundesanstalt für Wasserbau, 20./21. Mai 2015



Kontakt:

Prof. Dr. Jürgen Stamm

Institut für Wasserbau und THM
Technische Universität Dresden

01062 Dresden

Tel.: 0351/ 463 34397

E-Mail:

juergen.stamm@tu-dresden.de

1989

Abschluss Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen an der
Universität Karlsruhe

1996

Promotion zum Dr.-Ing. an der Universität Karls-
ruhe

1998-2008

Bundesanstalt für Wasserbau (seit 2001 Leiter der
Abteilung Wasserbau im Binnenbereich)

seit 2008

Professur für Wasserbau und Direktor des Instituts
für Wasserbau und Technische Hydromechanik,
Technische Universität Dresden

Mitgliedschaften:

- DWA-Hauptausschuss Wasserbau und
Wasserkraft
- Sprecher DWA-Fachausschuss Hydraulik
- Obmann DWA-AG Probabilistische
Methoden im Wasserbau
- Obmann AG DIN 19700-13
- Normenausschuss Wasserbau (NAW)
- HTG, HTG-Fachausschuss Consulting
- PIANC

Some physiological rules and strategies for fish passage

Tony Farrell

Animals either adapt to adversity over an evolutionary time scale or die out. Adult sockeye salmon that make an upstream spawning migration in the Fraser River watershed in British Columbia, Canada are a remarkable example of this because some populations must make a far more arduous swim to reach their natal spawning area than others. Moreover, sockeye spawn only once in their lifetime, and so the success (or failure) of their spawning migration plays a huge role in determining their lifetime fitness. Consequently, there may be lessons to be learnt about fish passage by studying the performance characteristics that have evolved in salmonids such as sockeye salmon. If so, the implication then is that fish have already evolved the means to by-pass manmade barriers, provided the construction of the fish passageway properly recognizes what fish can and cannot do. Minimally, by understanding the rules that set the swimming capabilities and capacities of fishes, we can adjust existing barriers to improve fish passage. Moreover, and given the inevitability of a warmer future for aquatic environments, if we can understand how temperature modulates these capacities and capabilities, we can make logical predictions about what this might portend for fish passage. In the following, I will advance some rules and illustrate how local adaptation to different hydraulic and thermal challenges currently exists among sockeye salmon populations within a single watershed. Thus, we have to look beyond species differences in fish passage capabilities to significant intraspecific differences as well as significant differences between sexes.

Before advancing six important rules to consider for fish passage, it is important to appreciate the watershed where I have spent decades studying the amazing migratory physiology of sockeye salmon and their cardiorespiratory life-support system. Sockeye salmon populations in the Fraser River are an exquisite model watershed for a variety of reasons. Foremost, sockeye salmon still migrate in huge numbers: many millions in most years. Second, the difference in the distance they migration upstream is huge: as little as a 100 km but as much as 1000 km before reaching their natal spawning area. Third, all of their river migration is performed without feeding over several weeks; they have laid down sufficient lipid stores ahead of time to fuel this migration without knowing exactly what environmental conditions they will encounter. Fourth, the remarkable fidelity to a natal spawning area means that individual DNA-typing in conjunction with implantation of thermal logging and biotracking devices during early river migration means that we know which part of the watershed they will end up in if their migration has been successful (COOKE et al. 2008, FARRELL et al. 2008). Lastly, while rules for fish passage certainly exist, it is also evident that sockeye salmon appear to have evolved variable strategies to deal with hydraulic and temperature

challenges during upstream migration – these are challenges that individuals have never previously experienced, but are likely challenges that have been subjected to natural selection over an evolutionary timescale. Yet, there are clear limits to those strategies, especially because river temperatures are warming in this era of global climate change. For this reason alone, it is vital to consider the influence of temperature on the fish cardiorespiratory performance when examining the rules and strategies for fish passage.

The six foundational rules that I think are of fundamental importance in any consideration of fish passage are founded on the cardiorespiratory system – a critical life support system. The cardiorespiratory system is reasonably well understood in fishes and even better understood in humans. However, these rules are to be used only as a general guide because what an individual fish can and cannot do within a given environmental setting is set out by its individual morphological, physiological and biochemical capabilities, as dictated by its genetics. In terms of genetics, capabilities importantly differ among species, among certain populations of a species and even between sexes, as shown by the examples below. It is for this very reason that a case will be made for locally derived criteria that take full account of the possibility for intraspecific variability in physiological capacities, as well as flexibility in strategies.

Rule 1: Temperature determines a fish's minimum oxygen needs for survival.

Simple thermodynamics dictate that the myriad of biochemical reactions necessary for life increase exponentially with temperature (within limits, that is). Fish are typically at the same temperature as the surrounding water and this means that a fish's basic (minimum) O₂ requirement (and food) needed to maintain itself must approximately double with every 10 °C increase in water temperature (FRY 1947, 1971; FRY & HART 1948). This minimum O₂ requirement is termed standard metabolic rate (SMR) in fishes, and it increases exponentially with temperature up to the thermal tolerance limits of a fish, which differs among fish species and populations. The intrinsic heart rate of fishes similarly increases with temperature, but peaks and may also become arrhythmic before a fish succumbs to extreme warming (CASSELMAN et al. 2012, ELIASON et al. 2013b).

Of course, there must be sufficient O₂ in the water to support SMR, otherwise life becomes time-limited. If water is fully air-saturated this should not be a specific problem, despite certain fishermen's tales to the contrary (STEINHAUSEN et al. 2008, ELIASON et al. 2013b, FARRELL 2016). Fish can partially avoid this relationship with temperature if they can acclimate to a new temperature over time, but thermal acclimation has its limitations (FRY 1971, ELLIOTT 1975, ANTILLA et al. 2014).

Fishes have an exquisite ability to sense water temperature, which they use routinely to seek preferred water temperatures. Moreover, they can exploit thermal stratification and thermal gradients to their advantage to save energy. By seeking out and using cold water as a refugia, they can reduce SMR and food requirements (FARRELL et al. 2008, ELLIOT & ELLIOT 2010). Adult sockeye salmon use this flexible thermal strategy; they are known to exploit cool ground water entering the river as well as cool water at depth in lakes during their migration to natal spawning areas. Also, juvenile sockeye salmon in rearing lakes show a diurnal feeding migration, feeding in warm surface layers and digesting the meal in cooler water at depth to lower SMR.

Rule 2: Locomotion in water has large energy cost that is evident from the exponential increasing the oxygen with swimming speed.

Any activity of a fish ultimately has an O₂ cost (e. g., O₂ uptake while digesting a meal may be double SMR). In terms of fish passage, the O₂ cost of swimming increases exponentially with swimming speed as a result of the high density and viscosity of water through which they must move. However, fish have maximum metabolic rate (MMR) that cannot be exceeded when swimming for prolonged periods (minutes to hours) (FRY & HART 1948, FRY 1971, BRETT 1971). Generally, fish with a higher MMR have higher maximum prolonged swimming speed. (Note: Because fish rarely keep still SMR is difficult to estimate during SMR measurements (CHABOT et al. 2016). Consequently, routine metabolic rate (RMR) is often reported instead, which is slightly higher than SMR.)

Size and morphology matter in terms of swimming capabilities. For example, the power generated by skeletal muscle is proportional to the cross-sectional area of the muscle (check out an Olympic weightlifter), which for a salmon is the cross-section of the body near to the dorsal fin. Consequently, a large fish within a species can achieve a higher absolute swimming speed than a smaller fish. The difference in absolute swimming speed with size can be almost normalized by expressing swimming speed as a function of fish body length (BL), but relative swimming speed expressed in BL/s does decrease somewhat with size. The implication for fishway design is that, within a species, a large fish can sustain higher absolute speeds than a small fish. All the same, small fish are better suited than larger fish to use behavioural strategies to their advantage by exploiting boundary layer conditions associated with the bottom and sides of a fishway, even though small fish tend to be buffeted more in turbulent conditions than large fish. Morphological adaptations associated with head and pectoral fin shape can also help fish use boundary conditions in fishways.

Rule 3: Temperature also modulates a fish's maximum capacity to supply oxygen.

The O₂ available for prolonged swimming activity is the difference between MMR and SMR, which is termed absolute aerobic scope (AAS). MMR also depends on temperature, but not in exactly the same way as SMR; MMR typically reaches its peak at a temperature below the for peak SMR (LEE et al. 2003a). Consequently, AAS typically peaks several degrees cooler than the temperature at which a fish succumbs when excessively warmed. The reaction norm of AAS with temperature is termed a Fry aerobic scope curve and comparison of these curves among fish species and populations provides great insight as to relative swimming capacity as a function of water temperature (FARRELL et al. 2008). Indeed, the vastly different Fry aerobic scope curves that exist among fish species has been common knowledge for over half a century (FRY 1947, 1971; FRY & HART 1948). The intraspecific difference in Fry aerobic scope curves among populations of adult sockeye salmon trying to reach their spawning area, however, is relatively new knowledge. Moreover, these new Fry aerobic scope curves for adult Fraser River sockeye salmon have revealed just how well tailored they are to the population-specific hydraulic and temperature challenges faced during river migration (ELIASON et al. 2011, 2013a, 2013b). Like their lipid stores (CROSSIN et al. 2004), Fry aerobic scope curves for different adult Fraser River sockeye salmon populations likely have been subjected to natural selection over an evolutionary timescale. Indeed, using biotelemetry of one natural population during a period of severely high river temperatures showed that

individual fish had a much better chance of reaching their spawning ground when they swam at the optimal temperature for AAS (FARRELL et al. 2008, MATHES et al. 2010).

Consequently, knowing the Fry aerobic scope curve for a fish species will help make better predictions of fish performance in a fishway at the height of summer as well as in future river warming scenarios.

Delivering oxygen to exercising muscle requires enhanced blood flow to the skeletal muscle, which is powered by the heart. Intriguingly, the entire cardiorespiratory system of adult Fraser River sockeye salmon appears to be finely tuned at the population level to the hydraulic and temperature encountered during their quest to contribute to the next generation. Indeed, it was shown that scope for increasing heart rate and cardiac output also has the same optimal temperatures as AAS at the population level, and cardiac size is directly related to migration distance (ELIASSON et al. 2011, ELIASON et al. 2013c, ELIASON & FARRELL 2016).

Rule 4: Maximum swimming speeds involve different gaits and muscle types.

While prolonged, steady-state swimming is largely powered by red skeletal muscle, the fastest speeds of a fish are powered by white skeletal muscle. White skeletal muscle typically represents around 50 % of a fish's body mass and generates ATP predominantly via the glycolytic breakdown of glucose to lactate. Glycolytic ATP production can occur at a faster rate than ATP production via aerobic oxidative phosphorylation in mitochondria.

Consequently, white skeletal muscle can contract at a faster rate, which results in a faster tailbeat frequency. Another fundamental physiological relationship concerning muscle contraction is that swimming speed and duration are inversely related. Thus, burst speeds can be maintained for no more than a few minutes to attain ground speed in a fishway. Sprint speeds are faster still but cannot be sustained for seconds; sprints would be used by a fish to negotiate the fastest hydraulic challenges of a fishway. The transition from steady-state to burst swimming is considered a gait change, much like a horse switching from a canter to a gallop (PEAKE & FARRELL 2005, 2006). This gait change can be readily seen in a fish in an aquatic treadmill when water velocity is progressively increased, e. g., labriform swimmers will stop swimming using only their pectoral fins and transition to more powerful tailbeats. With carangiform swimmers in a swim tunnel, tailbeats can become periodic at the fastest frequencies – termed burst-and-coast swimming – possibly because the fish is maintaining station within the swimming section of the treadmill rather than continuously making a steady ground speed. These bursts typically last well under a minute. If the fish is making ground speed, the new gait can be maintained for up to several minutes depending on the water velocity, or until the fish fatigues or exhausts. In contrast, prolonged, steady-state swimming in sockeye salmon can be maintained for hours (STEINHAUSEN et al. 2008).

Ultimately, glycolytic swimming activity is self-limiting due to either waste build up, which is indicated by the lactate concentration building up in the blood (JAIN & FARRELL 2003), or fuel depletion, which is indicated by a depletion of glycogen stores in skeletal white muscle tissues, or some combination. If a fish is chased for several minutes, it will not fully deplete its muscle glycogen stores provided it is in good health and well fed; it takes several bouts of such chasing to achieve glycogen depletion. In contrast, prolonged and sustained swimming for minutes to hours is fueled by oxidation of lipid stores (hence the need to increase O₂ uptake with swimming). Thus, it should not be a surprise that adult sockeye salmon populations facing a longer river migration to their natal spawning have a higher lipid content prior to river entry (CROSSIN et al. 2004).

Rule 5: Full recovery from fatigue takes hours, while fully recovery from exhaustion takes even longer.

If a fish is swum to fatigue by progressively increasing water velocity, it can resume swimming at a lower velocity. However, a fish swum to exhaustion cannot swim at all until after a period of recovery. Swimming to fatigue and exhaustion both involve glycolytic swimming, which does not have an immediate O₂ cost. Much like spending on a credit card, the cost of glycolytic swimming comes later, during recovery when O₂ uptake is elevated considerably even though the fish may not be swimming. After fatigue, the elevated O₂ uptake (i. e., above SMR) decreases exponential with recovery time and may last 1-4 h before full recovery (BRETT 1971, LEE et al. 2003b). Even so, a healthy salmonid can repeat an incremental swimming test after about a 1-h recovery period and without full recovery (JAIN et al. 1997, 1998; JAIN & FARRELL 2003). However, an exhausted full metabolic recovery (and elevated O₂ uptake) can take 10-20 h (ZHANG et al. 2018). After both fatigue and exhaustion, it is the oxygen stores and high energy phosphate stores that are restored first and within the first hour, while restoration of glycogen and lipid stores take much longer.

The length recovery periods have critical consequences for fishway designs. Perhaps, the last thing the design of a fishway should do is leave the fish fatigued or exhausted as it exits. It is then a 'lame duck' while recovering in an upstream area where avian predators will quicker learn that fish are easier to capture than usual! Preferably, the velocity profile should not exhaust a fish; if does there may needs to be a refuge area for a recovery period up to 1 h. Repeated exhaustion during a fishway passage will severely deplete glycogen stores, which would take many hours to recover. Velocity profiles that fatigue a fish will mean a recovery period of at least 30 min before swimming performance approaches its previous level. These general suggestions should be tested at the species level as relevant for a particular fishway.

Rule 6: Differences between the sexes can be important.

Sexual maturation heightens sex differences in fishes. This is particularly evident in sockeye salmon. Adult males and females are typical indistinguishable before they enter the river; they are the same size and body mass. As they mature, they take on different body shapes and different brilliant red colorations. While females invest a remarkable 14 % of their body mass into eggs, males invest a paltry 4-6 % of body mass into gametes (they have stopped feeding). Biotelemetry has revealed different swimming behaviours too. Females seem to 'conserve' energy by taking the most direct and less arduous route upstream, while males seem to expend more energy moving across the river more often (HINCH et al. 2006). Perhaps correspondingly, male sockeye salmon can increase their heart mass by up to 50 % as they sexually mature; females do not.

Of great concern for fish passage design is that numerous studies have shown post-handling mortality and failed migration success to be higher for mature female salmonids than for mature males, a sex difference that shows up when migration conditions are warmer than normal (HINCH et al. 2012). So warm temperature and sex appear to be having interactive effects. Why this is so is unclear, but special consideration clearly needs to be given to passage of mature female fish during the height of summer.

In conclusion, these six fundamental rules that are based on sound physiological principles as well as empirical data are not intended to be exhaustive. But they do set a basic framework from which fishways can be better designed, at least in principle. The selected reading below and many of the references contained above provide additional details and considerations, as well as examples of empirical data. Ultimately, the design must satisfy local environmental conditions and fish species, which have the potential to vary considerably from site to site.

References and Selected additional reading

- ANTTILA, K., C. S. COUTURIER, O. OVERLI, A. JOHNSEN, G. MARTHINSEN, G. E. NILSSON & A. P. FARRELL (2014): Atlantic salmon show capability for cardiac acclimation to warm temperatures. *Nature Communications* 5: 4252
- BASS, A. L., S. G. HINCH, D. A. PATTERSON, S. J. COOKE & A. P. FARRELL (2018): Location-specific consequences of beach seine and gillnet capture on upriver-migrating sockeye salmon migration behavior and fate. *Can. J. Fisheries Aquatic Sci.* <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0474>
- BRETT, J. R. (1971): Energetic responses of salmon to temperature. A study of some thermal relations in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *American Zoologist* 11, 99-113
- BROWNSCOMBE, J. W., S. J. COOKE, D. A. ALGERA, K. C. HANSON, E. J. ELIASON, N. J. BURNETT, A. J. DANYLCHUK, S. G. HINCH & A. P. FARRELL (2017): Ecology of exercise in wild fish: integrating concepts of individual physiological capacity, behaviour and fitness through diverse case studies" *Integr Comp. Biol.* 57, 281-292
- CASSELMAN, M. T., K. ANTTILA & A. P. FARRELL (2012): Using maximum heart rate as a rapid screening tool to determine optimum temperature for aerobic scope in salmon *Oncorhynchus* spp. *J. Fish Biol.* 80: 358-377
- CHABOT, D., J. F. STEFFENSEN & A. P. FARRELL (2016): The determination of standard metabolic rate in fishes. *J Fish Biol* 88:81-121
- CHEN, Z., M. SNOW, C. LAWRENCE, A. CHURCH, S. NARUM, R. DEVLIN & A. P. FARRELL (2015): Selection for upper thermal tolerance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) *J. Exp. Biol.* 218: 803-812
- CHEN, Z, A. P. FARRELL, A. MATALA & S. NARUM (2017): Mechanisms of thermal adaptation and evolutionary potential of conspecific populations to changing environments. *Molecular Ecology* 27, 659-674. [doi:10.1111/mec.14475](https://doi.org/10.1111/mec.14475)
- CLARK, T. D., S. G. HINCH, B. D. TAYLOR, P. B. FRAPPELL & A. P. FARRELL (2009): Sex differences in circulatory oxygen transport parameters of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) on the spawning ground. *J. Comp. Physiol. B.* 179: 663-671
- CLARK, T. D., E. SANDBLOM, S. G. HINCH, D. A. PATTERSON, P. B. FRAPPELL AND A. P. FARRELL (2010): Simultaneous biologging of heart rate and acceleration, and their relationships with energy expenditure in free-swimming sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *J. Comp. Physiol. B.* 180: 673-684
- COOKE, S. J., S. G. HINCH, A. P. FARRELL, D. A. PATTERSON, K. MILLER-SAUNDERS, D. W. WELCH, M. R. DONALDSON, K. C. HANSON, G. T. CROSSIN, M. S. COOPERMAN, M. T. MATHES, A. G. LOTTO, K. A. HRUSKA, I. OLSSON, G. N. WAGNER, R. THOMSON, R. HOURSTON, K. K. ENGLISH, S. LARSSON, J. M. SHRIMPTON & G. VAN DER KRAAK (2008): Developing a mechanistic understanding of fish migrations by linking telemetry with physiology, behaviour, genomics and experimental biology: an interdisciplinary case study on adult Fraser River sockeye salmon. *Fisheries* 33: 321-338

- CROSSIN, G. T., S. G. HINCH, A. P. FARRELL, D. A. HIGGS, A. G. LOTTO, J. D. OAKES & M. C. HEALEY (2004): Energetics and morphology of sockeye salmon: effects of upriver migratory distance and elevation. *J. Fish Biol.* 65: 788-810
- ELIASON, E. J., T. D. CLARK, M. J. HAGUE, L. M. HANSON, Z. S. GALLAGHER, K. M. JEFFRIES, M. K. GALE, D. A. PATTERSON, S. G. HINCH & A. P. FARRELL (2011): Differences in thermal tolerance among sockeye salmon populations. *Science* 332: 109-112
- ELIASON, E. J., T. D. CLARK, S. G. HINCH & A. P. FARRELL (2013a): Cardiorespiratory collapse at high temperature in swimming adult sockeye salmon. *Conserv. Physiol.* 1:cot008
- ELIASON, E. J., T. D. CLARK, S. G. HINCH & A. P. FARRELL (2013b): Cardiorespiratory performance and blood chemistry during swimming and recovery in three populations of elite swimmers: adult sockeye salmon. *Comp. Biochem. Physiol.* 166B: 385-397
- ELIASON, E. J., S. M. WILSON, A. P. FARRELL, S. J. COOKE & S. G. HINCH (2013c): Low cardiac and aerobic scope in a coastal population of sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, with a short upriver migration. *J. Fish Biol* 82: 2104-2112
- ELIASON, E. J. & A. P. FARRELL (2016): Oxygen uptake in Pacific salmon *Oncorhynchus* spp: when ecology and physiology meet. *J Fish Biol* 88:359-388
- ELLIOTT, J. M. (1975): The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology* 44, 805-821
- ELLIOTT, J. A. (1995): A comparison of thermal polygons for British freshwater teleosts. *Freshwater Forum* 5, 178-184
- ELLIOTT, J. M. (2000): Pools as refugia for brown trout during two summer droughts: trout responses to thermal and oxygen stress. *J. Fish Biology* 56, 938-948
- ELLIOTT, J. M. & J. A. ELLIOTT (1995): The effect of the rate of temperature increase on the critical thermal maximum for parr of Atlantic salmon and brown trout. *J. Fish Biology* 47, 917-919
- ELLIOTT, J. M. & J. A. ELLIOTT (2010): Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *J. Fish Biology* 77, 1793-1817
- FARRELL, A. P. (2007): Cardiorespiratory performance during prolonged swimming tests with salmonids: a perspective on temperature effects and potential analytical pitfalls. *Phil. Trans. Royal. Soc. B.* 362: 2017-2030
- FARRELL, A. P. (2009): Environment, antecedents and climate change: lessons from the study of temperature physiology and river migration of salmonids. *J. Exp. Biol.* 212: 3771-3780
- FARRELL, A. P. (2016): Pragmatic perspective on aerobic scope: peaking, plummeting, pejus and apportioning. *J. Fish Biol* 88:322-343
- FARRELL, A. P. & C. E. FRANKLIN (2016): Recognizing thermal plasticity in fish. *Science* 351:132-133
- FARRELL, A. P., C. G. LEE, K. TIERNEY, A. HODALY, S. CLUTTERHAM, M. HEALEY, S. HINCH & A. LOTTO (2003): Field-based measurements of oxygen uptake and swimming performance with adult Pacific salmon using a mobile respirometer swim tunnel. *J. Fish Biol.* 62: 64-84

- FARRELL, A. P., S. G. HINCH, S. J. COOKE, D. A. PATTERSON, G. T. CROSSIN, M. LAPOINTE & M. T. MATHES (2008): Pacific salmon in hot water: Applying aerobic scope models and biotelemetry to predict the success of spawning migrations. *Physiol. Biochem. Zool.* 81: 697-708
- FARRELL, A. P., E. J. ELIASON, E. SANDBLOM & T. D. CLARK (2009): Fish cardiorespiratory physiology in an era of climate change. *Can. J. Zool.* 87: 835-851
- FERREIRA, B. O., K. ANTTILA, & A. P. FARRELL (2014): Thermal optima and tolerance in the eurythermic goldfish (*Carassius auratus*): Relationships between whole-animal aerobic capacity and maximum heart rate. *Physiol. Biochem. Zool.* 87: 599-611
- FRY, F. E. J. (1947): Effects of the environment on animal activity. *Publications of the Ontario Fisheries Research Laboratory* 68, 1-62
- FRY, F. E. J. (1971): The effects of environmental factors on the physiology of fish. In *Fish Physiology* Vol. 6, Eds. Hoar, W. S. & Randall, D. J., Academic Press, New York. pp 1-98
- FRY, F. E. J. & J. S. HART (1948): The relation of oxygen consumption in the goldfish. *Biological Bulletin* 94, 66-77
- HINCH, S. G., S. J. COOKE, M. C. HEALEY & A. P. FARRELL (2006): Behavioral physiology of fish migrations: Salmon as a model approach. In: *Behaviour and Physiology of Fish*, Vol. 24. Eds. K.A. Sloman R.W. Wilson and S. Balshine. Elsevier, San Diego. pp. 239-295
- HINCH, S. G., S. J. COOKE, A. P. FARRELL, K. M. MILLER, M. LAPONITE & D. A. PATTERSON (2012): Dead fish swimming: a review of research on the early migration and high premature mortality in adult Fraser River sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. *J. Fish Biol.* 81: 576-599
- JAIN, K. E., J. C. HAMILTON & A. P. FARRELL (1997): Use of a ramp velocity test to measure critical swimming speed in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Comp. Biochem. Physiol. A* 117: 441-444
- JAIN, K. E., I. K. BIRTWELL & A. P. FARRELL (1998): Repeat swimming performance of mature sockeye salmon following a brief recovery period: a proposed measure of fish health and water quality. *Can. J. Zool.* 76: 1488-1496
- JAIN, K. E. & A. P. FARRELL (2003): Influence of seasonal temperature on the repeat swimming performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *J. Exp. Biol.* 206: 3569-3579
- JEFFRIES, K. M., S. G. HINCH, E. G. MARTINS, T. D. CLARK, A. G. LOTTO, D. A. PATTERSON, S. J. COOKE, A. P. FARRELL & K. M. MILLER (2012): Sex and proximity to reproductive maturity influence the survival, final maturation, and blood physiology of Pacific salmon when exposed to high temperature during a simulated migration. *Physiol. Biochem. Zool.* 85: 62-73
- JOBLING, M. (1981): Temperature tolerance and the final preferendum-rapid methods for assessment of optimum growth temperatures. *J. Fish Biology* 19, 439-455
- LEE, C. G., A. P. FARRELL, A. LOTTO, M. J. MACNUTT, S. G. HINCH & M. C. HEALEY (2003a): The effect of temperature on swimming performance and oxygen consumption in adult sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and coho salmon (*O. kisutch*) salmon stocks. *J. Exp. Biol.* 206: 3239-3251

- LEE, C. G., A. P. FARRELL, A. LOTTO, S. G. HINCH & M. C. HEALEY (2003b): Excess post-exercise oxygen consumption in adult sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and coho (*O. kisutch*) salmon following critical speed swimming. *J. Exp. Biol.* 206: 3253-3260
- MATHES, M. T., S. G. HINCH, S. J. COOKE, G. T. CROSSIN, D. A. PATTERSON, A. G. LOTTO & A. P. FARRELL (2010): Effect of water temperature, timing, physiological condition, and lake thermal refugia on migrating adult Weaver Creek sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 67: 70-84
- MILLER, K. M., S. LI, K. KAUKINEN, N. GINTHER, E. HAMMILL, J. M. R. CURTIS, D. PATTERSON, T. SIERCINSKI, L. DONNISON, P. PAVLIDIS, S. G. HINCH, K. A. HRUSKA, S. J. COOKE, K. K. ENGLISH & A. P. FARRELL (2011): Genomic signatures predict migration and spawning failure in wild Canadian salmon. *Science*. 331: 214-217
- PEAKE, S. J. & A. P. FARRELL (2004): Locomotory behaviour and post-exercise physiology in relation to swimming speed, gait transition and metabolism in free-swimming smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*). *J. Exp. Biol.* 207: 1563-1575
- PEAKE, S. J. & A. P. FARRELL (2005): Postexercise physiology and repeat performance behaviour of free-swimming smallmouth bass in an experimental raceway. *Physiol. Biochem. Zool.* 78: 801-807
- PEAKE, S. J. & A. P. FARRELL (2006): Fatigue is a behavioural response in respirometer-confined smallmouth bass. *J. Fish Biol.* 68: 1742-1755
- PÖRTNER, H. O. & A. P. FARRELL (2008): Physiology and climate change. *Science* 322: 690-692
- PÖRTNER, H. O. (2010): Oxygen- and capacity-limitation of thermal tolerance: a matrix for integrating climate-related stressor effects in marine ecosystems. *J Exp Biol* 213, 881-893
- STEINHAUSEN, M. F., E. SANDBLOM, E. J. ELIASON, C. VERHILLE & A. P. FARRELL (2008): The effect of acute temperature increases on the cardiorespiratory performance of resting and swimming sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *J. Exp. Biol.* 211: 3915-3926
- RABY, G., T. D. CLARK, A. P. FARRELL, D. A. PATTERSON, N. N. BETT, S. M. WILSON, W. G. WILLMORE, C. D. SUSKI, S. G. HINCH & S. J. COOKE (2015): Facing the river gauntlet: understanding the effects of fisheries capture and water temperature on the physiology of coho salmon. *PLOS ONE* doi: 10.1371/journal.pone.0124023
- SHELFORD, V. E. (1931): Some concepts of bioecology. *Ecology* 12, 455-467
- VERHILLE, C. E., K. K. ENGLISH, D. E. COCHERELL, A. P. FARRELL & N. A. FANGUE (2016): High thermal tolerance of a rainbow trout population near its southern range limit suggests local thermal adjustment. *Conser Physiol* 4: p. cow057-cow057
- WILSON, S. M., S. G. HINCH, E. J. ELIASON, A. P. FARRELL & S. J. COOKE (2013): Calibrating acoustic acceleration transmitters for estimating energy use by wild adult Pacific salmon. *Comp. Biochem. Physiol. A.* 164: 491-498
- ZENG, L. Q., Y. G. ZHANG, Z. D. CAO & S. J. FU (2010): Effect of temperature on excess post-exercise oxygen consumption in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen) following exhaustive exercise. *Fish Physiol Biochem* 36, 1243-1252
- ZHANG, Y., T. M. HEALY, W. VANDERSTEEN, P. M. SCHULTE & A. P. FARRELL (2018): A rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* strain with higher aerobic scope in normoxia also has superior tolerance of hypoxia. *J. Fish Biol.* 92, 487-503

ZHANG, Y., G. CLAIREAUX, H. TAKLE, S. M. JØRGENSEN, A. P. FARRELL (2018): Excess post-exercise oxygen consumption in Atlantic salmon (*Salmo salar*): a metabolic recovery in three-phases. *Journal of Fish Biology*. doi:10.1111/jfb.13593

Contact:

Prof. Dr. Tony Farrell

FRSC, University of British Columbia

6270 University Blvd.

Vancouver, BC V6T 1Z4

Canada

E-Mail: tony.farrell@ubc.ca

Standards bei Fischaufstiegsanlagen – Was kann ein Regelwerk leisten?

Stephan Heimerl und Marq Redeker

1 Einleitung

Auch auf dem Fachgebiet der Fischaufstiegsanlagen ist es wie in vielen anderen Bereichen seit Jahren Konsens, dass die grundlegenden Erkenntnisse in Texten zusammengeführt werden, die dann als technisches Regelwerk oder Standard bezeichnet werden. In Deutschland hat der DWA-Fachausschuss WW-8 „Ökologische Durchgängigkeit von Fließgewässern“ und seine zugehörigen Arbeitsgruppen u. a. diese Aufgabe für die aufwärtsgerichtete Wanderung von Fischen und anderen aquatischen Lebewesen (DWA 2014) übernommen.

Doch was verbirgt sich hinter diesen Zielen und was kann ein derartiges Werk tatsächlich leisten bzw. wo sind dessen Grenzen? Dieser Beitrag versucht, sich dieser Fragestellung anzunähern und eine Einordnung vorzunehmen.

2 Standard – Annäherung an den Begriff

2.1 Begriffsbestimmungen

Im deutschen Sprachraum steht seit über 135 Jahren als wesentliches Werk der Duden zur Verfügung, der nicht nur die Regeln der Rechtschreibung enthält, sondern vielmehr sowohl im grundlegenden Werk des Bandes 1, als auch den weiteren Bänden die Wörter bzw. Begriffe erläutert.

Ein Blick in diese Werke zeigt folgendes Bild für den Begriff „Standard“:

- > Standard lt. Duden-Rechtschreibung
 - Maßstab, Richtschnur, Norm; Qualitäts- oder Leistungsniveau
- > Standard lt. Duden-Fremdwörterbuch
 - 1. Normalmaß, Durchschnittsbeschaffenheit, Richtschnur
 - 2. Allgemeines Leistungs-, Qualitäts-, Lebensführungsniveau, Lebensstandard
 - 3. (DDR) staatlich vorgeschriebene Norm ...
 - 4. anerkannter Qualitätstyp, Qualitätsmuster, Normalausführung einer Ware
- > Standard lt. Duden-Synonymwörterbuch
 - Bewertungsmaßstab, Grundsatz, Maßstab, Norm, Prinzip, [feste] Regel, Richtlinie, Richtschnur, Wertmesser
 - Grad, Höhe, Niveau, Qualitätsniveau, Rang, Stand, Stufe ...

Die Vielfalt in drei Duden-Bänden zeigt, dass dieser Begriff sehr vielförmig verwendet wird, und dass eine eindeutige Definition nicht existiert.

2.2 Stellung von Normen

Durch die unterschiedlichen Definitionen des Dudens zieht sich der Begriff der Norm, so dass dieser näher betrachtet werden soll. Es darf nicht vergessen werden, dass dieser im englischen Sprachgebrauch mit „Standard“ übersetzt wird, womit ein enger Zusammenhang verdeutlicht wird.

Es zeigt sich, dass bei Normen sehr fein dahingehend unterschieden wird, dass diese keine „zwingenden Mindeststandards“, jedoch aber „dringende Mindestempfehlungen“ darstellen (WILRICH 2017). Dabei werden Normen in der technischen Umwelt als Ordnungselemente gesehen, denen ein wesentlicher Stellenwert zukommt.

Eine besondere Bedeutung erhalten Normen, wenn sie Bestandteil einer Rechtsvorschrift werden, und ihnen dann eine rechtliche Relevanz zukommt, wobei jedoch folgende Einschränkungen berücksichtigt werden müssen (WILRICH 2017, BOLDT & ZÖLLER 2017):

- > Normen sind nicht alleine entscheidend, d. h. es muss im Einzelfall geprüft werden, ob diese zutreffend und damit anzuwenden sind.
- > Normen können unzutreffend sein, was im Einzelfall widerlegt werden muss.
- > Normen können unvollständig sein.
- > Normen können veraltet sein.

Man kann damit zusammenfassend festhalten, dass Normen Anhaltspunkte, Hilfen, Empfehlungen und Vorschläge enthalten, wie Vorgaben umgesetzt und erfüllt werden können. Sie sind jedoch keinesfalls per se zwingend zu sehen.

2.3 Normenwirkung über technische Generalklauseln

In Gesetzen sowie einer zugehörigen umfangreichen Rechtsprechung haben sich die sogenannten technischen Generalklauseln eingebürgert, die Sicherheitsmaßstäbe definieren. Wenngleich dort die jeweiligen Details nicht enthalten sind, so werden dabei aber der Rahmen und die Einordnung vorgegeben. Hierbei unterscheidet man folgende, stichwortartig charakterisierte drei Generalklauseln:

- > Anerkannte Regeln der Technik (a. R. d. T.):
 - Basisstandard
 - genießen wissenschaftliche Anerkennung
 - geben die herrschende Auffassung unter den einschlägigen technischen Praktikern wider (Bekanntheitsgrad)
 - müssen sich in der Praxis bewährt haben
- > Stand der Technik:
 - fortschrittlicher (Sicherheits-) Standard
 - keine allgemeine Anerkennung und Durchsetzung nötig
 - kein rein inländischer Bezug, sondern Weltmaßstab
 - Grundsatz der Verhältnismäßigkeit gilt.
- > Stand von Wissenschaft und Technik:
 - Maximalstandard, nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen

Dabei steigern sich die Anforderungen und Ansprüche bis hin zum höchsten, besten Niveau des Standes von Wissenschaft und Technik.

2.4 Einordnung von Regelwerken

Technische Regelwerke begegnen uns im täglichen Leben an vielen Stellen in unterschiedlichster Form. Hierbei gilt – entsprechend der Rechtsprechung – die Vermutungswirkung, dass Normen die a. R. d. T. auch ohne gesetzliche Einordnung konkretisieren. Dies wird auch in den übergeordneten Regelwerken so beschrieben, die die Arbeit an diesen Dokumenten vorgeben, wie z. B.:

- > DIN 820-1 – Normungsarbeit:
 - DIN-Normen „sollen sich als a. R. d. T. etablieren“.
- > Arbeitsblatt DWA-A 400 – Grundsätze für die Erarbeitung des DWA-Regelwerks (Mai 2018):
 - Arbeitsblatt: „Publikation im DWA-Regelwerk, die regelmäßig darauf abzielt, a. a. R. d. T.¹ zu beschreiben.“
 - Merkblatt: „Publikation im DWA-Regelwerk, die empfehlenden Charakter hat oder die nicht darauf abzielt, a. a. R. d. T. zu beschreiben, z. B. weil die Inhalte noch nicht allgemein anerkannt sind.“
 - Anmerkungen zum DWA-Regelwerk:
 - Themenblatt: repräsentiert Meinung eines DWA-Fachgremiums (ggf. auch Summe von Einzelmeinungen), nicht im DWA-A 400 geregelt.
 - Historie von ATV und DVWK hin zum DWA ist zu beachten.

Um die erarbeiteten Regelwerke auf eine breitere Basis zu stellen, die Akzeptanz und v. a. auch die Qualität zu erhöhen, werden Beteiligungs- bzw. Einspruchsverfahren („Gelbdruck“ bei DWA) mit einem Konsensziel durchgeführt (bei DWA-Merkblättern nicht zwingend).

Zusammenfassend lässt sich für Regelwerke folgendes festhalten:

- > Sie stellen eine begründete Mindestempfehlung dar.
- > Sie sind Richtlinie, Richtschnur, Maßstab, Norm ...
- > Sie sind ein Basisstandard im Sinne der a. R. d. T.
- > Sie weisen einen gewissen Reifegrad auf.
- > Sie können im Sinn einer Norm jedoch keinen Anspruch erheben,
 - alleine entscheidend zu sein,
 - immer zuzutreffen,
 - vollständig zu sein,
 - immer den aktuellen Stand wiederzugeben.

Regelwerke geben also eine begründete, auf Erfahrungen basierte Orientierung über technische Lösungsmöglichkeiten für den „Regelfall“ und bieten Werkzeuge für den „Nicht-Regelfall“ an.

¹ a. a. R. d. T. steht für „allgemein a. R. d. T.“ und wird umgangssprachlich synonym zu a. R. d. T. verwendet.

3 Regelwerk für Fischaufstiegsanlagen

3.1 Aktueller Stand

Das Merkblatt DWA-M 509 zu Fischaufstiegsanlagen ist im Sinne der o. g. Definitionen eine a. R. d. T., das sich darauf konzentriert, v. a. die nachfolgenden Aspekte darzustellen:

- > Grundprinzipien (s. a. Abb. 1):
 - Klassifizierung von Fischaufstiegsanlagen und Anlagen zur Gewährleistung der Durchgängigkeit
 - Definition von einheitlichen Begriffen
 - Grundanforderungen: Auffindbarkeit – Passierbarkeit – Betriebszeit
 - Fischbasierte Auslegung: Potenziell natürliche Fischarten mit ihren individuellen Größen und Schwimmverhalten sowie -kapazitäten sind entscheidend.
Hinweis: Das Merkblatt zeigt aus didaktischen Gründen Beispielabmessungen, die ggf. an die lokal vorkommende Fischartenzusammensetzung und deren jeweilige Abmessungen anzupassen ist!
 - Grenz- und Bemessungswertephilosophie
 - hydraulische Prinzipien und Grenzen
- > Anforderungen an Bauteile und Gestaltung (nicht abschließend):
 - Einstiegsanordnung und -gestaltung
 - Dotationswasserzugabe
 - Beckengeometrie
 - Monitoringeinrichtungen
 - Baumaterialien und -methoden
- > Prozesse & Methoden:
 - Planungsmethoden und Inhalte der Planungsschritte (Detaillierungsgrad)
 - Qualitätssicherung während Planung, Bau und Betrieb
 - Anforderungen an den Betrieb: Wartungskonzepte, Zugänglichkeit i. V. m. Betriebssicherheit und Arbeitssicherheit, Hochwasser- und Treibgutschutzniveau
 - Einrichtungen zur Funktionskontrolle und deren Betrieb

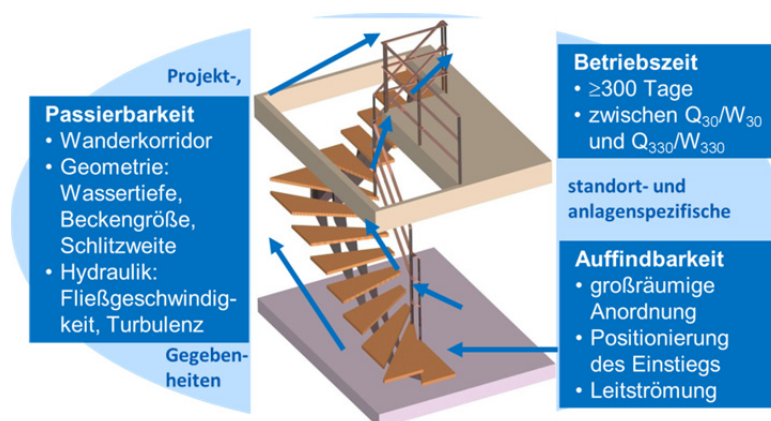


Abb. 1: Grundanforderungen an Fischaufstiegsanlagen (REDEKER & HEIMERL 2018)

Dabei werden Berechnungsverfahren und Anwendungsbeispiele aufgeführt, um die Verständlichkeit zu steigern und die Anwendung in der täglichen Praxis zu erleichtern. Es muss aber auch in diesem Zusammenhang festgehalten werden, dass v. a. die Beispiele nicht zwingend

den Regelfall darstellen, sondern durch den Anwender auf den konkreten Standort mit all seinen unterschiedlichen Randbedingungen und Anforderungen übertragen werden muss.

3.2 Weitere Fortentwicklung

Ein technisches Regelwerk beschreibt immer einen Wissens- und Erfahrungsstand zum Zeitpunkt seiner Veröffentlichung. Naheliegenderweise nehmen mit jeder Anwendung die Erfahrungen zu und somit entwickelt sich dieser Stand stetig weiter, so dass auch das Regelwerk in regelmäßigen Abständen fortgeschrieben werden muss.

Entsprechend sind auch die jeweils zuständigen DWA-Gremien derzeit dabei, sich v. a. mit folgenden Aspekten auseinanderzusetzen:

- > neuartige Bautypen von Fischaufstiegsanlagen
- > Bauteile und Bauelemente, z. B. Geometrie von Schlitzpass-Trennwänden und Umlenkblöcken oder Einstiegskonzept für große Fischaufstiegsanlagen direkt am Saugrohrende von Wasserkraftanlagen (s. a. REDEKER & HEIMERL 2018)
- > hydraulische Aspekte für die Auslegung, wie beispielsweise Berechnungsverfahren, die Unterstützung bzw. Steigerung der Auffindbarkeit des Einstiegs oder die Berücksichtigung besonders schwimmschwacher Arten
- > Planungsprozesse
- > Baumethoden
- > betriebliche Aspekte, wie z. B. Einrichtungen zur Funktionskontrolle und deren Betrieb (z. B. Standardreuse bzw. Standardtragrahmen für Reuse, Vaki-Counter u. a. Einrichtungen)

Hinzu kommen noch parallele Prozesse, wie v. a. die Digitalisierung im Bau, die einer rasanten Entwicklung unterworfen ist, und wo Deutschland derzeit nicht zu den Vorreitern gehört (BERGER 2017). Gerade im Bereich der Maßnahmen der öffentlichen Hand soll ab 2020 die 3. Stufe und breite Implementierung des sogenannten Leistungsniveaus BIM 1 in allen neu zu planenden Projekten beginnen (BMVI 2015). Mit der dann verbindlichen Methodik des *Building Information Modeling* (BIM) wird eine Vielzahl von neuen Anforderungen kommen, die aber auch gleichzeitig die Planungsprozesse durchgängiger und mittelfristig effizienter gestalten werden.

4 Wie viel Standardisierung kann also ein Regelwerk leisten?

Grundsätzlich muss man sich immer vor Augen halten, dass die Regelwerksarbeit normalerweise eine ehrenamtliche Arbeit von Fachleuten ist und/oder durch Arbeitgeber finanziert wird (z. T. Steuermittel). Des Weiteren sind die Bearbeitungskapazitäten limitiert und die notwendige regelmäßige Regelwerks-Überprüfung/-arbeit bindet weitere Kapazitäten.

Die Regelwerksarbeit muss sich daher immer an den folgenden Leitlinien orientieren:

- > Erreichung bzw. Einhaltung eines Anforderungsniveaus
- > Regelung des Wesentlichen, wobei ein Freiraum belassen werden sollte, der für Anwender Ansporn sein sollte, die Regelwerke adäquat zu nutzen sowie auf das „Aufziehen von Schubladen“ zu verzichten
- > Überregulierung bremst den Fortschritt.
- > Nicht nur die Auslegung, sondern auch Prozesse sind zu betrachten!

Zusammenfassend lässt sich für Regelwerke festhalten:

- > So viel regeln wie nötig, aber so wenig wie möglich!
- > Augenmaß muss gehalten werden, damit kein „Regelwerks-Friedhof“ entsteht, der am Ende nicht angewandt wird.

Literatur

BMVI (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Berlin

BOLDT, A., M. ZÖLLER (2017): Anerkannte Regeln der Technik. In: ZÖLLER, M., A. BOLDT (Hrsg.): Baurechtliche und -technische Themensammlung, Heft 8. Köln: Bundesanzeiger Verlag

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

REDEKER, M., S. HEIMERL (2018): Improved Fish Pass Entrance Design Involving Surplus Attraction Flow. International Symposium on Hydraulic Structures. (<https://digitalcommons.usu.edu/ishs/2018/session4-2018/9>)

BERGER, R. (2017): Turning point for the construction industry - The disruptive impact of Building Information Modeling (BIM). Roland Berger Focus, September 2017

WILRICH, T. (2017): Die rechtliche Bedeutung technischer Normen als Sicherheitsmaßstab. Berlin: Beuth-Verlag



Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl

Fichtner Water & Transportation GmbH
Sarweystr. 3

70191 Stuttgart

Tel.: 0711/ 899 5737

E-Mail: stephan.heimerl@fwf.fichtner.de

Jahrgang: 1968

1988-1994

Bauingenieurstudium an der Universität Stuttgart

1994-2001

Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dissertation an
Universität Stuttgart „Systematische Beurteilung
von Wasserkraftprojekten“

2001-2007

Projektingenieur, Energie Baden-Württemberg AG
(EnBW), Stuttgart

2007-2012

Wasserkraft-Seniorexperte, Fichtner GmbH & Co.
KG, Stuttgart und Istanbul

seit 2012

Prokurist und Abteilungsleiter Wasserbau, Fichtner
Water & Transportation GmbH, Stuttgart

seit 2013

von der IHK Region Stuttgart öffentlich bestellter
und vereidigter Sachverständiger für Wasserbau
und Wasserkraftanlagen sowie Fischaufstiegsanla-
gen

Mitglied des DWA-Fachausschusses WW-8
„Ökologische Durchgängigkeit von Fließ-
gewässern“



Kontakt:

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.

Marq Redeker

CDM Smith Consult GmbH

Münsterstraße 304

40470 Düsseldorf

Tel.: 0211/ 93445-16

E-Mail: marq.redeker@cdmsmith.com

Jahrgang: 1969

1991-1996

Studium Bauingenieurwesen an der Fachhochschule Aachen

2000-2003

Studium Wirtschaftsingenieurwesen an der Fachhochschule Dortmund

1996-1999

Projektingenieur, Ingenieurbüro Floecksmühle, Aachen

1999-2007

Stellvertretender Betriebsgruppenleiter Henne- und Sorpetalsperre, Ruhrverband, Essen

2008-2010

Work Group Manager Rivers & Coastal Engineering, Opus International Consultants Ltd., Wellington (Neuseeland)

2010-2015

Abteilungsleiter Wasser & Infrastruktur, Arcadis Deutschland GmbH, Köln

seit 2016

Prokurist und Business Development Manager, CDM Smith Consult GmbH, Düsseldorf

Mitglied des DWA-Fachausschusses WW-8
„Ökologische Durchgängigkeit von Fließgewässern“

Hydraulische Methoden zur Bemessung der Leitströmung einer Fischaufstiegsanlage

Patrick Heneka, Lena Mahl und Roman Weichert

1 Problemstellung

Eine wichtige Bemessungsgröße für den Bau von Fischaufstiegsanlagen (FAA) an Standorten mit Wasserkraftnutzung ist der Leitdurchfluss. Mit dem Leitdurchfluss wird eine Leitströmung im Unterwasser der Staustufe erzeugt, die der Auffindbarkeit der FAA dient. Hierzu muss sich die Leitströmung bis in eine definierte Entfernung unterhalb des Einstiegs ausbreiten, damit sie für die hier suchenden Fische bemerkbar ist (z. B. DWA 2014). Die Höhe des Leitdurchflusses hat Auswirkungen auf die Dimensionen und den Betrieb der FAA sowie auf Belange Dritter (Gewässernutzung).

Aus den gängigen Regelwerken (z. B. DWA 2014) lassen sich derzeit keine verbindlichen Methoden zur Bemessung der Leitströmung bzw. des Leitdurchflusses entnehmen. In der momentanen Beratungspraxis empfehlen BfG und BAW daher unabhängig von den örtlichen geometrischen und hydraulischen Gegebenheiten ca. 5 % des Ausbaudurchflusses der benachbarten Turbine bei den höchsten zu berücksichtigenden Wasserständen mit einer Unterschreitungsdauer von 330 Tagen pro Jahr (WEICHERT et al. 2013). Weitere Standortspezifika, die unter Umständen eine abweichende Empfehlung erforderlich machen würden, können bisher nur über eine aufwändige hydraulische Modellierung berücksichtigt werden, welche mit großem zeitlichem und technischem Aufwand verbunden ist.

Im vorliegenden Manuskript wird eine alternative, einfachere Methode zur Ermittlung der erforderlichen Leitströmung vorgestellt, die die wesentlichen Standortspezifika berücksichtigt. Kenntnisse zur Leitströmung führen direkt zu den bemessungsrelevanten Größen des Leitdurchflusses und des Einstiegsschlitzes.

2 Die Leitströmung einer FAA im Kraftwerksunterwasser

Zum Verständnis der nachfolgenden Ausführungen ist es wichtig, sich die Situation an Standorten der Bundeswasserstraßen (BWaStr) zu verdeutlichen, welche sich bei Vorhandensein einer Wasserkraftanlage typischerweise wie in Abb. 1 darstellen lässt. Der Einstieg in eine FAA wird so nah wie möglich am Querbauwerk ausgeführt und besitzt einen Anschluss an das Ufer. Für eine gute Ausbreitung der Leitströmung neben der turbulenten Zone im Kraftwerksunterwasser sowie zur Anbindung der FAA an die Gewässersohle wird in der Regel eine Einstiegsbucht ausgeführt.

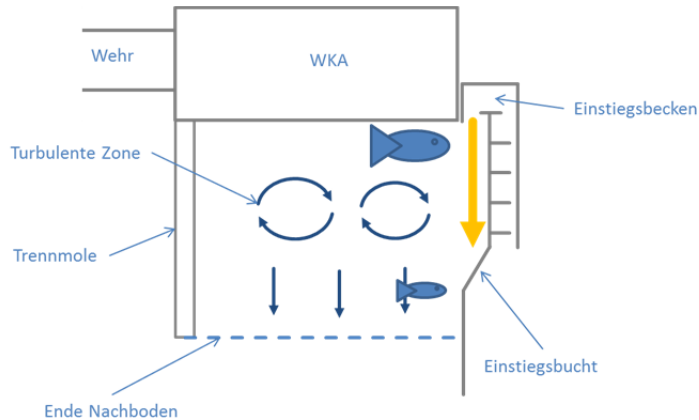


Abb. 1: Typische Situation im Unterwasser von Wasserkraftanlagen bei der Platzierung von Einstiegen unmittelbar am Querbauwerk

Die Leitströmung wird so ausgelegt, dass sie sich mindestens bis zur turbulenten Zone des Kraftwerksunterwassers ausbreiten kann, damit anhand der Strömung der Einstieg in die FAA aufgefunden werden kann. Als Kriterium für das unterstromige Ende der Leitströmung dient die Leitgeschwindigkeit, welche im Bereich von 0,8 m/s liegt. Diese Geschwindigkeit liegt für die meisten Fischarten im Bereich der Dauerschwimmgeschwindigkeit bzw. im Bereich der gesteigerten Schwimmgeschwindigkeit (DWA 2014) und entspricht ca. 50 % der typischen Bemessungsgeschwindigkeit von FAA an BWaStr. Zudem soll eine möglichst gerichtete und wenig turbulente Strömung vorliegen.

Die Ausbreitung einer Leitströmung in das Kraftwerksunterwasser wird von den vorherrschenden standortspezifischen Randbedingungen beeinflusst. Als wichtigste lassen sich nennen:

- > Beeinflussung durch die Konkurrenzströmung aus der Wasserkraftanlage
- > Geometrie des Einstiegsschlitzes (Breite, Höhe, Scharfkantigkeit)
- > Strömung im Einstiegsbecken oder Einstiegswendebecken
- > Nähe zum Ufer und zur Gewässersohle, sowie deren Beschaffenheit (z. B. Betonwand)

3 Hydraulische Methoden zur Bestimmung der Leitströmung

Das Ziel der hier vorgestellten hydraulischen Methoden ist eine gute Prognose der Leitströmung bzw. des Leitdurchflusses, um die fischbiologischen Anforderungen zu erfüllen. Sie unterscheiden sich grundsätzlich in ihrer Komplexität und somit auch im Aufwand (Abb. 2).

Die einfachste Methode zur Ermittlung des Leitdurchflusses ist die in DWA (2014) dargestellte Vorgehensweise, den Leitabfluss über einen Anteil einer konkurrierenden Strömung zu definieren. Für Standorte an BWaStr wurde diese Philosophie konkretisiert, indem aus detaillierten Untersuchungen an einem gegenständlichen Wasserbaumodell für den Standort Laufen/Neckar eine Empfehlung abgeleitet wurde, die besagt, dass für den Unterwasserstand W_{330} der Leitdurchfluss 5 % des Ausbaudurchflusses der FAA-nahen Turbine betragen sollte (WEICHERT et al. 2013). Die Übertragung auf weitere Standorte kann genaugenommen nur erfolgen, solange die hydraulischen und geometrischen Randbedingungen mit denen des

Standorts vergleichbar sind, an dem diese Empfehlung erarbeitet wurde. Ansonsten kann diese Empfehlung den benötigten Durchfluss sowohl über- als auch unterschätzen. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass die Anwendung sehr einfach ist.

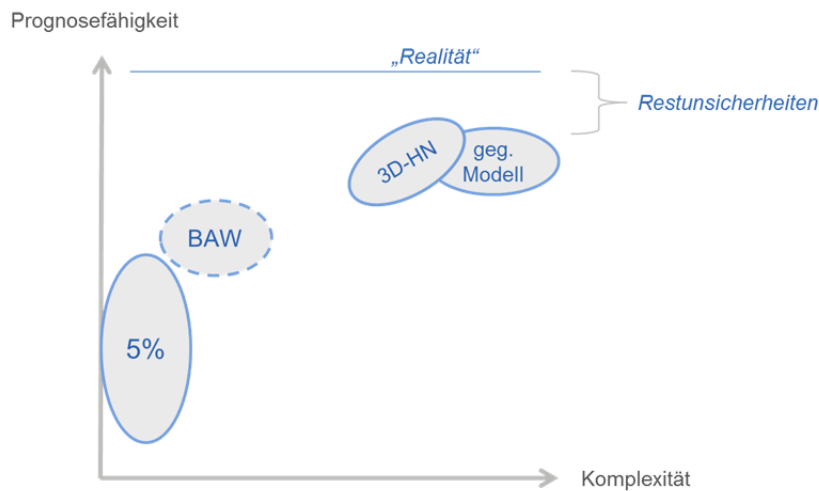


Abb. 2: Schematischer, qualitativer Vergleich von Bemessungsmethoden zur Ermittlung der Länge der Leitströmung einer FAA anhand Komplexität und Prognosefähigkeit

Als sehr komplexe Modelle gelten numerische (3D-HN) und gegenständliche Modelle (Abb. 3), in welchen die geometrischen und hydraulischen Standortbedingungen über das Berechnungsgitter bzw. die modellierte Geometrie und über die Rand- und Anfangsbedingungen vorgegeben sind. Die Prognosefähigkeit von solchen Modellen für einen spezifischen Standort ist damit besser und die verbleibende Restunsicherheit wesentlich geringer. Dafür ist aber der technische und zeitliche Aufwand entsprechend groß.

Die im nächsten Kapitel vorgestellte neue Methode („BAW“ in Abb. 2) verfolgt das Ziel, eine ausreichend hohe Prognosefähigkeit bei möglichst geringem Aufwand zu generieren und befindet sich bzgl. der Komplexität zwischen den beiden zuvor vorgestellten Methoden.

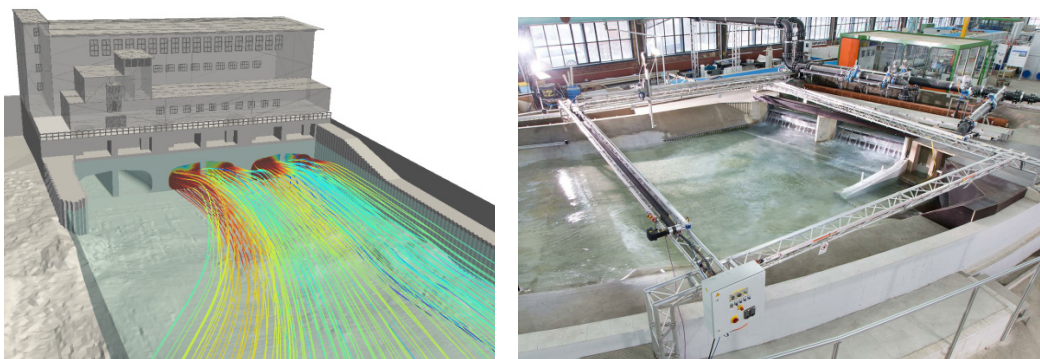


Abb. 3: Beispiele für komplexe Modelle: Eddersheim/Main (3D-HN Modell, links) und Lahnstein/Lahn (gegenständliches Modell im Maßstab 1:10, rechts)

4 Neue Methode zur Bemessung der Länge der Leitströmung

Die Grundidee der Methode ist, dass sich die Leitströmung einer FAA wie ein turbulenter Freistrahler verhält und dass sich somit die bekannten Vermischungs- und Ausbreitungsprozesse auf die Leitströmung übertragen lassen. Für ungestörte Freistrahler, d. h. ohne Einfluss von Berandungen und Konkurrenzströmungen, gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen, in denen sich u. a. Gleichungen zur Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten unterhalb der Einlassöffnung finden (z. B. KRAATZ 1974, RAJARATNAM & HUMPHRIES 1984). Da die Randbedingungen der meisten Anwendungen mit denen an Fischaufstiegsanlagen nicht vergleichbar sind, lassen sich die verfügbaren Ansätze jedoch nicht ohne weitere Anpassungen auf die Leitströmung aus einer FAA anwenden.

Aus diesem Grund wird aktuell an der BAW untersucht, wie sich die vorhandenen Gleichungen idealer Freistrahler für die Übertragung auf eine FAA-Leitströmung erweitern lassen. Hauptaspekte sind hierbei die Berücksichtigung einer realen Schlitzgeometrie eines Schlitzpasses, die Beeinflussung durch das naheliegende Ufer sowie der Einfluss der Kraftwerksabströmung (Tabelle 1).

Tabelle 1

Einfluss von Randbedingungen auf die Ausbreitung der Leitströmung

Einfluss	Effekt
Höhe/Breite-Verhältnis der Öffnung	Die Breite der Öffnung ist der maßgebliche Parameter für die Ausbreitungslänge der Leitströmung bei typischen Einstiegsschlitzen (Breite geringer als Wassertiefe). Für eine längere Leitströmung bei gleicher Schlitzgeschwindigkeit ist es zielführender, die Öffnungsweite des Einstiegs zu verbreitern, statt die Wassertiefe zu vergrößern. So wird bei gleicher Querschnitts- bzw. Durchflusssteigerung eine längere Leitwirkung erreicht (BERGMANN 2017).
Schlitz	Im Vergleich zu einer Düse sind in einem Schlitz die Geschwindigkeiten ungleich verteilt. Es konnte in gegenständlichen Modelluntersuchungen gezeigt werden, dass bei der Ausbreitung einer Strömung aus Düsen die Richtung der Strahlachse recht konstant ist, wohingegen bei Schlitzen größere horizontale Schwankungen der Strömungen und eine größere Auffächerung beobachtet wurden (SCHMIEDER 2018).
Kraftwerksabströmung	Die Strömung im Unterwasser von Wasserkraftanlagen ist in der Regel hoch turbulent und im Nahbereich der Wasserkraftanlage stark drallbehaftet und durch großskalige Wirbel geprägt. Sichtbares Zeichen an der Wasseroberfläche sind Aufpflanzungen. Die Leitströmung ist durch den vergleichsweise geringen Leitdurchfluss nicht in der Lage, diese Zone zu durchdringen. Daher wird die Leitströmung neben der turbulenten Zone entlang geleitet. Trotzdem hat das Strömungsgeschehen im Unterwasser beeinflussende Wirkung auf die Leitströmung. Beispielweise können Rückströmungen die Ausbreitung einer Leitströmung behindern oder großräumige Wirbel zur Ablenkung der Ausbreitungsrichtung führen (WIERING 2017). Anhand von numerischen und gegenständlichen Untersuchungen wurden diese Effekte quantifiziert und Korrekturfaktoren ermittelt.
Ufer	Ein naheliegendes Ufer hat den Vorteil, dass sich die Leitströmung an dieses anlegen und sich somit eine längere Leitwirkung entwickeln kann.

Die Erkenntnisse aus Tabelle 1 dienen als Grundlage für die Erstellung einer Bemessungsempfehlung für die Leitströmung. Die Länge der Leitströmung L_x , also der Ort unterhalb des Einstiegsschlitzes, an dem die Strömungsgeschwindigkeiten noch der vorgegebenen Leitgeschwindigkeit entsprechen, lässt sich nach Gleichung 1 berechnen:

$$L_x = L_{x,0} C_0 C_1 C_2 C_3 \quad (1)$$

Hierbei sind $L_{x,0}$ die Ausbreitungslänge eines ungestörten idealen Freistrahls und C_0 bis C_3 Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Standorteigenschaften. Die benötigten Standorteigenschaften sind beispielsweise Kenndaten der Wasserkraftanlage (u. a. Ausbaudurchfluss, Saugrohrgeometrie), hydrologische und hydraulische Grundlagendaten (u. a. UW_{30} , UW_{330}) sowie die Lage und Geometrie des geplanten Einstiegs. Wenn die Länge der Leitströmung aus den biologischen Anforderungen vorgegeben ist, lässt sich mit Gleichung 1 bei gegebenen Standortrandbedingungen die erforderliche Breite des Einstiegsschlitzes und der benötigte Dotationsdurchfluss ermitteln.

Die Validierung der Bemessungsmethode wird an den Standorten der Pilotanlagen (u. a. Eddersheim und Wallstadt am Main) vorgenommen. Dazu werden die Prognosen nach Gleichung 1 mit den Ergebnissen aus den standortspezifischen numerischen Modellen überprüft, so dass die Prognosefähigkeit der Bemessungsmethode ermittelt werden kann.

5 Fazit

Im Referat W1 der BAW wird aktuell eine Methode zur Bemessung der Länge einer Leitströmung von FAA entwickelt, um für diese wichtige Bemessungsgröße einfach anzuwendende Werkzeuge bereitzustellen, mit denen einerseits Planer ohne aufwändige Modellierung arbeiten können und andererseits auch die wesentlichen standortspezifischen Parameter Berücksichtigung finden.

Als Vorteile lassen sich insbesondere zwei Punkte nennen:

- > Erhöhung der Planungssicherheit: Durch Berücksichtigung standortspezifischer Randbedingungen wird eine zuverlässigere Prognose der Leitströmung im Vergleich zur 5 % Empfehlung möglich.
- > Beschleunigung der Umsetzung: Die Berechnung des erforderlichen Leitdurchflusses kann in einer frühen Planungsphase erfolgen und ist ohne wesentlichen Zeitaufwand durchführbar, so dass die Planung der Dotation ohne Zeitverzug durchgeführt werden kann.

Literatur

BERGMANN, L. (2017): Numerische Modellierung der Strömung aus dem Einstieg einer Fischeaufstiegsanlage mittels OpenFOAM (Masterarbeit), KIT Karlsruhe

DWA (2014): Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Fischeaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. In: DWA-Merkblätter, M 509 (korrigierte Fassung Februar 2016)

- KRAATZ, W. (1975): Ausbreitungs- und Mischvorgänge in Strömungen (Habilitation). Technische Universität Dresden, Dresden
- RAJARATNAM, S. & R. A. HUMPHRIES (1984): Turbulent non-buoyant surface jets. In: Journal of Hydraulic Research, 22 (2), S. 103-115
- SCHMIEDER, H. (2018): Experimentelle Untersuchung von oberflächennahen Freistrahlen bei Variation der Einlassgeometrie eines Fischpasses (Bachelorarbeit), KIT Karlsruhe
- WEICHERT, R., W. KAMPKE, L. DEUTSCH, M. SCHOLTEN (2013): Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern. In: Wasserwirtschaft, 1-2/2013, S.33-38
- WIERING, V. (2017): Experimentelle Untersuchungen eines oberflächennahen Freistrahls mit und ohne Konkurrenzströmung (Masterarbeit), RWTH Aachen



Kontakt:

Dr.-Ing. Patrick Heneka

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstr. 17
76187 Karlsruhe
Tel.: 0721/ 9726 4270
E-Mail: patrick.heneka@baw.de

1996-2003

Studium Luft- und Raumfahrttechnik an den Universitäten Stuttgart und Toulouse/Frankreich

2003-2009

Wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Hydromechanik der Universität Karlsruhe

2009-2015

Projektingenieur in einem Ingenieurbüro für Strömungsmechanik im Bauwesen

seit 2015

Wissenschaftlicher Angestellter im Referat Wasserstraße und Umwelt (W1) der BAW



Dr.-Ing. Lena Mahl

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstr. 17
76187 Karlsruhe
Tel.: 0721/ 9726 4435
E-Mail: lena.mahl@baw.de

2003-2008

Studium Umweltschutztechnik an der Universität Stuttgart und Chalmers in Göteborg/Schweden

2009-2014

Wissenschaftliche Angestellte am Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung der Universität Stuttgart

seit 2014

Wissenschaftliche Angestellte im Referat Wasserstraße und Umwelt (W1) der BAW



Dr. Roman Weichert

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstr. 17
76187 Karlsruhe
Tel.: 0721/ 9726 2660
E-Mail: roman.weichert@baw.de

1994-2001

Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Karlsruhe (TH), University of Edinburgh und TU Braunschweig

2001-2007

Wissenschaftlicher Angestellter an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich, ab 2005 Leiter der Abteilung Flussbau

2007-2009

Projektleiter bei Fichtner Water & Transportation GmbH

seit 2009

Referatsleitung des Referats Wasserstraße und Umwelt (W1) der BAW

Modellversuche zur Gestaltung der Dotationsbecken in den Pilotanlagen Lauffen und Kochendorf am Neckar

Gerrit Fiedler, Christof Bauerfeind und Lena Mahl

1 Einleitung

An den Neckarstandorten Lauffen und Kochendorf werden Pilotanlagen errichtet, um Forschungsfragen für die Wiederherstellung der Durchgängigkeit an den Bundeswasserstraßen zu beantworten (HENNING & SCHÜTZ 2015). Mithilfe beider Anlagen wird unter anderem untersucht, durch welche Faktoren die Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage (FAA) optimiert werden kann. Für die Umsetzung dieses Vorhabens werden verschiedene Leitdurchflüsse und Einstiegspositionen getestet und verglichen.

Um die notwendigen Leitdurchflüsse an den Pilotanlagen bereitzustellen, müssen die Basisdurchflüsse der FAA durch die Einleitung von zusätzlichem Durchfluss erhöht werden. Diese Art von Durchflusserhöhung wird Dotation genannt und umgesetzt, indem das zusätzliche Wasser mithilfe von Dotationsbecken in das Einstiegsbecken der FAA geleitet wird. Damit die Passierbarkeit der FAA durch die Einleitungsströmung nicht negativ beeinflusst wird, wird von Fischbiologen empfohlen, die Einleitung mit einer langsamen und beruhigten Strömung auszuführen. In der aktuellen Literatur (z. B. DWA 2014) für den Bau von FAA werden derzeit keine konkreten Dimensionierungsempfehlungen für die Gestaltung von Dotationsbecken angegeben. Um die Planung der Pilotanlagen zu unterstützen, wurden in der BAW Modellversuche mit gegenständlichen und numerischen Modellen durchgeführt und untersucht, wie die Dotationsbecken der Pilotanlagen gestaltet werden können, um eine langsame, gleichmäßige und ruhige Einleitungsströmung im Einstiegsbecken zu erreichen. Aufbauend auf bisherigen Untersuchungen (BAW 2017) werden im Folgenden die Ergebnisse der Modellversuche für die Pilotanlagen Lauffen und Kochendorf am Neckar vorgestellt.

2 Dotationsanlagen

Das für die Dotation benötigte Wasser wird in der Regel mithilfe eines Entnahmebauwerks aus dem Oberwasser der Staustufe entnommen und mit einer Transportleitung in Form eines Kanals oder Rohres zu einem Energieumwandlungsbecken geleitet. Hier wird die überschüssige hydraulische Energie umgewandelt, welche aufgrund der Fallhöhe zwischen Ober- und Unterwasser im hydraulischen System vorliegt. Nach der Energieumwandlung wird das Wasser für die Dotation erneut in eine Transportleitung geleitet und zum Einstiegsbecken geführt.

Da FAA in der Regel an Bestandsbauwerken errichtet werden, sind die Standorte durch die Grundmauern des Krafthauses, Brückenpfeilern oder Uferbefestigungen von konstruktiven Zwangspunkten und Platzbegrenzung geprägt. Aus diesem Grund bietet es Vorteile, Dotationsbecken und die daran angeschlossene Transportleitung kompakt zu dimensionieren. Allerdings ist bei kompakten Designs eine Aufweitung, Vergleichmäßigung und Beruhigung zwischen der Transportleitung und der Einleitung vorzusehen, um die oben beschriebene fischbiologische Anforderung einer langsamen, gleichmäßigen und turbulenzarmen Einleitungsströmung zu erreichen.

3 Pilotanlage Lauffen

3.1 Anordnung des Einstiegs- und Dotationsbeckens sowie der Transportleitung

Am Standort Lauffen ist ein uferseitiger und ein wehrseitiger Einstieg geplant (siehe Abb. 1). Das Dotationsbecken ist in der äußeren Ecke des Einstiegsbeckens positioniert und durch einen in 45°-angeordneten Rechen vom Einstiegsbecken abgegrenzt. An das Dotationsbecken schließt der Transportkanal an, welcher das Wasser aus der Energieumwandlungsanlage bzw. dem Fallschacht zum Dotationsbecken führt. Um den benötigten Dotationsdurchfluss in angemessener Art und Weise in das Einstiegsbecken zu leiten, muss der Fließquerschnitt der Strömung im Dotationsbecken auf den Querschnitt des eingezeichneten Rechens aufgeweitet werden. Um dieses Ziel zu erreichen, ist die Strömung auch um etwa 45° umzulenken, damit der Rechen gleichmäßig durchströmt wird. In der BAW wurde ein gegenständliches Modell aufgebaut, in dem unter anderem untersucht wurde, mit welchen Maßnahmen dieses Ziel erreicht werden kann.

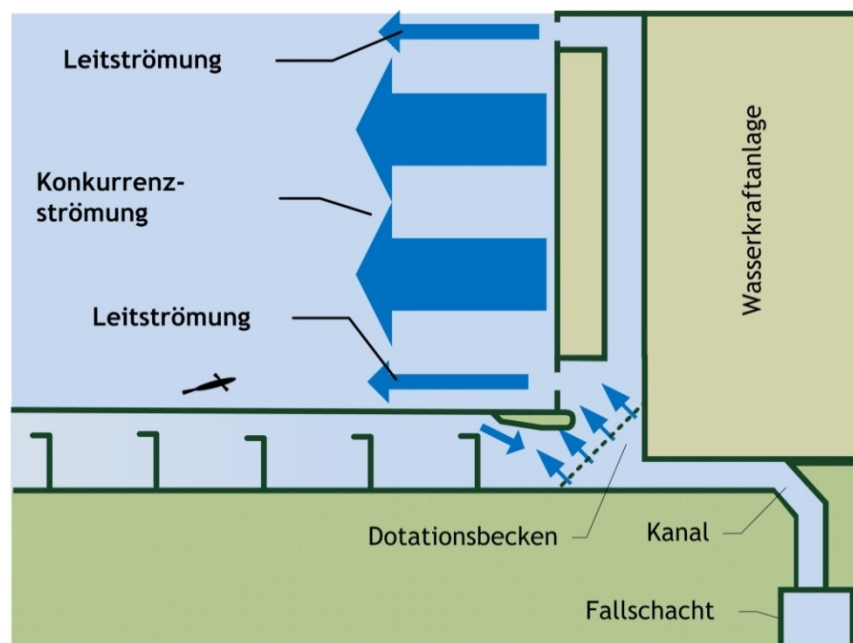


Abb. 1: Skizze der FAA Lauffen (Planung: Amt für Neckarausbau Heidelberg, Ingenieurbüro Flöcksmühle GmbH) mit zwei Einstiegen und Dotationsbecken

3.2 Gegenständliche Modellversuche zur Dotationseinleitung

Für die Strömungsaufweitung und -umlenkung zwischen Transportkanal und Rechen wurden im gegenständlichen Modell verschiedene Einbauten getestet. In Abb. 2 (links) ist neben dem Dotationsbecken ohne Einbauten (Design 1) eine Anordnung von Einbauten zur Optimierung der Strömung (Design 2) dargestellt. Diese besteht aus zwei Schlitzten, die in Bezug zum Transportkanal und dem Rechen so angeordnet sind, dass die Strömung um 45° umgelenkt und zentral zum Rechen geleitet wird. Nach der Umlenkung wird die Strömung durch fünf symmetrisch platzierte Pfeiler aufgeweitet, sodass der Rechen gleichmäßig durchströmt werden kann. Geschwindigkeitsmessungen der direkten Rechenabströmung (Abb. 2, rechts) zeigen, dass bei Design 1 im mittleren Bereich des Rechens hohe Geschwindigkeiten auftreten und ein großer Teil des Rechens nicht durchströmt wird. Bei Design 2 treten deutliche niedrigere Geschwindigkeiten auf, wodurch die Durchströmung des Rechens vergleichmäßigt werden konnte.

Neben weiteren Untersuchungen zur Dotationseinleitung wurden auf der Grundlage von Geschwindigkeitsmessungen im gegenständlichen Modell auch die Energieumwandlung im Fallschacht, die Passierbarkeit im Einstiegsbecken und Möglichkeiten zur Durchflusssteuerung zwischen den Einstiegen untersucht. Die Ergebnisse aller Untersuchungen sind in einem Gutachten dokumentiert, welches im Laufe des Jahres veröffentlicht wird.

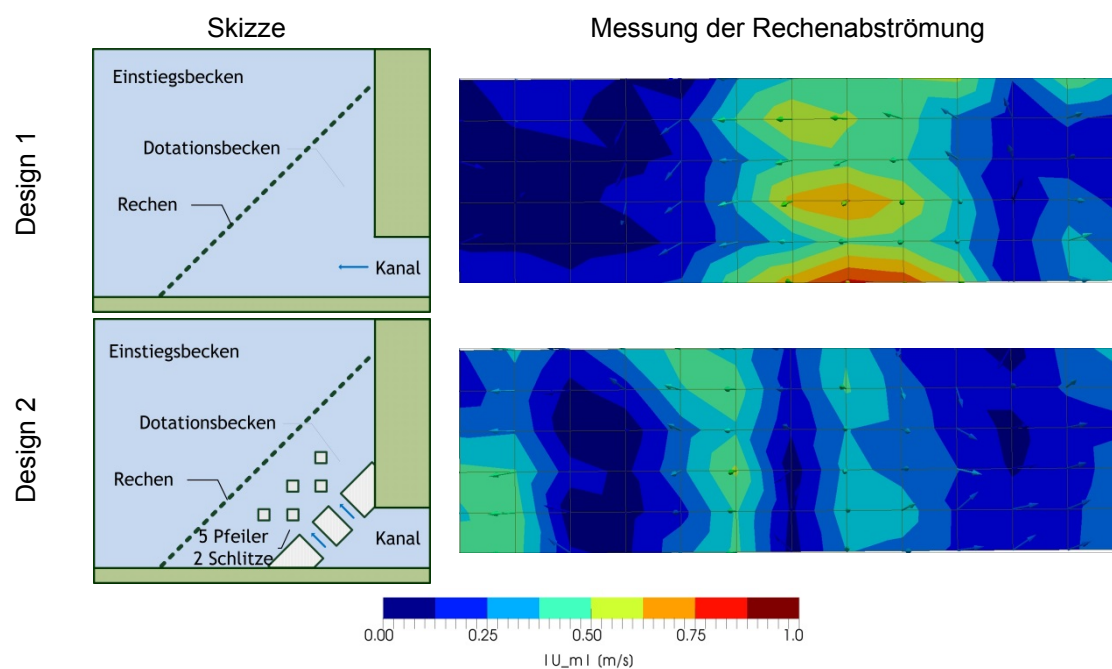


Abb. 2: Untersuchungsvarianten (links) und Geschwindigkeitsmessung der Rechenabströmungsgeschwindigkeit (rechts)

4 Pilotanlage Kochendorf

4.1 Anordnung des Einstiegs- und Dotationsbeckens sowie der Transportleitung

Ähnlich wie am Standort Lauffen ist auch an der Pilotanlage Kochendorf geplant, zwei Einstiege für Forschungsfragen zu betreiben. Wie in Abb. 3 dargestellt ist, unterscheidet sich jedoch die Anordnung des Dotationsbeckens von der Planung in Lauffen, da sich die konstruktiven Gegebenheiten an den Standorten in Punkten Platzbegrenzung und Linienführung unterscheiden. Aus diesem Grund ist das Dotationsbecken seitlich, unterhalb des letzten FAA-Schlitzes platziert. Der Rechen des Dotationsbeckens ist, wie bei den an der BAW durchgeführten ethohydraulischen Versuchen zur Dotationseinleitung (CZERNY & SCHÜTZ 2017), mit 30°-Schrägstellung angeordnet. Am Dotationsbecken ist ein Transportkanal angeschlossen, welcher einen konstanten Querschnitt und oberhalb der Einleitung eine 180°-Kurve aufweist. Die Energieumwandlung wird durch einen Überfall im Transportkanal und ein anschließendes Tosbecken umgesetzt. Anders als in Lauffen ist bei diesem Entwurf von Transportkanal und Dotationsbecken keine Strömungsaufweitung notwendig, um eine gleichmäßige Einleitung der Dotation zu realisieren. Jedoch wird die Strömungsverteilung durch die 180°-Kurve im Transportkanal beeinflusst, wodurch Maßnahmen zur Vergleichmäßigung vor der Einleitung notwendig sind.

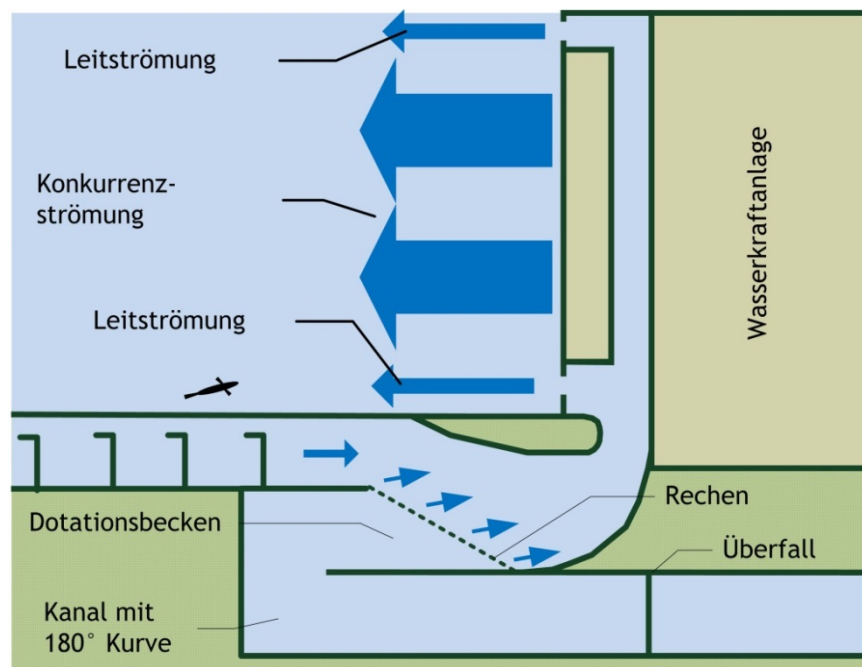


Abb. 3: Skizze der FAA Lauffen (Planung: Amt für Neckarausbau Heidelberg, KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH) mit zwei Einstiegen und Dotationsbecken

4.2 Numerische Modellversuche zur Dotationseinleitung

Zur Untersuchung der Vergleichmäßigung der Strömung unterhalb der 180°-Kurve wurde in der BAW ein numerisches 3D-Modell mit OpenFOAM® aufgebaut. Hiermit wurden Einbauten in der 180°-Kurve getestet, mit welchen eine gleichmäßige Einleitungsströmung umgesetzt werden kann. In Abb. 4 sind drei Untersuchungsvarianten (links) und die Ergebnisse der

Strömungssimulationen (rechts) dargestellt. Design 1 repräsentiert den Istzustand (ohne Einbauten) der 180°-Kurve, Design 2 eine eckige Leitwand und Design 3 vier konzentrische Leitwände. Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass durch Design 1 eine größere Strömungsablösung erzeugt wird und sich im Bereich der Einleitung eine ungleichmäßige Strömungsverteilung einstellt. Durch Design 2 und 3 konnte der Effekt der Strömungsablösung deutlich verringert werden, sodass im Bereich des Rechens eine gleichmäßige Strömung erreicht wird. Da fein aufgelöste Leitbleche, wie im Design 3 verwendet, für den Betrieb und die Wartung des Bauwerks Nachteile hervorrufen und bereits mit Design 2 das Auftreten von hohen Geschwindigkeiten bereits stark verringert wird, konnte durch die Modellversuche eine praktikable Lösung für die gleichmäßige Dotationseinleitung (Design 2) gefunden werden. Neben der Einleitung der Dotation wurde mithilfe des Modells auch eine Lösung für eine kompakte Energieumwandlung gefunden und die hydraulische Leistungsfähigkeit des Transportkanals nachgewiesen. Die Ergebnisse der Modelluntersuchungen werden demnächst in einem Gutachten dokumentiert und veröffentlicht.

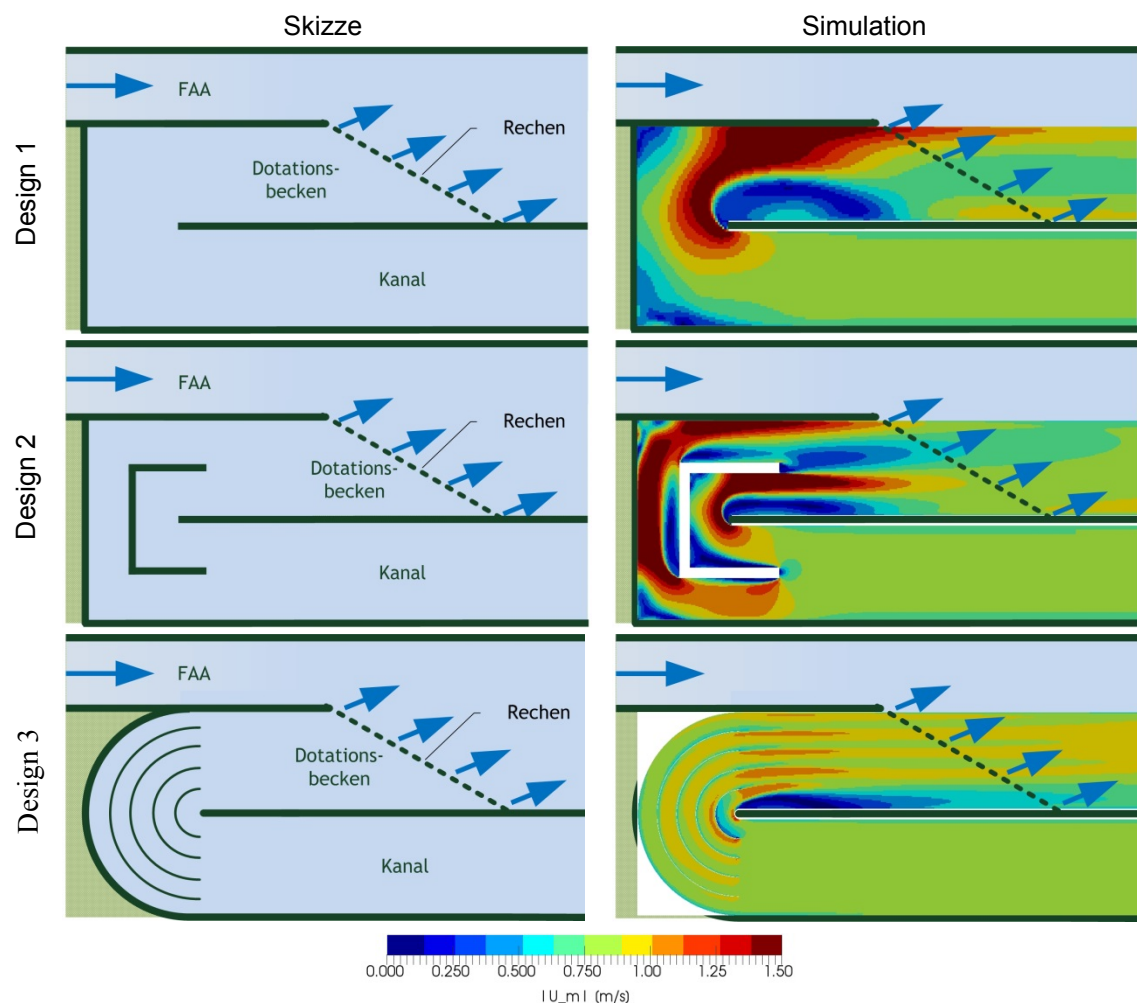


Abb. 4: Untersuchungsvarianten (links) und Simulation der Strömungsgeschwindigkeiten (rechts)

5 Zusammenfassung und Ausblick

Um die Qualität der beratenden Tätigkeit von BAW und BfG im Projekt der Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit zu untermauern, sind die Pilotanlagen ein wichtiger Baustein. Im Rahmen der Planungsarbeiten wurden in der BAW hydraulische Modelluntersuchungen für die Pilotanlagen Wallstadt, Lauffen und Kochendorf durchgeführt und Lösungen für eine gleichmäßige und beruhigte Einleitung der Dotation entwickelt. Dabei wurde für die FAA Wallstadt ein System für ein Dotationsbecken entwickelt, welches an ein unterirdisch verlegtes Transportrohr angeschlossen ist (BAW 2017). Für die FAA Lauffen wurden Einbauten entworfen, die es ermöglichen, die Strömung aus einem Transportkanal in kompakter Bauweise umzulenken und den Strömungsquerschnitt um ein Vielfaches aufzuweiten. Um für die FAA Kochendorf eine geeignete Dotationseinleitung zu realisieren, wurden verschiedene Strömungsleitelemente für 180°-Kurven in Kanälen mit konstantem Querschnitt erfolgreich getestet.

Durch die beschriebenen Untersuchungen wurden für drei standortspezifische Fragestellungen Lösungen gefunden und Konzepte für die Bauweise von Dotationsbecken entwickelt, die, wo anwendbar, auch auf weitere Standorte mit Dotation angewendet werden können. Da an vielen Standorten der Bundeswasserstraßen eine Erhöhung des Leitdurchflusses durch Dotation notwendig ist (WEICHERT et al. 2013), arbeiten BfG und BAW darüber hinaus an generell gültigen Bemessungsempfehlungen.

Literatur

- BAW (2017): Modellversuche zur Gestaltung eines Dotationsbeckens und dessen Zuleitung für die Fischaufstiegsanlage Wallstadt am Main, Gutachten der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
- CZERNY, R., C. SCHÜTZ (2017): Ethohydraulische Versuche zur Untersuchung der Passierbarkeit von Einstiegsbecken in Fischaufstiegsanlagen, Tagungsband HTG Kongress, Duisburg, 13.-15. September 2017
- DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Hennef
- HENNING, M., C. SCHÜTZ (2015): Design and special constructions of fishway pilot sites on German Federal Waterways, Presentation Fish Passage, Groningen NL, 22.-24. Juni 2015
- WEICHERT, R., W. KAMPKE, L. DEUTSCH, M. SCHOLTEN (2013): Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, Wasserwirtschaft 103 (1/2), 33-38



2008-2011

Studium Maritime Technologien in Bremerhaven

2011-2015

Studium Umweltingenieurwesen in Kassel

seit 2015

Bundesanstalt für Wasserbau,
Referat Bundeswasserstraße und Umwelt

Projektbearbeitung:

Seit 2015:

Sonderbauwerke in Fischauftstiegsanlagen

Kontakt:

Gerrit Fiedler

Bundesanstalt für Wasserbau

Kußmaulstraße 17

76187 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 9726 5240

E-Mail: gerrit.fiedler@baw.de

Ableitung von Bemessungsstandards anhand von verhaltensbiologischen und hydraulischen Untersuchungen

Cornelia Schütz und Martin Henning

1 Veranlassung

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) beraten die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) bei dem Bau von Fischaufstiegsanlagen (FAA) an Bundeswasserstraßen.

Eine für große Bundeswasserstraßen typische Planungsanforderung besteht darin, mithilfe einer zusätzlichen Wasserzugabe (Dotation) im unteren Bereich der FAA eine ausreichend große und damit besser auffindbare Leitströmung im Fluss zu erzeugen (WEICHERT et al. 2013). Während dadurch die Auffindbarkeit verbessert wird, kann es aber gleichzeitig dazu kommen, dass Fische, die das Zugabebecken nach dem Einstieg in die FAA durchschwimmen, von der Dotation abgelenkt werden. Um hier eine funktionierende Bauweise zu entwickeln, wurden von BAW und BfG verschiedene Untersuchungen durchgeführt.

2 Untersuchungen und Ergebnisse

Da Fischversuche sehr aufwändig sind, wurde in Vorversuchen in gegenständlichen und numerischen Modellen für die Anordnung von Dotations- und Einstiegsbecken eine Vorzugsvariante entwickelt (BAW 2017). Dabei wurden konkrete Planungen von FAA mit Dotationsdurchflüssen von bis zu 5 % des Ausbaudurchflusses des Kraftwerks zugrunde gelegt.

Mit der aus diesen Untersuchungen optimierten Anordnung wurden Rinnenversuche mit Fischen durchgeführt. Insgesamt fünf verschiedene Fischarten wurden berücksichtigt und vier verschiedene Beckendesigns verglichen (SCHÜTZ et al. 2019, in Vorbereitung). Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Austrittsgeschwindigkeit des Wassers am Dotationsrechen, dem Winkel des Rechens und der Gestaltung der zuführenden FAA in das Zugabebecken (mit oder ohne Schlitz).

Auf Grundlage sowohl der hydraulischen als auch der verhaltensbiologischen Untersuchungsergebnisse konnte eine „Bemessungsempfehlung zur Dotation in Becken einer Fischaufstiegsanlage“ erarbeitet werden, die aktuell als Planungsvorgabe intern in der WSV angewendet und erprobt wird.

Die Kombination aus hydraulischer Voruntersuchung und verhaltensbiologischen Tests mit Fischen hat sich hier sehr bewährt. Da die Fischuntersuchungen zeit- und ressourcenaufwändig sind, lassen sich mit den hydraulischen Modellen vorab bereits viele Aspekte klären und die wesentlichen Fragestellungen bezüglich des Fischverhaltens gezielt filtern.

3 Standardbauweise

Zu Beginn der Untersuchungen stand nicht die Absicht, eine Standardbauweise für FAA-Einstiegsbecken mit Dotation zu entwickeln. Tatsächlich können auch völlig andere Beckendesigns funktionieren, als jene, die getestet wurden. Da aber zu anderen Bauweisen keine Funktionsnachweise bekannt sind, wird empfohlen, die Dotation gemäß der erarbeiteten Bemessungsempfehlung anzuordnen. Bei vielen zukünftigen Planungen wird sich diese Bemessung anwenden lassen und trägt insofern dazu bei, dieses Element der FAA stärker zu standardisieren.

Die Bemessungsempfehlung basiert dabei auf zwei verschiedenen Elementen: Zum einen wurden verschiedene Parameter tatsächlich gegeneinander getestet (erklärende Variablen) und basierend auf diesen Ergebnissen die geeignete Anordnung ausgewählt. Diese zu testenden Alternativen müssen einen hohen Realitätsbezug haben und quasi realistische Planungsalternativen aufgreifen. Zum anderen muss berücksichtigt werden, unter welchen Rahmenbedingungen die Ergebnisse erzielt wurden. Um in einer realen Planung die Funktionsfähigkeit reproduzieren zu können, dürfen die Beckengestaltungen nicht gravierend von der Versuchsanordnung abweichen.

Aus diesem Grund ist es entscheidend, ein zu testendes Setup für die Versuche zu entwickeln, das relevant und realistisch genug ist, um als Vorlage für zukünftige, reale „Standard-Situationen“ dienen zu können.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Am Beispiel eines FAA-Einstiegsbeckens mit Dotation konnte festgestellt werden, dass die Kombination aus hydraulischen und verhaltensbiologischen Untersuchungen ein effektiver und effizienter Weg ist, um konkrete Bemessungsempfehlungen für FAA-Elemente zu erarbeiten.

Eine solche Bemessungsempfehlung kann vor allem dann zu einer Standardisierung führen, wenn für alternative Bauweisen keine konkreten und an Fischen getesteten Funktionsnachweise vorliegen.

Die Veröffentlichung der Bemessungsempfehlung ist, ebenso wie die wissenschaftliche Aufbereitung der Untersuchungen (SCHÜTZ et al. 2019), derzeit in Vorbereitung.

Literatur

- BAW (2017): Modellversuche zur Gestaltung eines Dotationsbeckens und dessen Zuleitung für die Fischaufstiegsanlage Wallstadt am Main; Gutachten; Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
- SCHÜTZ, C.; et al. (2019): Adding auxiliary discharge through a horizontal bar screen into the entrance pool of a fishway - influence of screen and flow dimensions on fish passage (Arbeitstitel; in Vorbereitung)
- WEICHERT, R., W. KAMPKE, L. DEUTSCH, M. SCHOLTEN (2013): Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, Wasserwirtschaft, 1-2/2013, S.33-38



Kontakt:

Dr. Cornelia Schütz
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5021
E-Mail: schuetz@bafg.de

1988-1994

Studium der Biologie an der Justus-Liebig Universität Gießen

1996-1999

Promotion am Institut für Zoologie und Limnologie der Leopold-Franzens Universität in Innsbruck

2001-2003

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Projekt „Biodiversität alpiner Lebensräume“

2003-2013

Dezernentin im Fisch- und Artenschutz mit Schwerpunkt WRRL und FFH-RL im Landesamt für Natur, Umwelt und Naturschutz NRW

seit 2013

FuE-Koordination in der Projektgruppe Ökologische Durchgängigkeit im Referat „Tierökologie“ der Bundesanstalt für Gewässerkunde



Kontakt:

Dr. Martin Henning
Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
Tel.: 0721/ 9726 3330
E-Mail: martin.henning@baw.de

1992-2001

Studium Bauingenieurwesen an der TH Karlsruhe

2001-2007

Gutachter und Berater im Bereich Verkehrswasserbau

2007-2012

Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Promotion am LWI der TU Braunschweig

seit 2012

Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Referats W1 „Wasserstraße und Umwelt“ der BAW im Bereich der ökologischen Durchgängigkeit

seit 2013

FuE-Koordination im Referat W1 „Wasserstraße und Umwelt“ der BAW im Bereich der ökologischen Durchgängigkeit

Guidance for assessing the efficiency and related metrics of fish passage solutions using telemetry

Emma Washburn and Jon Hateley

1 Introduction



I'm lucky to have been involved in the development of a European standard for assessing the efficiency of fish passes using telemetry. This work has been very much a group effort with experts from 14 different countries involved (Figure 1) and my colleague, Jon Hateley, as co-lead.

Figure 1: Experts from 14 different countries have been involved in the drafting of the standard.

It all started with a casual request from my boss at the time; “Emma, can you look at all our research and see what we know about fish passes and what we still need to find out?” I thought it sounded simple. It wasn't...

2 Background and Objectives

Standards ensure **Functionality**: The fish passes in Figure 2 have been built on flow gauging weirs to ISO standards which provide fish pass design specifications to ensure that the river flow measurements won't be affected.

As well as functionality, standards also ensure **Comparability**. Monitoring work such as sampling of lakes for the Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC) needs to produce results that are comparable across different water bodies. There are already four fisheries monitoring standards that fulfil this requirement: hydroacoustic monitoring, electric fishing, gill netting and one overarching standard that describes how to select the correct method for a particular situation.



Figure 2: A Larinier fish pass on a flow gauging weir (left) built to ISO 26906:2009 and Low Cost Baffles (right) designed to ISO/AWI TR 19234

Back to that casual request: A brief systematic review of UK and European fish pass monitoring studies revealed inconsistencies and irregularities between and within studies, making comparison impossible. The studies used different efficiency definitions and, even when the same definition was used, its meaning differed between studies. In addition, there were lots of variables in the studies, such as capture location and release site, all of which could affect efficiency estimates. These were all dealt with in different ways, further complicating the issue. Finally, the supplementary data collected e. g. fish pass parameters, river flow information, that helps with the interpretation of results also differed between studies. All of this variation and limited data made it difficult to compare how well the different fish pass designs were working.

As a result of the review we realized that there was a need to standardise on the definitions used, as well as the methods, so that we all speak the same ‘fish pass monitoring’ language. Rather than limit the work to our own organisation, we decided to develop a CEN standard for monitoring the efficiency of fish passage solutions which could be used across Europe. Publication of the standard will increase the relevance and transferability of results from costly fish pass monitoring studies, maximising the benefit across Europe. Ultimately the benefits will be improved fish passage solutions, increased river connectivity and restored environments for inland fish species (Figure 3) as well as improved compliance towards Water Framework objectives. This is not the only piece of the jigsaw; for example, laboratory based studies will also feed into this, but obtaining comparable field data is an important step. This project is supported by the European Inland Fisheries and Aquaculture Advisory Commission (EIFAAC).

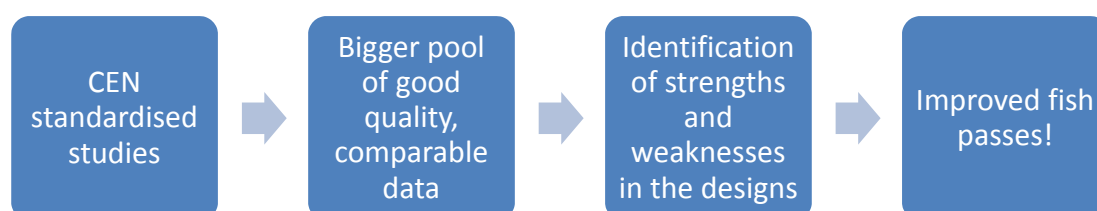


Figure 3: A fish pass monitoring standard should contribute to improvements in fish pass designs

3 The Process

It takes considerable time and effort to produce a CEN standard (Figures 4 & 5).

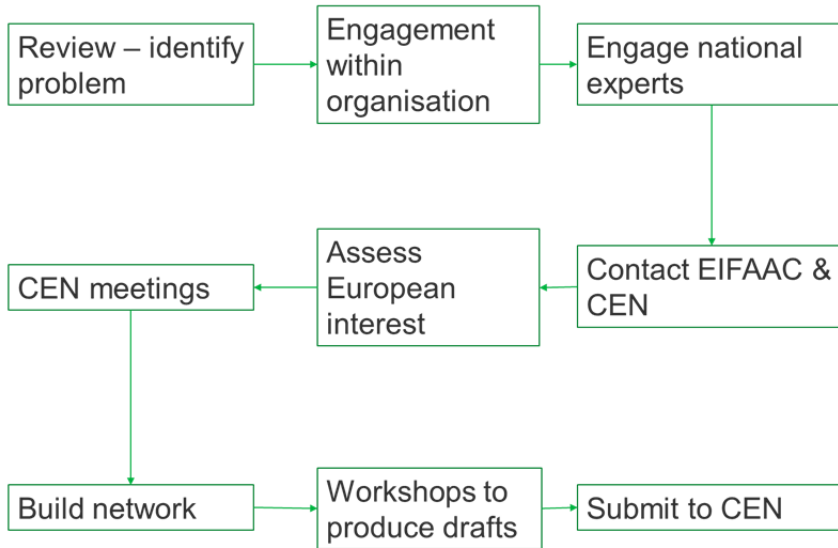


Figure 4: The groundwork required before the official process began.

We spent a lot of time talking to people, presenting the idea and gauging the level of interest (Figure 4) before the official process started (Figure 5). Workshops were used to produce the first and second drafts of the standard. Our tactics were to lock people in a dark room for 2 days and not let them out until the drafts had been completed! The final draft has just been out for consultation. Once the comments have been incorporated and accepted then there will be a vote to either accept or reject the standard. If it is accepted then it should be published later this year or in early 2019.

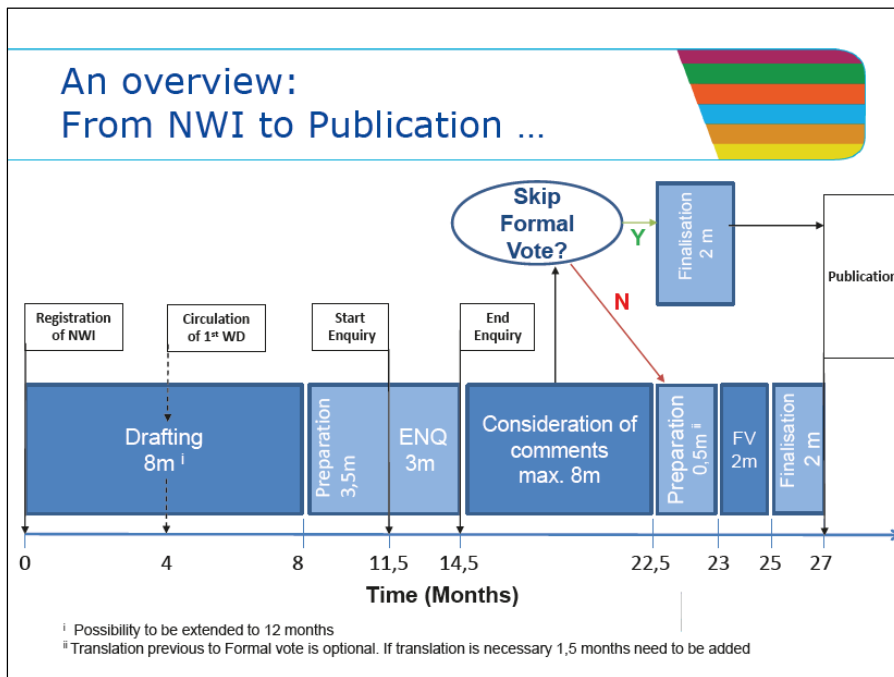


Figure 5: The CEN process and timeline for production of a standard

4 Content of the Draft Standard

The scope defines what is in the standard:

This European Standard specifies standardised methods for assessing the efficiency and related metrics of fish passage solutions using telemetry techniques that allow individual fish approaching an impediment to be monitored.

It covers studies using fish that have been electronically tagged with acoustic, passive integrated transponder or radio tags in order to provide a variety of defined passage efficiency metrics and includes both upstream and downstream passage of fish.

Each of these telemetry techniques involves the electronic tagging of individual fish and positioning of receiver units to track individual fish as they approach and pass (or fail to pass) an impediment, allowing an measure of the proportion of fish that are able to use the fish pass. The positioning of receiver units as described in the standard allows relevant aspects of fish pass efficiency (attraction, passage, overall) to be assessed, depending on the specific aims and objectives of the study.

Methods for assessing fish pass effectiveness (assessment or count of the number and type of fish successfully negotiating the fish pass), which are not covered by this standard, include; trapping, video, acoustic cameras, direct observation/online surveillance, physiological telemetry (e. g. EMG (electromyogram), accelerometry and heart rate), eDNA (environmental Deoxyribonucleic Acid), Catch Per Unit Effort (CPUE) and flume studies. These methods do not provide information on the numbers of fish approaching the impediment that are available to pass, therefore the failure rate cannot be assessed. Some aspects of efficiency (passage efficiency) can be also gathered by other methods (capture-mark-recapture [CMR], traps in combination with electric-fishing) in certain situations, mainly in smaller rivers. However, these other methods are not covered in this standard.

The terms and definitions section is an important part of the standard. There are nearly 20 terms and definitions described in the standard, including those for attraction, passage and overall fish pass efficiency. The term ‘Fish Passage Solution’ (FPS) is defined as ‘any device, structure or mechanism which is designed or managed to facilitate the safe movement of fish in an upstream and/or downstream direction when overcoming one or several impediments’, so it is not only fish passes that are covered, but also other approaches to moving fish past an impediment, such as operational procedures. The standard also uses the word impediment rather than obstruction as studies may be examining the impact of a depleted reach or area of poor water quality rather than a dam or a weir.

The Experimental Design section covers all aspects of telemetry studies from pre-planning through to the capture, tagging and release of fish:

- ✓ Pre-planning
- ✓ Sample size
- ✓ Timing and duration of investigations
- ✓ Baseline, control, reference data
- ✓ Receiver positions
- ✓ Capture, tagging and release of fish
- ✓ Supporting data

Real life examples of receiver positions in seven different telemetry studies are described, along with photographs, diagrams and details of the lessons learnt.

5 Contentious Issues

The standard doesn't prescribe what method should be used. It only applies when the decision has been made to study the efficiency of a fish pass using telemetry.

One of the issues which has been raised a number of times is; why does the standard only cover efficiency monitoring? What about effectiveness monitoring? There was a lot of discussion about this at the workshops. There are a whole host of methods for monitoring fish passes depending on the aims of the study e. g. fish counters, traps, electric fishing upstream of a fish pass, eDNA, but they are all very different methods and it would be a huge task to create a standard to cover all of these. The decision was made to take it one step at a time and create a standard to cover efficiency monitoring using telemetry to start with.

There are also other non-telemetry methods that allow some aspects of efficiency to be obtained e. g. CMR and electric fishing plus trapping, however usually only limited info e. g. passage efficiency can be obtained. Again, the decision was taken to produce a standard for telemetry methods first, but there is no reason it can't be incorporated during one of the 3-5 year review stages.

6 Lessons Learnt

Communication is key, right from the initial contact to gauge appetite and inform through to ongoing communications to maintain momentum.

Participation: Engage people within the organisation first and get their commitment, then nationally, then wider. This process of engagement led on to the formation of an unofficial network of interested people, which in turn led to the formation of the workshop groups.

The workshop method to produce the drafts worked really well as there were minimal distractions and participants could completely focus on the task in hand. The contentious issues could be discussed in detail until consensus was reached. There were between fifteen and twenty participants at each workshop and this was about the right number. Participation was altered slightly between workshops to increase the breadth of experience but enough people attended both workshops to maintain continuity.

Leadership and ownership of the project is important. You need people with the time to keep pushing things on so that everyone remains engaged and the project doesn't lose momentum. A clear project leader can also grapple with the intricacies of the CEN process and filter out the relevant information so others involved are not overwhelmed with information. A rough estimate of the time involved equates to about 0.25 of a Full Time Employee, although the workload is not evenly spread over the year.

Consensus building is vital as this is the foundation of a CEN standard. It is not always straightforward as there are so many different experiences, opinion and pressures on people and the project may go a different way to that first envisaged! This approach helps to address concerns about any threat to national standards. The standard can only be published when all member states are happy with the content.

One step at a time. Don't try and do too much in one go. It is far better to get something finalised which can then be built upon.



Contact:

Dr. Emma Washburn

Environment Agency England

Tel.: 00447771542629

E-Mail:

emma.washburn@environment-agency.gov.uk

1996-1999

BSc. in Marine Biology (University of Wales, Swansea)

1999-2005

PhD – Factors influencing salmonid use of a tidal pool and weir fish pass (University of Wales, Swansea)

2002-2012

Various fisheries roles with Environment Agency Wales

Since 2012

Technical Advisor in the National Fisheries Services Team, Environment Agency England

Project Work:

- Fish counter site selection and the planning, installation and operation of fish counters and monitoring systems in open river and fish pass sites throughout Wales
- Coordination and implementation of mobile hydroacoustic fisheries survey programmes
- Research and development of a cost effective video solution for monitoring fish passes
- Development of a Fish Passage and Obstruction database for England
- Review of fish pass performance research and the development of a European Standard for fish pass monitoring

Entwicklung einer Standardreuse zur biologischen Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen

Erik Fladung und David Nijssen

1 Einleitung

Die Herstellung der Durchgängigkeit an deutschen Bundeswasserstraßen ist eine gesetzliche Verpflichtung und prioritäre Aufgabe der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV). Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) stellt gemeinsam mit der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) hierzu die Fachberatung sicher. Um dringende Fragen zur ökologischen Durchgängigkeit an großen Flüssen zu beantworten, wird von BfG und BAW ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm „Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Staustufen von Bundeswasserstraßen“ durchgeführt. Ein wichtiger Teil davon beinhaltet methodische Fragestellungen zur Funktionskontrolle an Fischaufstiegsanlagen (FAA), für die unter anderem auch Kontrollreusen eingesetzt werden sollen. Allerdings gibt es in Bezug auf die allgemein gültigen Merkmale einer möglichst fischfreundlichen, wartungsarmen und praktikablen Reuse keine einheitlichen Standards. Vielmehr werden je nach Standort verschiedene Reusentypen eingesetzt. Die Ergebnisse aus solchen Befischungen sind daher nur eingeschränkt vergleichbar.

Vor diesem Hintergrund sollte eine Standardkastenreuse für den Einsatz an Fischaufstiegsanlagen in Bundeswasserstraßen entwickelt werden. Im nachfolgenden Beitrag werden wichtige Projektergebnisse sowie Schlussfolgerungen für den Einsatz und die konstruktive Gestaltung einer solchen Standardreuse vorgestellt.

2 Methodische Vorgehensweise

Die Sammlung der bereits vorliegenden Erkenntnisse zu Konstruktion und Einsatz von Kastenreusen in Fischaufstiegsanlagen erfolgte auf zwei verschiedenen Wegen: Zum einen wurde eine Recherche der für die Thematik relevanten deutsch- und englischsprachigen Literatur durchgeführt und zum anderen eine Auswahl von 19 führenden Fachexperten aus Deutschland und Österreich zu ihren Erfahrungen beim Einsatz von Kastenreusen in Fischaufstiegsanlagen befragt.

Die Literaturrecherche erstreckte sich auf internationale Literaturdatenbanken wie ASFA, Google Scholar und Web of Science sowie auf die institutseigene Datenbank und Fachbibliotheken. Es wurde eine zeitlich unbegrenzte Suche unter Verwendung von 70 deutsch- und

englischsprachigen Suchbegriffen sowie deren Kombinationen durchgeführt. Recherchiert wurden insgesamt 91 einschlägige Publikationen und „graue“ Literaturquellen, die überwiegend beschreibenden Charakter hatten und nur in wenigen Fällen Hinweise zur grundsätzlichen Gestaltung von Kontrollreusen bzw. auf methodische Untersuchungen/Vergleiche beinhalteten.

Die Fischereiexperten wurden von der Befragungsabsicht telefonisch in Kenntnis gesetzt und schriftlich über inhaltliche Details informiert. Das eigentliche Befragungsgespräch fand dann wenige Tage später statt und dauerte zwischen 45 und 150 Minuten.

Grundlage dieser telefonischen Befragung waren 11 Fragenkomplexe zu den Erfahrungen der Experten hinsichtlich einer optimalen Konstruktion und Einsatzweise, der Effektivität, des Handlings und der Problemanfälligkeit speziell beim Einsatz von Kastenreusen bei Funktionskontrollen in Fischaufstiegsanlagen. Aus den Gesprächen ergaben sich zahlreiche wertvolle Informationen und Hinweise zum Einsatz von Kastenreusen. Gleichzeitig wurden unterschiedliche Sichtweisen und Erfahrungen bezüglich konstruktiver Details deutlich. Gezielte methodische Untersuchungen bzw. Vergleiche wurden von den befragten Experten allerdings selten durchgeführt.

Im Anschluss wurden die Ergebnisse der Literaturrecherche und der Expertenbefragung zusammengeführt und unter Einbeziehung eigener Erfahrungen und Berücksichtigung der zu erwartenden Standortbedingungen zwei unterschiedlich große Standardreusen entwickelt. Nach einer statischen und hydraulischen Prüfung der Konstruktionsunterlagen wurde ein Prototyp der kleineren Standardkastenreuse angefertigt, der sich seit Anfang dieses Jahres in einer Fischaufstiegsanlage bei Koblenz in der Erprobung befindet.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Grundsätze beim Einsatz von Reusen für Funktionskontrollen in FAA

Reusen verschiedener Bauart und Größe werden derzeit standardmäßig für Funktionskontrollen in FAA eingesetzt und sind geeignet, den Fischaufstieg qualitativ und quantitativ zu erfassen. Angesichts der zu erwartenden Gewässerbedingungen in Bundeswasserstraßen (große Abflussmengen, erhebliche Strömungsgeschwindigkeiten, viel Getreibsel und Treibgut, große Fischmengen) erscheint der Einsatz von Kastenreusen im Vergleich zu Garnreusen sinnvoller.

Der Wahl des Standortes einer Kastenreuse für die Funktionskontrolle der FAA kommt eine wesentliche Bedeutung zu. Hierbei spielen sowohl grundsätzliche Erwägungen als auch die jeweiligen standortspezifischen Bedingungen eine Rolle. Gemäß den aktuellen Fachvorgaben (WOSCHNITZ et al. 2003, EBEL et al. 2006, DWA 2014) sollten Reusen für Funktionskontrollen an FAA grundsätzlich oberhalb des letzten Durchlasses installiert werden. Auch aus verschiedenen methodischen und praktischen Erwägungen heraus ist eine Installation der Kontrollreuse im Ausstiegsbereich der FAA anstatt in einem der Aufstiegsbecken in der Regel vorteilhafter und zu empfehlen.

Die Größe der Kastenreuse richtet sich in erster Linie nach der Durchflussmenge im Fischpass, der zu erwartenden maximalen Fischmenge sowie dem zur Verfügung stehenden Platzangebot. Weiterhin sollten die Kriterien: zu erwartende Fischarten, maximale Fischgröße,

Wassertiefe, Durchlassbreite, Getreibselaufkommen, hydraulische Kapazität der Reuse sowie Hebemöglichkeiten und eine gute Handhabung Berücksichtigung finden. Grundsätzlich sollte die Kastenreuse so groß wie möglich gebaut werden, um den gefangenen Fischen optimale Aufenthaltsbedingungen zu bieten und negative Einflüsse durch den (unvermeidlichen) hydraulischen Widerstand der Reuse insbesondere bei Verklausung möglichst gering zu halten. Tabelle 1 gibt einen Überblick der Abmessungen (Mittelwert und Spannweite) von eingesetzten Kastenreusen anhand der ausgewerteten Literatur und Expertenangaben.

Tabelle 1
Größe eingesetzter Kastenreusen

Reusengröße	Anzahl Werte (N)	Länge (m)	Breite (m)	Höhe (m)	Volumen (m ³)
klein	31	1,8 (1,0...3,0)	1,0 (0,5...1,8)	0,9 (0,5...1,5)	1,5 (0,4...3,1)
mittel	8	2,8 (1,5...4,0)	1,9 (1,3...3,0)	1,3 (0,9...2,0)	5,8 (4,5...7,4)
groß	7	3,6 (2,4...4,5)	2,1 (1,0...3,0)	1,9 (1,2...3,0)	14,9 (9,0...36,0)
Gesamt	46	2,2 (1,0...4,5)	1,3 (0,5...3,0)	1,1 (0,5...3,0)	4,4 (0,4...36,0)

Auf Basis der maximalen Tagesfänge in ganzjährigen Untersuchungen an den Fischauftiegsanlagen in Koblenz (2012-16) und Drakenburg (2002-03) (WIELAND & NÖTHLICH 2003), konnten ähnliche Dimensionen berechnet werden: 4,9 - 9,4 m³ mit 15 l/kg Fisch (nach TRAVADE & LARINIER 1992) oder 7,1 - 14 m³ mit 5 l/Fisch (nach TVT 2010). Für Bundeswasserstraßen orientiert sich das nutzbare Volumen der Standardreuse deshalb an den mittelgroßen Reusen.

Eckparameter für die Dimensionierung der Standardreuse

Bemessungsgrundlage für die Dimensionen der Standardreuse waren die Zielfischarten Hecht, Zander, Rapfen, Brassen und Großsalmoniden (Lachs, Meerforelle). Angestrebt wurde die Erfassung von Fischen ab einer Körperlänge von 7-8 cm.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht wichtiger Eckparameter für die Dimensionierung der Standardreuse mit einer kurzen Darstellung der Entscheidungskriterien.

Konstruktionsmerkmale der Standardreuse (Prototyp)

Der Prototyp der Standardreuse (Abb. 1) wurde so konzipiert, dass ein flexibler Einsatz bei unterschiedlichen Standortbedingungen sowohl im Oberwasser als auch innerhalb einer FAA möglich ist. Die Reusenwanne wurde ohne Neigung ausgeführt, um eine links- und rechtsseitige Leerung (abhängig vom Einsatzort) zu ermöglichen. Spezielle Konstruktionsmerkmale der Reuse ermöglichen zudem einen leichten Austausch wesentlicher Teilkomponenten (z. B. Reusenkehlen), um diese während der Erprobungsphase variieren zu können.

Neben den in Tabelle 2 aufgeführten Eckparametern weist der Prototyp der Standardreuse weitere in Abb. 1 dargestellte Konstruktionsmerkmale auf.

Tabelle 2

Übersicht der Eckparameter für die Dimensionierung der Standardreuse und Entscheidungskriterien

Parameter	Wert	Entscheidungskriterien
Reusengröße		
Breite (m)	1,80	Einsetzbarkeit in allen geplanten Fischaufstiegsanlagen in Bundeswasserstraßen
Höhe (m)	1,60	max. Wassertiefe in geplanten FAA von 1,20 m (ausgelegt auf Maifisch) + 20 cm Bodenwanne + 20 cm Säugetierschutz
Wendeplatz (m)	1,65 / 0,80	Wendeplatz für Fische, um nach dem Passieren der Kehle in das jeweilige Reusenhaus schwimmen zu können. Bemessen für max. 1,20 m große Fische (Haus 1) und 0,60 m lange Fische (Haus 2) entsprechend der vorgegebenen Zielfischarten.
Länge (m)	3,80	möglichst kompakte Gestaltung unter Berücksichtigung der notwendigen Kehlenlängen und Wendeplätze, ergibt sich aus Reusenbreite, Wendeplatz, Kehlenwinkel und -öffnung $L_{\text{Haus1}} (1,50 \text{ m}) + L_{\text{Haus2}} (1,60 \text{ m}) + L_{\text{Pyramidenstumpf}} (0,70 \text{ m})$
Volumen (m ³)	8,4	für Fische zur Verfügung stehender Aufenthaltsraum entsprechend Länge, Breite und benetzter Höhe der Reuse
Wandmaterial (Bespannung)		
Materialart	Edelstahl	langlebig (Einsatz über mehrere Jahre an verschiedenen Standorten), robust, wartungsfrei
Ausführung	Drahtgewebe	häufig eingesetztes Bespannungsmaterial mit der im Vergleich zu anderen Materialien (Lochbleche, Gitterstäbe) höchsten Permeabilität zur Minimierung des Strömungswiderstandes und der Rückstauwirkung
Maschenweite (mm)	8	Kompromiss zwischen Verklausungsgefahr und kleinster zu erfassender Fischgröße (s. SCHWEVERS et al. 2005, SCHWEVERS & ADAM 2008, Einschätzung der befragten Experten)
Reusenkehlen		
Anzahl	2	Fischereiliche Praxis (zur Gewährleistung einer guten Fängigkeit werden in der Fischerei standardmäßig 2-kehlige bzw. 3-kehlige Reusen eingesetzt), eigene Erfahrungen
Material	Draht/Netz	Kombination aus festem Drahtgewebe (¼ der Kehlenlänge) und weichem, flexiblem Netzmaterial (Kehlenspitze) zur Gewährleistung der Formstabilität und Minimierung der Verletzungsgefahr für passierende Fische
Kehlenwinkel α (°)	≤ 30	allseitiges Maß entsprechend SCHWEVERS & ADAM 2008, der fischereilichen Praxis und der Einschätzung der befragten Experten. Kehlenwinkel bodenseitig sogar $\leq 8,5^\circ$, um die Scheuchwirkung für bodenorientierte Fischarten zu minimieren
Öffnung 1. Kehle (cm)	40 x 25	Kompromiss zwischen Passierbarkeit (möglichst groß) und Fischerückhalt (möglichst klein), nach DWA 2014 (Tab. 16) kalkuliert mit $2H_{\text{Fisch}} \times 3D_{\text{Fisch}}$ für das jeweils größte Körpermaß der Zielfischarten unter Abzug von 5 cm bei Berücksichtigung der Elastizität des Netzmaterials, rhombische Anordnung entsprechend der fischereilichen Praxis
Öffnung 2. Kehle (cm)	30 x 8	Ausführung als Schlitzkehle, orientiert an fischereilicher Praxis, Einschätzung der befragten Experten, eigenen Erfahrungen
Bodenwanne		
Höhe (cm)	20	Nach DWA 2014 (Tab. 16): Maximalwert H_{Fisch} der Zielfischarten: 21 cm (Brassen), Bodenwanne muss vollständig im Sohlsubstrat versenkt werden (stufenloser Kehlenansatz), Experteneempfehlungen 10-50 cm

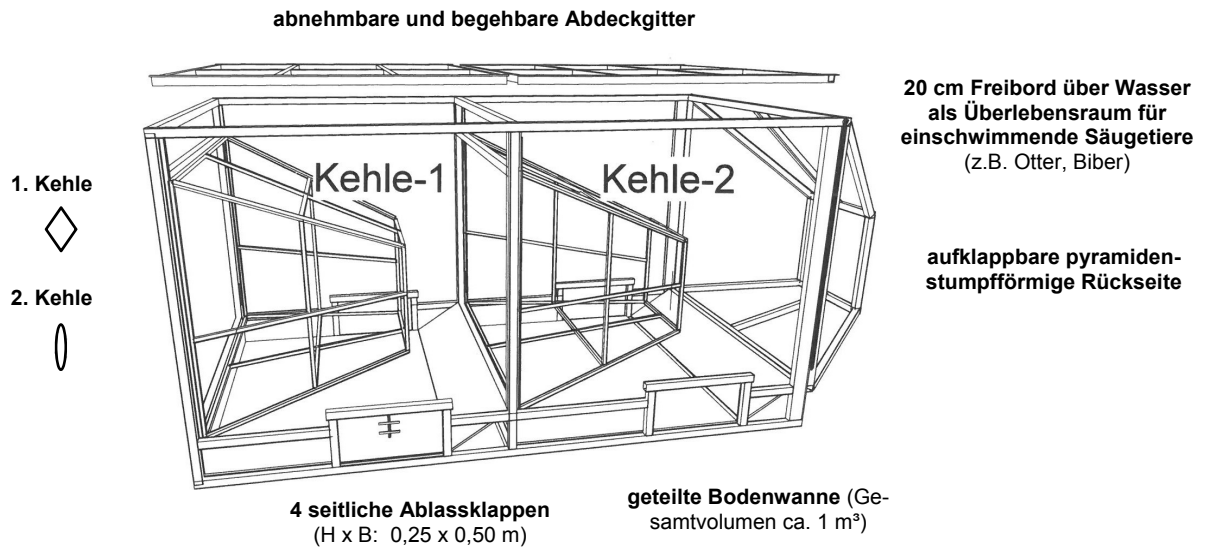


Abb. 1: Konstruktionszeichnung der Standardreuse mit weiteren konstruktiven Details

Konstruktionsmerkmale wichtiger Zusatzelemente (Führungsrahmen, Absetzgestell)

Um eine hinreichende Abdichtung zum Bauwerkskörper sowie ein problemloses Heben und Setzen zu gewährleisten, befindet sich die Standardreuse beim Einsatz im Wasser in einem sog. „Führungsrahmen“. Der Führungsrahmen wird am Kontrollpunkt inner- bzw. oberhalb der FAA eingesetzt und befestigt, ggf. zusätzlich abgedichtet und verbleibt über den gesamten Zeitraum der Funktionskontrolle im Wasser. Führungsrahmen und Standardreuse sind so aufeinander abgestimmt, dass die Reuse von hinten/oben in den Rahmen eingesetzt werden kann und formschlüssig mit diesem abdichtet. Für die tägliche Kontrolle und Wartung muss nur die Reuse selbst bewegt werden – ein Verkanten bzw. Verklemmen ist dabei aufgrund der gewählten Konstruktion ausgeschlossen. Zusätzlich sind in den Führungsrahmen weitere konstruktive Elemente integriert (Abb. 2).

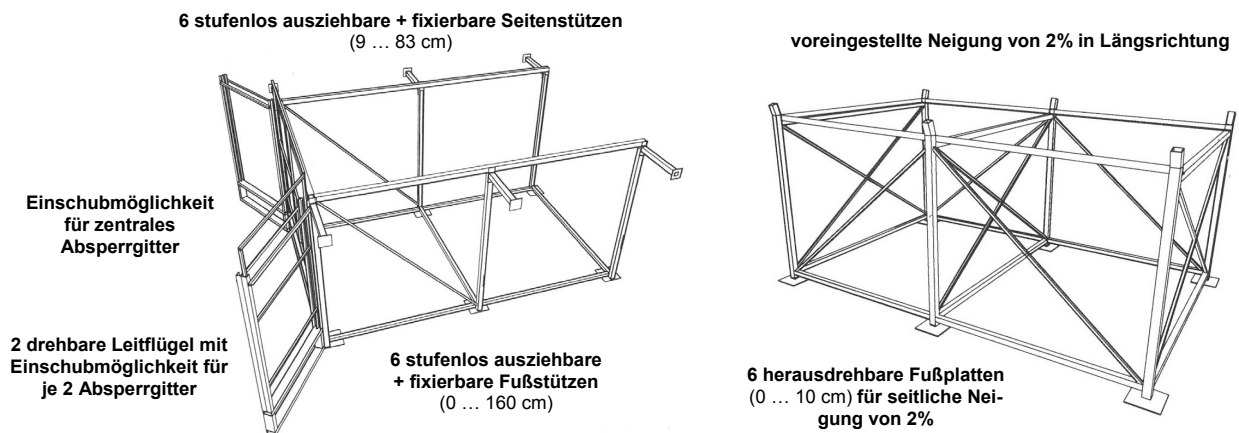


Abb. 2: Wasserseitiger Führungsrahmen (links) und landseitiges Absetzgestell (rechts) als wichtige Zusatzelemente beim Einsatz der Standardreuse

Drehbar gelagerte Leitflügel und ausziehbare Seitenstützen gestatten eine leichte Anpassung der Konstruktion an unterschiedliche Beckenbreiten. Nach oben herausziehbare Absperrgitter im zentralen Bereich des Führungsgestells sowie in den Seitenflügeln verhindern eine ungewollte Passage von Fischen bei den Reusenkontrollen. Gleichzeitig lassen Sie sich unkompliziert von angelagertem Getreibsel reinigen, ohne dazu den Führungsrahmen aus dem Wasser heben zu müssen. Die stufenlos herausziehbaren und fixierbaren Fußstützen ermöglichen den Einsatz von Reuse und Führungsrahmen auch bei abschüssigem Untergrund im Oberwasser einer FAA.

Alle Zusatzelemente am Führungsrahmen können bei Bedarf vollständig herausgenommen bzw. demontiert werden.

Die Leerung der Reuse erfolgt über ein landseitiges, 130 cm hohes Absetzgestell (Abb. 2), das in Längs- sowie in seitlicher Richtung um 2 % geneigt ist. Beim Absetzen der Reuse auf dem Absetzgestell bewirkt die leichte Schrägstellung ein Sammeln der Fische vor den Ablassklappen der Reuse. Eine schonende und ggf. auch portionsweise Fischentnahme ist dann nach dem Öffnen der Ablassklappen über – am Absetzgestell befestigte – Fischrutschen in wassergefüllte, transportable Halterbecken möglich.

Untersuchungs- und Testphase

Nach Fertigstellung im März 2018 wird derzeit die Fängigkeit des Prototyps der Standardreuse in einer FAA in Koblenz ermittelt (Abb. 3).



Abb. 3: Einbau des Prototyps der Standardreuse in einem speziellen Zählbecken einer FAA zur Bestimmung der Fängigkeit (Fotos: BfG)

Dazu werden in der FAA aufsteigende Fische aus der Fangkammer entnommen, bestimmt, vermessen sowie Schädigungen der Haut/Schuppen, Augen und Flossen erfasst. Die Standardreuse wird gestellt und die Fische werden unterhalb der Fangkammer in die FAA ausgesetzt. Nach 24 Stunden werden die drei Bereiche (Becken unterhalb der Fangkammer, die Fangkammer vor der Reuse und die Reuse selbst) abgesperrt (s. Abb. 4), die jeweils vorhandenen Fische entnommen und deren Schädigungen erneut bestimmt. Fische, die im Becken

unterhalb der Fangkammer verblieben sind, werden als nicht wanderwillig = „unkooperativ“ bewertet. Fische, die zwar wieder aufgestiegen, aber nicht in der Reuse hineingeschwommen sind, werden als „kein Wiederfang“ gezählt. Um eine möglichst repräsentative Stichprobe der aufsteigenden Fische in der FAA in Koblenz zu erhalten, wird dieses Vorgehen viermal im Frühjahr, zweimal im Sommer und zweimal im Herbst wiederholt. Die ersten vorläufigen Ergebnisse der im Frühjahr 2018 durchgeführten Versuche zeigen eine hohe Wiederfangrate der Standardreuse bei allen bislang untersuchten Fischarten (Abb. 4).

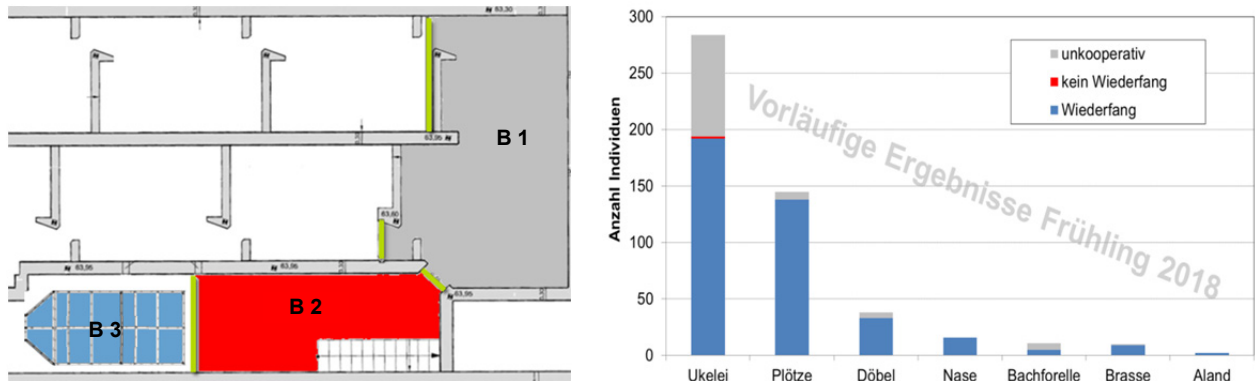


Abb. 4: Schematische Darstellung der der FAA in Koblenz mit den drei Bereichen (B 1-3) zur Bestimmung der Fangeffektivität der Standardreuse (links) und vorläufige Ergebnisse der Frühjahrsuntersuchungen (rechts)

Literatur

- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2014): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Hefenfeld, 340 S.
- EBEL, G., F. FREDRICH, A. GLUCH, C. LECOUR & F. WAGNER (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BKW) e.V., Sindelfingen, 111 S.
- SCHWEVERS, U. & B. ADAM (2008): Monitoringkonzept zur Funktionsprüfung der geplanten Fischaufstiegsanlage am Wehr Geesthacht, Nordufer. Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf-Wahlen, 26 S.
- SCHWEVERS, U., B. ADAM & D. THUMERER (2005): Auswertung durchgeführter Funktionskontrollen an Fischaufstiegsanlagen. Institut für angewandte Ökologie Kirtorf-Wahlen, Projektbericht i. A. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, 193 S.
- TVT - Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz (2010): Empfehlung für die Haltung, den Transport und das tierschutzgerechte Töten von Versuchsfischen. Merkblatt Nr. 118, 18 S.
- TRAVADE, F. & M. LARINIER (1992): Ecluses et ascenseurs a poisons. Bull. Fr. Pêche Piscic. 326-327, 95-110.
- WIELAND, S. & I. NÖTHLICH (2003): Funktionskontrolle Mäanderfischpass Drakenburg/Weser. Bericht BfG-1400, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 14 S.
- WOSCHNITZ, G., J. EBERSTALLER & S. SCHMUTZ (2003): Mindestanforderung bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit. Österreichischer Fischereiverband, Wien. Richtlinie 1/2003, 25 S.



Kontakt:

Erik Fladung

Institut für Binnenfischerei (IfB)
Potsdam-Sacrow
Im Königswald 2, 14469 Potsdam
Tel.: 033201/ 406 14
E-Mail: erik.fladung@ifb-potsdam.de

Jahrgang: 1966

1988-1993

Studium Fischereibiologie an der Humboldt-Universität Berlin (HUB)

seit 1994

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Binnenfischerei Potsdam-Sacrow und seit 2005 stellvertretender Leiter der Arbeitsgruppe Seen-, Fluss- und Angelfischerei

derzeitige Arbeitsschwerpunkte:

- Felduntersuchungen, Modellierungen und Management der Aalbestände in Elbe und Oder
- Telemetrische Untersuchungen in größeren Fließgewässern
- Fischbestandsschätzungen in Seen
- Betriebswirtschaftliche Analysen in der Seen- u. Flussfischerei Brandenburgs



Kontakt:

Dr. David Nijssen

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5988
E-Mail: nijssen@bafg.de

Jahrgang: 1972

1992-1994

Studium Biologie an der Universität Antwerpen (UA)

2007-2013

Promotion an der Fakultät Ingenieurwissenschaften, Lehrstuhl Hydrologie der Ruhr-Universität Bochum (RUB)

seit 2014

Wissenschaftlicher Angestellter der Bundesanstalt für Gewässerkunde

derzeitige Arbeitsschwerpunkte:

- Entwicklung und Anwendung von Methoden und Kriterien zur Bewertung von Fischaufstiegsanlagen in Bundeswasserstraßen
- Auffindbarkeit und Passierbarkeit von Fischwechsellanlagen mittels hydroakustischer Verfahren

Methodische Grundlagen zur Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs an Querbauwerksstandorten

Falko Wagner

1 Einleitung

Es ist allgemeiner Konsens, dass es zum Erreichen der Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie in fast allen Fließgewässersystemen Deutschlands Maßnahmen zur Wiederherstellung der flussauf- und flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit für Fische bedarf. Während zu Fischaufstiegsanlagen bereits Regelwerke und ein umfangreicher Wissensstand vorliegen, gibt es hinsichtlich der technischen Umsetzung und Effizienz von Maßnahmen zum Fischschutz und Fischabstieg noch erhebliche Wissenslücken.

Daher ergibt sich die dringende Notwendigkeit, den aktuellen Stand der Technik zu überprüfen, um wirksame und praxistaugliche Lösungen für den Fischschutz zu identifizieren. Hierfür sind methodische Ansätze für Effizienzkontrollen erforderlich, die valide und reproduzierbare Daten liefern, um Vergleiche zwischen verschiedenen Fischschutz- und Abstiegs-konzepten zu ermöglichen. Mit der „Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs“ (SCHMALZ et al. 2015), welche als Gutachten im Rahmen des Forums „Fischschutz und Fischabstieg“ entstand, ist hierfür eine Grundlage geschaffen worden. Diese wird aktuell von der DWA-Arbeitsgruppe WW 8.2 „Funktionskontrolle von Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen“ genutzt, um sie durch Vertreter von Behörden, Betreibern und Planungsbüros sowie Wissenschaftlern weiterzuentwickeln. Im Folgenden werden Inhalt und Struktur der Arbeitshilfe (SCHMALZ et al. 2015) sowie des voraussichtlich im kommenden Jahr erscheinenden DWA-Themenbandes „Methodische Grundlagen zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs“ (DWA 2018) erläutert.

2 Ziele der Arbeitshilfe und des DWA-Themenbandes

Das Ziel der Handreichungen ist es, sowohl diejenigen, die Evaluierungen von Fischschutz und Fischabstiegseinrichtungen durchführen, bei der Planung und Durchführung von Freilanduntersuchungen sowie der Auswertung der Daten zu unterstützen, aber auch Betreibern und Behördenvertretern wichtige Informationen zu Abschätzung des Untersuchungsaufwands und Beurteilung der Aussagekraft der Ergebnisse bereitzustellen. Es soll die Auswahl des entsprechend der jeweiligen Fragestellungen effizientesten Untersuchungsdesigns erleichtert werden. Die DWA-AG WW 8.2 verfolgt mit dem Themenband folgende Ziele:

1. Erstellung eines systematischen Überblicks über die verfügbaren Untersuchungsmethoden und -techniken
2. Hilfestellung zur Auswahl geeigneter Untersuchungsmethoden und des optimalen Untersuchungsdesigns
3. Vorschlag quantifizierbarer Bewertungsparameter als Teil einer einheitlichen Methodik und Voraussetzungen für vergleichbare Untersuchungsergebnisse
4. Schaffung der Voraussetzungen für verallgemeinerbare Aussagen (Metastudien)
5. Reduktion zukünftigen Untersuchungsaufwandes

3 Inhalt und Aufbau der Arbeitshilfe und des Themenbandes

3.1 Allgemeiner Aufbau

Beide Handreichungen bestehen aus zwei Hauptteilen. Der erste Teil enthält die fachlichen Grundlagen, Empfehlungen für die Planung des Untersuchungsdesigns und der Auswertung sowie zur Gutachtenstruktur. Im zweiten Teil werden alle Untersuchungsmethoden im Detail erläutert und deren Einsatzmöglichkeiten bei der Evaluierung des Fischschutz- und Fischabstiegs bewertet.

3.2 Hauptbestandteile einer Evaluierung

Der Prozess der Evaluierung des Fischschutz- und Fischabstiegs setzt sich aus drei Hauptbestandteilen zusammen.

1. Technisch-hydraulische Charakterisierung

In diesem Teil werden die abiotischen Voraussetzungen für die Gewährleistung des Fischschutzes sowie eines schonenden Fischabstiegs in das Unterwasser erfasst. Hierfür erfolgt eine hydraulische und räumliche Charakterisierung des gesamten Standortes. Zudem werden die technischen und hydraulischen Parameter jedes einzelnen potenziellen Abstiegskorridors beschrieben. Abschließend erfolgt die Angabe der relevanten Parameter der Korridorelemente (wie Turbine, Fischschutzrechen, Wehr ...). Alle relevanten Parameter sind geordnet nach den vier hinsichtlich der Betrachtungsskala gegliederten Untersuchungsräumen (Abb. 1) Standort, Korridorgruppe, Korridor und Korridorelement in den Handreichungen aufgelistet.

2. Biologische Abstiegsuntersuchung

In diesem Teil werden die für die Berechnung der Bewertungsparameter notwendigen Daten in Freilanduntersuchungen erhoben.

3. Auswertung

Die Ergebnisse der biologischen Abstiegsuntersuchung werden unter Berücksichtigung der technisch-hydraulischen Parameter interpretiert. Abschließend erfolgt eine Bewertung der Funktion des Fischschutzes und Fischabstiegs. Hierfür sollten möglichst vorab Ziel- bzw. Grenzwerte für die Bewertungsparameter festgelegt worden sein.

3.3 Ableitung des Untersuchungsdesigns

Das standortbezogene Untersuchungsdesign wird in einem mehrstufigen Prozess, basierend auf vorab formulierten Evaluierungszielen, abgeleitet. Der in Teilschritte gegliederte Ableitungsprozess (Abb. 1) ermöglicht eine transparente und für Dritte nachvollziehbare

Anpassung des Untersuchungsumfangs und der Methodik an die standörtlichen Bedingungen sowie die Evaluierungsziele. Details der einzelnen Ableitungsschritte werden in (SCHMALZ et al. 2015) ausführlich erläutert. Diesbezüglich sind nahezu keine Änderungen im geplanten DWA-Themenband (DWA 2018) zu erwarten.

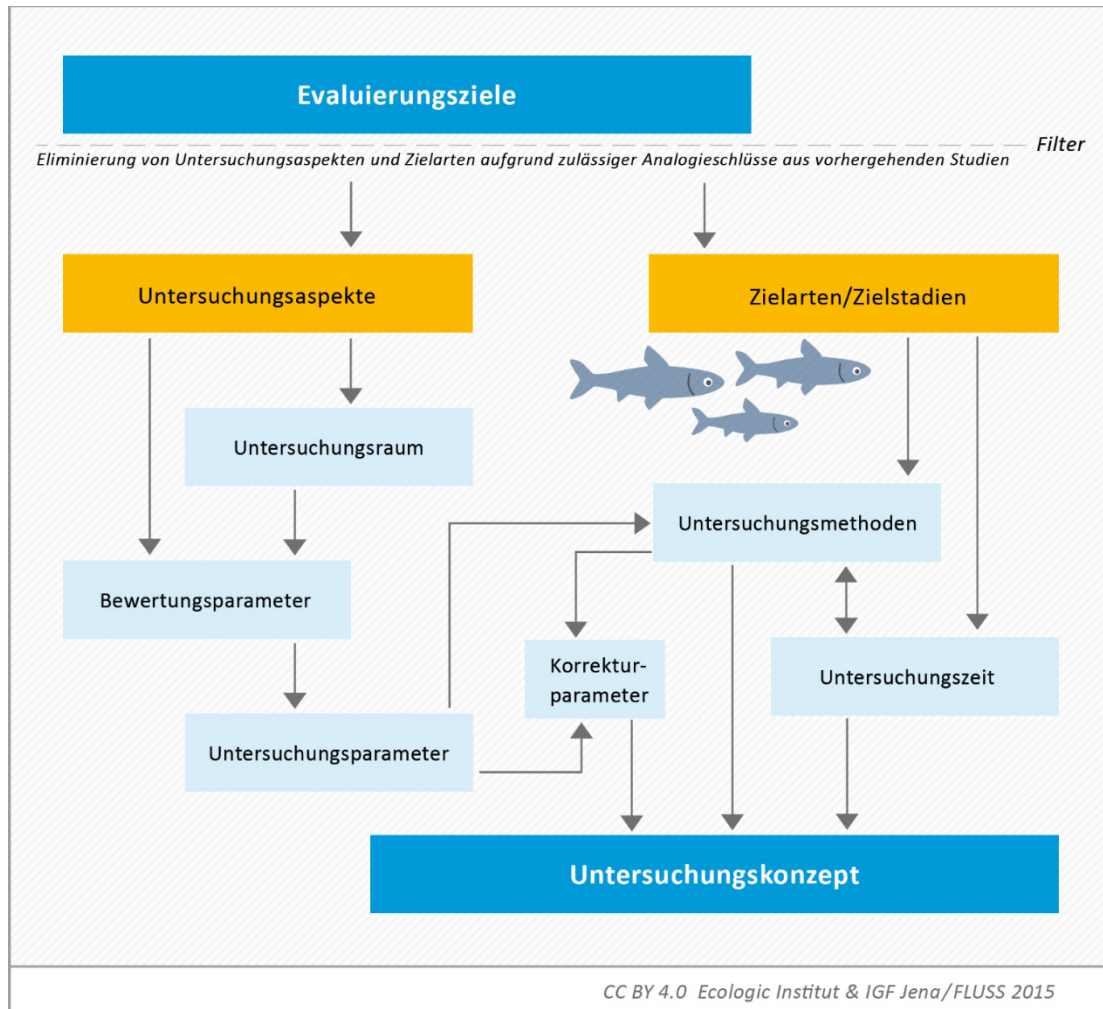


Abb. 1: Schema mit den einzelnen Schritten der Ableitung des Untersuchungskonzeptes ausgehend von den lokalen Evaluierungszielen (Aus DWA 2018)

Zu Beginn der Untersuchungsplanung sind die Evaluierungsziele am Standort eindeutig zu formulieren. Die Evaluierungsziele umfassen ein breites Spektrum möglicher Fragestellungen. So können beispielsweise der Effekt einer Turbinenmodifikation auf die Fischschädigung, aber auch die vollumfängliche Bewertung des Abstiegs über alle Korridore eines Standorts und die jeweiligen Schädigungen von Interesse sein. In der Regel lassen sich die Evaluierungsziele auf einzelne oder die Kombination mehrerer der vier in den Handreichungen aufgelisteten Untersuchungsaspekte vereinheitlichen.

1. Durchgängigkeit für absteigende Fische
2. Schädigung der absteigenden Fische
3. Wirksamkeit der Fischschutzeinrichtungen
4. Ursachen für Schädigungen und Defizite am Standort

Ebenfalls ausgehend von den Evaluierungszielen sind die Zielarten und Zielstadien festzulegen. Fokussiert sich das Interesse auf eine oder nur wenige Arten, zum Beispiel den Aal, sind andere Untersuchungszeiträume und Untersuchungsmethoden zu wählen, als wenn alle potamodromen Arten zu berücksichtigen sind.

Der DWA-Themenband (DWA 2018) stellt 24 Bewertungsparameter (Abb. 1, Tabelle 1) bereit, von denen im Ableitungsprozess diejenigen auszuwählen sind, die quantitativ gestützte Aussagen zu den vorher festgelegten Untersuchungsaspekten ermöglichen. Entscheidend für die Auswahl der Bewertungsparameter ist zudem, dass am betreffenden Standort für die resultierenden Untersuchungsparameter (Abb. 1) geeignete Untersuchungsmethoden nutzbar sind.

Tabelle 1

Liste der Bewertungsparameter, die im DWA-Themenband (DWA 2018) enthalten sein werden

Lfd.-Nr.	Bewertungsparameter
1	Vorschädigungsrate
2	Normierter Tagesfang
3	Durchflusnormierter Einheitsfang
4	Abstiegsrate
5	Korridorspezifische Schädigungsrate
6	Standortschädigungsrate
7	Korridorspezifische Mortalitätsrate
8	Standortmortalitätsrate
9	Korridorspezifische Überlebensrate
10	Standortüberlebensrate
11	Schutzrate
12	Körpergrößenspezifische Schutzwahrscheinlichkeit
13	Artenselektivität von Abstiegskorridoren
14	Schutzsystemableitrate
15	Standortbezogene Ableitrate
16	Einschwimmrate
17	Suchrate
18	Fluchrate
19	Mittlere Suchzeit
22	Mittlere Migrationsverzögerung

Die körpergrößenspezifische Schutzwahrscheinlichkeit (12) ist der übergeordnete Begriff für die beiden Parameter körperhöhen-spezifische und körperbreitenspezifische Schutzrate.

Unter welchen Bedingungen die einzelnen Untersuchungsmethoden einsetzbar sind und welche Datenqualität zu erwarten ist, wird ausführlich im zweiten Teil der Handreichung erläutert, wo alle Methoden im Detail beschrieben werden. Derzeit sind folgende 14, für die Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs nutzbare Methoden berücksichtigt:

1. Hamen
2. Reuse
3. Rotationsfalle

4. Plankton und Driftnetze
5. Single-, Dual- und Split-Beam Echolot
6. Imaging Sonar
7. Kamerasysteme
8. Automatische Zählssysteme
9. Markierung und Wiederfang
10. Telemetrie (RFID-, Radio-, Akustik-)
11. Fisch-Injektion
12. Dummys
13. Elektrofischung
14. Untersuchung des Rechenreinigungssystems

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die „Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges“ (SCHMALZ et al. 2015) sowie der daraus entstandene DWA-Themenband „Methodische Grundlagen zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs“ (DWA 2018) bieten umfassende Hinweise und Hilfestellungen zur Planung und Durchführung von Fischabstiegsuntersuchungen. Die darin enthaltenen Bewertungsparameter stellen die Grundlage für die Evaluierung der Funktionsfähigkeit einzelner Komponenten von Fischschutz- und Fischabstiegssystemen bis hin zu ganzen Wasserkraftanlagenstandorten bereit. Die Passierbarkeit und Schädigungsrisiken sind anhand quantitativer Parameter überprüfbar. Die Voraussetzungen für Untersuchungen mit untereinander vergleichbaren Ergebnissen und die Bildung einer soliden Datenbasis zur Ableitung verallgemeinerbarer Aussagen zum Stand der Technik sind damit gegeben. Geeignete Untersuchungsmethoden zur Quantifizierung der Bewertungsparameter sind verfügbar und entwickeln sich ständig weiter.

Es wird zudem ein für alle Interessengruppen nutzbares Planungsinstrument für Untersuchungen zum Fischschutz und Fischabstieg bereitgestellt, mit dessen Hilfe der Untersuchungsaufwand und das zielführende Untersuchungsdesign von den spezifischen Untersuchungszielen ableitbar sind.

Literatur

DWA (2018): Entwurf des DWA-Themenbandes „Methodische Grundlagen zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs“, DWA-AG WW 8.2, Bearbeitungsstand Juni 2018

SCHMALZ, W., F. WAGNER, D. SONNY (2015): Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges. Studie im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH (Hrsg. Umweltbundesamt), 216 S., Berlin. download unter: https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2015/arbeitshilfe_standoertliche_evaluierung_fischschutz_fischabstieg.pdf



Kontakt:

Dr. Falko Wagner

Institut für Gewässerökologie und
Fischereibiologie Jena

Sandweg 3

07745 Jena

Tel.: 03641/ 63 77 45

E-Mail: info@igf-jena.de

Jahrgang: 1970

1989

Abschluss Berufsausbildung Binnenfischer und anschließende Tätigkeit in diesem Beruf

1998

Abschluss Diplom-Biologe an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

2003

Promotion zum Dr. rer. nat., Friedrich-Schiller-Universität Jena

1999-2003

Promotionsstipendium der DFG, Arbeit im Graduiertenkolleg „Funktions- und Regenerationsanalyse belasteter Ökosysteme“

2003-2005

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Hydrolabor Schleusingen, Bauhaus-Universität Weimar

seit 2005

Gründung und Leitung des Instituts für Gewässerökologie und Fischereibiologie Jena (IGF)

Arbeitsschwerpunkte:

Konzeption und Funktionskontrollen von Fischschutz- Fischabstiegs- und Fischaufstiegsanlagen, Ethohydraulik, Entwicklung und Weiterentwicklung von Untersuchungsmethoden, Konzepte zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie auf Länder- und Bundesebene, Versalzungsproblematik in der Werra Gewässermonitoring, Gewässerrevitalisierung

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger Fischerei

Standardization of Upstream Fish Passage – Experiences of the U.S. Corps of Engineers

John Nestler

1 Introduction

German compliance with the European Water Framework Directive requires restoration of river continuity by 2027 through construction of efficient fishways (SCHOLTEN et al. 2014). The fishways must enable all migratory fish species to bypass dams that block their movements. There are well over 200 sites that require functional, efficient fishways. The cost of developing individual design criteria for each fishway will be prohibitive and cause delays in installation of new systems or rehabilitation of existing fishways with concomitant effect on populations of migratory fishes. A critical question in the execution of the river continuity program is: “How far are we able to define design criteria without missing the biological requirements of all or the most species?” Availability of standardized fishway designs will expedite the implementation of the River Continuity Program. Standardized fishway designs must address fish behavior of four zones:

- 1) Can fish locate the entrance,
- 2) will fish enter the fish ladder,
- 3) will fish ascend the fish ladder, and
- 4) will fish continue upstream after exiting instead of “falling back” through the dam?

I use my experience with Corps of Engineers dams to assess the knowledge about the behavior of fish in the four zones to address the question of standardized designs for USA dams with the expectation that the answer will also apply to German dams. The Corps of Engineers is the largest U. S. water resources agency and owns and operates over 600 dams. I have experience with about 400 of these dams (as well as other agency and private dams) upon which I can draw to answer the question. Based on my experience, I can conclusively say that the answer to the question is both “yes” and “no”. Four dams on the Snake River (a major tributary of the Columbia River) utilize a standard design for their fish ladders referred to as the Ice Harbor Fish Ladder design (COLLINS & ELLING 1960). In contrast, a standard design for the 27 dams on the Mississippi River is not feasible (WILCOX et al. 2004). I consider these two sites as anchoring the two ends of a continuum of the feasibility of developing standard fishway designs with all other dams sites existing within the continuum. By evaluating the two endpoint dams I am able to answer two critical questions which constitute the goals of this paper:

- 1) What are the conditions necessary for a standardized fish ladder design?
- 2) What is optimum way (i. e., minimum time and cost) to design fishways if a standard design is impossible?

Two concepts are described below to help the reader understand the conditions under which standardized fishway criteria can be developed.

- I. Dams can be ranked along a continuum of the ratio of knowledge versus uncertainty for design of efficient fishways (ROSCOE & HINCH 2010). Design criteria for fishways for dams in which knowledge is relatively great (e. g., fishway design criteria are well known for a particular species group and type of dam) and uncertainty is relatively low can be effectively designed without collection of data or extensive analysis. Under this condition, it is relatively easy for a decision-maker to select and implement an optimum design alternative using a “command and control” program structure. However, in the opposite condition, where knowledge is relatively small and uncertainty is relatively great, a decision-maker cannot select an optimum design alternative without extensive collection and analysis of supplemental data and adoption of adaptive management to assure achieving program goals (HOLLING 1978, WALTERS & HOLLING 1990).
- II. Common fishway planning tools can be ranked in ascending usefulness in their ability to support adaptive management: narrative design criteria, analytical solutions (e. g., energy dissipation calculations), fish species swim speed criteria, ethohydraulics (e. g., GISEN et al. 2016), and the Eulerian-Lagrangian-agent method (ELAM – GOODWIN et al. 2006). Models based on the ELAM are the most valuable for adaptive management because the method attempts to mechanistically describe the behavior of fish to the flow pattern within a fishway.

2 Examples of Design Criteria for Two Contrasting Groups of Dams

Snake River Dams

The four Corps of Engineers dams on the Snake River all employ the standard Ice Harbor Fish Ladder design (or slight variances of this design) developed in the late 1950's and early 1960's (named for the first dam constructed on the Snake River) (Figure 1). The reason that a standard design could be developed for these dams is because the four dams are very similar to each other. They occur in the same geomorphic province, have nearly identical hydrographs, occur in the same climate, the elevation difference between the tailwater and forebay is similar, the powerhouse and spillway capacities are similar, they have similar purpose portfolios (examples of dam purposes: flood control, navigation, hydropower production, ecosystem restoration, irrigation, and water supply), and the species and sizes of fish to be passed are identical. The design criteria were developed over a period of years of detailed study by a world-class fisheries engineering laboratory located at Bonneville Dam on the Columbia River. In addition, the dams were designed and constructed by the same Corps of Engineers District over a relatively short period of time. The similarity of the designs of the dams and migratory species facilitates development of standard design criteria for the four zones important to fishway design.

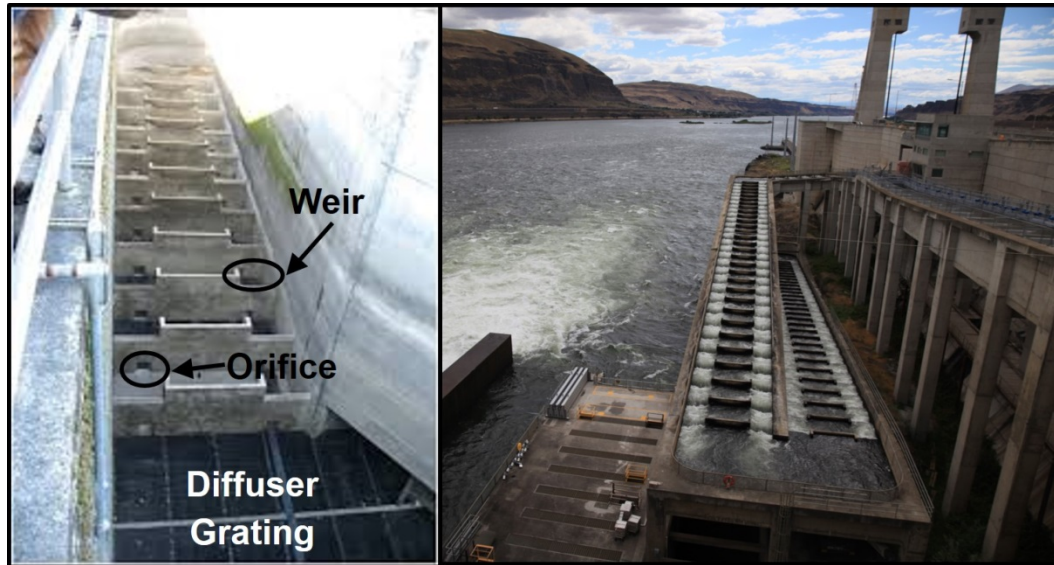


Figure 1: Images of standard Ice Harbor Fish Ladder design for dams on the Snake River, USA

Mississippi River Dams

In contrast to the four Snake River dams, the 27 dams on the Mississippi River encompass a wide array of dam designs, occur in different climatic zones, exhibit different hydrological patterns, are spread over four different geomorphic zones, exhibit wide differences in river width, vary in the occurrence of hydropower, and their operations can vary among dam point operation, hinge point operation, and multiple hinge point operation (explained in Anonymous 2017). In addition, the dams on the Mississippi River were constructed by four different Corps of Engineers districts. While the structure of each of the dams can be very different, the migratory species composition is generally similar.

I concluded that the differences among the Lock and Dams on the Mississippi River precluded development of the detailed fishway design criteria developed for the Snake River. To reduce the need for developing individual design criteria for each dam, I attempted to cluster the 27 dams of the Mississippi into groups of similar dams (NESTLER et al. in press). A portion of the grouping analysis (Figure 2) confirmed that 17 of the 27 dams were reasonably similar in design, although significant differences could be seen in their tailwaters.

Of the four zones of fish behavior that must be considered for effective fishway design described earlier in this paper, the ability of upstream migrating fish to locate the entrance to the proposed rock ramp fishway was considered to have the largest uncertainty because of the spatial complexity of the tailwater. Of note, the team of experts that proposed fishway designs for the dams on the Mississippi River followed accepted criteria in their suggested designs (WILCOX et al. 2004). To address this uncertainty, I used portions of an ELAM analysis from SMITH et al. (2012) to evaluate the ability of adult shovel-nosed sturgeon (*Scaphirhynchus platyrhynchus*) to locate the fishway entrance under 10, 25, 50, 75, and 90 % exceedance flows for Lock and Dam 22. Significantly, I did not consider the inner structure of the rock ramp fishway to be highly uncertain because rock ramp fishways have been used extensively in the mid-western USA nor did I consider the potential for fallback of fish through the spillway (e. g., REISCHEL & BJORN 2003; NAUGHTON et al. 2006) because the upstream streamflow pattern was well-established immediately upstream of the exit of the proposed rock ramp fishway.

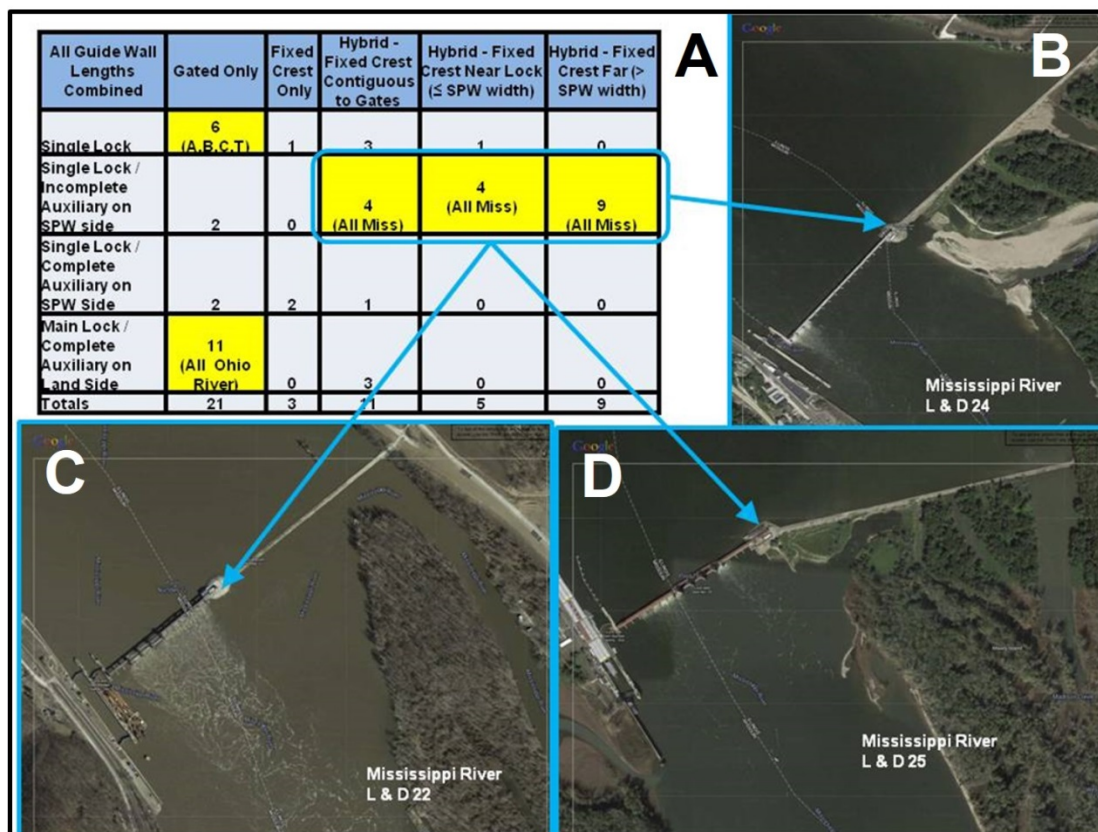


Figure 2: A. Part of a classification matrix to sort Mississippi River dams into clusters of similar dams. B-D. Examples of three dams from a cluster of 17 similar Mississippi River dams. Note that dams are similar, but tailwaters are different. Taken from NESTLER et al. (in press).

Table 1:

Summary of results for analysis of proposed fishway performance under different river discharges for Lock and Dam 22 (from SMITH et al. 2012).

Flow Exceedance (%)	% Passage Through Fishway (Total Passage)	Percent Passage Through Fishway
10	10.7 (22.5)	47.6
25	11.9 (47.5)	25.1
50	40.9 (84.8)	48.2
75	7.0 (66.0)	10.6
90	7.7 (78.1)	9.9

A frame grab of an animation of the ELAM model results from SMITH et al. (2012) illustrates the major flow patterns downstream of Lock and Dam 22 and the distribution of virtual sturgeon as they approach the dam and its fishway (Figure 3). The results of the ELAM analysis (Table 1) shows counter intuitive results where the ability of virtual sturgeon to locate the fishway peaks at median flow (40.9 % of virtual sturgeon use the fishway) and declines significantly at both high (10.7 % of virtual sturgeon use the fishway) and low flows (7.7 % of virtual sturgeon use the fishway). Stream line analysis showing the origin of flow from different parts of the dam shows that at high flows the discharge from the ungated overflow weir part of the dam largely blocks the entrance of the fishway (Figure 4A).

At median and low flows the discharge plume of the fishway lacks the momentum to substantially displace the discharge plume of the gated spillway Figure 4B and 4C. As a consequence a portion of the fishway discharge plume is forced upstream as a flow reversal with the reversal being most extreme at low flow. I conclude that the spatial complexity of the tailwater of Lock and Dam 22 added substantial uncertainty to the formulation of standard design criteria, even though accepted practice was used to locate the entrance of the proposed rock ramp fishway.

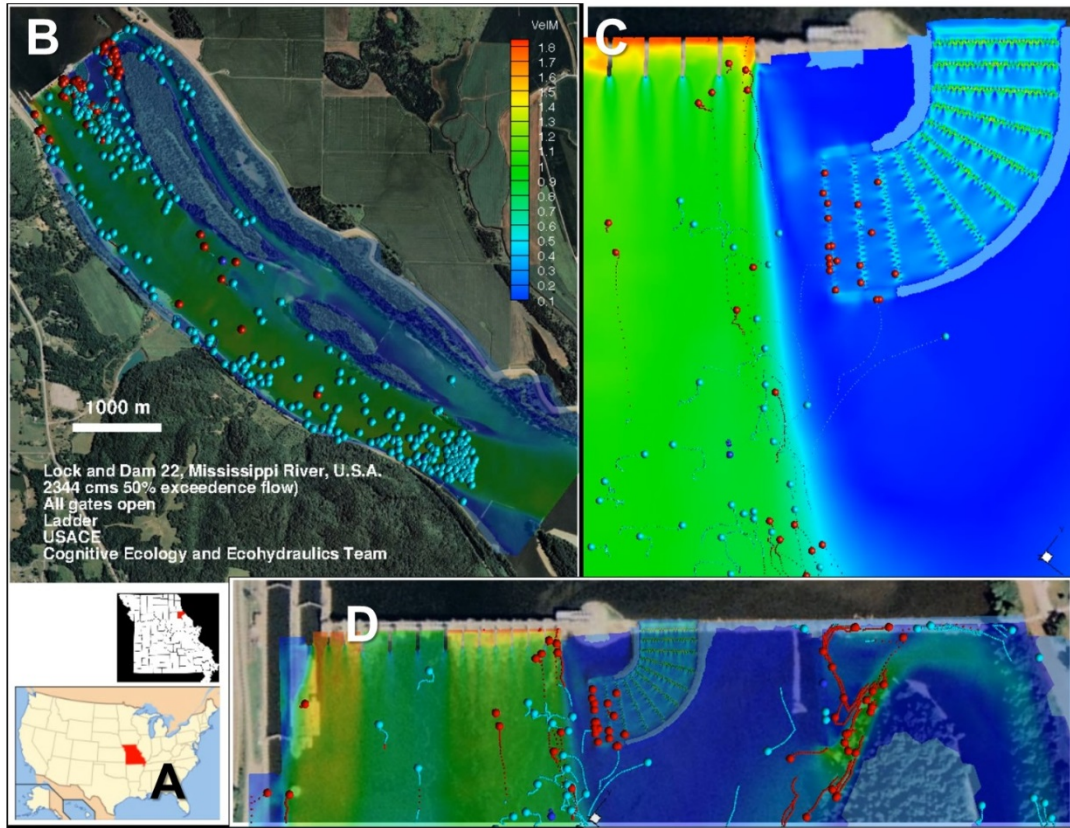


Figure 3: A. Vicinity map of Lock and Dam 22 on the Mississippi River. B-D. Frame-grabs from an animation of ELAM model output showing response of virtual fish to 50 % exceedance flow for a proposed rock ramp fish way and distribution of virtual fish (blue = sustained swimming and red = prolonged swimming speed) for 5.0 km downstream of the dam. Description of the ELAM model and its calibration can be found in SMITH et al. 2012.

3 Discussion and Conclusions

Comparison of the applicability of standard design criteria to the Snake and Mississippi Rivers demonstrates that design criteria cannot exist without consideration of their application. For example, standard design criteria were successfully developed for the four Snake River dams because they were highly similar in all important aspects. The uncertainties in their application have been identified and are well known (primarily temperature effects (CAUDILL et al. 2013) that can be easily assessed with temperature models). In contrast, the Mississippi River dams are not as similar. Even within a cluster of relatively similar dams there are sufficient uncertainties because of the complexities of the tailwater areas.

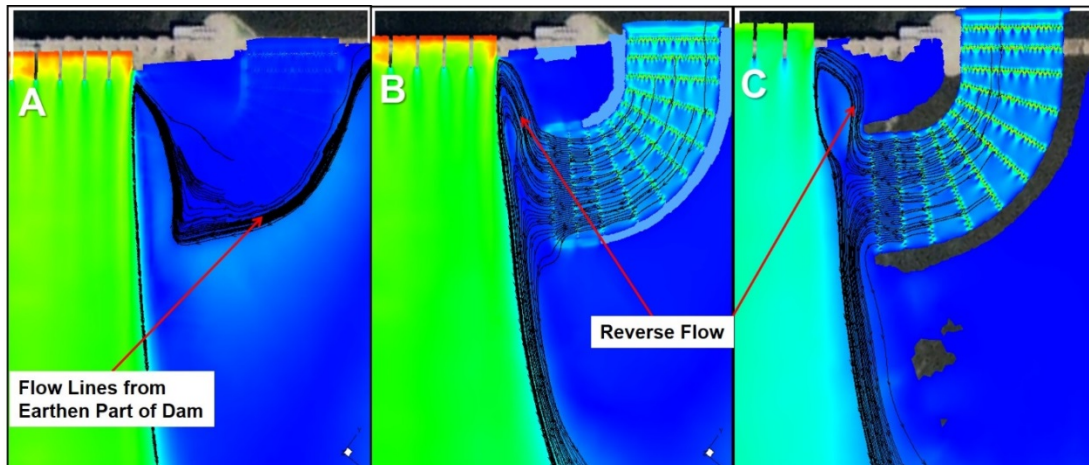


Figure 4: Frame grabs from ELAM model output for 10 (A), 50 (B), and 90 (C) % exceedance flows for proposed fishway on Lock and Dam 22. Stream line analysis was used to trace origin of flows from different parts of the dam. Note that plume from the fishway lacks sufficient momentum to displace spillway discharge plume. Note nearly complete blockage of fishway entrance by flows from the ungated overflow weir for the 10 % exceedance flow. Note creation of reverse flow feature at mouth of fishway for 50 % and 90 % exceedance flows that prevent direct entry of virtual fish into the fishway. Taken from SMITH et al. (2012).

By extension, I conclude that development of standard design criteria for German dams will be limited in the same way that development of standard design criteria is limited in the USA. I conclude that development of standard design criteria for German dams should follow the steps used in this analysis (Figure 5). The first step is to identify similar clusters of dams using statistical dimensional reduction methods such as cluster analysis, factor analysis, or a matrix-based manual approach used in NESTLER et al. (in press). Once clusters have been identified then each cluster can be evaluated for the fidelity of the members to the cluster. Clusters in which the lock and dams have high structural, spatial configuration, and biological similarity may be amenable to the development of standard design criteria with modest amounts of supporting supplemental studies. For example, fishways on dams similar to those on the Snake River dams and supporting similar migratory species could reasonably use the standard Ice Harbor Dam design with modest supporting studies such as thermal loading and reservoir stratification modeling to address potential excessive water temperatures within the fishway.

In contrast, the tailwater regions of Mississippi River Lock and Dams, even within a cluster of dams, were not as similar. The spatial variability of tailrace islands, secondary channels, and berms creates uncertainty in the development of design criteria for the zone associated with the ability of fish to locate the fishway entrance. An assessment of the ability of virtual sturgeon to locate the fishway entrance at Lock and Dam 22 identified uncertainties that would have a great effect on fishway efficiency. Therefore, design criteria that are relatively more general would have to be developed for the Mississippi River dams than for the Snake River dams. In addition, supplemental studies (such as the ELAM simulation used for Lock and Dam 22) must be employed to reduce uncertainty to a level that design criteria can be formulated. The procedure depicted in Figure 5 can be used to systematically evaluate each

dam or dam cluster to decide the level of possible specificity for design criteria for any application. In Figure 5, I use the term “certainty” because it is more intuitive than the inverse term “uncertainty” which is the preferred term to link lack of knowledge to risk and uncertainty in decision-making. Discussions of risk informed decision-making are beyond the scope of this extended abstract. The reader is directed to SCHULTZ et al (2010) as a good primer on risk and uncertainty, but there are many scholarly papers and books on this topic that can be identified by Googling “risk and uncertainty in decision-making”).

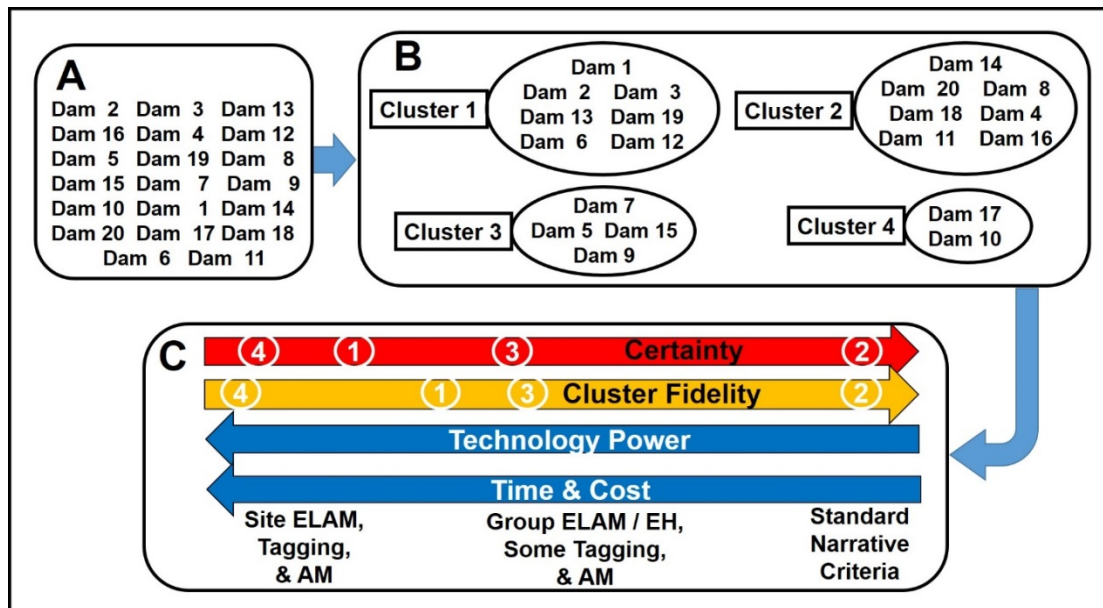


Figure 5: Steps in determining feasibility of standard design criteria for fishways. **A.** Identify the population of dams for which design criteria will be developed. **B.** Perform a dimensional reduction analysis to distribute dams into similar clusters based on their design, operation, migratory species, or other important variables. **C.** Evaluate each cluster to estimate level of certainty about knowledge of applicable fishway design criteria and degree of similarity of dams in each cluster. The necessary technology power (i. e., comprehensive, mechanistic tools such as the ELAM calibrated to observed data have more power to reduce uncertainty than simple criteria such as knowledge of maximum fish swimming capability) to provide supplemental data to develop refined design criteria (and time and cost) decreases as knowledge certainty and cluster fidelity increase.

Legend: AM = Adaptive Management and EH = Ethohydraulics.

Development of standardized design criteria appears to follow the constraints of Levins’ Thesis (LEVINS 1966) for desiderata (i. e., attributes) of population models (Table 2). That is, neither population models nor design criteria can simultaneously maximize generality, realism, and precision (sometimes precision is better stated as accuracy depending upon context). Using Levins’ Thesis as a guide, design criteria for Snake River dams maximize precision and realism, but are limited to any other application (i. e., they are not general) unless the target dam and migratory species are very similar to the Snake River dams and communities. In contrast, design criteria for the cluster of Mississippi River dams must be realistic and more general, but are constrained to be less precise. Their lack of precision must

be compensated by including additional studies (such as the ELAM simulation and analysis described in SMITH et al. 2012). Highly unique dams, such as Lock and Dam 8 on the Mississippi River which is 8-km long and features three separate spillways, may simply be too complex and unique for application of standardized design criteria. Therefore, development of design criteria for all designs must consider the judicious use of Adaptive Management to develop knowledge that addresses uncertainties associated with dams that poorly fit in clusters of similar sites or a unique and do not appear to belong to a cluster.

For German dams, I recommend BfG perform an analysis similar to what I performed for Corps of Engineer dams (NESTLER in press). The next steps depend on the results of the analysis because the specificity of the standard designs will be based on the level of similarity of dams and fish communities within each cluster. Standard fishway designs can be considered for clusters of dams that are highly similar and also have similar fish communities similar to the standard designs developed for Snake River dams. For single dams or clusters of dams which do not have a high level of similarity then the specificity of the design criteria must also be less and likely will not be sufficient for design purposes. In such a situation, BfG should consider using technologically advanced tools such as models based on the ELAM supplemented with acoustic tag data based on short reporting intervals (e. g., 1-2 seconds) to help reduce design uncertainty, particularly for the effects of approach conditions to the fishway entrance.

Table 2:

Fishway design criteria desiderata, their definitions, and the constraints imposed by variability of dams and state of knowledge about fish passage biology and behavior

Desiderata	Definition	As Applied to Fishways
Generality	applies to many dams & species	easy to understand and implement
Realism	has mechanistic fidelity to hydraulics and fish cognition and physiology	can be determined through research
Precision	criteria are unambiguous and accurate	lead directly to fishway design features

References

- Anonymous (2017): Workshop Summary: Upper Mississippi River Basin Association Water Level Management Workshop April 4-5, 2017 Grand River Center — Dubuque, Iowa. Available at <http://www.umrba.org/ecosystem/umrba-wlm-workshop4-2017.pdf>
- CAUDILL, C. C., M. L. KEEFER, T. S. CLABOUGH, G. P. NAUGHTON, B. J. BURKE, C. A. PEERY (2013): Indirect effects of Impoundment on migrating fish: temperature gradients in fish ladders slow dam passage by adult Chinook salmon and steelhead. PLOS One. Available at <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085586>
- COLLINS, G. B., C. H. ELLING (1960): Fishway research at the Fisheries-Engineering Research Laboratory. U.S. Fish and Wildlife Service, Bureau of Commercial Fisheries Circular 98, 17 pp. Available at <http://spo.nmfs.noaa.gov/Circulars/CIRC98.pdf>
- GISEN, D., R. B. WEICHERT, J. M. NESTLER (2016): Optimizing attraction flow for upstream fish passage at a hydropower dam employing 3D detached-eddy simulation. Ecological Engineering. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.10.065

- GOODWIN, R. A., J. M. NESTLER, J. J. ANDERSON, D. PETER LOUCKS (2006): Forecasting 3-D fish movement behavior using a Eulerian-Lagrangian-Agent Method (ELAM). *Ecological Modeling* 192: 197-223
- HOLLING, C. S. (1978): *Adaptive Environmental Assessment and Management*. The Blackburn Press. New Jersey.
- LEVINS R. (1966): The strategy of model building in population modeling. *American Scientist* 4(4): 421-430
- NAUGHTON, G. P., C. C. CAUDILL, M. L. KEEFER, T. C. BJORN, C. A. PEERY, L. C. STUEHRENBURG (2006) Fallback by adult sockeye salmon at Columbia River dams. *North American Journal of Fisheries Management* 26(2): 380-390. Available at <https://doi.org/10.1577/M05-015.1>
- NESTLER, J. M., C. WOODLEY, D. L. SMITH, D. ABRAHAM, W. ECHEVARRIA, R. HEATH, K. MARTIN, A. HAMMACK, T. MAIER, C. WEISSER: (In Press): Concept Development, Data Analysis, and Data Summary to Support Development of a Generalized Fish Passage Assessment Tool for Application at Corps' Lock and Dams. Prepared for U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, Mississippi. 46 pp.
- REISCHEL, T. S., T. C. BJORN: (2003): Influence of fishway placement on fallback of adult salmon at the Bonneville Dam on the Columbia River. *North American Journal of Fisheries Management* 23(4):1215-1224. Available at <https://doi.org/10.1577/M02-113>
- ROSCOE, W. D., S. G. HINCH: (2010): Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. *Fish and Fisheries* 11: 12-33. Available at http://faculty.forestry.ubc.ca/hinch/Roscoe&Hinch_FF_2010.pdf
- SCHOLTEN, M., C. SCHÜTZ, S. WASSERMANN, R. WEICHERT (2014): Improving ecological continuity in German waterways: research challenges of upstream migration and fishway design. In: *Proc. 10th International Symposium on Ecohydraulics, Trondheim*
- SCHULTZ, M. T., K. N. MITCHELL, B. K. HARPER, T. S. BRIDGES (2010): Decision-making under uncertainty. ERDC TR-10-12 Published by the Engineer Research and Development Center, Vicksburg, Mississippi, USA. Available at <https://emrrp.el.erdc.dren.mil/elpubs/pdf/tr10-12.pdf>
- SMITH, D. L., J. M. NESTLER, R. A. GOODWIN (2012): Testing the "River Machine" Conceptual Model for Large Rivers with Data from the Mississippi River. Eds. Helmut Mader and Julia Kraml, Published in e-book 9th International Symposium on Ecohydraulics 2012, University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Vienna, Austria, 17-21 September 2012. ISBN: 978-3-200-02862-3
- WILCOX, D. B., E. L. STEFANIK, D. E. KELNER, M. A. CORNISH, D. J. JOHNSON, I. J. HODGINS, S. J. ZIGLER, B. L. JOHNSON (2004): Interim Report for the Upper Mississippi River – Illinois Waterway System Navigation Study: Improving Fish Passage through Navigation Dams on the Upper Mississippi River System. Prepared for U.S. Army Engineer District, Rock Island, Rock Island, IL 61204-2004. U.S. Army Engineer District, St. Louis, St. Louis, MO 63103-2833, and U.S. Army Engineer District, St. Paul, St. Paul, MN 55101-1638
- WALTERS, C. J., C. S. HOLLING (1990): Large-scale management experiments and learning by doing, *Ecology* 71, 2060-2068
- WILLIAMS, B. K., R. C. SZARO, C. D. SHAPIRO (2007): *Adaptive Management: The U.S. Department of the Interior Technical Guide*, Adaptive Management Working Group, U.S. Department of the Interior, Washington, D.C. 1-411-31760-2



Contact:

Dr. John Nestler

Partner in Fisheries & Environmental
Services

Edwards, Mississippi

USA 39066

and

Research Ecologist (retired)

Corps of Engineers R&D Center

Vicksburg, Mississippi

USA 39180-6019

E-Mail: john.m.nestler@gmail.com

1968-1972

BS Biology, Valdosta State College, Valdosta, GA,
USA

1972-1976

MS Zoology, University of Georgia, Athens, GA,
USA

1976-1980

PhD Zoology, Clemson University, Clemson, SC,
USA

1979

Visiting Instructor, Valdosta State College,
Valdosta, GA, USA

1980-2010

Hydrologist, Ecologist, and Research Ecologist at
the U.S. Army Engineer Research and Develop-
ment Center, Vicksburg, MS, USA

2010-present

Partner in Fisheries and Environmental Services
Partnership and Research Ecologist (retired) for the
Corps of Engineers R&D Center

Projects:

Multiple projects on most of the major rivers in the
USA addressing environmental flows, fish passage,
and water quality

In der Reihe BfG-Veranstaltungen sind bisher u. a. erschienen:

- 1/2011 Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustands in Wasserstraßen
- 2/2011 Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen
- 3/2011 Zeitgemäße Erfassung und Bereitstellung von Geobasisdaten für die WSV
- 4/2011 EurAqua Symposium Impact of climate change on water resources – 200 years hydrology in Europe – a European perspective in a changing world
- 5/2011 Schadstoffdynamik in Flussgebieten – Ursachen, Wirkungen und Konsequenzen stofflicher Veränderungen in Raum und Zeit
- 1/2012 Partikuläre Stoffströme in Flusseinzugsgebieten
- 2/2012 Überregionale Wasserbewirtschaftung – Entwicklung und Einsatz eines Informationssystems und verschiedener Modelle
- 3/2012 Dynamik des Sedimenthaushaltes von Wasserstraßen
- 4/2012 Pathogenic *Vibrio* spp. in Northern European Waters
- 5/2012 Baumaterialien und Oberflächengewässer
- 6/2012 Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen
- 7/2012 Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen. 2. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen
- 1/2013 Wissen was war ... – Rückblick auf hydrologische Extreme
- 2/2013 Die Bundeswasserstraßen im Blickfeld ökologischer Zielsetzungen gemäß WRRL – Erreichtes und Erreichbares
- 3/2013 Geomorphologische Prozesse unserer Flussgebiete
- 4/2013 FLYS goes WEB: Eröffnung eines neuen hydrologischen Fachdienstes in der BfG
- 5/2013 Neue Entwicklungen in der Gewässervermessung
- 6/2013 Die Zukunft des Wasserhaushaltes im Elbeinzugsgebiet / Budoucnost vod-ního režimu v povodí Labe
- 7/2013 Bioakkumulation in aquatischen Systemen: Methoden, Monitoring, Bewertung
- 8/2013 Geodätische Arbeiten für Bundeswasserstraßen
- 1/2014 Artenschutz in der Praxis – Erfahrungen mit Ersatzquartieren und der Umsiedlung von streng geschützten Arten
- 2/2014 Ästuare und Küstengewässer der Nordsee
- 3/2014 Schadstoffe in Bundeswasserstraßen – Nutzergerechte Verfügbarkeit von Informationen
- 1/2015 Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen. 4. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen
- 2/2015 Wasserstraßenbezogene geodätische Anwendungen und Produkte der Fernerkundung
- 3/2015 Ökosystemleistungen – Herausforderungen und Chancen im Management von Fließgewässern
- 4/2015 Qualitativ-gewässerkundliche Aspekte der WSV-Arbeit
- 1/2016 Sedimentbilanzen in Flussgebieten – von der Quelle bis zur Mündung
- 1/2017 Geodätische Beiträge zum Systemverständnis für Bundeswasserstraßen und sonstige Gewässer
- 2/2017 Korrosionsschutz im Stahlwasserbau – Zulassung, Einsatz, Umweltaspekte
- 3/2017 Statistische Methoden in der hydrologischen Vorhersagepraxis und deren Nutzen
- 4/2017 Radioaktivität in Forschung und Umwelt – 60 Jahre Radiologie in der Bundesanstalt für Gewässerkunde
- 5/2017 Modellierung aktueller Fragestellungen zur Wassermengenbewirtschaftung an Bundeswasserstraßen
- 1/2018 Messtechnik und Methoden in der Gewässermorphologie
- 2/2018 Möglichkeiten und Perspektiven von Biotestverfahren in der Gewässerüberwachung und Bewertung
- 3/2018 Großräumige Abflussmodellierung – 50 Jahre hydraulische Modellierung in der BfG
- 4/2018 Gewässergütemodellierung: Trends und Perspektiven