

**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen



## Tagungsband

BAW/BfG Kolloquiumsreihe

Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit  
der Bundeswasserstraßen

**Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen –  
Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze**

12. und 13. Juni 2012





## Programm

### Dienstag, 12. Juni 2012

- 13:00 Uhr**      **Begrüßung**  
*Prof. Dr.-Ing. Ch. Heinzemann (BAW, Karlsruhe)*
- 13:10 Uhr**      **Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen  
– Maßnahmenpriorisierung**  
*Dr. D. Herpertz (BMVBS)*
- 13:30 Uhr**      **Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderungen aus biologischer Sicht**  
*Dipl.-Biol. A. Rüter, (BfG, Koblenz)*  
*Dipl.-Biol. M. Scholten (BfG, Koblenz)*
- 14:00 Uhr**      **Anforderungen an die Auffindbarkeit nach deutschen und internationalen Regelwerken**  
*Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. M. Redeker (ARCADIS Deutschland GmbH)*
- 14:30 Uhr**      **Planerische Aufgaben beim Bau von FAA**  
*Dipl.-Ing. M. Bodsch (WNA Aschaffenburg)*
- 15:00 Uhr**      **Kaffeepause**
- 15:30 Uhr**      **Modeling fish movement at Mississippi River**  
*D. L. Smith, PhD (U.S. Army Corps of Engineers, USA)*
- 16:00 Uhr**      **Untersuchung von FAA an der Maas und Rijn**  
*Ing. A. Breukelaar (RWS Waterdienst, NL)*
- 16:30 Uhr**      **Die HDX-Technologie und ihre Anwendung an der Staustufe Geesthacht**  
*Dr. U. Schwevers (IfÖ, Kirtorf-Wahlen)*
- 17:00 Uhr**      **Methoden zur Gestaltung und Planung der Leitströmung – Beispiele an Lahn und Neckar**  
*Dipl.-Ing. (FH) J. Eckhardt (BAW, Karlsruhe),*  
*Dipl.-Ing. Ch. Klüber (BAW, Karlsruhe)*
- 17:30 Uhr**      **Diskussion**
- 17:50 Uhr**      **Hallenführung**
- Ab 18:00 Uhr**    **Abendessen auf dem BAW-Gelände**

## Programm

### Mittwoch, 13. Juni 2012

- 9:00 Uhr**            **Lockstropmpumpen – Einsatzkonzept und Erfahrungen**  
*Dr.-Ing. R. Hassinger (Universität Kassel)*
- 9:30 Uhr**            **Konstruktive Möglichkeiten zur Verbesserung der hydraulischen Bedingungen  
am Einstieg von FAA**  
*Dipl.-Ing. U. Dumont (IB Floecksmühle, Aachen)*
- 10:00 Uhr**           **Adult Fishway Systems – Multiple Entrance Strategy, Effectiveness and Design Considerations**  
*P. E., Hydr. Eng. (Fisheries) L. A. Reese (U.S. Army Corps of Engineers, USA)*
- 10:30**                **Kaffeepause**
- 11:00 Uhr**           **Mündungsgestaltung von Fischwegen an großen Wasserkraftanlagen**  
*Dr.-Ing. R.-J. Gebler (Ingenieurbüro Dr. R.-J. Gebler, Walzbachtal)*
- 11:30 Uhr**           **FuE-Konzept von BfG und BAW – Projekte zur groß- und kleinräumigen Auffindbarkeit**  
*Dipl.-Ing. W. Kampke (BAW, Karlsruhe),  
Dipl.-Biol. A. Rüter (BfG, Koblenz)*
- 12:00 Uhr**           **Zusammenfassung und Schlusswort**  
*Dr. sc.tech. R. Weichert (BAW, Karlsruhe)*
- 12:15 Uhr**           **Ende**

## Liste der Referenten

Bodsch, Dipl.-Ing. Mareike	Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg Hockstr. 10 63743 Aschaffenburg mareike.bodsch@wsv.bund.de
Breukelaar, Ing. André	Rijkswaterstaat Waterdienst, Niederlande p/a van Hogendorpweg 3 3732 XK de Bilt, NL andre.breukelaar@rws.nl
Dumont, Dipl.-Ing. Ulrich	Ingenieurbüro Floecksmühle Bachstr. 62-64 52066 Aachen u.dumont@floecksmuehle.com
Eckhardt, Dipl.-Ing. (FH) Jochen	Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstr. 17 76187 Karlsruhe jochen.eckhardt@baw.de
Klüber, Dipl.-Ing. Christoph	Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstr. 17 76187 Karlsruhe christoph.klueber@baw.de
Gebler, Dr.-Ing. Rolf-Jürgen	Ing.-Büro Gebler Rudolf-Diesel-Weg 1 75045 Walzbachtal info@ib-gebler.de
Hassinger, Dr.-Ing. Reinhard	Universität Kassel, Versuchsanstalt für Wasserbau Kurt-Wolters-Straße 3 34109 Kassel vpuw@uni-kassel.de

Herpertz, Dr. Dorothe

Bundesministerium für Verkehr,  
Bau und Stadtentwicklung  
Robert-Schuman-Platz 1  
53175 Bonn  
dorothe.herpertz@bmvbs.bund.de

Kampke, Dipl.-Ing. Wolfgang

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstr. 17  
76187 Karlsruhe  
wolfgang.kampke@baw.de

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

ARCADIS Deutschland GmbH  
Johannisstraße 60-64  
50668 Köln  
m.redeker@arcadis.de

Reese, P. E., Hydr. Eng. Lynn A.

U.S. Army Corps of Engineers,  
Walla Walla District  
North Third Avenue 201  
Walla Walla, Washington 99362-1876, USA  
lynn.a.reese@usace.army.mil

Rüter, Dipl.-Biol. Arne

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz  
rueter@bafg.de

Scholten, Dipl.-Biol. Matthias

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz  
scholten@bafg.de

Schwevers, Dr. Ulrich

Institut für angewandte Ökologie  
Neustädter Weg 25  
36320 Kirtorf-Wahlen  
ifoe@schwevers.de

Bundesanstalt für Wasserbau  
Bundesanstalt für Gewässerkunde

Kolloquiumsreihe der BAW und BfG  
Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der BWaStr -  
Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen -  
Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze  
12. und 13. Juni 2012

Smith, PhD Dave L.

United States Army Corps of Engineers,  
U.S. Army Engineer Research and  
Development Center (ERDC)  
3909 Halls Ferry Road,  
Bldg 3270, Room 1721  
Vicksburg, Mississippi 39180-6199, USA  
david.l.smith@usace.army.mil





## Teilnehmerliste

<b>Name</b>	<b>Firma</b>	<b>Ort</b>
al Diban, Dr.-Ing. Imad	BDC Dorsch Consult	Berlin
Anlauf, Dr. Andreas	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Koblenz
Arnoldt, Sabine	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost	Magdeburg
Bader, Dipl.-Ing. Sebastian	Technische Universität München	München
Bätza, Alfred	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Behrends, Ina	Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg	Magdeburg
Beiser, Rüdiger	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Belitz, Marielle	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Belz, Verena	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	Bühl
Berset, Dipl.-Ing. EPFL Olivia	Bundesamt für Umwelt	Bern
Bertsch, Alexandra	Wald + Corbe GbR	Hügelsheim
Birk, Dipl.-Ing. (FH) Jörg	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Bleckmann, Professor Horst	Institut für Zoologie der Universität Bonn	Bonn
Bonny, Christoph	Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde	Eberswalde
Buchholz, Helga	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte	Hannover
Denk, Martina	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Deutsch, Dipl.-Ing. Lisa	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Dietrich, Dipl.-Ing. Antje	BDC Dorsch Consult	Berlin
Edinger, Dipl.-Ing. Claude	Wasserverwaltung Luxemburg	Luxemburg
Ernst, Dipl.-Ing. (FH) Stefan	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Ernst, Dr. Annette	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost	Magdeburg
Fischer, Dr.-Ing. Markus	RMD Wasserstraßen GmbH	München
Franke, Gerd	Wasser- und Schifffahrtsdirektion West	Münster
Friese-Hofius, Dipl.-Ing. Angelika	Wasser- und Schifffahrtsamt Verden	Verden

<b>Name</b>	<b>Firma</b>	<b>Ort</b>
Furher, Torsten	Neubauamt für den Ausbau des MLK	Hannover
Gähns, Joachim	Wasser- und Schifffahrtsamt Trier	Trier
Gaumert, Dipl.-Biol. Thomas	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg	Hamburg
Geil, Wilfried	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Koblenz
Gerspacher, Dipl.-Hydr. Matti	Fichtner Water & Transportation GmbH	Freiburg
Gheorghiu, Dipl.-Ing. Dumitru	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH	Kleinostheim
Gisen, Dipl.-Ing. David	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Gluch, Arne	Landesbetrieb Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen- Anhalt	Halle
Greve, Albert	Wasser- und Schifffahrtsamt Rheine	Rheine
Gries, Dipl.-Ing. (FH) Frank	Ingenieurgesellschaft Heidt & Peters mbH	Celle
Haselbauer, Dr. Matthias	RMD-Consult GmbH	München
Hecht, Veronika	Technische Universität Darmstadt	Darmstadt
Heimerl, Dr. Stephan	Fichtner Water & Transportation GmbH	Stuttgart
Heinzelmann, Prof. Dr. Christoph	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Henkel-Grabowski, Tanja	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Henning, Dipl.-Ing. Martin	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Hielscher, Michael	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest	Aurich
Huxoll, Dipl.-Ing. Helge	Sonderstelle für Aus- und Fortbildung in der WSV bei der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte	Hannover
Igel, Friedhelm	Bundesamt für Naturschutz	Leipzig
Irmeler, Ingolf	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost	Magdeburg
Jeske, Regine	Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde	Eberswalde

<b>Name</b>	<b>Firma</b>	<b>Ort</b>
Jungmann, Dipl.-Ing. Sonja	Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH	Stuttgart
Kaiser, Michael	juwi R & D Research & Development GmbH & Co. KG	Wörrstadt
Kampker, Dipl.-Ing. Anne	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Kappus, Dr. Berthold	Regierungspräsidium Karlsruhe	Karlsruhe
Karreis, Dipl.-Biol. Gerd	Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg	Aschaffenburg
Kauppert, Klemens	Ingenieurbüro Kauppert	Karlsruhe
Keil, B. rer. nat. Florian		Aigen-Vogelhub, Österreich
Kemnitz, Bernhard	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Klein, Dipl.-Biol. Adrian	Institut für Zoologie der Universität Bonn	Bonn
Kohmann, Dr. Fritz	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Koblenz
Kolbinger, Dr. Andreas	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit	München
Kornmesser, Britta	Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg	Brandenburg a. d. Havel
Koschel, Dipl.-Ing. Naram	River-Consult	Karlsruhe
Kühlmann, Markus	Ruhrverband	Möhnesee
Kuhn, Ulrike	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Kunze, Dipl.-Ing. Jürgen	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH	Kleinstheim
Kurz, Charlotte	Wasser- und Schifffahrtsamt Trier	Trier
Lecour, Christine	Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit - LAVES	Hannover
Lehmann, Dipl.-Ing. Paul	Ingenieurbüro Dr. Gebler	Walzbachtal
Lück, Ina	Bundesumweltministerium	Bonn
Mach, Rüdiger	Mach:Idee	Karlsruhe
Maidel-Türk, Dipl.-Ing. (FH) Barbara	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
May, Rudolf	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Koblenz
Messing, Dipl.-Ing. Sebastian	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	Bonn
Meißner, Bernhard	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz

<b>Name</b>	<b>Firma</b>	<b>Ort</b>
Michaelis, Dietmar	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord	Kiel
Mockenhaupt, Bernd	Bundesanstalt für Gewässerkunde	Koblenz
Müller, Dipl.-Ing. (FH) Anja	Regierungspräsidium Gießen	Gießen
Nahnsen, Thorben	Knabe Enders Dührkop	Hamburg
Naumann, Stephan	Umweltbundesamt	Dessau
Neukirchen, Bernd	Bundesamt für Naturschutz	Bonn
Neumann, Christof	Knabe Enders Dührkop	Hamburg
Neumayer, Dipl.-Ing. Alexandra	Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH	Stuttgart
Oehme, Dipl.-Ing. Christoph	PTW Planungsgemeinschaft Tief- und Wasserbau	Dresden
Osterthun, Dr.-Ing. Manuela	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte	Hannover
Paulusch, Jan	Bundesamt für Naturschutz	Bonn
Petersson, Dr.-Ing. Elke	juwi R & D Research & Development GmbH & Co. KG	Wörrstadt
Piroth, Dr.-Ing. Klaus	ARCADIS GmbH	Karlsruhe
Prinz, Haimo	Bundesamt für Wasserwirtschaft	Mondsee, Österreich
Prömper, Monika	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Rathgeb, Dr. Andreas	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Reek, Dr.-Ing. Johanna	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Reichel, Dipl.-Ing. Frauke	Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg	Hamburg
Reichel, Dipl.-Ing. Marion	Björnsen Beratende Ingenieure GmbH	Augsburg
Riemann, Robert	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Roger, Dr.-Ing. Sebastian	RWE Innogy GmbH	Essen
Roos, Dipl.-Ing. (FH) Miriam	Amt für Neckarausbau Heidelberg	Heidelberg
Rosport, Dr. Michael	Wald + Corbe GbR	Hügelsheim
Rudolph, Axel	Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg	Brandenburg a. d. Havel
Rutschmann, Prof. Dr. Peter	Technische Universität München	München
Schalk, Peter	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Schillinger, Dipl.-Ing. Jürgen	Wasser- und Schifffahrtsamt Regensburg	Regensburg

<b>Name</b>	<b>Firma</b>	<b>Ort</b>
Schlösser, Gerhard	Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord	Koblenz
Schmautz, Dr.-Ing. Markus	RMD Wasserstraßen GmbH	München
Schmid, Dipl.-Ing. (FH) Helmut	Ingenieurbüro Dr. Gebler	Walzbachtal
Schmidt, Dr. Marc	LVA Hydroakustik GmbH / Landesfischereiverband Westfalen u. Lippe e. V.	Münster
Schneider, Silke	Technische Universität Darmstadt	Darmstadt
Schneider, Dr. Jörg	Büro für fischökologische Studien - BFS	Frankfurt
Schöbel, Björn	Arbeitsgemeinschaft Hessischer Wasserkraftwerke	Friedrichsdorf
Schönefeldt, Dipl.-Ing. Karen	PTW Planungsgemeinschaft Tief- und Wasserbau	
Schuh, Dipl.-Ing. Peter	Unger ingenieure Ingenieurgesellschaft mbH	Freiburg
Schuhler, Christelle	RMD-Consult GmbH	München
Schüle, Martin	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Sokoray-Varga, Dipl.-Ing. Béla	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Sönnichsen, Dipl.-Ing. Detlef	Sönnichsen + Partner	Minden
Spindler, Dr. Karla	Inros Lackner GmbH	Potsdam
Spöhrer, Dipl.-Ing. (FH) Julia	Dorsch International Consultants	München
Stamm, Prof. Dr.-Ing. habil Jürgen	Technische Universität Dresden	Dresden
Steinhoff, Dr. Ronald	Steinhoff Energieanlagen	Weilrod
Sühl, Stefan	Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde	Eberswalde
Unger, Dr. Jens	Inros Lackner GmbH	Potsdam
Wassermann, Dipl.-Met. Stefanie	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Weibel, Uwe	Institut für Umweltstudien, Weibel & Ness GmbH	Kandel
Weichert, Dr. sc.tech. Roman	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Wittlinger, Hendrike	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Wollny, Matthias	Fichtner Water & Transportation GmbH	Freiburg
Zahn, Steffen	AB Fisch- und Gewässerökologie	Potsdam
Ziemann, Dipl.-Ing. Peter	IMS Ingenieurgesellschaft mbH	Hamburg
Zollfrank, Frank	Bundesrechnungshof	Bonn



## **Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen - Maßnahmenpriorisierung**

Dr. Dorothe Herpertz, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

### **1. Einführung**

Seit Jahrzehnten wird in Deutschland und Europa daran gearbeitet, den Zustand der Gewässer zu verbessern. Gemäß den Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wird dabei ein umfassender Blick auf die Gewässer gelegt, der sowohl eine nachhaltige ökologische Entwicklung als auch eine adäquate Nutzung der Gewässer zum Ziel hat. Gerade an den Bundeswasserstraßen ist aufgrund ihrer vielfältigen Nutzungen (z.B. zur Energiegewinnung, als Schifffahrtsweg, zur Wasserversorgung) eine Verknüpfung von ökonomischen, strukturellen und ökologischen Belangen unerlässlich. Als Transportweg verbinden sie Metropolen und Häfen. Als Lebensraum sind sie Hauptachsen, die Laich-, Aufzucht- und Nahrungsgebiete im Meer, in Flüssen und Bächen vernetzen und damit vor allem für Fische die wichtigsten Wanderrouten darstellen. In diesem Kontext kommt der Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen eine hohe Bedeutung zu.

Seit der Neugestaltung des deutschen Wasserrechts im Jahr 2010 hat die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) die Verantwortung dafür übernommen, an den von ihr errichteten oder betriebenen Stauanlagen der Bundeswasserstraßen Maßnahmen zur Erhaltung und Wiederherstellung der Durchgängigkeit durchzuführen, soweit diese zur Erreichung der Ziele nach WRRL erforderlich sind (§ 34 Abs. 3 WHG). Die WSV handelt hierbei hoheitlich im Rahmen ihrer Aufgaben nach dem Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG). Wenngleich die Gesamtverantwortung für die WRRL bei den Bundesländern verbleibt, so erhält die WSV dennoch eine neue, aktivere Rolle für Maßnahmenumsetzungen an den Bundeswasserstraßen.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) nimmt sich gemeinsam mit seinen nachgeordneten Behörden der WSV sowie den Bundesanstalten für Gewässerkunde und Wasserbau (BfG und BAW) der komplexen Aufgabenstellung an. Die pragmatische Handlungskonzeption zielt auf eine sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch effiziente Aufgabenerfüllung ab, die nur in Zusammenarbeit mit Partnern aus Bundes- und Landesverwaltung, Wissenschaft und Praxis realisierbar ist. Mit der Vorlage der Maßnahmenpriorisierung für den Fischaufstieg wurde im Februar 2012 ein erster großer Meilenstein auf dem Weg zur Aufgabenumsetzung erreicht.

### **2. Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen – Was bedeutet das?**

Die gemäß WRRL (wieder-) zu erlangende ökologische Durchgängigkeit nach WRRL umfasst die auf- und abwärts gerichtete Durchlässigkeit des Systems „Fluss“ für wandernde aquatische Organismen (Fische, Wirbellose) und Sedimente, die durch Querbauwerke wie Stauanlagen gestört ist.

Ist die ökologische Durchgängigkeit eines Gewässers nicht gegeben, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um sie wiederherzustellen. Da in der Regel aufgrund der gegebenen Nutzungsansprüche kein Rückbau von Stauanlagen durchgeführt werden kann, ist die Durchgängigkeit durch die Errichtung von Fischwanderhilfen zu verbessern. Mit Blick auf fischökologische Anforderungen und technische Möglichkeiten ist zwischen Maßnahmen zum Fischauf- und Fischabstieg zu unterscheiden. An vielen Staustufen der Bundeswasserstraßen fehlen noch für die Zielarten der WRRL geeignete technische Fischaufstiegshilfen oder die vorhandenen sind nicht ausreichend funktionsfähig. Hier sind die erforderlichen Maßnahmen wie z.B. der Bau von Fischpässen oder Umgehungsgerinnen zu ergreifen. Die Maßnahmen sollten immer nach dem jeweiligen Stand der Technik und gemäß aktueller wissenschaftlicher Erkenntnislage umgesetzt werden, mit dem Ziel, auch anderen aquatischen Organismen (z.B. Wirbellose) die Durchwanderung zu ermöglichen. Die Abwärtswanderung an Stauanlagen ist in der Regel nicht vollständig blockiert. Überströmte Stauwehre können je nach Bauwerkshöhe und -typ häufig schadlos von Fischen passiert werden. Bei gleichzeitiger Wasserkraftnutzung sind jedoch die Möglichkeiten für die schadlose Abwärtswanderung insbesondere für Fische stark eingeschränkt.

Insbesondere für die großen und komplexen Stauanlagen der Bundeswasserstraßen fehlen noch praktische Erfahrungswerte sowie spezielle fachliche Grundlagen, um ausreichend funktionsfähige Wanderhilfen zu errichten. Dies gilt insbesondere für den Fischabstieg, da hier zum jetzigen Zeitpunkt noch Wissensdefizite den Bau ökologisch effizienter und damit auch wirtschaftlicher Anlagen erschweren. Aber auch für konkrete Fragen, die den Fischaufstieg betreffen, sind noch entsprechende F&E-Aktivitäten und Vernetzungen zur Wissensmehrung – z.B. zur Auffindbarkeit und Passierbarkeit - unerlässlich sowie umfangreiche Erfolgskontrollen bei umgesetzten Maßnahmen durchzuführen. Aufgrund der weiträumigen Systemzusammenhänge ist dabei zu berücksichtigen, dass die Wirksamkeit aller Maßnahmen entlang der „Hauptachsen Bundeswasserstraßen“ eng mit den Maßnahmen zur Verbesserung der Lebensräume oder zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit an Nebengewässern verknüpft ist, die vornehmlich von den Bundesländern durchgeführt werden.

### **3. Handlungskonzeption und Priorisierungskonzept des BMVBS – Schritt für Schritt zur Umsetzung**

Das BMVBS nimmt sich den Aufgabenstellungen rund um das Thema „Ökologische Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen“ durch solide Grundlagenerarbeitungen und ein zielgerichtetes iteratives Vorgehen an. Nach ersten Einschätzungen sind für die Zielerreichung nach WRRL an bis zu 250 Stauanlagen an Bundeswasserstraßen Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit erforderlich. Aufgrund der besonderen Bedingungen an den Bundeswasserstraßen werden diese Maßnahmen in der Regel mit aufwendigen Planungs- und Umsetzungsprozessen sowie erheblichem Ressourceneinsatz verknüpft sein, so dass schrittweise vorgegangen werden muss. Da sich die nach WRRL angestrebte ungestörte Migration aquatischer Organismen bislang für die Komponente „Fischfauna“ mit den sichersten Erkenntnissen belegen lässt (vgl. [1]) und Stauanlagen insbesondere für aufsteigende Wanderfische ein unüberwindliches Hindernis darstellen, kon-



zentrieren sich die Maßnahmenumsetzungen an den Bundeswasserstraßen zunächst auf die aufwärtsgerichtete Durchgängigkeit für Fische.

Die pragmatische BMVBS-Handlungskonzeption zielt somit darauf ab, unter Nutzung des vorhandenen Stands der Technik, eine ökologisch wirksame und zugleich wirtschaftliche Aufgabenumsetzung innerhalb der von der WRRL gesetzten Fristen zu ermöglichen. Sie umfasst im Wesentlichen vier Hauptbausteine:

- Die Einbindung der neuen gesetzlichen Verpflichtung nach Wasserhaushaltsgesetz in das Portfolio der WSV-Aufgaben.
- Erarbeitung eines mehrstufigen Priorisierungskonzeptes.
- Die Planung, baulich-technische Konkretisierung und Umsetzung erforderlicher Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit durch die WSV bei fachlich fundierter Beratung sowie Qualitätssicherung durch BfG und BAW. Dies schließt Forschung an offenen Fragestellungen und Entwicklung verbesserter Lösungsansätze sowie Erfolgskontrollen umgesetzter Maßnahmen mit ein.
- Eine laufende Kommunikation und Vernetzung mit allen anderen Akteuren und Partnern an den Stauanlagen der Bundeswasserstraßen.

Den Kern der Handlungskonzeption des BMVBS bildet das Priorisierungskonzept „Ökologische Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen“, das das Handwerkszeug zur schrittweisen Umsetzung der komplexen Aufgabenstellung darstellt. Hierbei wurden in einem mehrstufigen Verfahren

- die grundlegende fachliche Wissens- und Datenbasis von BAW und BfG erarbeitet und begleitende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zum Schließen bestehender Erkenntnislücken auf den Weg gebracht (vgl. [2] und [3]);
- ‚Vor Ort‘ - Rahmenbedingungen durch regionale Umsetzungskonzepte der WSDen Rechnung getragen;
- eine bundesweite Maßnahmenpriorisierung (zunächst) für den Fischaufstieg durch das BMVBS vorgenommen.

#### **4. Die Bundesweite Maßnahmenpriorisierung für die Wiederherstellung des Fischaufstiegs an Bundeswasserstraßen – Ein lebendes Dokument**

##### **4.1 Grundlegende Erwägungen**

Dem Leitgedanken folgend, realistische Umsetzungsziele mit größtmöglicher Umsetzungsqualität zu verknüpfen, wurde eine bundesweite Maßnahmenpriorisierung für die Wiederherstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen vorgenommen. Bei der Reihung von Maßnahmen wurden die folgenden wesentlichen Erwägungen zugrunde gelegt:

- Berücksichtigung der zeitlichen und fachlichen Anforderungen der WRRL (Bewirtschaftungsplanung der Länder in den Zyklen bis 2015, bis 2021, bis 2027);

- Berücksichtigung weiterer bestehender Vereinbarungen und Verbindlichkeiten (sowohl in zeitlicher als auch rechtlicher Hinsicht);
- Realistische Aufteilung der ‚Gesamtumsetzungslast‘;
- Einbezug der vorliegenden fachlichen Grundlagen (vgl. u.a. [2], [3]);
- Berücksichtigung bestehender Erkenntnisdefizite;
- Anstreben eines konsequenten Schließens von Wissenslücken (Pilotanlagen, F&E);
- Wirtschaftlicher Einsatz der begrenzten Ressourcen in WSV und beratenden Fachoberbehörden;
- Ausnutzung von Synergien mit verkehrswasserbaulichen und sicherheitsrelevanten WSV-Maßnahmen;
- Ausnutzung von Synergien mit Maßnahmen von z.B. Ländern, Kommunen und Energieerzeugern.

#### 4.2 Struktur und Methode

Bei der Maßnahmenpriorisierung wurde zwischen Umsetzungs- und Prüfkategorien unterschieden. Die Umsetzungsaktivitäten sind in Anlehnung an die Bewirtschaftungszyklen der WRRL in drei Umsetzungsphasen unterteilt. Im Fokus steht dabei die zum jetzigen Zeitpunkt planungsrelevanteste erste Umsetzungsphase. In ihr wurde eine Maßnahmengruppierung vorgenommen, deren maßgebliche Kriterien die Kostenträgerschaft, rechtliche und zeitliche Verbindlichkeiten, Synergien (fachlich, baulich) sowie die Verbesserung des Erkenntnisstandes an Pilotstandorten sind (Bild 1).

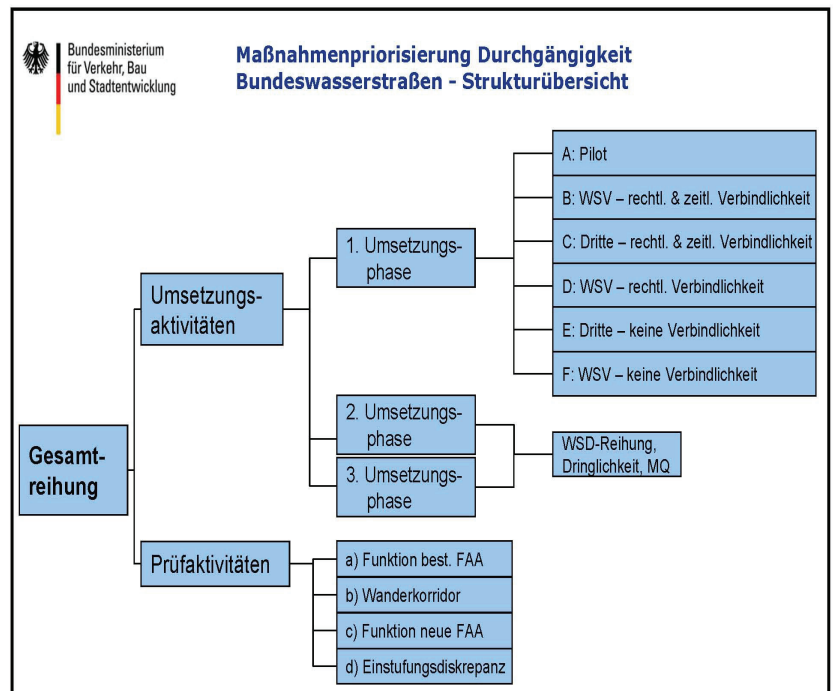


Bild 1: Strukturübersicht Maßnahmenpriorisierung

In der ersten Umsetzungsphase sind derzeit 46 Durchgängigkeitsmaßnahmen vorgesehen. Für diese Maßnahmen wird von einem Baubeginn vor 2015 ausgegangen. Die operative Verantwortung für Planungsverfahren und Umsetzungen vor Ort liegt bei den jeweils zuständigen WSDen und den ihnen nachgeordneten Wasser- und Schifffahrtsämtern (WSÄ). Die beiden folgenden Umsetzungsphasen weisen noch nicht den gleichen Konkretisierungsgrad auf. Die Reihung der dort aufgeführten Maßnahmen orientiert sich an den regionalen Umsetzungskonzepten der WSDen, der fischökologischen Dringlichkeit gemäß BfG Bericht 1697 sowie der jeweiligen Durchflussmenge (Prinzip: Große Durchflüsse vor kleinen; Mündungsnähe vor Oberläufen). Die Umsetzungsphasen sind nicht strikt voneinander getrennt. So werden bereits während der ersten Umsetzungspha-

se Planungsaktivitäten für Maßnahmen anlaufen, deren Baubeginn erst für die zweite Umsetzungsphase projektiert ist.

Parallel zur Umsetzung von Durchgängigkeitsmaßnahmen durch die WSV überprüfen BfG und BAW die Funktionsfähigkeit bestehender Fischaufstiegsanlagen an Stauanlagen an Bundeswasserstraßen. Die erforderlichen Überprüfungen werden derzeit sukzessive unter Einbezug der Bundesländer abgearbeitet. Falls hierbei ein Maßnahmenbedarf festgestellt wird, werden die betreffenden Stauanlagen in die Umsetzungsphasen zwei und drei eingereiht. Zu den Prüfaktivitäten zählen auch Erfolgskontrollen an Standorten mit bereits durch die WSV umgesetzten Durchgängigkeitsmaßnahmen. Hierbei werden die Fischwanderhilfen hinsichtlich ihrer biologisch-technischen Funktion, das heißt Auffindbarkeit und Durchwanderbarkeit für die angestrebten Fischarten untersucht. Die Erfolgskontrollen stellen neben der laufenden fundierten fachlichen Beratung und den F&E-Aktivitäten der Oberbehörden ein wichtiges Element der Qualitätssicherung dar.

### 4.3 Ein lebendes Dokument

Die vorliegende Maßnahmenpriorisierung für den Fischaufstieg ist ein Meilenstein auf dem Weg zu einer schrittweisen, WRRL-gerechten Umsetzung von Durchgängigkeitsmaßnahmen an den Bundeswasserstraßen und bildet den verbindlichen Planungsrahmen für die WSV (Bild 2). Angesichts langer Planungszeiträume, der bestehenden Wissensdefizite und des mit der Zeit zu erwartenden Erkenntnisgewinns bedarf sie auch einer angemessenen Flexibilität. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Unwägbarkeiten bei der Personalressourcen- und Haushaltsmittelverfügbarkeit. Regelmäßige und anlassbezogene Anpassungen sind erforderlich und vorgesehen.

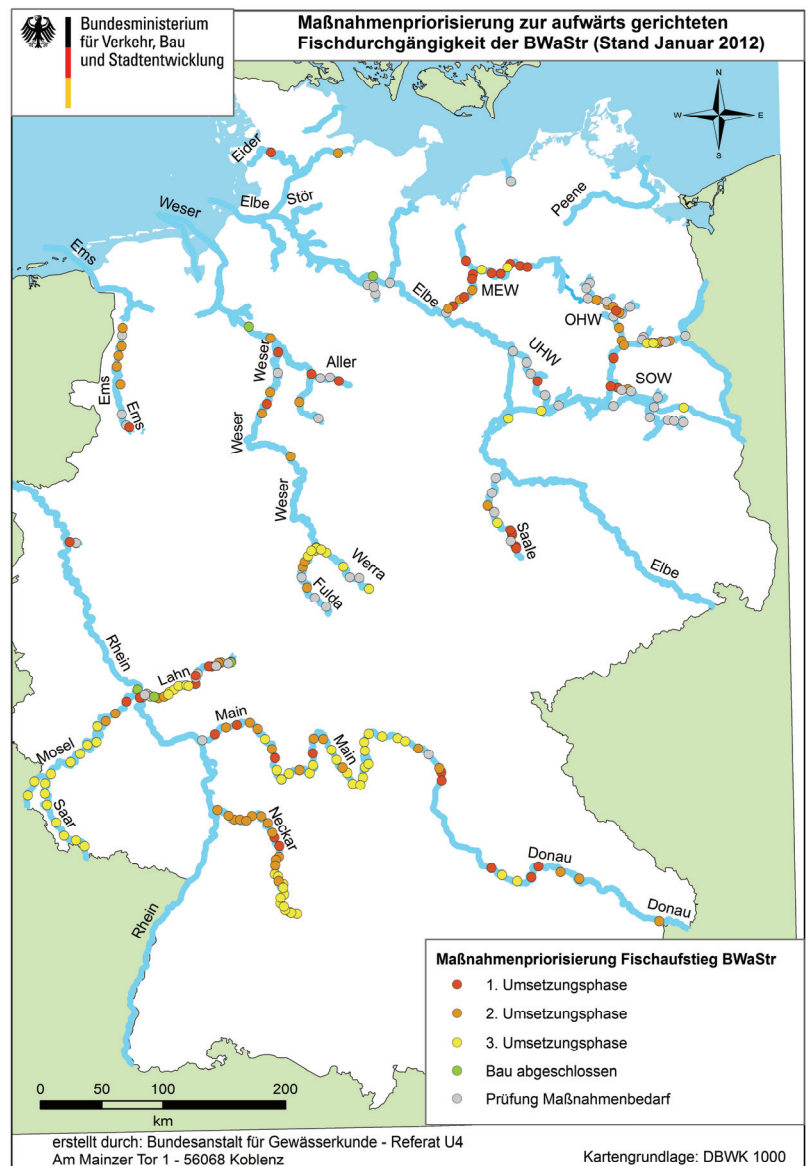


Bild 2: Übersichtskarte Maßnahmenpriorisierung Fischaufstieg

Mit Blick auf die anstehende Erstellung der zweiten Bewirtschaftungspläne nach WRRL durch die Bundesländer, ist innerhalb der nächsten Jahre die Überprüfung der für die erste Umsetzungsphase angewandten Reihungsmethodik und die Konkretisierung der Maßnahmenreihung für die Umsetzungsphasen zwei und drei vorgesehen. Dies erfolgt in enger Abstimmung mit den für die WRRL-Umsetzung zuständigen Bundesländern. Darüber hinaus werden die grundlegenden fischökologischen Anforderungen an Fischwanderhilfen gemeinsam mit den Ländern weiter konkretisiert.

## 5. Fazit

Die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen ist eine komplexe und für die WSV neue Aufgabe. Nicht alle offenen Fragen können kurzfristig beantwortet und nicht alle erforderlichen Maßnahmen gleichzeitig ergriffen werden. Auch die jeweils verfügbaren Ressourcen bleiben für die angestrebte Zielerreichung innerhalb der Fristen der WRRL ein begrenzender Faktor. Die Aufwärtswanderung von Fischen und Kleinlebewesen zu ermöglichen, ist der Anfang. Die Gewährleistung eines schadfreien Fischabstiegs und der Sedimentdurchgängigkeit soll folgen.

Das BMVBS, die WSV, die BfG und die BAW stellen sich der Herausforderung, die komplexe Aufgabenstellung anzupacken. Es wird eine sukzessive Umsetzung von Maßnahmen geben, die durch sorgfältige Planungen und Untersuchungen unterlegt werden. Der stetige Erkenntnisgewinn durch Erfahrungswerte an umgesetzten Bauwerken und F&E-Aktivitäten fließt in alle weiteren Planungen und Maßnahmen ein. Die Bundesbehörden handeln dabei im Rahmen des Bundeswasserstraßengesetzes eigenverantwortlich, aber ohne ein Netzwerk von Partnern aus Bund, Ländern, Kommunen, Wasserkraft, Wissenschaft und Verbänden geht es nicht. Insbesondere, um den noch vorhandenen Wissensdefiziten bei der Erstellung funktionsfähiger Wanderhilfen zu begegnen, ist der Austausch von Erfahrungen und Wissen unverzichtbar.

## Literatur

- [1] **Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser:** Strategiepapier Fischdurchgängigkeit. 2008.
- [2] **Bundesanstalt für Gewässerkunde:** Herstellung der Durchgängigkeit an Staustufen von Bundeswasserstraßen – Fischökologische Einstufung der Dringlichkeit von Maßnahmen für den Fischaufstieg. Koblenz, 2010; BfG-Bericht 1697 ([www.bafg.de/durchgaengigkeit](http://www.bafg.de/durchgaengigkeit)).
- [3] **BAW und BfG:** Arbeitshilfe – Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen. Digital zu beziehen unter: [http://www.baw.de/de/die\\_baw/publikationen/merkblaetter/index.php.html](http://www.baw.de/de/die_baw/publikationen/merkblaetter/index.php.html) sowie <http://www.bafg.de/durchgaengigkeit>

## **Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderungen aus biologischer Sicht**

Dipl. Biol. Arne Rüter, PD Dr. Jochen Koop, Dipl. Biol. Matthias Scholten  
Referat U4 Tierökologie, Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz

### **Einleitung: Fischwanderungen und Auffindbarkeit**

Fische führen in ihrem Lebenszyklus unterschiedliche Wanderungen durch (Lucas & Barras 2001). Mit Hilfe der Ortswechsel erreichen sie z.B. ihre Laichgebiete und Winterhabitate. Entfernung und Richtung der Wanderung sind artspezifisch und können unterschiedliche Gewässer, z.B. Meer und Fließgewässer, verbinden (diadrome Wanderung: z.B. Lachs, Maifisch und Aal). Potamodrome Wanderfische (z.B. Quappe, Barbe oder Nase) haben kürzere Wanderdistanzen und bewegen sich ausschließlich im Süßwasser.

Bundeswasserstrassen (BWaStr) übernehmen für alle Wanderfische eine wesentliche Rolle als Wanderweg. Sie verbinden sowohl das Meer mit den binnenseitigen kleineren Gewässern als auch die Binnengewässer untereinander. Auf Grund verschiedener anthropogener Nutzungsarten sind viele BWaStr jedoch mit Wehren, Wasserkraftanlagen und Schleusen verbaut und eine Durchwanderbarkeit ist dadurch unterbunden bzw. stark eingeschränkt. Können Wanderfische ihre Laich- oder Winterhabitate nicht erreichen, ist eine nachhaltige Entwicklung lebensfähiger Populationen stark eingeschränkt, oft sogar unmöglich. Der Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit ist daher eine wesentliche Maßnahme, um die Ziele der Wasserrahmen- und der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie zu erreichen (von Landwüst et al. 2012; Koop et al. 2012).

Während der Wanderung in Flüssen orientiert sich der Fisch mit Hilfe von Informationen aus seiner Umwelt. Wichtige Informationen, die der Fisch mit Sinnesorganen erfasst, sind z.B. die Strömungsgeschwindigkeit, Turbulenzen, Fließgeräusche an Hindernissen, Gerüche einmündender Zuflüsse, ferner weitere taktile oder visuelle Reize. Querbauwerke verändern die Qualität und Quantität dieser Umweltfaktoren. In diesem Kontext stellen sich verschiedene Fragen. Welche Sinnesreize verarbeitet der Fisch als Orientierungs- und Navigationshilfe? Welche sensorischen Informationen muss eine Fischaufstiegsanlage aussenden, damit sie von den Fischen während der Wanderung ohne Zeitverlust gefunden und als Wanderweg erkannt werden kann? Welche Anforderungen ist aus populationsbiologischer Sicht an die Auffindbarkeit zu stellen? Wie können wir dies vor dem Hintergrund der jeweiligen Randbedingungen (Nutzung für die Schifffahrt und Wasserkraftnutzung) zur Herstellung und Gestaltung funktionsfähiger Fischaufstiege nutzen? Aus biologischer Sicht sind das die zentralen Fragen und Herausforderungen die beantwortet werden müssen, um die Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen zu verstehen und diese ökologisch und ökonomisch zu optimieren.

## **Populationsbiologie**

Ziel der Wiederherstellung bzw. Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit ist die nachhaltige Entwicklung von stabilen Populationen der jeweiligen Fischarten in den betroffenen Gewässern. Alle Individuen einer Art, die ihren Lebenszyklus in einem räumlich und zeitlich abgrenzbaren Bereich verbringen und sich reproduzieren werden als eine Population angesehen (Jungwirth et al. 2003). Je nach Lebensstrategie der einzelnen Arten können diese Räume sehr klein (z.B. einzelne Auengewässer oder Gräben für Schlammpeitzger, Hundsfische) oder sehr groß (Sargassosee und halb Europa für den Europäischen Aal) sein. Darüber hinaus bilden viele Fischarten in Fließgewässern innerhalb einer Population Untereinheiten. Diese nutzen z.B. die gleichen Laichareale und Aufwuchshabitate in einem Flussabschnitt oder Nebenfluss (Schlosser & Angermeier 1995). Wichtig für das langfristige Überleben dieser Populationseinheiten ist u.a. ein regelmäßiger genetischer Austausch zwischen diesen Einheiten, der durch sogenannte Streuner gewährleistet wird. Nach Empfehlungen von Mills & Allendorf (1996) sind hierzu mindestens 10 Individuen pro Generation notwendig. Diese müssen nicht nur die jeweils anderen Populationseinheiten erreichen, sondern sich dort auch erfolgreich vermehren.

Weitaus größere Anforderungen an die erfolgreiche Erreichbarkeit von Lebensräumen lassen sich für anadrome Arten wie Lachs, Maifisch oder Neunaugen konstatieren. Anhand des Lebenszyklus lassen sich die einzelnen Lebensstadien einer Art (Ei, Embryo, Larve, juveniler, präadulter und adulter/geschlechtsreifer Fisch) identifizieren. Kennt man die Überlebensraten zwischen diesen einzelnen Lebensphasen lassen sich mit Hilfe von Populationsmodellen notwendige Größen und Individuenzahlen für den Erhalt einer Population ableiten. Leider sind diese Überlebens- bzw. Mortalitätsraten für die meisten Fischarten nicht ausreichend quantifiziert, um diese Kenngrößen für nachhaltige Populationen zu ermitteln. Anhand einer Literaturstudie über eine der am besten untersuchten Fischarten, dem Atlantischen Lachs, haben Thiel & Magath (2011) für diese Art die Spannen für Überlebensraten zwischen einzelnen Stadien ermittelt. Anhand dieser Werte kann man notwendige Individuenzahlen von Rückkehrern grob kalkulieren, um eine selbst reproduzierende Population zu erhalten. Geht man von einem notwendigen Laicherbestand von 200 Tieren aus, lassen sich potenzielle Mindestraten von erfolgreichen Aufsteigern pro Querbauwerk abschätzen. Diese sollten je nach Anzahl der zu überwindenden Querbauwerke zwischen 50 und 90 % liegen. Erfolgreich heißt in diesem Fall die Fischaufstiegsanlage muss ohne nennenswerte Zeitverzögerung überwunden werden. Eine Verzögerung von 2-3 Tagen Suchzeit würde bei einer Passage von 4 Querbauwerken die Ankunft am potenziellen Laichhabitat bereist um ca. 10 Tage verzögern. Diese Zahlen verdeutlichen eindrucksvoll, welche Herausforderung aus populationsbiologischer Sicht an die Gewährung einer guten Auffindbarkeit besteht.

## **Wanderverhalten und Orientierung**

Das Wanderverhalten der Fische wird durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst. Dazu gehören physikalische Faktoren wie eine Temperaturänderung (Malmqvist et al. 1980, Prignon et al. 1998, Rodriguez-Ruiz & Granado-Lorencio 1992) oder Abflussereignisse (Jonsson et al. 1991). Die Folge können Änderungen physiologischer Vorgänge sein. Dazu gehört z.B. der Hormonstatus, der

u.a. die Bewegungsaktivität und das rheotaktische Verhalten der Fische bestimmen kann (Edeline et al. 2005). So kann eine Kombination aus erhöhter Bewegungsaktivität und positiver Rheotaxis eine Wanderung gegen die Strömung induzieren und die Fischwanderung auslösen. Die Strömung übernimmt in diesem Zusammenhang die Funktion eines funktionellen Reizes, der die Richtung vorgibt. Die Strömung wird somit zu einem Reiz, der zur Orientierung dient.

Dass Fische sich räumlich orientieren können, wurde in verschiedenen Versuchen gezeigt. Sie nutzen dazu neben der Seitenlinie den optischen (Odling-Smee & Braithwaite 2003), akustischen (Montgomery et al. 2006) und olfaktorischen Geruchs-Sinn (McKeown 1984). Einige Arten verfügen über einen magnetischen Kompass (Walker et al. 1997, Moore et al. 1990), der allerdings zur Navigation in offenen Gewässern besser geeignet ist, als in Flüssen.

Prinzipiell unterscheidet man zwei Arten von Orientierungsstrategien während einer Wanderung. Die erste Strategie dient zur Orientierung in einem bekannten Lebensraum. Sie ermöglicht z.B. potamodromen Fischen ihre diurnalen Wanderung zwischen Schlaf- und Futterplatz (Luca & Baras 2001). Dabei nutzen die Tiere bekannte Landmarken zur Navigation. Landmarken stellen z.B. großen Steinen dar. Da Fische in der Lage sind, sich eine virtuelle Karte ihres Lebensraums vorzustellen (mind mapping), können sie mit dieser Methode ihre Position in einem bekannten Lebensraum feststellen (Braithwaite & de Perera 2006).

Für einen unbekanntem oder einen langen Wanderweg, der trotz bereits erfolgter Durchwanderung nicht ganz erfasst werden konnte, muss eine andere Orientierungsstrategie gewählt werden. Beispiele für Navigationsstrategien findet man bei den gut untersuchten Vogelzügen. Ein Beispiel dafür ist die Vektornavigation (Penzlin 1996). Tierarten, die diese Navigationsform nutzen, wandern in eine bestimmte Richtung über eine bestimmte Wegstrecke (Schöne 1980). Dieses Verhalten ist prinzipiell angeboren, wird aber durch Erfahrungen modifiziert und flexibilisiert. Überträgt man das Prinzip der Vektornavigation auf die Fischwanderung in einem Fluss, dann bedeutet diese Strategie für den Fisch: Schwimme eine ganz bestimmte Wegstrecke und/oder eine bestimmte Zeitspanne gegen die Strömung. Die Strömung selbst gibt die Richtung vor. Diese Strategie könnte z.B. einen Lachs bis an den Zufluss des Laichgewässers leiten, das er dann am olfaktorischen Geruchsreiz erkennen kann.

Generell gilt die Strömung bei der Fischwanderung in Flüssen als funktioneller Reiz zur Orientierung. Sie ist allerdings ebenfalls ein Hindernis, dessen Überwindung Energie kostet. Verbrauchen die Tiere für die Überwindung der Strömung zu viel Energie, dann fehlt diese Energie den Tieren später bei der Fortpflanzung. Energieeffizientes Verhalten ist daher von entscheidender Bedeutung für den Fortpflanzungserfolg. Zur Optimierung des Wander- und Fortpflanzungserfolgs müssten die Tiere dementsprechend nahe genug an der Hauptströmung schwimmen, um den richtigen Weg zu finden und weit genug weg, um so wenig wie möglich Energie zu verbrauchen. Beobachtungen in Flüssen bestätigen energieeffizientes Verhalten und beschreiben Fische, die entlang der strömungsärmeren Gleithänge wandern und zum Erhalt dieser Wanderkorridors auch die Ufer wechseln (McElroy et al. 2012, Crossin 2004).

## **Herausforderung Auffindbarkeit**

Der Prozess der Durchwanderung von Fischaufstiegsanlagen läßt sich in die Teilprozesse Auffindbarkeit, Einstieg, Passage und Ausstieg aufteilen (vgl. Castro-Santos 2012). Eine Analyse vorhandener Untersuchungen zeigte für viele Fischaufstiegsanlagen Defizite insbesondere in den ersten beiden Prozessen: Auffindbarkeit und Einstieg (Bunt et al. 2011). Diese Einschätzung wird auch von den Autoren des DWA Merkblatts M 509 insbesondere für BWaStr geteilt (DWA 2010).

Wanderstrategien, die die Strömung als Orientierungshilfe nutzen, kommen unterhalb von Querbauwerken die unterschiedliche hydraulische Reize aussenden z.B. durch Wehrüberfall, Kraftwerksausfluss oder Schleusenentleerung an ihre Grenzen.

Die Herausforderung ist es, die Fische trotz dieser Voraussetzungen mit möglichst geringem Zeitverzug und Energieaufwand ins Oberwasser zu leiten. Dabei ist darauf zu achten, dass die Tiere die Eingänge mit Hilfe ihrer Sinnessysteme erkennen können. Daraus lassen sich wesentliche fachliche Herausforderungen formulieren: Untersuchung der Orientierung der Fische im Unterwasser während der Wanderung; Analyse der Bewegungsmuster und möglicher Sinnessysteme, die zur Orientierung im Unterwasser dienen; Quantifizierung von Auffindbarkeits und Einstiegsraten in Fischaufstiegsanlagen, um die Funktionalität der Anlagen genauer untersuchen zu können und eine Einschätzung des „Widerstands“ einer FAA für die Wanderung zu bekommen und die Auswirkungen insbesondere für anadrome Arten besser beurteilen zu können.

Die Herausforderung in den geplanten Untersuchungen im Freiland liegt darin: 1. Wandernde potamodrome Fische von Fischen in einer stationären Phase zu unterscheiden. 2. Physikalische Parameter zu beschreiben, die Fische wahrnehmen und für die Orientierung während der Wanderung nutzen.

Konkret heißt dies z.B. die Zusammenhänge zwischen Fischverhalten und der Qualität und Quantität verschiedener hydraulischer und akustischer Reize wie Strömungsgeschwindigkeit, Turbulenzen, Fließgeräuschen und Bathymetrie aus "Fischsicht" im Unterwasser von Staustufen zu betrachten. Diese unterscheidet sich z.B. in der Wahrnehmung der Strömung von der technisch geprägten anthropogenen Sichtweise. Letztere stellt Messwerte meist als einen zeitgemittelten möglichst konstanten Wert vor. Fische messen dagegen mit dem Seitenlinienorgan die Fließgeschwindigkeit über die Bewegungsgeschwindigkeit von Turbulenzen entlang des eigenen Körpers. Die Anpassung an zeitlich variable Reize geht so weit, dass die Rezeptorzellen der Seitenlinie auf einen konstanten Reiz adaptieren, d.h. die Rezeptorzellen reagieren auf konstante Reiz nicht mehr.

Lassen sich diese fachlich methodischen Herausforderungen meistern, werden auch die derzeit regelmäßig in der Beratungspraxis zum Bau von Fischaufstiegsanlagen aufkommenden Fragen, konkreter beantwortet werden können. Dabei handelt es sich z.B. um die Fragen nach Anzahl und Ort der Einstiege, um die Frage nach einer Collection Gallery, die Dotation und die Ausbildung einer Leitströmung und die Frage nach der zweiten Fischaufstiegsanlage am gegenüberliegenden Ufer. Um Antworten auf diese Fragen zu finden und die Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlagen zu optimieren, sind verschiedene Untersuchungen an Pilotstandorten an Bundeswasserstrassen geplant bzw. werden durchgeführt werden (Kampke & Rüter 2012).



## Fazit

Eine erfolgreiche Wanderung ist die Voraussetzung, um den Selbsterhalt von Wanderfischpopulationen zu gewährleisten. In verbauten BWaStren liegt die Herausforderung in einer möglichst verzögerungsfreien und für den Fisch energiesparenden Auffindbarkeit und Passierbarkeit der Fischaufstiegsanlagen. Ohne das man versteht, durch welche Prozesse die Fische in die Lage versetzt werden, eine Fischaufstiegsanlage aufzufinden und aufzusteigen, kann eine gegebene Anlage nicht optimiert oder gebaut werden. Die notwendigen Untersuchungen der zugrunde liegenden Prozesse ist gleichzeitig eine große technisch-methodische Herausforderung. Derartige Untersuchungen können sich aber nicht nur ökologisch sondern auch ökonomisch positiv auswirken. Dazu muss es gelingen, die zur Verfügung stehenden Dotationen optimal einzusetzen. Erste Einsichten in die Planung und erste Durchführungen von entsprechenden Forschungsprojekten der Bundesoberbehörden BAW und BfG werden durch Kampke & Rüter (2012) vorgestellt.

## Literatur

- Braithwaite V.A., TB Perera (2006): Short range orientation in fish: How fish map space. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 39 (1): 37-47
- Bunt, C. M., Castro-Santos T., Haro, A. (2011): Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. *River Research and Application* DOI: 10.1002/rra.1565: n/a.
- Castro-Santos, T. (2012): Adaptive fishway design: a framework and rationale for effective evaluations. In: *Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen*. Tagungsband des 2. Kolloquiums zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen. BfG-Veranstaltungen (im Druck).
- 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. *Journal of Fish Biology*, Vol 65 (3): 788-810
- Dodson J.J. (1988): The nature and role of learning in the orientation and migratory behaviour of fishes. *Environmental Biology of Fishes*, Vol. 23, No. 3: 161-182
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2010): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und Fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. – Gelbdruck Februar 2010, 285 S.
- Edeline E., A. Bardonnnet, V. Bolliet, S. Dufour, P. Elie (2005): Endocrine control of *Anguilla anguilla* glass eel dispersal: Effect of thyroid hormones on locomotor activity and rheotactic behavior. *Hormones and Behavior*, Vol. 48, Issue1: 53–63
- Jonsson N. (1991): Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic Journal of freshwater Research* 66: 20-35
- Jungwirth, M., Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S., Schmutz, S. (2003): *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*. UTB Taschenbuch, Wien, 547 S.
- Kampke, W.; Rüter, A. (2012): FuE-Konzept von BfG und BAW – Projekte zur groß- und kleinräumigen

Auffindbarkeit. In: Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze Baw Tagungsband des 2. Kolloquiums zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen. (im Druck).

Koop J., von Landwüst C., Wieland S., Scholten M. (2012) Verbesserung und Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Fische in Bundeswasserstraßen. *WasserWirtschaft* 5: 12-20

Von Landwüst C., Scholten M., Weichert R., Anlauf A. (2012): Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit (Fischaufstieg) an den Staustufen der Bundeswasserstraßen. *Natur und Landschaft* 87 (4): 177-182

Luca MC, E. Barras (2001): *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science

McKeown, B.A. (1984): *Fish Migration*, Croom Helm, London

Malmqvist B. (1980): The spawning migration of the brook lamprey, *Lampetra planeri* Bloch, in a South Swedish stream. *J. Fish Biol.* 16: 105-114

McElroy B., A. DeLonay, R. Jacobson (2012): Optimum swimming pathways of fish spawning migrations in rivers. *Ecology* 93 (1): 29-34

Mills, S.L., Allendorf, F.W. (1996): The one-migrant-per-generation rule in conservation and management. *Conservation Biology* 10: 1509-1518.

Montgomery, JC, A. Jeffs, SD Simpson, M. Meekan, C. Tindle (2006): Sound as an orientation cue for the pelagic larvae of reef fishes and decapod crustaceans. *Advances in Marine Biology* 51: 143-196

Moore A., S.M. Freak, I.M. Thomas (1990): Magnetic particles in the lateral line of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 329:11-15

Odling-Smee L., VA Braithwaite (2003): The role of learning in fish orientation. *Fish and Fisheries* 4(3):235-246

Pavlov D.S., I.A. Lupandin, M.A. Skorbogatov (2000): The effects of flow turbulence on behavior and distribution of fish. *J. Ichthyology* 40 Suppl. 2: 232-261

Penzlin H. (1996): *Lehrbuch der Tierphysiology*, Gustav Fischer

Prignon C., J.C. Micha, A. Gillet (1998): Biological and environmental characteristics of fish passage at the Tailfer dam on the Meuse river, Belgium. In: *Fish Migration and Fish Bypasses* (ed. M Jungwirth, S. Schmutz, S. Weiss), Fishing News Books, Blackwell Science Ltd., Oxford

Schöne H. (1980): *Orientierung im Raum*. Wissensch. Verlagsgesellschaft, Stuttgart

Schlosser, I. J., Angermeier, P. L. (1995): Spatial variation in demographic processes of lotic fishes: conceptual Models, empirical evidence and implication for conservation. *American Fisheries Society Symposium* 17, 392-401.

Thiel, R., Magath, V. (2011): Populationsdynamik der diadromen Fischarten Atlantischer Lachs, Meerforelle, Meerneunauge, Flussneunauge und Europäischer Aal. *Umweltbundesamt (Hrsg.) Texte 76/2011*, 112 S.

Walker M.M., C. E. Diebel, C. V. Haugh, P. M. Pankhurst, J. C. Montgomery, C. R. Green (1997): Structure and function of the vertebrate magnetic sense. *Nature* 390: 371-376

## **Anforderungen an die Auffindbarkeit nach deutschen und internationalen Regelwerken**

Marq Redeker, ARCADIS Deutschland GmbH

### **Einleitung**

Weltweit werden seit über 300 Jahren Fischaufstiegsanlagen (FAA) an Querbauwerken und natürlichen Barrieren errichtet, um die stromaufwärts gerichtete Passage von Fischen und aquatischen Wirbellosen sicherzustellen (CLAY 1995). In deutschen Gewässern werden FAA bereits seit mehr als 130 Jahren angelegt (KELLER 1885, GERHARDT 1904). In Anlehnung an die Definitionen von CLAY (1995) und THORNCRAFT & HARRIS (2000) verstehen wir heute unter funktionsfähigen FAA prinzipiell Wasserwege bzw. Wanderkorridore, die von Fischen über einen möglichst großen Zeitraum des Jahres nicht nur weitgehend ohne Zeit- und damit Energieverlust auffindbar, sondern auch ohne vermeidbaren Stress gefahrlos bis in das Oberwasser des Wanderhindernisses passierbar sind (vgl. DWA 2010).

Seit langem ist bekannt, dass folgende Hauptfaktoren die Effektivität und Effizienz von Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbaren Bauwerken bedingen:

- Auffindbarkeit,
- Passierbarkeit und
- Betriebsdauer/ -zeit.

In Deutschland wurde dieses Wissen bereits vor über einem Jahrhundert dokumentiert. So schrieb GERHARDT im Jahre 1904:

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

### **Bauliche und betriebliche Anforderungen an die Auffindbarkeit**

Im DVWK-Merkblatt 232, dem (noch) gültigen deutschen Regelwerk, finden sich grundlegende Anforderungen an die Auffindbarkeit von FAA und fischpassierbaren Bauwerken (DVWK 1996, Kapitel 3). Eine umfassende Auswertung von FAA (ADAM & SCHWEVERS 2006) ergab jedoch, dass bei der großen Mehrzahl der seit der Veröffentlichung des DVWK-Merkblatts 232 ausgeführten FAA gerade die allgemeinen Anforderungen an die Auffindbarkeit nicht eingehalten wurden. Diese

Erkenntnis und die weitläufig bekannte Bedeutung der Auffindbarkeit haben dazu geführt, dass dieser Aspekt bei der Überarbeitung bzw. Neufassung des deutschen Regelwerkes umfassender beleuchtet wurde. Das Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2010) behandelt folgende Einzelfaktoren der Auffindbarkeit:

- **Betriebsdauer/ -zeit** der FAA zur Gewährleistung einer möglichst ganzjährigen bzw. uneingeschränkten Auffindbarkeit und Funktionsfähigkeit der FAA (Kapitel 3.2).
- **Großräumige Anordnung der FAA** im Gewässer bzw. am Standort unter Berücksichtigung der Nutzung (Kapitel 3.4.1)
- Wahrnehmbarkeit der aus der FAA austretenden **Leitströmung** bezüglich Fließgeschwindigkeit, Abfluss und Eintrittswinkel (Kapitel 3.4.2)
- **Kleinräumige Positionierung des Einstiegs** der FAA und damit die Einbindung in das Unterwasser des Wanderhindernisses (Kapitel 3.4.3)
- **Gestaltung des Einstiegs**, z.B. Anpassung an schwankende Unterwasserstände und Anbindung an die Gewässersohle (Kapitel 3.4.4)

Bauliche und betriebliche Anforderungen an die Auffindbarkeit von FAA und fischpassierbaren Bauwerken finden sich in vielen internationalen FAA-Richtlinien. Nachstehend werden die Anforderungen an die Auffindbarkeit gemäß dem Merkblatt DWA-M 509 kurz umrissen und mit denen in Richtlinien anderer Länder verglichen (nach REDEKER & NEUMAYER 2012).

### **Betriebsdauer**

Fischwanderungen treten in Deutschland während des gesamten Jahres auf. Entsprechend ist die Funktionstüchtigkeit von FAA und fischpassierbaren Bauwerken ganzjährig zu gewährleisten. Die Einhaltung der hydraulischen Grenzwerte bei allen Gewässerabflüssen, d.h. auch bei Niedrig- und Hochwasser, kann allerdings selten in vollem Umfang realisiert werden. Als Kompromiss zwischen biologischer Notwendigkeit und technischer Machbarkeit müssen jeweils an 30 Tagen mit extrem niedrigen und hohen Abflüssen Grenzwertüberschreitungen hingenommen werden. Die Funktionstüchtigkeit von FAA und fischpassierbaren Bauwerken ist demgemäß an mindestens 300 Tagen p.a. zwischen  $Q_{30}$  und  $Q_{330}$  (24-stündiger Betrieb) zu gewährleisten und nachzuweisen.

Vorgaben zur Betriebsdauer finden sich nicht in allen internationalen Richtlinien. Grundsätzlich kann man im internationalen Vergleich jedoch unterscheiden zwischen:

- Abfluss bezogenen Vorgaben (z.B. in Australien (THORNCRAFT & HARRIS 2000), Großbritannien (ENVIRONMENT AGENCY 2010), Österreich (LEBENSMINISTERIUM 2011), Schweiz (BAFU 2012) und Tschechische Republik (HYDROPROJEKT 2011) ),
- jahreszeitlichen/ saisonalen Vorgaben (z.B. in Neuseeland (AUCKLAND REGIONAL COUNCIL 2000) und Flandern & Niederlande (MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP 2005)) und
- integrierten (saisonalen inkl. Abfluss bezogenen) Vorgaben (z.B. in Kanada (KATOPODIS, 1992) und USA (NMFS 2011; NMFS & USGS 2012)).

Während die jahreszeitlichen bzw. saisonalen Vorgaben zur Betriebsdauer stets die Wanderzeiten bestimmter oder mehrerer Arten umfassen, variieren die abflussbezogenen Vorgaben zum Teil

deutlich. Als Beispiele seien an dieser Stelle die australische (Forderung: Funktionstüchtigkeit während mindestens 95% des Abflussregimes) und tschechische Vorgabe (Forderung: Bemessungskriterien müssen zwischen  $Q_{180}$  -  $Q_{355}$  erfüllt werden) genannt.

### **Großräumige Anordnung der Fischaufstiegsanlage**

Die Art der Nutzung eines Standortes spielt für die richtige großräumige Anordnung einer FAA eine entscheidende Rolle, da die Strömungsverhältnisse im Unterwasser maßgeblich von der Nutzung beeinflusst werden. Das Merkblatt DWA-M 509 unterscheidet drei verschiedene Situationen (Tabelle 1).

*Tabelle 1: Kriterien für die großräumige Anordnung von Fischaufstiegsanlagen*

Situation	Anordnung FAA
Standort ohne Wassernutzung	<ul style="list-style-type: none"><li>- am Prallhang</li><li>- im spitzen Winkel bei schräg im Gewässer liegenden Wehren</li><li>- im oberstromigen Zwickel bei V-förmigen Wehren</li><li>- bei breiten Gewässern wenn möglich bzw. bei Bedarf zwei FAA jeweils uferseitig</li></ul>
Standort mit Flusskraftwerk	<ul style="list-style-type: none"><li>- i.d.R. uferseitig neben der Wasserkraftanlage (entscheidend: Ausbaugröße/ -durchfluss der WKA)</li></ul>
Standort mit Wasserausleitung bzw. -entnahme	<ul style="list-style-type: none"><li>- i.d.R. neben dem Ausleitungskraftwerk (Abflussaufteilung und Strömungssituationen im Untergraben und Mutterbett sowie am Zusammenfluss zwischen <math>Q_{30}</math> und <math>Q_{330}</math> untersuchen)</li><li>- wenn möglich bzw. bei Bedarf zwei FAA: 1x neben dem Ausleitungskraftwerk und 1x am Ausleitungswehr</li></ul>

Die in Tabelle 1 genannten Kriterien sind international allgemeingültig (ungeachtet der FAA-Typen) und in den verschiedenen Richtlinien mehr oder weniger umfassend dargelegt. Das französische Regelwerk (LARINIER ET AL. 1994) beschreibt die Kriterien für die großräumige Anordnung von FAA beispielsweise sehr anschaulich und detailliert.

### **Leitströmung**

Die Leitströmung dient dazu, einen unterbrechungsfreien Wanderkorridor zwischen dem Unterwasser und der FAA herzustellen (DWA 2010). Ihre Attraktivität ist umso größer, je weiter stromabwärts sie von aufsteigenden Fischen wahrgenommen wird. Dies ist von folgenden Parametern abhängig:

- Austrittswinkel ins Unterwasser
- Strömungsverhältnisse im Unterwasser
- Fließgeschwindigkeit der Leitströmung
- Dotation und Strömungsimpuls

Alle internationalen Richtlinien empfehlen einen möglichst flachen Mündungswinkel ( $< 30^\circ$ ) bzw. eine parallele Leitströmung. Lediglich zwei Richtlinien fordern einen senkrechten Mündungswinkel

bei geringen Abflüssen bzw. niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten im Unterwasser: MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP (2005) und NMFS (2011); vermutlich soll so eine möglichst große Leitströmungsausbreitung (-fahne) erwirkt werden.

Die Strömungsverhältnisse im Unterwasser einer Stauanlage beeinflussen die Auffindbarkeit einer FAA maßgeblich. Im Leitströmungsbereich sind Kehr-, Quer- und Rückströmungen sowie Turbulenzen daher grundsätzlich zu vermeiden.

Es finden sich zahlreiche (jedoch leicht variierende) Angaben für Leitstromgeschwindigkeiten (oder Fallhöhendifferenzen im Einstiegsbereich) für unterschiedliche Arten oder Familien, z.B. in BELL 1990, LARINIER ET AL. 1994 und SNIP 2.06.07-87 1987. Da FAA in Deutschland grundsätzlich den Aufstieg möglichst vieler Arten und Lebensstadien ermöglichen sollen (und nicht nur für bestimmte Arten oder Altersstadien dimensioniert werden), beträgt die empfohlene Leitstromgeschwindigkeit hierzulande zwischen 0,8 - 1,2 m/s (DWA 2010). Interessant sind die Empfehlungen von PAVLOV (1989); er gibt absolute Leitstromgeschwindigkeiten an (artabhängig zwischen 0,7 - 1,2 m/s), empfiehlt jedoch grundsätzlich Werte von  $0,6 - 0,8 v_{krit}$  ( $v_{krit}$  = kritische Schwimmggeschwindigkeit) und Leitstromgeschwindigkeiten, die 0,15 - 0,2 m/s über der Hauptströmung liegen (sofern die kritischen Schwimmggeschwindigkeiten dabei nicht überschritten werden).

Es gibt international nur wenige Richtwerte zu Dotation und Strömungsimpuls. Die vielfach in den anderen Richtlinien zitierten Richtwerte sind:

- LARINIER ET AL. 1994:  
Dotation der Leitströmung an kleinen Gewässern: ~ 5% des Gesamtabflusses  
Dotation der Leitströmung an großen Gewässern: 10% MNQ bzw. 1 - 1,5%  $Q_{a,WKA}$  (wobei  $Q_{a,WKA} \sim 2 MQ$ )
- NMFS, 2011: Dotation der Leitströmung: 5 - 10% des sog. 'design high flow' ('design high flow' ist der Abfluss, der an 5% der Zeit während der Wandersaison überschritten wird)

Europäische Richtlinien empfehlen üblicherweise die Orientierungswerte von LARINIER ET AL.

### **Kleinräumige Positionierung des Einstiegs**

Die kleinräumige Positionierung einer FAA steht in engem Bezug zur großräumigen Anordnung und Leitströmung, betrifft jedoch vor allem die Einbindung in das Unterwasser des Wanderhindernisses. Gewöhnlich steigen Fische bis unmittelbar vor eine physische oder hydraulische Wanderbarriere auf und suchen dort nach einer weiteren Aufstiegsmöglichkeit. Der Einstieg einer FAA muss demnach dort positioniert werden, wo Fische aufgrund ihres positiv rheotaktischen Wanderhaltens, ihres Leistungsvermögens und ihrer Orientierung auf ein Wanderhindernis treffen bzw. sich natürlicherweise konzentrieren. Ein entsprechend wahrnehmbarer (dotierter) und dimensionierter FAA-Einstieg sollte dementsprechend unmittelbar am Wehrfuss oder Krafthaus liegen.

An breiten Wanderhindernissen oder größeren Wasserkraftanlagen kann die kleinräumige Anordnung des Einstiegs Probleme bereiten. In diesen Fällen bieten sich Sammelgalerien mit mehreren Einstiegen als mögliche Lösung an. Diese Einstiegskonstruktion wird in der Literatur mehrfach beschrieben, z.B. in LARINIER ET AL. (1994), CLAY (1995) und DWA (2010), allerdings beinhalten die Richtlinien nur wenige Bemessungshilfen.

### **Gestaltung des Einstiegs**

Neben der Lage des Einstiegs und der Leitströmung hat auch die konstruktiv-hydraulische Ausgestaltung des Einstiegs Einfluss auf die Funktionsfähigkeit einer FAA.

In der Regel herrschen an Stauanlagen abflussbedingt ausgeprägte Unterwasserstandsschwankungen vor, die die Funktionsfähigkeit einer FAA beeinträchtigen können. Beispielsweise kann ein hoher Einstau eines FAA-Einstiegs zur Abschwächung der Leitströmung führen. Es ist grundsätzlich erforderlich, dass die geometrischen und hydraulischen Grenzwerte bei allen Abflüssen und Wasserspiegellagen zwischen  $Q_{30}$  und  $Q_{330}$  eingehalten werden. Sowohl das Merkblatt DWA-M 509, als auch andere Richtlinien bieten Lösungsvorschläge für dieses Problem an, z.B.

- mehrere Einstiege vorsehen (NMFS 2011),
- steuerbare (Senk-)Schütze oder Dammbalken (CLAY 1995, NMFS & USGS 2012),
- Leitwerke oder Vorschüttungen (MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP 2005) und
- Zusatzwasserdotation zur Verstärkung der Leitströmung (USACE 1990, LARINIER ET AL. 1994, NMFS & USGS 2012).

Eine Anbindung des FAA-Einstiegs an die Gewässersohle zur besseren Erreichbarkeit des Einstiegs für bodenorientierte und leistungsschwächere Arten, wie sie bereits im DVWK-Merkblatt 232 (1996) empfohlen wurde, wird lediglich in europäischen Ländern verlangt (vgl. z.B. LEBENS-MINISTERIUM 2011, BAFU 2012 und HYDROPROJEKT 2011).

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Ein Vergleich internationaler Richtlinien für Fischaufstiegsanlagen (REDEKER & NEUMAYER 2012) hat gezeigt, dass die internationalen Standards und das neue deutsche Regelwerk (DWA-M 509) in Bezug auf den Aspekt der Auffindbarkeit in vielen Punkten gut übereinstimmen, z.B. bei der großräumigen Anordnung, kleinräumigen Positionierung und Gestaltung des Einstiegs. Unterschiede gibt es in einigen wenigen Aspekten, wie z.B. der Leitstromgeschwindigkeit. Diese liegen im jeweiligen Richtlinienfokus (z.B. RL fokussiert auf *Salmonidae*) oder in der gegensätzlichen Bemessungsphilosophie (z.B. Fließgewässerzonen vs. Zielarten orientiert) begründet.

Alle Richtlinien lassen einige Fragestellungen offen. Dies betrifft vor allem

- die Schnittstelle Hydraulik - Fisch(verhalten) (z.B. konkrete Empfehlungen für die Dotation von FAA an großen Gewässern (BWaStr) und Wasserkraftanlagen (idealerweise für unterschiedliche Arten(gruppen)) oder der Einfluss der Beckendimensionierung und des resultierenden Strömungsmusters auf die Passierbarkeit der FAA) und
- Bemessungsempfehlungen für bestimmte FAA-Typen (z.B. Fischaufzug) oder Anlagenelemente (z.B. Sammelgalerien).

Mit Blick auf die Fortschreibung der Regelwerke und Beantwortung der vordringlich hydraulisch-ökologischen Fragen wären zeitnahe fokussierte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und Monitoring ausgeführter Projekte sehr wertvoll, um den gegenwärtigen Stand des Wissens und der Technik zu verbessern.

## Literatur

- ADAM, B. & U. Schwevers (2006): Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen - Auswertung durchgeführter Untersuchungen und Diskussionsbeiträge für Durchführung und Bewertung. DWA-Themen, April 2006, 123 S.
- AUCKLAND REGIONAL COUNCIL (2000): Fish passage guidelines for the Auckland Region. Technical Publication No. 131, Auckland, Neuseeland, 40 S.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (2012): Wiederherstellung der Fischauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken - Checkliste Best practice. Bern, Umwelt-Wissen Nr. 1210, 79 S.
- BELL, M. (1990): Fisheries Handbook of Engineering Requirements and Biological Criteria. 3<sup>rd</sup> Edition, US Army Corps of Engineers, North Pacific Division. Portland, Oregon, USA. 353 S.
- CLAY, C. (1995): Design of fishways and other fish facilities. 2<sup>nd</sup> Edition, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida (USA), 248 S.
- DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1996): Merkblatt 232: Fischaufstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Bonn, 110 S.
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) (2010): Merkblatt M-509: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Hennef, 285 S., (Gelbdruck)
- ENVIRONMENT AGENCY (2010): Environment Agency Fish Pass Manual. Version 2.2, Document - GEHO 0910 BTBP-E-E, GB- Bristol, November 2010, 369 S.
- GERHARDT, P. (1904): Fischwege und Fischteiche - die Arbeiten des Ingenieurs zum Nutzen der Fischerei. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig
- HYDROPROJEKT CZ a.s. (2011): Zprůchodňování Migračních Bariér Rybími Přechody. TNV 75 2321, Prag, 27 S.
- KATOPODIS, C. (1992): Introduction to Fishway Design. Department of Fisheries and Oceans, Winnipeg, Manitoba, Kanada, 68 S.
- KELLER, H. (1885): Die Anlage der Fischwege. Centralblatt der Bauverwaltung, Nr. 25



- LARINIER, M.; J.P. PORCHER; F. TRAVADE & C. GOSSET (1994): Passes à poissons - Expertises et conception des ouvrages de franchissement. Collection „Mise au point“, Conseil Supérieur de la Pêche, Paris, Frankreich, 336 S.
- LEBENSMINISTERIUM (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (2011): Grundlagen für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs). Wien, 87 S.
- MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP (2005): Vismigratie - Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Brüssel, 208 S.
- NMFS (National Marine Fisheries Service) (2011): Anadromous Salmonid Passage Facility Design. NMFS, Northwest Region, Portland, Oregon, USA, 138 S.
- NMFS & USGS (National Marine Fisheries Service & U.S. Geological Survey) (2012): Diadromous Fish Passage - A Primer on Technology, Planning, and Design for the Atlantic and Gulf Coasts.
- PAVLOV, D.S. (1989): Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. FAO Fisheries Technical Paper 308, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom, 96 S.
- SNIP 2.06.07-87 (1987): Wehre, Schiffsschleusen, Fischaufstiegs- und Fischschutzanlagen. Gosstroj, UdSSR. ZITP Gosstroja UdSSR (in russ.)
- REDEKER, M. & A. NEUMAYER (2012): Literaturstudie Internationale Richtlinien für Fischaufstiegsanlagen. Studie im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau, ARCADIS Deutschland GmbH, unveröffentlicht
- THORNCRAFT, G. & J.H. HARRIS (2000): Fish Passage and Fishways in New South Wales: A Status Report. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Technical Report 1/2000, May 2000



## Planerische Aufgaben beim Bau von Fischaufstiegsanlagen

Dipl.-Ing. Mareike Bodsch, Wasserstraßen-Neubauamt, Aschaffenburg

### 1. Rechtliche Grundlagen

Gemäß WHG § 34 Abs. 3 ist die WSV zuständig für die Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den von ihr betriebenen Staustufen an Bundeswasserstraßen.

Im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Süd betrifft dies die Gewässer Main, Main-Donau-Kanal und Donau, hier 44 Staustufen, an denen die ökologische Durchgängigkeit wiederherzustellen ist. Die WSV ist im Bereich Aufstieg zuständig für die Planung, das Genehmigungsverfahren nach Bundeswasserstraßengesetz (§1 Abs.4 Nr.3 WaStrG), Ausschreibung und Vergabe der Leistung, die bauliche Abwicklung und die Funktionskontrolle.

§ 35 Abs.1 und 2 WHG regeln die Nutzung der Wasserkraft. Geeignete Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulation sind zu ergreifen. Während die WSV ursprünglich davon ausgegangen war, dass Abstiegsbauwerke an den Stauanlagen in der Verantwortung der jeweiligen Kraftwerksbetreiber zu errichten wären, wird aktuell diskutiert, ob auch die WSV aufgrund der zur Stauanlage gehörenden Wehranlage, ebenfalls mit in der Verantwortung für einen unbeschädeten Fischabstieg steht.

Die Wasserkraftwerke im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Süd stehen überwiegend im Eigentum der RMD AG. Der Betrieb erfolgt i. d. R. durch die E.ON. Für die Mehrzahl dieser Wasserkraftwerke ist als rechtliche Besonderheit der bestehende Konzessionsvertrag<sup>(3)</sup> aus dem Jahre 1921 zu benennen. Dieser ermächtigt die RMD AG, als Gegenleistung zum Bau der Großschifffahrtsstraße vom Main ab Aschaffenburg bis zur Donau bei Passau, zur unentgeltlichen Nutzung der Wasserkraft für 100 Jahre. Spätestens mit Ablauf des Jahres 2050 fallen die betroffenen Wasserkraftwerke und damit auch die gesamte Verantwortung entsprechend § 35 WHG an den Bund zurück.

Die Zuständigkeit der WSV für Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit an bundeseigenen Stauanlagen endet, wenn es sich um eine reine Ausgleichsmaßnahme eines Dritten bzw. einen Kraftwerksneubau handelt.

Errichtet z.B. ein Kraftwerksbetreiber an einer bestehenden Wasserkraftanlage eine weitere Turbine oder möchte er eine auslaufende Betriebserlaubnis verlängern, wird das erforderliche wasserrechtliche Genehmigungsverfahren durch die jeweilige Landesbehörde durchgeführt. Als Ausgleich werden dem Kraftwerksbetreiber im Genehmigungsverfahren z. B. Abstiegsanlagen auferlegt. Die WSV gibt im Verfahren fachliche Stellungnahmen ab, die jedoch lediglich den Status einer Beherrschungsbescheinigung beinhalten. Dies führt in der Praxis dazu, dass an einem durchgehenden Fließgewässer wie dem Main, Bundes- als auch Landesbehörden Genehmigungsverfahren für bauliche Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Staustufen des

Bundes durchführen. Hier einen einheitlichen fachlichen Standard zu gewährleisten ist eine Herausforderung.

Mit der Planung und Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Anlagen im Verantwortungsbereich der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Süd, wurde das Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg (WNA) als Investitionsbündlungsstelle beauftragt.

## **2. Randbedingungen, Interessenlagen**

### 2.1 Baubestand, Gewässer

#### 2.1.1 Main

Die 34 Staustufen des Mains wurden in den Jahren 1883 - 1962 errichtet und bestehen in der Regel aus einer Schleusenkammer mit einer Nutzlänge von 300 m, im Bereich des unteren Mains bis Kleinostheim (Ausnahme Schleuse Mühlheim) als Doppelkammerschleusen. Die Fallhöhe der Mainschleusen bewegt sich zwischen 2,74 und bis zu 6,80 m. Der Schleusenkammer und dem Wehr schließt sich in der Regel eine Sportbootschleuse mit Nutzlängen von 11,90 m bis 22,30 m an. An vier Staustufen wurde eine Fischtreppe in die Sportbootschleuse integriert. 26 der 34 Staustufen sind bereits im Bestand mit Fischtrepfen (i.d.R. einem Beckenpass) ausgestattet. Die Funktionsfähigkeit dieser aus der Bauzeit der Staustufen stammenden Aufstiegsanlagen ist stark begrenzt. Zudem schränkt Ihre Anordnung auf der kraftwerksabgewandten Seite des Wehres die Auffindbarkeit des Einstieges erheblich ein.

Mit Ausnahme der Staustufe Krotzenburg wird bereits alle Staustufen des Mains Wasserkraft gewonnen. Mit Hilfe von zwei bis vier Turbinen (i.d.R. Kaplan turbinen) wird ein Regelarbeitsvermögen von bis zu 60 GWh erreicht. Dies bedingt einen Ausbaudurchfluss der Turbinen von bis zu 210 m<sup>3</sup>/s.

#### 2.1.2 Main-Donau-Kanal

Der Main-Donau-Kanal verbindet den Main ab Bamberg mit der Donau bei Kehlheim. Über 16 Schleusen sind vom Main bis zur Scheitelhaltung 175,10 Höhenmeter Anstieg und darauf folgend 67,80 Höhenmeter Abstieg zur Donau zu überwinden. Obwohl es sich beim Main-Donau-Kanal um ein künstliches Gewässer handelt, werden auch hier Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit erforderlich. Beim Bau des Kanals wurden in der Nordstrecke die Regnitz und in der Südstrecke die Altmühl teilweise zum Kanal ausgebaut. Dies betrifft die Regnitz, hier die MDK-Schleusen Bamberg, Strullendorf, Forchheim und Hausen und die Altmühl mit den MDK - Schleusen Dietfurt, Rieden burg und Kehlheim.

Die Schleusen des MDK wurden als Einkammerschleusen mit einer Nutzlänge von 190 m errichtet. Die Fallhöhe der Schleusen bewegt sich zwischen 5,29 und 24,67 m. Durch die WSV ist für die Regnitz an den Wehren Neuses, Forchheim und Hausen und für die Altmühl am Wehr Dietfurt und an den Staustufen Rieden burg und Kehlheim die Durchgängigkeit wieder herzustellen. Die maximal zu überwindende Fallhöhe beträgt dabei 8,40 m.



Abb. 1: Lageplan Main-Donau-Kanal –

URL <http://www.wsa-nuernberg.wsv.de/technik/lageplan/index.html> Stand: 16.04.2012

### 2.1.3 Donau

Im Bereich der Donau sind sechs Stauanlagen zu betrachten. Die Schleusenanlagen bestehen zwischen Bad Abbach und Straubing aus Einkammerschleusen mit einer Nutzlänge von 190 bzw. 230 m, Kachlet und Jochenstein wurden als Doppelkammerschleusen mit einer Nutzlänge von 226,6 bzw. 227 m errichtet. Insgesamt werden an den Staustufen 52,84 m Fallhöhe überwunden, wovon die maximale Fallhöhe an der Staustufe Jochenstein 10,34 m beträgt. Durch die WSV ist an fünf der sechs Staustufen die ökologische Durchgängigkeit zu bearbeiten.

Der Aufstieg für die an der Österreichischen Grenze liegenden Staustufe Jochenstein wird durch die Donau-kraftwerk Jochenstein AG / Betreiber Grenzkraftwerke GmbH geplant und umgesetzt. Das Genehmigungsverfahren hierfür wird aufgrund der Lage des in Planung befindlichen Umgehungsgerinnes durch die Regierung von Niederbayern erfolgen.

### 2.2 örtliche Randbedingungen

Für alle zu betrachtenden Staustufen im Bereich der WSD Süd gilt es im Rahmen der Planungen die optimale örtliche Anordnung im Hinblick auf die großräumige Auffindbarkeit zu ermitteln. Herausforderungen ergeben sich hierbei durch folgende Faktoren:

- vorhandene Bebauung insbesondere im Uferbereich des Kraftwerksauslaufes (massive Uferwände, Sohlabfall unmittelbar vor dem Turbinenauslauf, Einleitungsbauwerke, Transformatorengebäude, Rechenreinigungsanlagen)
- Berücksichtigung von bestehenden Dammlinien und Drainagen
- Leitungsführungen
- vorhandene Wegebeziehungen (Brücken)
- Grundeigentum Dritter

### 2.3 Randbedingungen der WSV

Die Randbedingungen der WSV orientieren sich an dem gesetzlichen Auftrag der Verwaltung aus dem BWaStrG und dem WHG unter Berücksichtigung finanzieller und personeller Ressourcen.

- vorrangige Bearbeitung der Aufstiegsthematik
- Zuständigkeit der WSV für den Abstieg noch in Diskussion
- Zielerreichung des § 34 Abs 3 WHG, ökologisch effektive Anlagen nach dem Stand der Technik
- flexible Bauweise zur Nutzung bei schwankendem Wasserdargebot
- unterhaltungsarme Bauwerke, Vermeidung von Sedimentation in der Anlage
- Vermeidung von die Schifffahrt beeinträchtigenden Querströmungen im Ein- und Auslaufbereich der Anlage
- Berücksichtigung bestehender Aufstiegsanlagen an der gleichen Staustufe
- wirtschaftliche Bauweise
- Schnittstellen Auf- und Abstieg müssen bedacht und dürfen daher nicht verbaut werden
- Nachweis der Funktionalität der Anlagen über ein Monitoring

### 2.4 Randbedingungen der Kraftwerksbetreiber

Die Kraftwerksbetreiber orientieren sich vorrangig an wirtschaftlichen Aspekten.

- alleinige Zuständigkeit für den Abstieg noch in Diskussion
- möglichst geringe Dotationsmenge für Auf- und Abstieg zur Vermeidung von Verlusten bei der Energieerzeugung
- möglichst keine Umbauten am Baubestand des Kraftwerks
- geringe Investitions- und Unterhaltungskosten
- für Abstiegsanlagen gibt es aus Sicht der Kraftwerksbetreiber noch keinen erfolversprechenden Stand der Technik

### 2.5 Randbedingungen der Fischerei

- Auf - und Abstiegsanlagen sollen mit gleicher Priorität bearbeitet werden (Durchgängigkeit)
- möglichst hohe Dotationsmengen, zur Optimierung der Auffindbarkeit der Aufstiegsanlage
- flexible Bauweise zur Nutzung bei schwankendem Wasserdargebot
- Ausbildung der Aufstiegsanlagen als aquatischer Lebensraum
- Nachweis der Funktionalität der Anlagen über ein Monitoring, Pflicht zur Nachregulierung bei fehlendem Auf- bzw. Abstiegserfolg

### 2.6 Randbedingungen von Dritten

- keine Eingriffe in Grundstücke, Anlagen und Rechte Dritter
- Ausbildung der Aufstiegsanlage als Freizeit- und Erholungsraum

Randbedingungen und Interessenlagen der an der Planung und Umsetzung von baulichen Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit Beteiligten gehen, wie unschwer erkennbar, somit teilweise erheblich auseinander.

## 3. Bearbeitungskategorien

Für die WSV gilt ein Dreistufenplan zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit. Einschränkung muss daraufhingewiesen werden, dass die bisherigen Betrachtungen vorrangig Aufstiegsanlagen berücksichtigen. In der ersten Bearbeitungsstufe bis zum Jahr 2015 werden im Bereich der WSD Süd folgende Projekte bearbeitet:

	Gewässer	Staustufe	Bundesland	Planung	Kostenträger
1. Bearbeitungsstufe 9 Anlagen	Main	Eddersheim	Hessen	WSV	WSV
					WSV/ E.ON/ RMD Wasserstraßen AG (bei EEG Förderung)
	Main	Wallstadt	Bayern	WSV/Eon/RMD Consult	
	Main	Offenbach	Hessen	Land Hessen	WSV
	Regnitz	Hausen	Bayern	WSV/RMD Wasserstraßen AG	WSV
	MDK	Forchheim	Bayern	WSV/RMD Wasserstraßen AG	WSV
	Donau	Bad Abbach	Bayern	WSV/RMD Wasserstraßen AG	WSV
	Donau	Regensburg	Bayern	E.ON	E.ON
	Altmühl	Dietfurt	Bayern	WSV/RMD Wasserstraßen AG	WSV
	Main	Rothenfels	Bayern	E.ON	E.ON

Abb2: Maßnahmenreihung WSD Süd bis 2015

Anhand der tabellarischen Darstellung ist erkennbar, dass verschiedene Zuständigkeiten für die Planung und die Kostentragung bestehen. Aktuell sind folgende Verantwortungskategorien zu unterscheiden.

#### Aufstieg

- Planung, Bau und Kostentragung durch WSV
- Planung, Bau durch RMD Wasserstraßen AG, Bauaufsichtliche Verantwortung und Kostentragung WSV
- Planung, Bau durch das Land in Auftragsverwaltung, Kostentragung WSV
- Planung, Bau und Kostentragung durch den Kraftwerksbetreiber (z. B. Ausgleichsmaßnahme für Kraftwerkserweiterung)

#### Abstieg

- Planung, Bau und Kostentragung durch WSV (Kraftwerk im Eigentum und Betrieb der WSV)
- Planung, Bau und Kostentragung durch den Kraftwerksbetreiber (Auflage z.B. zur Verlängerung einer Betriebserlaubnis)
- Grundsätzliche Verteilung Verantwortung WSV/Kraftwerksbetreiber noch offen

Auf- und Abstiegsanlagen haben unstrittig Schnittpunkte, was z.B. die Dotation der Anlagen, die bauliche Einbindung von Abstieg- in Aufstiegsanlagen oder den Platzbedarf betrifft.

Die beschriebene Verteilung von Verantwortung und Kostentragung führt, neben den inhaltlich unterschiedlichen Interessenlagen der Beteiligten und teilweise ungesicherten Erkenntnislagen zum Stand der Technik, zu Risiken hinsichtlich der Zielerreichung der ökologischen Durchgängigkeit verbunden mit einem sehr hohen Abstimmungsaufwand. Die rechtlich verbindlichen Zeitschienen zur Umsetzung der WRRL und eine geänderte energiepolitische Ausrichtung lassen lange kontroverse Abstimmungsprozesse jedoch nicht zu.

## 4. Beispiele aus der Praxis

### 4.1 Staustufe Eddersheim

Die Staustufe Eddersheim befindet sich bei Main km 15,551.

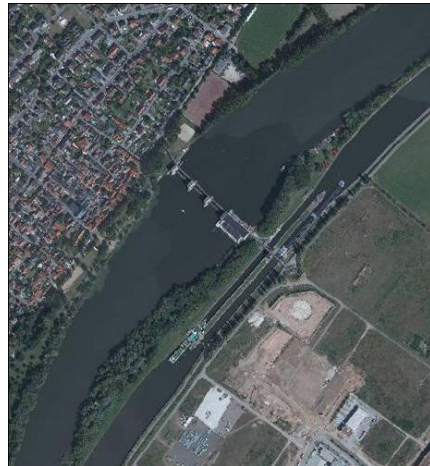


Abb. 3: Lageplan Main

<http://www.wsa-aschaffenburg.wsv.de/wasserstrasse/index.html>,

Stand 16.04.12

Abb. 4: Luftbild Staustufe  
Eddersheim

[http://geoviewer.wsv.bvbs.bund.de/  
mapclient3/initParams.do](http://geoviewer.wsv.bvbs.bund.de/mapclient3/initParams.do)

Stand 16.04.2012

Die Staustufe besteht aus einer Zweikammerschleuse, einem dreifeldrigen Walzenwehr, einer Bootsschleuse, einer vorhandenen Fischtreppe und einem Kraftwerk, ausgerüstet mit drei Kaplan-turbinen und einem Ausbaudurchfluss von 180 m<sup>3</sup>/s. Die Fallhöhe der Staustufe beträgt 3,61m. Die Staustufe Eddersheim wird im Rahmen des Priorisierungskonzeptes <sup>(2)</sup> als Pilotprojekt benannt.

Begründet ist diese Einstufung in örtlichen und betrieblichen Faktoren. Aus dem Rhein kommend bildet sie die zweite Staustufe nach der Eingangsstaustufe Kostheim. An der Staustufe Kostheim ist seit dem Jahr 2010 bereits eine Auf- und Abstiegsanlage in Betrieb, welche durch ein Monitoring begleitet wird. Die örtliche Lage der Staustufe Eddersheim ermöglicht daher im Rahmen des Monitorings den Wanderungserfolg über 2 Staustufen zu prüfen.

Das Kraftwerk befindet sich im Eigentum der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und wird durch Personal des WSA Aschaffenburg betrieben. Neben den Planungen für den Aufstieg wird an der Staustufe Eddersheim daher auch der Fischabstieg beplant, baulich umgesetzt und durch ein Monitoring begleitet werden. Aufgrund der Eigentums- und Betreibersituation entstehen keine rechtlichen Schnittstellen. Betriebliche Schnittstellen können durch die WSV selbst gelöst werden.

Als entscheidender Vorteil wird zudem die Möglichkeit gesehen, hier unabhängiger von wirtschaftlichen Interessen und Zwängen die Thematik der Dotation für Wanderungsanlagen an großen Fließgewässern zu untersuchen.



Die Aufstiegsanlage kann an der Insel zwischen Schleuse und Kraftwerk und damit im Bereich der Hauptströmung platziert werden.



Abb 5: Raumsituation Schleuseninsel Eddersheim, WNA Aschaffenburg 03/2012



Abb 6: Kraftwerksauslauf mit Krananlage, WNA Aschaffenburg 03/2012

Als in der Planung zu berücksichtigende örtliche Randbedingungen für Auf- und Abstiegsanlage sind zu nennen:

- Einstufung der Schleuseninsel als Vogelschutzgebiet
- Krananlage im UW des Kraftwerks
- Rechenreinigungsanlage und Rechenguttransport im OW des Kraftwerks
- Senkrechtufer (Spundwandbauweise) im Ein- und Auslaufbereich des Kraftwerks
- Wehrstegquerung
- Sohlabfall vor dem Kraftwerkseinlauf

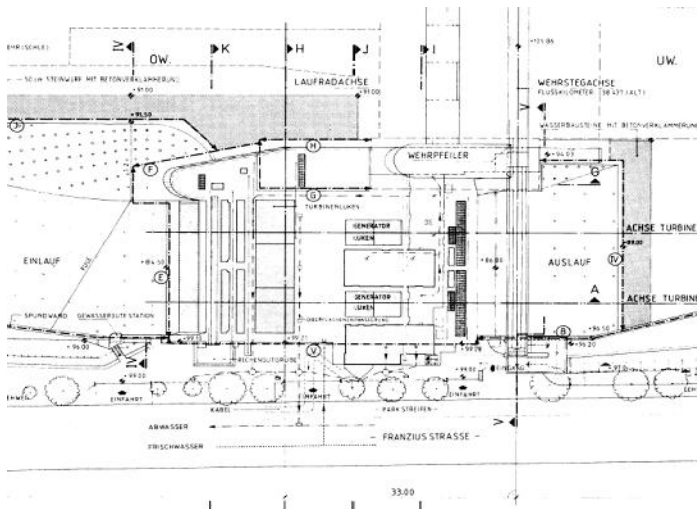
Die Integration und bauliche Verbesserung der bestehenden Fischaufstiegsanlage wird ebenfalls Bestandteil der Planungen werden. Der nach <sup>(2)</sup> in seiner Funktionsfähigkeit stark beeinträchtigte Beckenpass aus dem Baujahr 1934 liegt neben Wehr und Bootsschleuse am Prallhang, jedoch abseits der Hauptströmung durch das Kraftwerk. Der Main besitzt bei Eddersheim eine Breite von über 200 m. Eine zusätzliche Wanderungshilfe für aufstiegswillige Fische seitlich neben der Hauptströmung ist daher sinnvoll.



Abb 7/8: Bestehender Beckenpass Staustufe Eddersheim, WNA Aschaffenburg 04/2012

## 4.2 Staustufe Offenbach

Die Staustufe Offenbach befindet sich bei Main km 38,541. Sie besteht aus einer Schiffsschleuse mit zwei Kammern, einer Bootsschleuse, einem Fischpass, einem dreifeldrigen Wehr und einem Kraftwerk. Eigentümerin der Schleusen und der Wehre ist die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die WSV. Ihr gehören ebenso die Grundstücke, auf denen sich das Laufwasserkraftwerk nebst Betriebsgelände und Betriebsanlagen befinden; an diesem Grundstück besteht für E.ON



Erbbaurecht bis zum Jahre 2081.

Betreiber der Wasserkraftanlage ist die E.ON. Die wasserrechtliche Bewilligung läuft in 2012 aus. Für die Neugenehmigung sind verschiedene Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit und für den Fischschutz notwendig. Fischschutz- und Fischpassageeinrichtungen sollen zwischen der E.ON und der WSV konzeptionell aufeinander abgestimmt errichtet und betrieben werden.

Abb.9: Lageplan Kraftwerk Offenbach

Da die WSV entsprechend <sup>(2)</sup> die fachliche Dringlichkeit der Maßnahmen nur als mittel einschätzt, war ursprünglich nicht vorgesehen, die knappen finanziellen und personellen Ressourcen hier einzusetzen. Auf Wunsch des Landes Hessen und des Kraftwerksbetreibers wird aktuell nach einer Lösung gesucht, diese Maßnahme dennoch in der ersten Bearbeitungsstufe bis 2015 zu platzieren. Geplant ist daher, dass die Planung und der Bau der Aufstiegsanlage durch das Land Hessen in fachlicher Abstimmung mit der WSV erfolgt. Die Kosten für die Aufstiegsanlage werden durch die WSV, die Kosten und die zeitgleiche Planung für die Abstiegsanlage durch die E.ON getragen. Planfeststellungsbehörde für das Aufstiegsbauwerk wird die WSD Süd sein. Das Abstiegsbauwerk wird Auflage im Genehmigungsverfahren zur Verlängerung der Betriebserlaubnis des Kraftwerkes sein und damit durch das Land Hessen zu genehmigen sein. Als in der Planung zu berücksichtigende Randbedingungen für Auf- und Abstiegsanlage sind zu nennen:

- Äußerst schwierige Platzsituation (zwischen Kraftwerk und daneben liegender Straße eines angrenzenden Industriegebietes stehen nur ca. 12 m zur Verfügung)
- Vorhandene Bebauung (Wehrsteg- öffentlicher Fuß- und Radweg) und Spartenrassen
- Rechenreinigungsanlage und Rechenguttransport im OW des Kraftwerks
- Senkrechtufer in Massivbauweise im Ein- und Auslaufbereich des Kraftwerks
- Sohlabfall vor dem Kraftwerkseinlauf
- Zuwegung Kraftwerk im Baufeld
- Angrenzender Baumbestand
- Integration des bestehenden Beckenpasses zwischen Wehr und Bootsschleuse

- Zusammenführung von zwei Genehmigungsverfahren verschiedener Genehmigungsbehörden
- zwei Fischereirechteinhaber, 1 Pächter

Da der Betreiber des Kraftwerkes hier nicht die WSV sondern die E.ON ist, wird zudem die für die Fischpassage zur Verfügung zu stellende Dotationsmenge und somit Verlustmenge für die Wasserkrafterzeugung zu verhandeln sein. Aufgrund des Auslaufens der Betriebsgenehmigung und der Notwendigkeit Auf- und Abstiegsanlage gemeinsam zu planen, besteht seitens des Betreibers als auch dem Land Hessen zeitnahe Handlungserfordernis. Aufgrund des gegenwärtig noch unzureichenden Standes der Technik für Abstiegsanlagen, der schwierigen örtlichen und rechtlichen Randbedingungen, ist das Projekt als anspruchsvoll einzustufen.



Abb.10: Bebauungskorridor zwischen Kraftwerk  
Offenbach und Straße,  
WNA Aschaffenburg 04/2012

### 4.3 Staustufe Wallstadt

Die Staustufe Wallstadt befindet sich bei Main-km 101,37. Ihre räumliche Gliederung ist typisch für den mittleren Mainbereich. Sie besteht aus einer Schiffsschleuse, einer Bootschleuse, einem Fischpass, einem dreifeldrigen Wehr und einem Kraftwerk. Eigentümerin der Schleusen, des Fischpasses und des Wehres ist die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die WSV. Entsprechend Konzessionsvertrag <sup>(3)</sup> ist die RMD Eigentümerin der Kraftwerksanlage bis zum Jahr 2050. Betrieben wird das Kraftwerk durch die E.ON.



Abb11: Unterwasser Kraftwerk Wallstadt  
WNA Aschaffenburg 03/2012

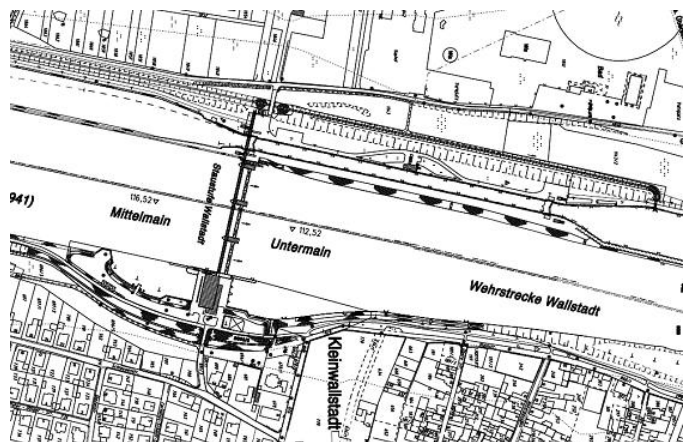


Abb12: Lageplan Staustufe Wallstadt

Die RMD begann 2009 Projekte zur Inanspruchnahme der Fördermöglichkeiten für ökologische Verbesserungen nach EEG 2009 zu prüfen und definierte Wallstadt als Projekt für eine Aufstiegsanlage. Ausschlaggebend hierfür war der neben dem Kraftwerk verlaufende Entwässerungsgraben, der eine einfach örtliche Situation zur Umgestaltung für eine Aufstiegsanlage erwarten ließ. Da für die WSV ebenfalls eine rechtliche Verpflichtung zur Herstellung eines Aufstiegsbauwerkes bestand, wurde nach einer Lösung für eine gemeinsame Projektabwicklung gesucht. Problematisch hierbei war insbesondere, dass die RMD AG bereits ihr Tochterunternehmen, die RMD Consult freihändig mit einem Teil der Planungsleistungen beauftragt hatte. Dies vor dem Hintergrund, dass zur Ausnutzung der Fördermöglichkeit die Anlage Ende 2013 betriebsbereit sein muss. Aufgrund der vergaberechtlichen Regelungen, schied damit eine Beteiligung der WSV an den Planungskosten aus (Verwendung öffentlicher Mittel nur nach Vergabewettbewerb). WSV und RMD haben daher folgende Regelungen für die Zusammenarbeit vereinbart:

- Die RMD AG führt die Vor-, Entwurfs- und Genehmigungsplanung aus und trägt die Kosten hierfür.
- Bestandserhebungen für Fische und Vermessungsleistungen werden durch das WNA erbracht.
- Bestandserhebungen Flora und terrestrische Fauna werden durch die RMD AG erbracht.
- Das WNA führt das Plangenehmigungsverfahren, die Ausschreibung, Vergabe der Bauleistung sowie die Funktionskontrolle aus und trägt die Kosten hierfür.
- Die Bauleistung führt das WNA aus, die Baukosten werden zwischen RMD AG und WNA hälftig geteilt.
- Die fachlichen Grundsätze der Planung werden einvernehmlich zwischen RMD und WNA festgelegt.
- Die Dotation der Fischaufstiegsanlage erfolgt entschädigungslos zu Lasten der Wasserkraftnutzung.
- Unterhaltungspflichtiger der neu zu errichtenden Fischaufstiegsanlage wird die RMD. Die Unterhaltungskosten werden bis zum Auslaufen des Konzessionsvertrages von der WSV und der RMD hälftig getragen. RMD und WSV werden Miteigentümer an der Fischaufstiegsanlage, entsprechend ihren Grundstücksanteilen, auf denen die Anlage errichtet wird. 2050 geht die Fischaufstiegsanlage in einem baulich guten Zustand kostenfrei in das Allein-Eigentum und in die Unterhaltung der WSV über.
- Sollte sich aus den Ergebnissen der Funktionskontrolle der Bedarf von Nachbesserungsmaßnahmen an der Fischaufstiegsanlage ergeben, so werden die sich hieraus ergebenden Kosten ebenfalls hälftig von RMD und WNA getragen.

Als in der Planung zu berücksichtigende Randbedingungen für die Aufstiegsanlage waren aufzunehmen:

- Berücksichtigung vorhandener Bebauung (Trafogebäude, Rechenreinigungsanlage)
- Senkrechtofer als Schwergewichtwände im Ein- und Auslaufbereich des Kraftwerks
- Sohlabfall vor dem Kraftwerkseinlauf (Abb. 14)
- Erhalt Zuwegung Kraftwerk
- Erhalt angrenzender Baumbestand
- Berücksichtigung der vorhandenen Geländesituation / Dämme und der Funktionsfähigkeit des Entwässerungsgrabens
- Berücksichtigung von Spartentrassen
- Integration des bestehenden Schlitzpasses zwischen Wehr und Bootsschleuse

Die Ergebnisse der Vorplanung ergaben als Vorzugsvariante den Bau eines Schlitzpasses. Für die Passierbarkeit der Anlage werden  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  benötigt. Für die kleinräumige Auffindbarkeit wird eine Zusatzdotations vorgesehen. Diese seitens des planenden Büros im aktuellen Vorplanungsbericht mit maximal  $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$  vorgesehene Menge, wird seitens der WSV jedoch noch als deutlich zu gering angesehen und eine Überarbeitung gefordert. Sollte zur Dotationsmenge zwischen WSV und RMD Wasserstraßen AG keine Einigung erzielt werden können, kann dies zum Scheitern des Gemeinschaftsprojektes führen. In diesem Fall würde die WSV die Aufstiegplanung allein weiterverfolgen.

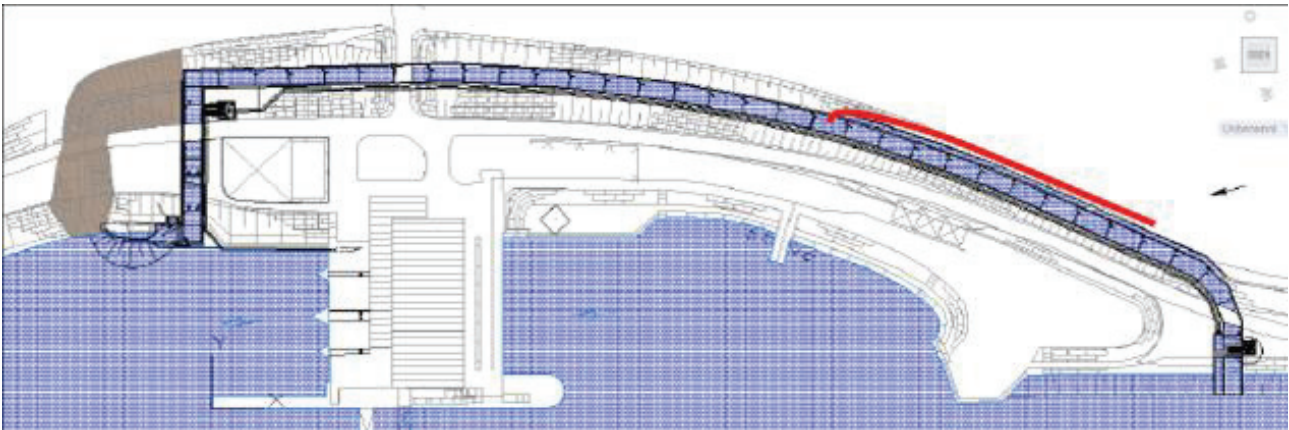


Abb. 13 Planungstand Schlitzpass, Bericht zur Vorplanung, RMD Consult GmbH, 2011

Der Einstieg zum Schlitzpass liegt ca. 35 m unterhalb des Kraftwerksauslaufes und entspricht damit nicht dem Stand der Technik. Eine baulich andere Lösung ist aber ohne massive Eingriffe in den Bestand nicht herstellbar.

Abb. 15 zeigt die Schwergewichtswand und das starke Sohlgefälle im Auslaufbereich des Kraftwerks, welches die erforderliche Sohlbindung baulich kaum ermöglicht. Zudem liegt nur 7,5 m hinter der Schwergewichtswand das Trafogebäude des Kraftwerks. Zwischen RMD und WNA wurde daher vereinbart, dass in einem ersten Bauabschnitt der Schlitzpass mit einem Einstiegsbauwerk 35 m unterhalb des Kraftwerksauslaufes errichtet wird. Per Monitoring wird dann der Aufstiegserfolg ermittelt. Da schon bei der Bestandserhebung Fischansammlungen oberhalb der Saugschlauchdecke aufgefunden wurden, wird ein zusätzlicher Einstieg unmittelbar am Kraftwerksauslauf geplant. Dieser wird über ein Stahlgerinne, welches der Uferwand vorgehängt wird, mit dem Schlitzpass verbunden. Der zweite Einstieg wird als Option mit in die Genehmigung aufgenommen. Die hierfür erforderlichen Gründungsbereiche werden bei der Baudurchführung für den Schlitzpass mit hergestellt. In Abhängigkeit vom Monitoring und somit der erreichten Wirksamkeit des Schlitzpasses, erfolgt die bauliche Umsetzung des zusätzlichen Einstiegs in einem zweiten Schritt.

Dieses schrittweise Vorgehen berücksichtigt die Belange der Planungsbeteiligten und ermöglicht zudem über das Monitoring einen optimalen Erkenntnisgewinn zur Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen.

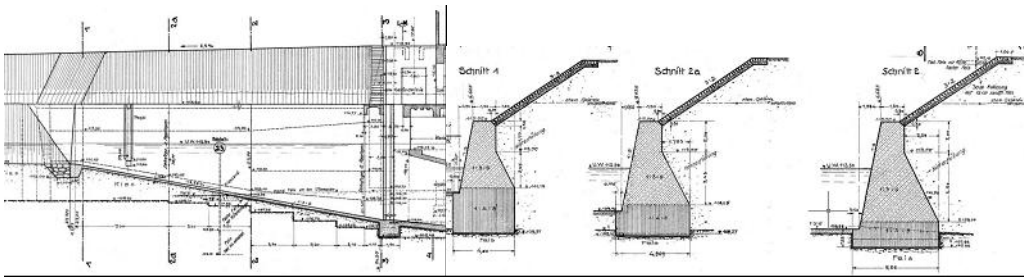


Abb. 14: Auslaufrichter Kraftwerk Quer- und Längsschnitt, Bericht zur Vorplanung, RMD Consult GmbH, 2011

Im Rahmen der Planungen wird die Integration und bauliche Optimierung des vorhandenen und in seiner Funktion stark eingeschränkten Beckenpasses aus dem Baujahr 1931 ebenfalls betrachtet.



Dieser befindet sich neben der Boots- und Schiffsschleuse und abseits der Hauptströmung. Im Rahmen der Bestandserhebung wurden hier ebenfalls Fischansammlungen erfasst. Einfach realisierbar ist hier z.B. der Umbau des Beckenpasses zu einem Borstenfischpass, wie bei vergleichbaren Anlagen, z.B. an der Schleuse Regensburg bereits erfolgreich realisiert. Schwimmschwächeren Fischen kann hier eine zweite Aufstiegsoption eröffnet werden.

Abb. 15 Bestehender Beckenpass, Staustufe Wallstadt, WNA Aschaffenburg 06/2011

Die Einbindung der Interessensgruppe der Fischereiberechtigten und der betroffenen Gemeinde erfolgte für die Planungen durch gesonderte Vorstellungs- und Gesprächstermine im Vorplanungsstadium. Die Vorgespräche erfolgten im fairen Miteinander. Insbesondere die Fischereifachbehörde sieht jedoch erwartungsgemäß die bisher geplante Dotationsmenge, als auch die nachrangige Bearbeitung des Fischabstieges kritisch.

Der bisherige Vorplanungs- und Abstimmungsprozess zur Maßnahme hat bereits über 2 Jahre beansprucht. Genehmigungsverfahren und Bau der Anlage werden weitere 2 Jahre benötigen.

## 5. Ausblick

Das Wasserstraßen - Neubauamt Aschaffenburg (WNA) ist mit der Planung und Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Anlagen im Verantwortungsbereich der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Süd beauftragt. Bis zum Jahr 2027 betrifft dies 44 Staustufen, an denen teilweise mit verschiedenen Projektpartnern der Aufstieg und in Ausnahmefällen der Abstieg bearbeitet wird. Herausforderungen ergeben sich dabei aus der Erfordernis der Integration unterschiedlicher Interessen der Projektbeteiligten, Betroffenen,

Rechtinhabern und Genehmigungsbehörden. So z. B. für Planung und Bau von Auf- und Abstiegsbauwerken an gleichen Stauanlagen, Festlegung zur Bauart, Dotation oder der Koordination von Genehmigungsverfahren verschiedener Genehmigungsbehörden zu einer Stauanlage. Über die Realisierung von Pilotprojekten wird versucht, Erkenntnisse zu gewinnen, die auf weitere Staustufen übertragbar sind und damit zukünftig eine beschleunigte Planung und Realisierung ermöglichen. Dies ist zwingende Voraussetzung, um die große Anzahl der Anlagen im kurzen Zeitraum bis 2027 umsetzen zu können.

Hinderlich erweisen sich in der Praxis knappe Bearbeitungs- und Betreuungsressourcen in der WSV einschließlich der Fachbehörden BAW und BfG. Abstimmungsprozesse, auch nur zu einfachen Dokumenten nehmen trotz Nutzung der Instrumente des Projektmanagements und gutem Willen aller Beteiligten in der Praxis Wochen in Anspruch. Begrenzte Erfahrungen zu Aufstiegsbauwerken an großen Fließgewässern und mangelnde, erfolgreiche technische Lösungen für den Abstieg lassen Risiken für die Umsetzung erwarten. Schlussendlich muss zukünftig sichergestellt werden, dass bei erfolgreicher Planung und Genehmigungsverfahren im Haushalt des Bundes ausreichende finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt werden. Bei allen bestehenden und zu erwartenden Hürden für Planung und Bau, ist die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit für alle Projektbeteiligten eine technisch herausfordernde, kommunikativ positive und äußerst spannende Aufgabe.

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Lageplan Main-Donau-Kanal - URL <http://www.wsa-nuernberg.wsv.de/technik/lageplan/index.html> Stand: 16.04.2012“
- Abb. 2 : vgl. WSV, Erlass WS 11/5222.11/40 vom 06.02.2012
- Abb. 3: Lageplan Main. <http://www.wsa-aschaffenburg.wsv.de/wasserstrasse/index.html>, Stand 16.04.2012
- Abb. 4: Luftbild Staustufe Eddersheim, Luftbild Staustufe Eddersheim, <http://geoviewer.wsv.bvbs.bund.de/mapclient3/initParams.do>, Stand 16.04.2012
- Abb. 5: Schleuseninsel Eddersheim, WNA Aschaffenburg 03/2012
- Abb. 6: Kraftwerkseinlauf mit Krananlage, WNA Aschaffenburg 03/2012
- Abb. 7/8: Bestehender Beckenpass Staustufe Eddersheim, WNA Aschaffenburg 04/2012
- Abb. 9: Lageplan Kraftwerk Offenbach
- Abb. 10: Bebauungskorridor zwischen Kraftwerk Offenbach und Straße, WNA Aschaffenburg 04/2012
- Abb. 11: Unterwasser Kraftwerk Wallstadt, WNA Aschaffenburg 04/2011
- Abb. 12: Lageplan Staustufe Wallstadt, DBWK, Stand 16.04.2012
- Abb. 13: Planungstand Schlitzpass, Bericht zur Vorplanung, Dr. Matthias Haselbauer, Sebastian Conrad, RMD Consult GmbH, 04.01.2012
- Abb. 14: Auslaufrichter Kraftwerk Quer- und Längsschnitt, , Dr. Matthias Haselbauer, Sebastian Conrad, RMD Consult GmbH, 04.01.2012
- Abb. 15: Bestehender Beckenpass, Staustufe Wallstadt, WNA Aschaffenburg 06/2011

## Literatur

<sup>(1)</sup> vgl. WSV, Erlass WS 11/5222.11/40 vom 06.02.2012

<sup>(2)</sup> „Herstellung der Durchgängigkeit an Staustufen von Bundeswasserstraßen, Fischökologische Einstufung der Dringlichkeit von Maßnahmen für den Fischaufstieg“, BfG Bericht 1697, Matthias Scholten, Christian von Landwüst, Steffen Wieland, Dr. Andreas, 20.08.2010

<sup>(3)</sup> Vertrag zwischen dem Reich, Bayern, Baden und der Rhein-Main-Donau Aktiengesellschaft über die Durchführung der Großschiffahrtsstraße Aschaffenburg-Passau-Grenze und Kelheim-Ulm und die Ausnutzung der Wasserkräfte (Konzessionsvertrag)., vom 30.09.1921



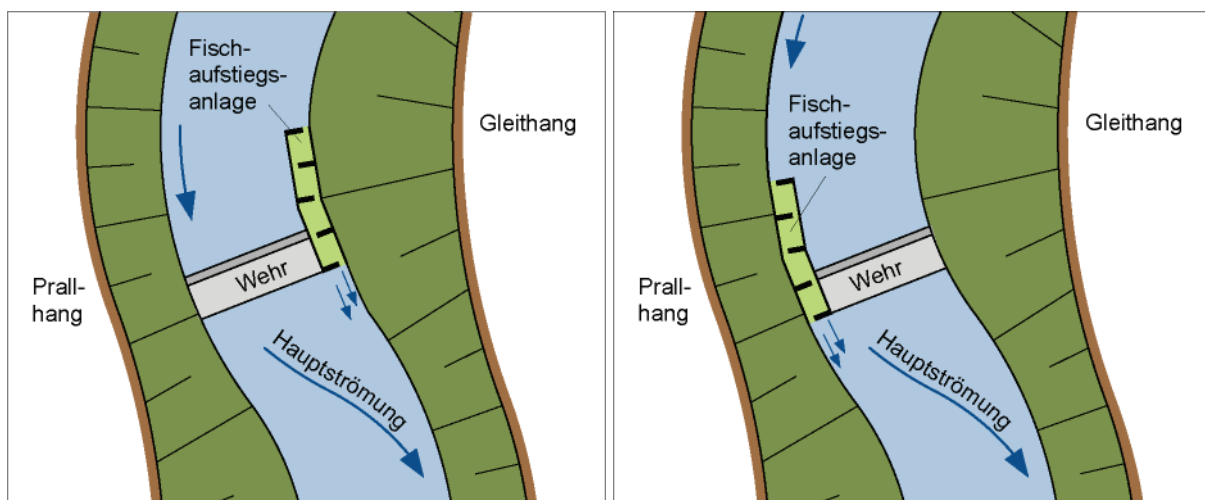
## Die HDX-Technologie und ihre Anwendung an der Staustufe Geesthacht

Dr. Ulrich Schwevers, Institut für angewandete Ökologie, Kirtorf-Wahlen

### Die Staustufe Geesthacht und ihre Fischaufstiegsanlagen

Die Elbe ist von der Quelle im tschechischen Riesengebirge bis zur Mündung in die Nordsee bei Cuxhaven/Friedrichskoog mit 1.094 Kilometern Länge der viertgrößte Strom Mitteleuropas und mit 728 Flusskilometern das zweitlängste Fließgewässer Deutschlands. Als einziges Querbauwerk im deutschen Elbeabschnitt befindet sich etwa 140 km oberhalb der Mündung in die Nordsee bei Stromkilometer 585,9 das im Jahr 1960 erbaute Wehr in Geesthacht. Es trennt die tidebeeinflusste Unterelbe von der tidefreien Mittel- und Oberelbe. Das Einzugsgebiet umfasst hier 135.013 km<sup>2</sup>, der Mittelwasserabfluss beträgt 707 m<sup>3</sup>/s.

Die stromaufwärts gerichteten Wanderungen von Fischen erfolgen in oder entlang der Hauptströmung. Bei geschwungenem Gewässerverlauf pendelt diese zwischen beiden Ufern, so dass sich ein Wechsel zwischen dem angeströmten Prallhang und dem Gleithang mit verminderter Fließgeschwindigkeit ausbildet. Die sich an der Strömung orientierenden Fische wechseln folglich mit der Hauptströmung die Uferseite. Zumindest leistungsstarke Exemplare treffen deshalb größtenteils am prallhangseitigen Ufer auf ein Aufstiegshindernis. Entsprechend muss sich in diesem Bereich der Wanderkorridor aufwandernder Fische über eine Fischaufstiegsanlage bis ins Oberwasser des Wanderhindernisses fortsetzen und deshalb fordern sämtliche einschlägigen Regelwerke und Handbücher die Positionierung einer Fischaufstiegsanlage am Prallhang [1, 2 u. a.] (Bild 1).



**Bild 1:** Positionierung einer Fischaufstiegsanlage an einem Wehr ohne Wasserkraftnutzung  
links: falsche Positionierung am Gleithang,  
rechts: richtige Positionierung am Prallhang mit Anschluss an die Hauptströmung [1]

Im Falle der Elbe-Staustufe Geesthacht bildet das linke, südliche Ufer den Prallhang, das somit die korrekte Position für eine Fischaufstiegsanlage darstellt. Aus diesem Grunde wurden seit der Errichtung der Staustufe im Jahr 1960 nach einander drei Fischpässe an diesem Ufer gebaut; das aktuell betriebene Umgehungsgerinne befindet sich ebenfalls dort (Bild 3). Dessen Einstieg mündet etwa 70 m stromab der Wehrschwelle in einem Winkel von ca. 90° in einer Seitenbucht der Elbe. Aufgrund des Tideinflusses schwankt der Unterwasserstand im Tagesverlauf um durchschnittlich 2,6 m. Dies führt dazu, dass der Einstieg die meiste Zeit eingestaut sind und sich die Fließgeschwindigkeit so stark reduziert, dass Fische sie nicht wahrnehmen können. Die Anforderungen an die Auffindbarkeit im Nahbereich gemäß [1] sind somit nicht gegeben.

Trotz der grundsätzlichen Orientierung an der Hauptströmung konzentrieren sich jedoch nicht sämtliche Aufsteiger am Prallhang. Vielmehr ist durch vergleichende Aufstiegszählungen an Wanderhindernissen mit mehreren Fischpässen bekannt, dass auch am „falschen“ Gleithang, abseits der Hauptströmung positionierte Anlagen durchaus von zahlreichen Fischen frequentiert werden [1, 3, 4]. Da hier jedoch ein anderes Arten- und ggf. auch Größenspektrum aufwandert, empfehlen die Regelwerke für breite Flüsse und Wehre die Anlage von Fischaufstiegsanlagen an beiden Ufern. Auch für das Wehr Geesthacht wurde diese Notwendigkeit erkannt [5]. Umgesetzt wurde diese Anforderung von der Vattenfall Europe Generation AG durch den Bau einer zweiten Fischaufstiegsanlage am Nordufer des Wehres. Diese dient als Schadensbegrenzungsmaßnahme für möglicherweise am Kohlekraftwerk Moorburg ca. 30 km elbabwärts auftretende Fischverluste [6]. Die neue Fischaufstiegsanlage wurde als Doppelschlitzpass errichtet. Der 550 m lange, im oberen Drittel zweifach gewendelte Lauf (Bild 2) ist als Kastenprofil mit einer Breite von 16 m und einem konstanten Gefälle von 1 : 93 gestaltet. Die Schlitze haben eine lichte Weite von je 1,20 m.

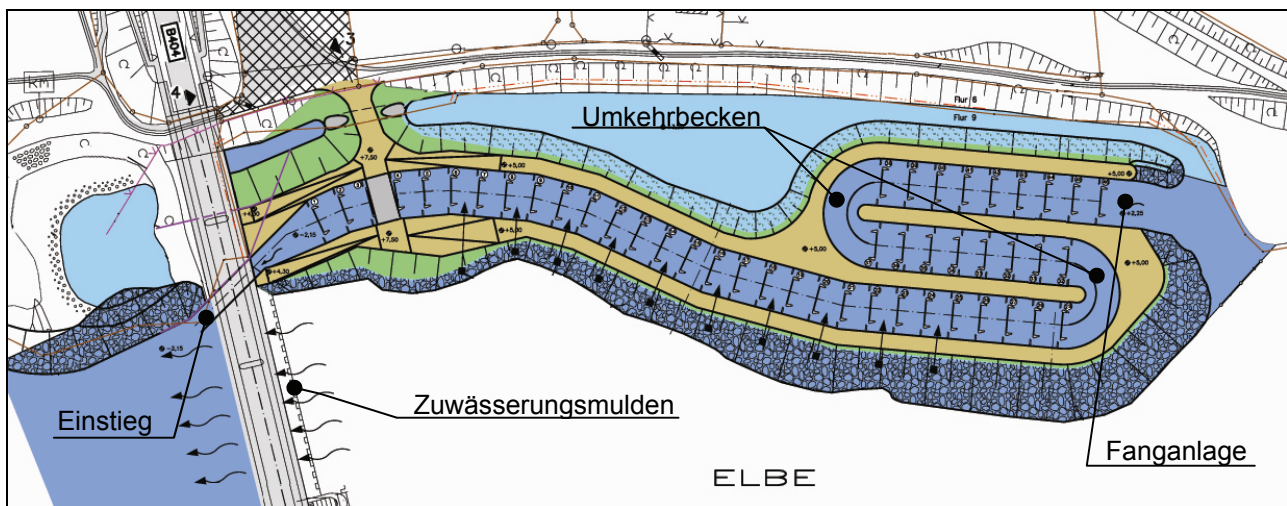


Bild 2: Plan des Doppelschlitzpasses am Wehr Geesthacht (Quelle: KED Ingenieure)

Durch seine Lage am Gleithang (*Bild 3*) kann der Doppelschlitzpass die Kriterien für eine großräumige Auffindbarkeit per se nicht erfüllen. Deshalb wurden folgende Maßnahmen ergriffen, um zumindest im Nahbereich eine bestmögliche Auffindbarkeit sicherzustellen: Der Einstieg für aufwandernde Fische mündet im Unterwasser sohlengleich und ohne Sackgasse unmittelbar am Fuße des Wehres (*Bild 4*). Durch eine additive, tideabhängig gesteuerte Zugabe von Wasser ist dafür gesorgt, dass jederzeit eine wahrnehmbare Leitströmung von mindestens 0,3 m/s Fließgeschwindigkeit austritt. Die Fischaufstiegsanlage mündet parallel zur Uferböschung und damit in einem Winkel von etwa 30° zur Hauptfließrichtung ein (*Bild 2*). Zudem wird die Auffindbarkeit des Einstiegs durch 5 in die benachbarte Wehrschwelle integrierte Zuwässerungsmulden mit einer Abflusskapazität von jeweils ca. 2 m<sup>3</sup>/s unterstützt (*Bild 4*).



*Bild 3: Die Staustufe Geesthacht mit dem prallhangseitigen Umgehungsgerinne (im Bild unten) und dem am Gleithang neu errichteten Doppelschlitzpass (Photo: Timo Jann)*



*Bild 4: Sackgassenfreier Einstieg des Doppelschlitzpasses (links, Blick vom Unterwasser) mit den 5 benachbarten Zuwässerungsmulden in der benachbarten Wehrschwelle zur Unterstützung der Auffindbarkeit*

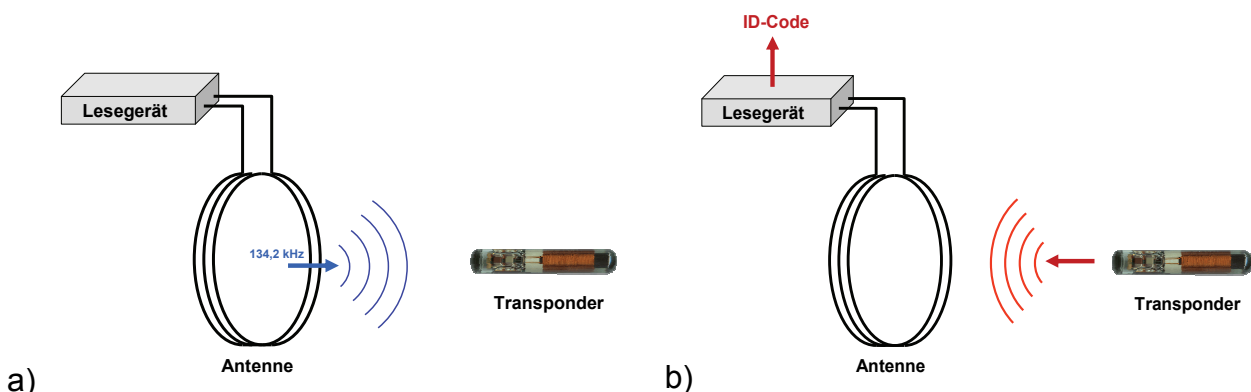
## Monitoring des Fischaufstiegs

Der Fischaufstieg über den Doppelschlitzpass Geesthacht wird seit seiner Inbetriebnahme im August 2010 durch Monitoringuntersuchungen des Institut für angewandte Ökologie im Auftrag der Vattenfall Europe Generation AG dokumentiert. Da sämtliche technischen Kriterien der Funktionsfähigkeit nachweislich erfüllt wird, steht hierbei nicht die Bewertung der Funktionsfähigkeit anhand biologischer Parameter im Vordergrund, sondern die Erfüllung behördlicher Auflagen zum Nachweis der Wirksamkeit als Schadensbegrenzungsmaßnahme für ggf. durch die Kühlwasserentnahme des Kohlekraftwerks Moorburg verursachte Fischverluste an FFH-Arten [6]. Das Programm der geforderten kontinuierlichen, mehrjährigen Monitoringuntersuchungen ist allerdings so konzipiert, dass über die entsprechenden Nachweispflichten hinaus auch in möglichst großem Umfang solche Befunde erarbeitet werden, die detaillierte Einblicke in das Aufstiegsgeschehen an der Staustufe Geesthacht geben. So soll das Monitoring in Geesthacht zum allgemeinen Erkenntnisgewinn in Hinblick auf die Mechanismen der Fischwanderung beitragen und Rückschlüsse auf die konstruktiven Anforderungen an Fischaufstiegsanlagen ermöglichen. Zu diesem Zweck wird auch das Umgehungsgerinne am Südufer in das Monitoring einbezogen.

## Einsatz der HDX-Technologie

Neben herkömmlichen Aufstiegszählungen mit Hilfe von Reusen wird im Rahmen des Monitorings auch die Transponder-Technologie eingesetzt, insbesondere um die Auffindbarkeit der beiden Fischaufstiegsanlagen vergleichend zu untersuchen [7].

Hierfür wird Elbe-Fischen, die beim Aufstieg über eine der beiden Fischaufstiegsanlagen gefangen wurden, ein 23 oder 32 x 3,9 mm großer Transponder in die Bauchhöhle implantiert. Dieser emittiert, elektromagnetisch durch eine Antenne aktiviert, einen unverwechselbaren Code (*Bild 5*).



*Bild 5: Funktionsprinzip eines HDX-Systems: a) Aktivierung des Transponders, b) die Antenne empfängt das Transpondersignal, die Decodierung übernimmt ein Lesegerät*

Die mit einem solchen Transponder gekennzeichneten Exemplare werden im Unterwasser an definierten Positionen in jeweils 2 km, 1 km und 0,5 km Abstand vom Wehr Geesthacht am rechten und linken Ufer wieder in die Elbe entlassen. Wandern die markierten Fische erneut über einen der beiden Fischpässe auf, wird ihre Kennung im alten Umgehungsgerinne (Bild 6) von 6 und im neuen Doppelschlitzpass von 18 Antennen zeit- und positionsgenau registriert (Bild 7). Zusätzlich erfolgt eine Kontrolle sämtlicher im Rahmen der herkömmlichen Monitoringuntersuchungen in Reusen erfassten Aufsteiger mittels Handlesegeräten. Auf diese Weise lassen sich die Wanderbewegungen transpondierter Fische im Bereich der Stauanlage Geesthacht mit ihren Fischaufstiegsanlagen individuell, zeitlich und räumlich differenziert nachvollziehen.



*Bild 6: Im Umgehungsgerinne am Südufer sind 6 Rahmenantennen von jeweils 1 m x 1 m Größe in einer Reihe unter der ehemaligen Kontrollstation installiert*

Seit Inbetriebnahme des Doppelschlitzpasses Anfang August 2010 bis Ende Mai 2012 wurden ca. 25.000 Fische aus 11 Arten transpondiert. Mit stationären Antennen oder Handlesegeräten wurden bisher etwa 40 % dieser Fische redetektiert. Erste, daraus abgeleitete Befunde zur artspezifischen Auffindbarkeit der beiden Fischaufstiegsanlagen wurden von [8] publiziert.



*Bild 7:: Im Verlauf des Doppelschlitzpasses wurden insgesamt 18 Rahmenantennen von maximal 5,4 m Höhe und 1,3 m Breite in die Schlitze eingebaut.*

## Literatur

- [1] Adam, B.; Bosse, R.; Dumont, U.; Göhl, C.; Görlach, J.; Heimerl, S.; Kalusa, B.; Krüger, F.; Redeker, M.; Sellheim, P.; Schwevers, U.: DWA-Merkblatt M-509: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qualitätssicherung. Entwurf. Hennef. DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 2010.
- [2] Dumont, U.; Anderer, P.; Schwevers, U.: Handbuch Querbauwerke. Düsseldorf. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und ländlichen Raum NRW, 2005.
- [3] Born, O.: Untersuchungen zur Wirksamkeit von Fischaufstiegshilfen am unterfränkischen Main. München, Dissertation, Institut für Tierwissenschaften, 1995.
- [4] Guthruf, J.: Fischaufstieg am Hochrhein: Koordinierte Zählung 2005/06. Bern, Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Wissen 10/08, 2008.
- [5] Gaumert, T. und Mitzeichner: Die Notwendigkeit der Erhöhung der Fischwechselkapazität am Wehr Geesthacht. Hamburg. ARGE Elbe & FGG Elbe, 2008.
- [6] Menzel, H.-J.; Schwevers, U.: Rahmenbedingungen für den Bau einer Fischaufstiegsanlage am Wehr Geesthacht. In: Wasserwirtschaft 102, Heft 4, 2012, 12 - 17.
- [7] Adam, B.; Neumann, C.: Monitoringeinrichtungen am Doppelschlitzpass Geesthacht. In: Wasserwirtschaft 102, Heft 4, 2012, 44 - 48.
- [8] Adam, B.; Faller, M.; Hufgard, H.; Mast, N.; Gischkat, S.; Löwenberg, S.: Bisherige Ergebnisse des fischökologischen Monitorings des Doppelschlitzpasses Geesthacht. In: Wasserwirtschaft 102, Heft 4, 2012, 49 - 57.

## **Methoden zur hydraulischen Untersuchung der Leitströmung - Beispiele an Lahn und Neckar**

Dipl.-Ing. (FH) Jochen Eckhardt, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Dipl.-Ing. Christoph Klüber, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

### **Einleitung**

Generell gelten die korrekte Positionierung des Einstieges sowie eine hinreichende Leitströmung als Hauptkriterien hinsichtlich der Gewährleistung der kleinräumigen Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen (FAA). Insbesondere an Standorten an denen sich Laufwasserkraftwerke befinden, existieren äußerst komplexe Bedingungen zur Bereitstellung einer ausreichenden Leitströmung. Durch die vorhandene, meist größere Gewässerbreite, in Kombination mit der Konkurrenzsituation zwischen dem Abfluss der FAA, der Wasserkraftanlage (WKA) sowie dem ggf. auftretenden Abfluss über das Wehr steht der Planer vor einer besonderen Herausforderung.

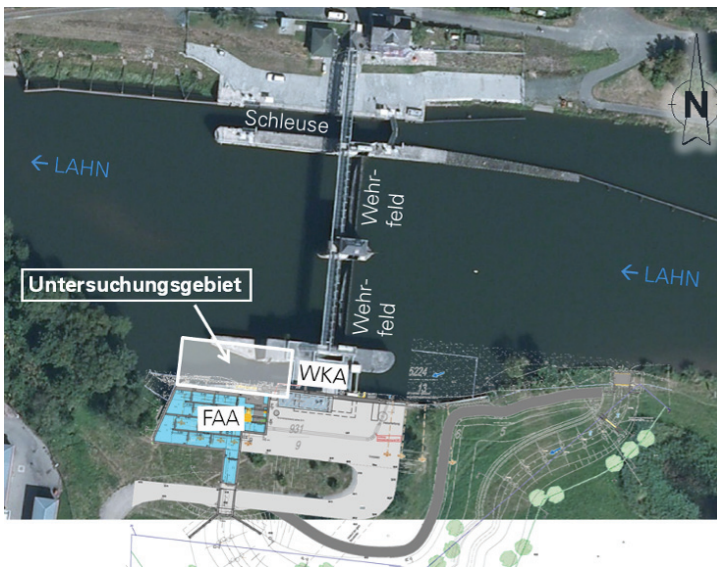
Als wesentlichste Aspekte einer geeigneten Leitströmung werden in der allgemein anerkannten Literatur neben dem Austrittswinkel zur Hauptströmungsrichtung auch das Abflussverhältnis zwischen dem Durchfluss der FAA zum konkurrierenden Abfluss genannt. In *Larinier (2002)* wird u. a. empfohlen, dass der Durchfluss der FAA 1-5% des konkurrierenden Abflusses betragen soll. Als optimaler Austrittswinkel wird u. a. in *DWA (2010)* ein möglichst spitzer Winkel bzw.  $0^\circ$  zur Hauptströmungsrichtung gesehen.

An den Beispielen der Standorte Nassau (Lahn) und Lauffen (Neckar) werden Methoden zur hydraulischen Untersuchung der Leitströmung nach der Fertigstellung sowie während der Planungsphase vorgestellt.

Basis der Untersuchungen bilden Strömungsmessungen mittels Ultraschall-Doppler-Messgeräten, wie ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) und ADV (Acoustic Doppler Velocimeter). Beide Geräte nutzen das gleiche Prinzip, bei dem ein emittiertes Ultraschallsignal durch im Wasser befindliche Schwebstoffe reflektiert wird. Über den bei der Reflexion des Signals durch die sich bewegenden Partikel entstehenden Dopplereffekt kann die Fließgeschwindigkeit ermittelt werden.

### **Nassau an der Lahn**

Die untersuchte Fischaufstiegsanlage befindet sich an der Stauanlage Nassau im Unterlauf der Lahn in Rheinland-Pfalz. Die Stauanlage mit einer Gesamtbreite von ca. 70 m besteht aus einer Schleuse im Norden sowie zwei daran anschließenden Wehrfeldern. Uferseitig neben der WKA befindet sich die Fischaufstiegsanlage als Kombination aus technischer (Schlitzpass) und naturnaher Bauweise (Raugerinne mit Beckenstruktur) (Bild 1).



**Gewässer**

MQ: 46,60 m³/s  
 Q<sub>30</sub> / Q<sub>330</sub>: 11,90 / 106,00 m³/s

**Wasserkraftanlage**

Fallhöhe: 3,80 m (bei MQ)  
 Ausbaudurchfluss: 45,00 m³/s  
 Turbine: 1 Kaplan turbine

**Fischaufstiegsanlage**

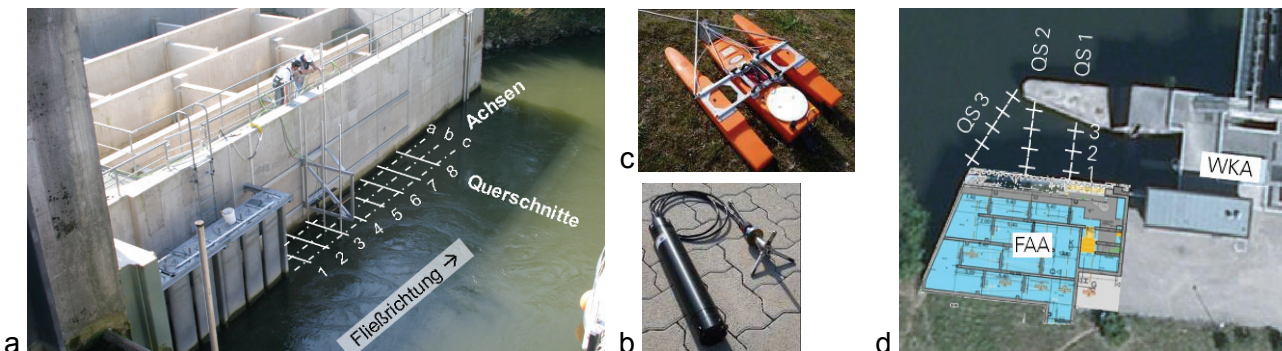
Bautyp: Schlitzpass und Raugrinne mit Beckenstruktur  
 Durchfluss: 0,50 – 1,40 m³/s  
 (inkl. Zusatzdotation)

**Bild 1:** Staustufe Nassau mit realisierter FAA (aus GeoViewer der WSV/IB Floecksmühle (2008))

Im Zuge der Untersuchungen soll auch die Wirkung einer neuartigen Lamellenwand (Länge etwa 5,00 m) im Einstiegsbereich der FAA evaluiert werden (Bild a). Diese bildet eine bauliche Trennung zwischen Leitströmung und Turbinenausströmung und soll je nach Stellung der Lamellen die Leitströmung beeinflussen. Wesentliche Ausrichtungen sind 0° (geschlossen) (Bild ) und 150° (geöffnet) (Bild ). Eine Schließung soll eine Minderung des Einflusses der turbulenten Turbinenausströmung bewirken, wobei eine Öffnung zur Verstärkung der Leitströmung durch die Turbinenausströmung führen soll.

Drei eingesetzte ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) (Bild b) ermöglichen simultane Messungen im Bereich der Leitströmung in einem Messraster mit drei Messachsen, bis zu acht Messquerschnitten (Abstand je 1,00 m) sowie maximal drei Tiefenebenen (Bild a).

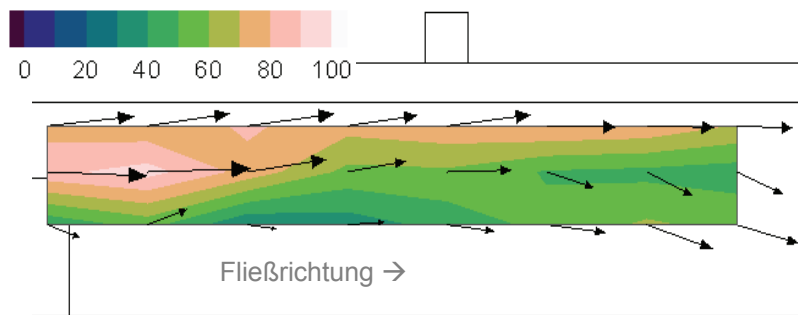
Die Erfassung der Turbinenausströmung erfolgt parallel zu den ADV-Messungen im Bereich der Leitströmung über Punktmessungen mit Hilfe eines ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Auf einem Schwimmkörper montiert (Bild c), kann das Messgerät in die entsprechende Position der 12 Messpunkte gebracht werden (Bild d). Detaillierte Informationen zum ADCP können *Teledyne RD Instruments (2006)* sowie *Sokoray-Varga et al. (2011)* entnommen werden. Details zum ADV findet man u. a. in *Rusello (2005)*.



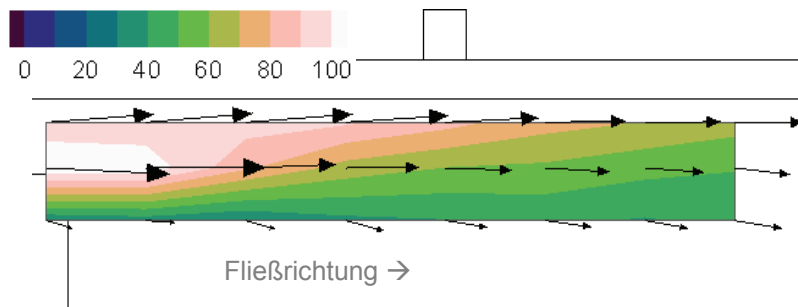
**Bild 2:** a: ADV-Messraster; b: ADV für Naturmessungen; c: Trimaran mit ADCP; d: ADCP-Messraster (aus GeoViewer der WSV/IB Floecksmühle (2008))



Die Leitströmung wurde im Laufe der bisherigen Untersuchungen für die beiden Abflusszustände bei  $Q_{10} = \text{ca. } 10 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $Q_{150} = \text{ca. } 24 \text{ m}^3/\text{s}$ , jeweils bei den o. g. Lamellenausrichtungen erfasst. Die Darstellung der Geschwindigkeitsverteilung innerhalb der Leitströmung für das  $Q_{150}$  (Bild , Bild ) zeigt neben der deutlicheren Ausrichtung der Vektoren in Hauptfließrichtung eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten durch Öffnung der Lamellen. Weiterhin genügen die Fließgeschwindigkeiten ( $v_{\text{max}} = \text{ca. } 1,10 \text{ m/s}$ ;  $v_{\text{min}} = \text{ca. } 0,30 \text{ m/s}$ ) sowohl rheotaktischen Anforderungen als auch den Anforderungen an die maximal zulässige Fließgeschwindigkeit für die autochthone Fischfauna (Bild , Bild ).



**Bild 3:** Resultierende Fließgeschwindigkeiten etwa 0,50 m unter WSP für ein  $Q_{150}$  in cm/s; Lamellen geschlossen ( $0^\circ$ )



**Bild 4:** Resultierende Fließgeschwindigkeiten etwa 0,50 m unter WSP für ein  $Q_{150}$  in cm/s; Lamellen geöffnet ( $150^\circ$ )

Die ADCP-Messung konnte aktuell für ein  $Q_{10}$  realisiert werden. Die Beurteilung der Konkurrenzsituation zwischen Turbinenausströmung und Leitströmung bestätigt die Erwartung, dass die maximalen Fließgeschwindigkeiten innerhalb der Turbinenausströmung auftreten. Auch hier liegen die Werte im in *DWA (2010)* geforderten zulässigen Bereich. Weiterhin ist zu erkennen, dass sich die Hauptströmung im Bereich der Sohlrampe ausbildet (Bild ).

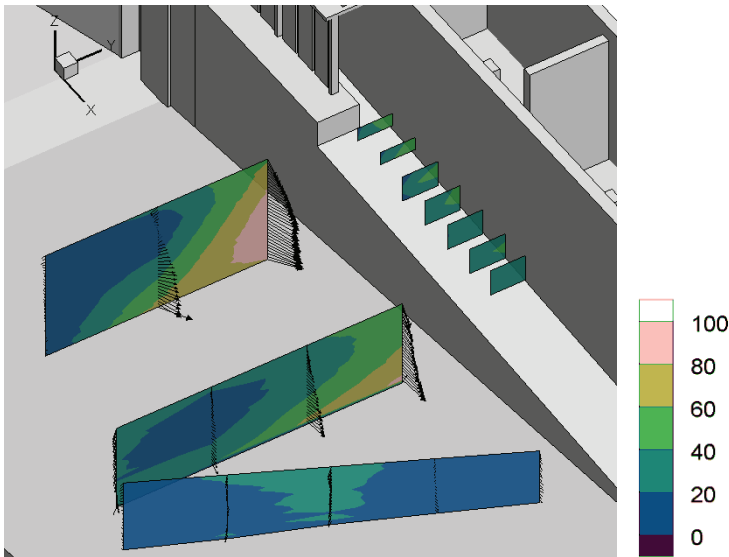


Bild 5: Resultierende Fließgeschwindigkeiten der ADCP- und ADV-Messung für ein  $Q_{10}$  in cm/s

Die Ergebnisse der ADV-Messungen (Bild , Bild ) zeigen, dass die gewünschten hydraulischen Effekte, Verstärkung der Leitströmung bzw. Abschirmung vor der Turbulenz der Turbinenausströmung, durch die Lamellenwand erreichbar sind. Auch liegen die ermittelten Fließgeschwindigkeiten im für die Fischfauna günstigen Bereich nach *DWA (2010)*.

Die gemessenen Fließgeschwindigkeiten im Auslauf der WKA weisen für den untersuchten Zustand um bis zu 0,30 m/s höhere Werte als die der Leitströmung auf. Damit kann eine größere Attraktivität der Turbinenausströmung für die aufstiegswillige Fischfauna nicht ausgeschlossen werden, sofern die zulässigen Maximalgeschwindigkeiten nicht überschritten werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass die in diesem Bereich auftretenden Turbulenzen ggf. eine Scheuwirkung hervorrufen können.

Die bisherigen Untersuchungen lassen zudem erkennen, dass die in der Planung vorgesehene Dotation der FAA bei einem  $Q_{150}$  eine hydraulisch wirksame Leitströmung erzeugt.

Es zeigt sich auch, dass mit beiden parallel eingesetzten Messverfahren entscheidende Bereiche nicht erfasst werden konnten. Dies waren der Grenzbereich zwischen Turbinenausströmung und Leitströmung sowie der Bereich zwischen Lamellenkonstruktion und Außenwand der FAA. Diese sind auf die Messtechnik sowie auf die baulichen Gegebenheiten zurückzuführen. In zukünftigen Untersuchungen wird angestrebt, diese Bereiche zu minimieren.

Weiterhin ist vorgesehen weitere Abflusszustände zu erfassen, um die Aussagekraft der vorgestellten Untersuchungen zu verbessern.

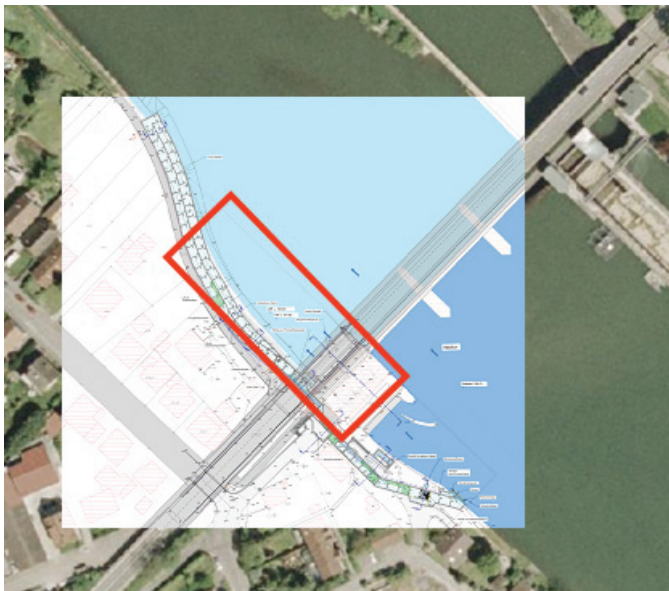
## Lauffen am Neckar

An der Neckarstaustufe Lauffen wird mit Hilfe hybrider Modellierung die Ausgestaltung der Einstiegsgeometrie in die FAA optimiert.

Das physikalische Modell im Maßstab 1:10 bildet das Unterwasser (UW) der WKA inkl. Saugschlauch und Einstiegsbereich nach (Bild 6).

Mit Daten aus Naturmessungen im UW der WKA wurden das physikalische Modell und ein 3D-hydrnumerisches Modell kalibriert. Letzteres wurde genutzt, um die großräumige Strömung im UW zu simulieren und so das physikalische Modell zu optimieren.

Nach anerkanntem Stand des Wissens soll der Einstieg in die FAA möglichst auf gleicher Höhe und parallel zum Bauwerk, uferseitig angeordnet werden. Somit wird der „Sackgasseneffekt“ vermieden und die große Zahl wandernder Fischarten möglichst effizient zum Einstieg geleitet werden. In Lauffen verhindert die bauliche Gestaltung der WKA und der Brücke eine entsprechende Platzierung des Einstiegs. Deshalb soll durch eine Saugschlauchverlängerung der Kraftwerksauslass zum Fischpass hin verlängert werden, so dass der Einstieg schließlich auf Höhe des Bauwerks platziert ist. Gleichzeitig wird erwartet, dass die turbulente Ausströmung aus der WKA durch die Aufweitung des Saugschlauchquerschnitts in Folge der Saugschlauchverlängerung reduziert und die Ausbildung einer Leitströmung begünstigt wird. Veränderungen im Wirkungsgrad der WKA werden, nach Aussage des Turbinenherstellers, nicht messbar sein.



### Gewässer

MQ:	88,0 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>30</sub> / Q <sub>330</sub> :	29,5 / 166,0 m <sup>3</sup> /s

### Wasserkraftanlage

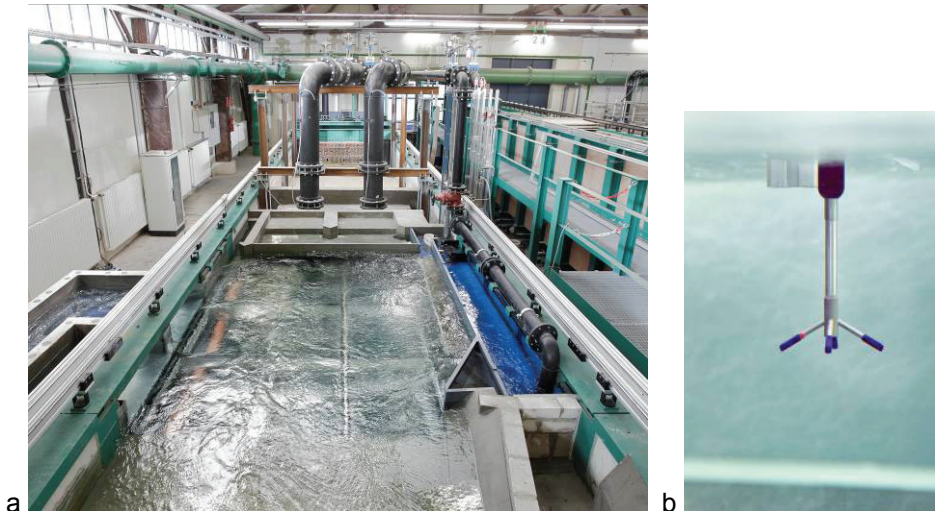
Fallhöhe:	7,74 m (bei MQ)
Ausbaudurchfluss:	80,0 m <sup>3</sup> /s
Turbine:	2 Kaplan turbinen

### Fischaufstiegsanlage (geplant)

Bautyp:	Schlitzpass
Durchfluss:	0,70 m <sup>3</sup> /s (zzgl. Zusatzdotation)

Bild 6: Staustufe Lauffen mit geplanter FAA und Modellgrenze (rot)

Für die Untersuchung wurde mit einer ADV-Sonde (Bild 7b) die Strömungssituation im Uferbereich am Einstieg und entlang der Sohlrampe gemessen. Hierbei wurden verschiedene Varianten im Modell betrachtet. In Bild 8 sowie in Tab. 1 ist eine Auswahl dargestellt.



*Bild 7: a: Physikalisches Modell UW Lauffen; b: ADV-Sonde für Labormessungen*

In der Variante 0 wurde zunächst die komplette Breite des untersten Fischpassbeckens als Einstieg genutzt. Die Fließgeschwindigkeit konnte geometriebedingt nur ca. 1,00 m/s betragen. Eine Leitströmung war trotz der 3,30 m<sup>3</sup>/s nicht erkennbar.

Im nächsten Schritt wurde die Einstiegsöffnung auf 0,50 m reduziert und so die Geschwindigkeit auf 1,50 m/s angehoben (Variante I, Bild 8). Weil sich die Leitströmung bei einem Schlitz direkt neben der WKA nicht weit genug ins Unterwasser als gerichtete Strömung abzeichnete, wurde der Schlitz Schritt für Schritt seitlich Richtung Ufer verschoben. Bei einer Schlitzposition auf der linken Seite des untersten Beckens ergab sich eine besonders gerichtete und ausgedehnte Leitströmung entlang der Außenwand des Fischpasses, wo die Turbulenz der Turbinenabströmung weniger Einfluss nehmen kann. Als negativ zu bewerten ist für die Variante II (Bild 8) der sich zwischen Kraftwerk und Einstieg gleichzeitig bildende Korridor von ca. 1,20 m Breite (in der Natur), in dem eine rheotaktische Orientierung für die Fische nicht zu erwarten ist. Um diesen Korridor einzudämmen, muss der Schlitz möglichst weit zur WKA versetzt werden. Dies war aber nur durch eine höhere Dotation und folglich mit einem breiteren Schlitz von 0,70 m möglich (Variante III-IIIb, Bild 8).

In einer letzten Optimierungsstufe wurde der Schlitz mit 0,30 m Abstand zur WKA platziert und ca. 10° zur Außenwand des Fischpasses hin ausgerichtet (Bild 9b). Dadurch verringerte sich der rheotaktisch kritische Bereich um weitere 0,20 m. Als weiterer positiver Effekt konnten auch die Fließgeschwindigkeiten an der Uferwand verringert werden.

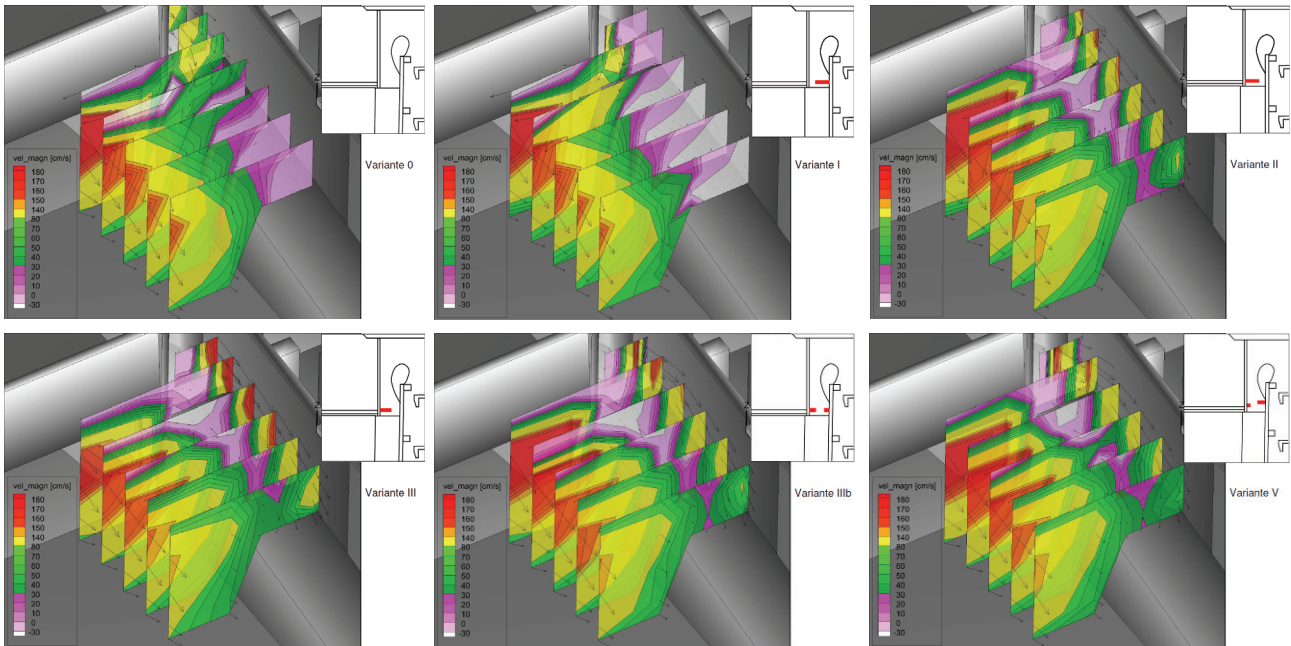


Bild 8: Ergebnisvergleich ausgewählter Varianten der ADV-Messungen bei  $Q_{330}$

Tabelle 1: Eckdaten zu Bild 8

Variante	$V_{max}$	$b_{Schlitz}$	$Q_{FAA}$
	m/s	m	m <sup>3</sup> /s
0	1,0	1,65	3,3
I	1,5	0,5 (li)	1,5
II	1,5	0,5 (re)	1,5
III	1,5	0,7 (li)	2,1
IIIb	1,5	0,7 (mi)	2,1
V	1,5	0,7 (re)	2,1

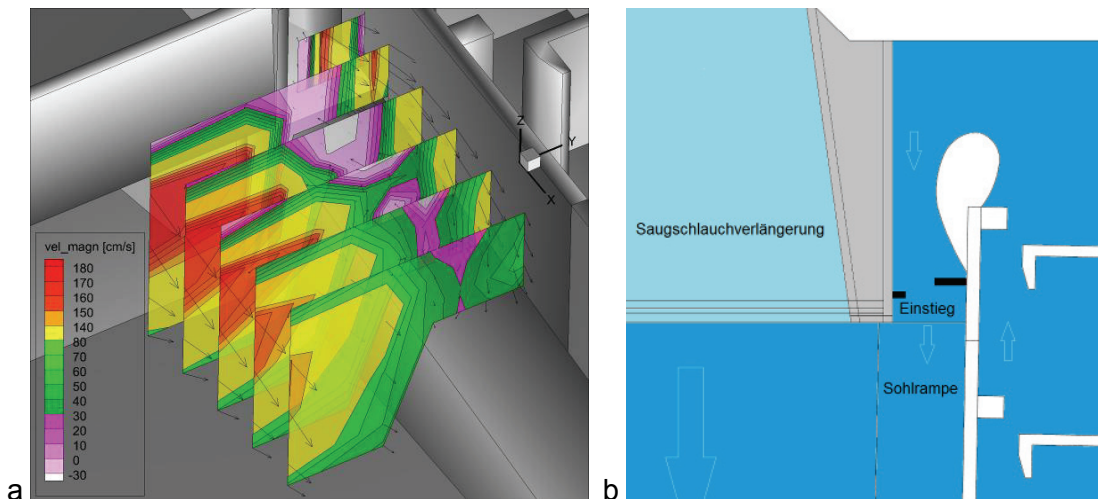


Bild 9: a: Ergebnis der ADV-Messungen der Vorzugsvariante; b: Schlitzvariante

## **Fazit**

Im vorliegenden Beitrag wurden zwei Beispiele vorgestellt, bei denen durch Messungen im physikalischen Modell und in der Natur die hydraulische Wirkung der Leitströmung untersucht wurde. Auch wenn die dargestellten Projekte auf unterschiedlichen Ansätzen basieren, so zeigen sie die Möglichkeiten und Bedeutung solch aufwändiger Untersuchungen, um grundlegende Erkenntnisse für die Planung zukünftiger FAA zu erhalten und um bestehende Anlagen auf ihre hydraulische Funktionsfähigkeit zu untersuchen.

Zudem können anhand solcher Untersuchungen die Grenzen der angewandten Messverfahren aufgezeigt und so die Abläufe optimiert werden.

Mit Blick auf den dynamischen Prozess der Fortschreibung des Stands des Wissens ist zu empfehlen, den Einstiegsbereich einer FAA nach Möglichkeit flexibel zu gestalten. Damit kann vor Ort auf sich verändernde Bedingungen reagiert und den neuesten Erkenntnissen aus der Forschungs- und Entwicklungsarbeit Rechnung getragen werden.

Hierzu gehören auch innovative Entwicklungen zur Optimierung der Leitströmung in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten. Solche Konstruktionen, wie sie hier in Form der Lamellenwand vorgestellt wurden, können dazu beitragen, die Ausbildung einer ausreichenden Leitströmung zu unterstützen.

Es ist weiterhin zu bedenken, dass eine sinnvolle Bewertung der Funktionsfähigkeit nur in Verbindung mit aussagekräftigen biologischen Untersuchungen möglich ist.

## **Danksagung**

Die vorliegenden Untersuchungen wurden durch das Ingenieurbüro Floecksmühle, die Süwag Energie AG sowie die EnBW AG unterstützt.

## **Literatur**

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2010): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung – Gelbdruck Februar 2010

Ingenieurbüro Floecksmühle (2008): Erläuterungsbericht zum Bau einer Fischaufstiegsanlage an der WKA Nassau/Lahn. Mit Anlagen

Larinier, M. & Travade, F. (2002): Location of fishways. Bull. Francais Pêche Pisciculture Nr. 364

Rusello, P. J. (2005): A Practical Primer for Pulse Coherent Instruments. Nortek AS

Sokoray-Varga, B. & Weichert, R. & Lehmann, B. (2011): Flow investigations for fish pass Laufen/Neckar in field and laboratory. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Technische Hydromechanik der Technischen Universität Dresden Heft 45

Teledyne RD Instruments (2006): Acoustic Doppler Current Profiler - Principles of Operation - A Practical Primer

## Lockstrompumpen – Einsatzkonzept und Erfahrungen

Dr.-Ing. Reinhard Hassinger, Universität Kassel

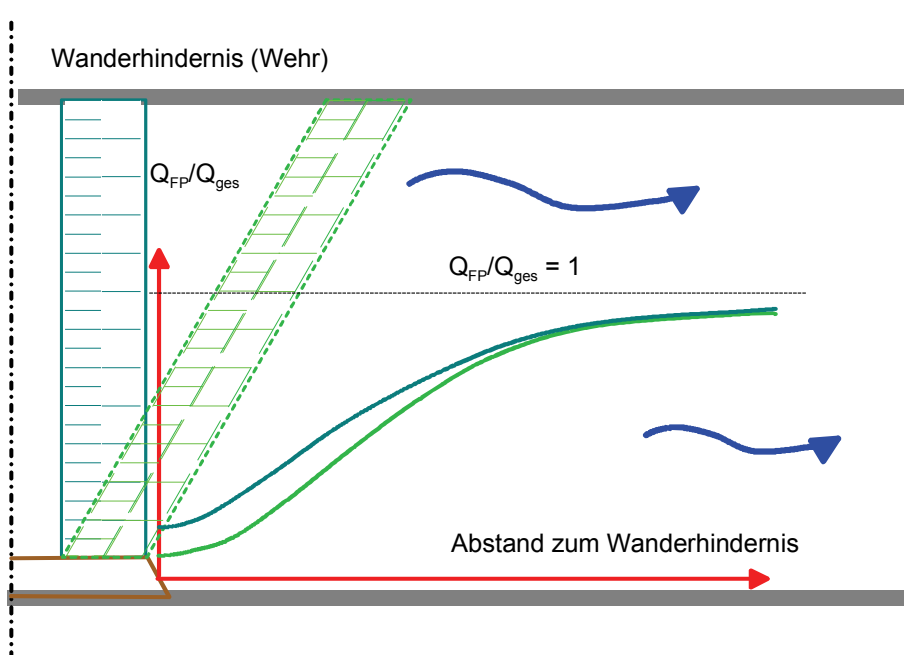
### Einleitung und Problemstellung

Die Rolle des Durchflusses für die Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen wird immer noch kontrovers diskutiert. Allgemein herrscht die Vorstellung, dass die Wahrscheinlichkeit, dass der Fisch beim Aufstieg einem bestimmten Wanderkorridor folgt, umso größer ist, je größer der Abflussanteil ist, der aus diesem Gewässerarm herausströmt. Deshalb wird bei der Auslegung von Fischaufstiegen gefordert, dass der ausfließende Leitstrom zur konkurrierenden Strömung in einem bestimmten Verhältnis stehen muss. Wenn dieser Abfluss aus dem Oberwasser entnommen wird, entsteht eine Konkurrenzsituation, da der Abflussanteil der vorhandenen Turbine weggenommen wird. Die Betreiber werden einer Reduzierung des Zuflusses zur Turbine in der Regel nicht ohne Gegenwehr zustimmen.

Die Lockstrompumpen bieten eine Chance, das Problemfeld des für ökologische Zwecke abzugebenden Wassers entschärfen, indem die hydraulischen Anforderungen zur Auffindbarkeit mit geringerem Wasserbedarf erfüllt werden.

### Anmerkungen zum Durchfluss als Parameter bei der Auslegung von Fischaufstiegsanlagen

Der an einem Fischpasseinstieg benötigte Abfluss ist stark von der Position abhängig. Die grundlegenden Zusammenhänge können qualitativ wie folgt dargestellt werden.



*Bild 1:  
Qualitative Abhängigkeit  
des Durchflusses im  
Einstieg einer Fischauf-  
stiegsanlage in  
Abhängigkeit vom  
Abstand zum  
Wanderhindernis bei  
gleichen Effizienzanfor-  
derungen*

Die Aussagen dieser Grafik sind folgende:

1. Bei gleicher Anforderung an die Effizienz der Anlage nimmt der relative Durchfluss mit zunehmendem Abstand vom Wanderhindernis stark zu.
2. In größerer Entfernung muss ein großer Teil des Durchflusses als Lockstrom wirksam werden.
3. Direkt am Wanderhindernis hängt der Abflussbedarf von der Leitwirkung des Hindernisses ab. Bei guter Leitwirkung ist hier der Durchflussanspruch eher gering (Mader, 2006).

Fazit: Beginnt ein Fischpass nicht an der optimalen Position, kann dies nur durch enorme Steigerung des Lockstroms kompensiert werden. Der zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Effizienz nötige Durchfluss nimmt mit der Entfernung zum Wanderhindernis stark zu. Konstante relative Durchflüsse können diesem Zusammenhang nicht gerecht werden. In größerer Entfernung sind die benötigten Durchflüsse i.d.R. nicht mehr herstellbar. Bei optimaler Position ist der am Einstieg benötigte Durchfluss vergleichsweise klein. Bei zusätzlich wirksamer Leitwirkung nimmt der Abflussbedarf weiter ab.

Die bei der Planung von Fischaufstiegen anzuwendenden Kriterien können grob in solche zur Sicherstellung der Auffindbarkeit und solche zur Gewährleistung der Passierbarkeit unterteilt werden. Der Durchfluss spielt in beiden Gruppen eine unterschiedliche Rolle:

- Bei der Auffindbarkeit ist der Durchfluss eine maßgebliche Größe, die als Prozentsatz des konkurrierenden Abflusses gefordert wird. Zusätzlich gilt, dass der Lockstrom im Unterwasser spürbar sein soll und dass er in einem bestimmten Winkel einmündet.
- Im Hinblick auf die Passierbarkeit folgt der notwendige Abfluss z.B. bei den beckenartigen Fischpässen indirekt aus den Bemessungswerten von Schlitzweite, Wassertiefe und Höhenabfall am Schlitz. Daraus ergibt sich üblicherweise ein Abfluss, der wegen der heute eingeschränkten Strömungsgeschwindigkeiten in Engstellen (korrespondiert mit Höhenabfall) für die Erzeugung eines Leitstroms oft zu gering ist. Bei der wesentlichen Bemessungsgröße „Leistungsdichte“ wirkt der Durchfluss invers, was bedeutet, dass die Anforderungen zur Energiedissipation umso leichter einzuhalten sind, je geringer der Abfluss ist.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass insbesondere bei nicht ganz optimaler Position des Einstiegs der dort nötige Abfluss oft deutlich größer ist als der Durchfluss, der im Fischpass für die Sicherstellung einer guten Passierbarkeit notwendig wäre. Damit stellt sich die Aufgabe, dem Fischpass kurz vor dem Einstieg den als Lockstrom benötigten Durchfluss hinzuzugeben.

### **Bekannte Lösungen**

Wenn man die triviale Lösung, nämlich den gesamten Fischpass für den am Einstieg benötigten Durchfluss auszulegen, wegen der hohen Kosten nicht weiter betrachtet, kommt als bekannte Lösung die Zugabe der zusätzlichen Dotation im Einstiegsbereich in Betracht. Diese Lösung hat jedoch mehrere Nachteile, nämlich dass

- das gesamte Zusatzwasser der Turbine wegegenommen wird,
- dass dafür eine vergleichsweise großkalibrige Leitung zu bauen ist und,



- dass am Ende der Leitung überschüssige hydraulische Leistung vorhanden ist, die unschädlich umzuwandeln ist. Hierfür sind zusätzliche Bauwerke und/oder vergrößerte Becken nötig.

### Lösungskonzept der Lockstrompumpe

Das Konzept der Lockstrompumpe basiert auf der Idee, nur einen kleinen Teil des benötigten Zusatzwassers aus dem Oberwasser zu nehmen und die darin frei werdende hydraulische Leistung zu nutzen, um Wasser aus dem Turbinenabstrom in den Auslaufbereich des Fischpasses hinein zu befördern. In Bild 2 ist eine grundsätzliche Anordnung dargestellt.

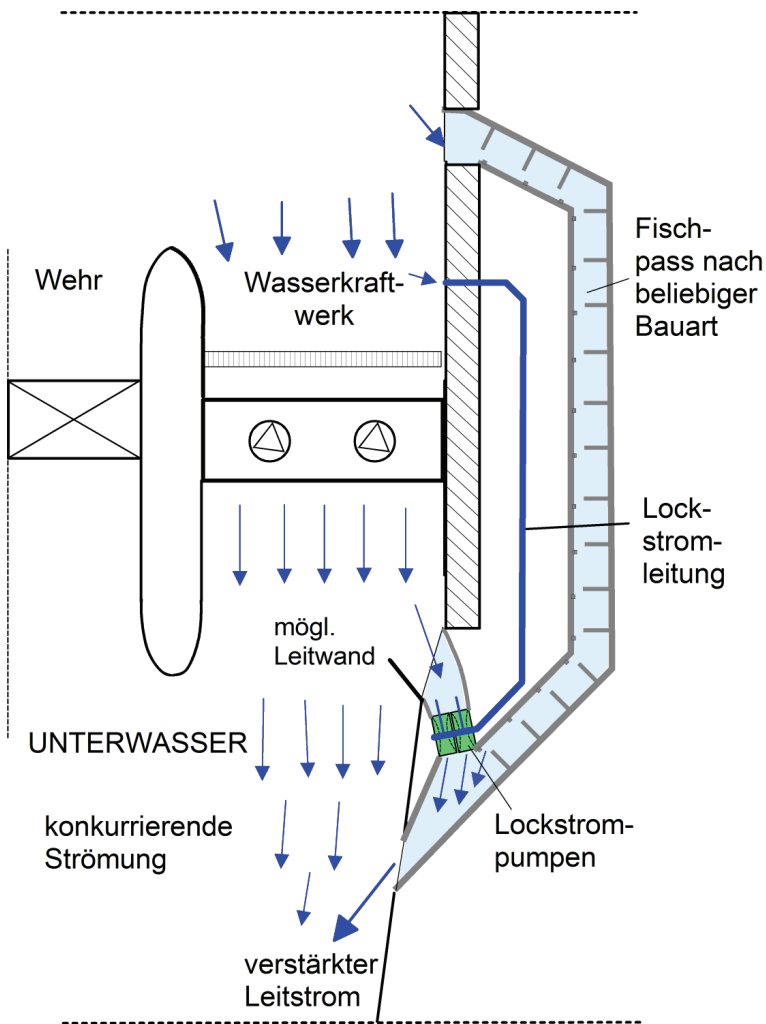
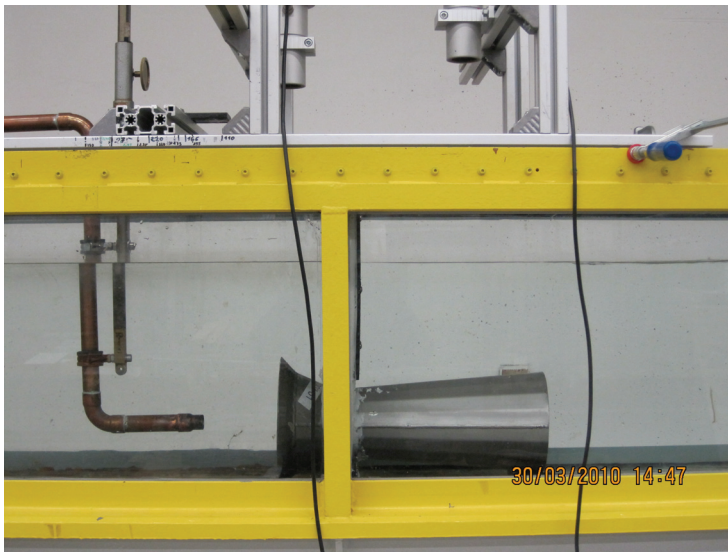


Bild 2: Prinzipielle Anordnung einer Lockstrompumpenanlage

Als hydraulische „Maschine“ bietet sich dazu die Strahlpumpe an, in der ein turbulenter Freistrahls seinen Impuls an das umgebende Fluid überträgt, so dass das dieses Wasser mitgerissen wird. Der Durchfluss im Strahl nimmt über die Fließlänge des Strahls kontinuierlich zu, während die mittlere Geschwindigkeit abnimmt. Dieses Phänomen spielt sich in einem Raum ab, der einer Venturidüsen ähnelt, so dass einerseits kein Rückfluss möglich ist und andererseits ein enger Querschnitt mit hoher Geschwindigkeit und hoher Turbulenz als Einwandersperre für Fische dient.

### Hydraulik der Lockstropmpumpe und Bemessung

Die Strahlpumpen sind durch eine sehr flache Kennlinie charakterisiert. Das bedeutet, dass die Förderhöhe einen großen Einfluss auf die Förderleistung hat. Da die Lockstropmpumpen vom Unterwasser in das Unterwasser fördern, entspricht die Förderhöhe den Verlusten bei der Durchströmung des Kanals vom Turbinen-Unterwasser zu den Lockstropmpumpen, durch diese hindurch und durch den Auslauf des Fischpasses, der zur Erzeugung einer ausreichenden Geschwindigkeit in der Regel mit einer gewissen Einengung versehen ist.



*Bild 3: Lockstropmpumpe mit Düse  
im Labor*

Vorteilhaft für die Förderleistung ist es demzufolge, wenn mithilfe einer Leiteinrichtung Wasser aus dem Turbinenabstrom in die Lockstropmpumpen hineingeleitet wird.

Im Labor der Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau in der Universität Kassel wurde eine in Vorversuchen als günstig erkannte Geometrie genauer untersucht (Rahn, 2011; Bild 3). Für diese Geometrie, die vergleichsweise einfach aus Stahlblech (als Metall-Lockstropmpumpe oder als verlorene Schaltung in einem Betonfertigteile) hergestellt werden kann, wurde in Bemessungsverfahren abgeleitet. Eingangsgröße für die Bemessung ist unter der Voraussetzung, dass ein bestimmter Gesamtabfluss zu fördern ist, das Verhältnis zwischen „Förderhöhe“ und Geschwindigkeitshöhe der Düsenströmung, die wiederum von der Fallhöhe und den Verlusten in der Düsenzuleitung abhängt. In der Abschätzung der „Förderhöhe“ im Betrieb liegt eine der Schwierigkeiten bei der Bemessung. Daraus ergeben sich die Abmessungen, das Förderverhältnis, der Düsendurchmesser und der Düsenabstand. In einem iterativen Prozess sind die geometrischen und hydraulischen Größen so abzustimmen, dass der geforderte Durchfluss möglichst wirtschaftlich dargestellt wird.

Bei ansteigendem Unterwasserstand nimmt die Fallhöhe an der Stauanlage ab. Da aber in der Regel die Querschnitte im Verlauf der Lockstromführung zunehmen und die Verluste abnehmen, hängt es von den örtlichen Bedingungen ab, wie groß der Unterschied in der Förderleistung zwischen  $Q_{30}$  und  $Q_{330}$  ist.

## Fallbeispiele

### Kraftwerk Villach (Drau)

Die erste Lockstrompumpenanlage wurde in Villach an der Drau errichtet. Hier hat sie die Aufgabe, ein künstliches Nebengewässer der Drau so mit Wasser zu versorgen, dass dort viele Fische einwandern, denn der Fischaufstieg schließt an diesem Nebengewässer an. Nebenziel war, im Nebengewässer einen so großen Durchfluss zu erzeugen, dass die nach Hochwasser verbleibenden Sandablagerungen ausgespült werden. Diese machten früher regelmäßige Baggerarbeiten nötig.



*Bild 4: Lockstrompumpen in Villach an der Drau*

Messungen ergaben, dass bei einer Gesamtfallhöhe von über 9 m die Förderleistung den Erwartungen entsprach. Mit einem Durchfluss von knapp 120 l/s durch 7 Düsen und 7 Lockstrompumpen kann ein Durchfluss von 1300 l/s in das Nebengewässer hinein gefördert werden. Zwischenzeitlich wurden die Düsen etwas vergrößert, so dass bei abnehmendem Förderverhältnis ein größerer Düsenstrom auch einen größeren Gesamtdurchfluss erzeugt.

Die Anlage wurde hinsichtlich der ökologischen Funktion durch die Boku Wien (Prof. Schmutz) untersucht. Die Ergebnisse sind leider nicht veröffentlicht. Allerdings kann bei einem Durchflussverhältnis zum Drauabfluss von weniger als 1% und einem erheblichen Abstand zur Stauanlage auch keine hohe Effizienz erwartet werden.

### **Kraftwerk Lengfurth (Main)**

Eine jüngere Lockropmpumpenanlage wurde im letzten Herbst am Main an der Wasserkraft- und Stauanlage Lengfurth/Main eingebaut.



*Bild 5: Lockstropmpumpen an der Stauanlage Lengfurth/Main*

Die Anlage wurde unter gegen gegebenen nicht optimalen Randbedingungen neben den Auslaufbereich des Fischpasses gesetzt. Der Ausstrom vereinigt sich direkt mit dem Fischpassauslauf. Als Einwandersperre ist eine kammähnliche Konstruktion vorgesehen.

Die Anlage wird in Kürze hydraulisch und fischökologisch untersucht. Bereits direkt nach Inbetriebnahme war festzustellen, dass die Zuführung des Düsenstroms über eine Heberleitung problemlos möglich ist. Der Heber kann auf einfache Weise mit einem Wassersauger angeworfen werden.

### **Fazit**

Für die hydraulische Bemessung der Lockstropmpumpen und der Düsenleitungen sind verlässliche Grundlagen vorhanden, wenn die Verluste im Verlauf der Leitung zutreffend abgeschätzt werden. Ergebnisse zur Lockwirkung auf Fische liegen bisher nicht vor. Zu untersuchen ist auch noch die Sperrwirkung der hochturbulenten und schnellen Strömung in den Engpassquerschnitten. Allerdings liegen auch zur Effizienz von Lockstromverstärkungen herkömmlicher Art noch keine spezifischen Effizienznachweise vor.

### **Literatur**

Mader, Helmut (2006): Konfliktlösungen im Spannungsfeld zwischen ökologischer Funktion und anthropogener Nutzung von Fließgewässern. Vortrag WS 2006/2007 Boku Wien  
(<http://iwhw.boku.ac.at/LVA816308/TEIL6WS20062007.pdf>)

Rahn, Silvia (2011);: Hydraulische Untersuchungen einer Lockstropmpumpe. Master-Projektarbeit an der Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau, Universität Kassel, Kassel, 2011 (unveröffentlicht)

## **Konstruktive Möglichkeiten zur Verbesserung der hydraulischen Bedingungen am Einstieg von Fischaufstiegsanlagen**

Dipl. Ing. Ulrich Dumont, Ingenieurbüro Floecksmühle, Aachen

### **Einleitung**

Die Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen hängt wesentlich von zwei Parametern ab:

- Auffindbarkeit des unterwasserseitigen Einstiegs. Fische müssen in der Lage sein, diesen Einstieg möglichst ohne Zeit- und unnötigen Energieverlust auf Grund ihres Verhaltens zu finden.
- Passierbarkeit der Fischaufstiegsanlage durch eine geeignete hydraulische und geometrische Gestaltung und Bemessung für die Fischfauna des Standortes.

Die biologischen Grundlagen zum Verhalten der Fische und grundlegende Gestaltungshinweise für Einstiege von Fischaufstiegsanlagen werden in DWA (2010) und DUMONT et. al (2005) dargestellt.

An vielen Staustufen sind die Wasserkraftanlagen so hoch ausgelegt, dass in der überwiegenden Zeit des Jahres die großräumige Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage im Bereich der Wasserkraftanlage am besten gegeben ist. Daher müssen dort die entsprechenden Vorkehrungen zur Sicherstellung der kleinräumigen Auffindbarkeit des Einstieges der Fischaufstiegsanlage getroffen werden.

Der Hauptströmung folgend wandern Fische i.d.R. bis unmittelbar vor das Wanderhindernis und suchen dort nach einem Weg zum Oberwasser. Dabei werden selbst Zonen mit starker Turbulenz durchschwommen. Nicht alle Mechanismen, die das Verhalten der Fische beeinflussen, sind im Detail geklärt. Jedoch ist alleine aus energetischen Gründen anzunehmen, dass Fische hochturbulente Zonen nur dann durchschwimmen, wenn ihnen kein geeigneter Wanderkorridor zur Verfügung steht, in dem die Fließgeschwindigkeit das physiologische Leistungsvermögen nicht übersteigt.

Als günstige Anordnung für den Einstieg von Fischaufstiegsanlagen im Bereich von Wasserkraftanlagen wurde im Laufe der Zeit und basierend auf durchgeführten Funktionsuntersuchungen folgende Konstellationen entwickelt:

- Der Eintrittsquerschnitt für die Fischaufstiegsanlage sollte möglichst neben dem Wanderhindernis liegen und zwar in Fließrichtung unmittelbar dort, wo die Aufwärtswanderung der Fische durch das Wanderhindernis unterbrochen wird.

- Die Ausströmung aus der Eintrittsöffnung (Leitströmung) sollte parallel oder nur in einem flachen Winkel zur Hauptfließrichtung erfolgen und möglichst gerichtet, ohne Rückströmungen sowie turbulenzarm sein. Ziel ist dabei, den Fischen eine möglichst eindeutige Information über den Wanderkorridor zur Fischaufstiegsanlage zu vermitteln.
- An Wasserkraftanlagen mit Francis- und Kaplan-Turbinen werden Saugrohre oder Saugschläuche verwendet, um die Energie des Wassers, die nach dem Austritt aus dem Laufrad noch nicht abgebaut wurde, nutzen zu können. Dazu wird der Fließquerschnitt unter flachem Winkel erweitert, so dass am Austritt des Saugrohres Fließgeschwindigkeiten von 1,0 m/s bis 1,5 m/s i.d.R. nicht überschritten werden.
- Saugrohre können bei Kaplan-Rohrturbinen in gerader oder leicht gekrümmter Form, bei vertikalen Kaplan- und Francisturbinen mit einer 90°-Abwinkelung ausgeführt werden. Die Turbinenströmung verlässt das Saugrohr mit einem gewissen Drall, der sich aus der Drehrichtung der Turbine ergibt. Untersuchungen haben gezeigt, dass aufstiegswillige Fische sich häufig dort aufhalten, wo eine aufsteigende Quellströmung hinter dem Saugrohr auftritt. Typischer Weise halten sie sich eher am unteren Ende dieser Quellströmung auf, da dort Fließgeschwindigkeiten vorherrschen, die ihre Leistungsfähigkeit nicht übersteigen.
- Bei Kaplan-Turbinen sind die Austrittsgeschwindigkeit und die Turbulenz häufig höher als bei Francis-Turbinen.

### **Leitströmung und Einstiegsbucht**

Die Herstellung einer wahrnehmbaren Leitströmung kann durch folgende Maßnahmen befördert werden:

- Der Abflussanteil der Leitströmung gegenüber der Turbinenströmung muss ausreichend groß sein. Nach vorliegenden Erkenntnissen sollte die Leitströmung bei größeren Wasserkraftanlagen 1% des Ausbaudurchflusses nicht unterschreiten. Die Leitströmung setzt sich aus dem Durchfluss der Fischaufstiegsanlage und ggf. einer zusätzlichen Dotation zusammen, die in das unterste Becken und in den Einstiegsbereich eingeleitet wird. Die zusätzliche Dotation wird meist dem Oberwasser über eine Bypassleistung entnommen. Sie kann bei geeigneten Verhältnissen durch eine Dotationsturbine energetisch genutzt werden. Alternativ ist die Nutzung eines Bypass-Durchflusses für den Fischabstieg möglich, wenn geeignete Vorkehrungen zum Energieabbau und zum Schutz der Fische getroffen werden.

- Die Ausbildung einer Leitströmung, die die o.g. Kriterien über den gesamten Betriebsbereich der Wasserkraftanlage erfüllt, wird erleichtert, wenn uferseitig neben dem Ausströmungsbereich des Turbinensaugrohrs eine Einstiegsbucht vorgesehen wird. Der Einstiegsschlitz befindet sich am Ende dieser Bucht und möglichst unmittelbar neben dem Saugrohraustritt. Für ganz oder zeitweise überstaute Saugrohre muss die Positionierung des Einstiegs gesondert untersucht werden. Die Breite der Einstiegsbucht ist so zu wählen, dass sich in ihr ein durchgehender Wanderkorridor ausbildet. Die Sohle der Einstiegsbucht wird rau gestaltet und stellt eine unterbrechungsfreie Verbindung der Gewässersohle unterhalb des Kraftwerke und der Sohle der Fischaufstiegsanlage dar.
- Es ist sorgfältig zu untersuchen, wie stark die Ausströmung des Turbinensaugrohrs und insbesondere die Turbulenzen unterhalb der Saugrohrmündung die Ausbildung einer gerichteten Leitströmung in der Einstiegsbucht beeinflussen. Grundsätzlich kann dem durch eine Erhöhung der Leitströmung, eine geeignete Geometrie der Einstiegsbucht, eine Verminderung der Turbulenz der Turbinenausströmung und/oder durch eine Abschirmung der Bucht gegen die turbulente Zonen unterhalb des Saugrohres begegnet werden.

### **Verlängerung des Saugrohrs**

Um die Anordnung von Fischaufstiegsanlagen insbesondere an bestehenden Wasserkraftwerken entsprechend den oben dargestellten Kriterien zu erleichtern und die hydraulischen Bedingungen in der Einstiegsbucht zu verbessern, wurde für das Projekt Lauffen/Neckar die Verlängerung der Saugrohre der beiden Kaplan-Turbinen vorgeschlagen (INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE, 2011). Für dieses Verfahren wurden Schutzrechte angemeldet. Eine zwischenzeitliche Prüfung durch den Hersteller der Turbinen hat gezeigt, dass eine negative Beeinträchtigung der Maschinen im vorliegenden Fall nicht zu erwarten ist. Die Leistung und die Jahresarbeit werden nicht vermindert.

Die Anpassungsmaßnahmen umfassen:

- Das Saugrohr wird verlängert und der Querschnitt der bestehenden Austrittsöffnung erweitert, um die Fließgeschwindigkeit zu verlangsamen und die Turbulenz zu reduzieren.
- Durch die Verlängerung des Saugrohrs können in vielen Fällen die geometrischen Voraussetzungen geschaffen werden, um den Einstieg unmittelbar neben der Saugrohrmündung zu platzieren und so eine Sackgasse zu vermeiden. Dies ist ansonsten bei bestehenden Wasserkraftanlagen auf Grund der vorliegenden baulichen Verhältnisse oft nur sehr schwer möglich.
- In der Betondecke der Saugrohrverlängerung können ein oder mehrere Kanäle vorgesehen werden, die vom Fischpass in den Bereich des neuen Austrittsquerschnittes führen und dort additive Einstiegsöffnungen in Form einer Collection Gallery für die Fische bieten.

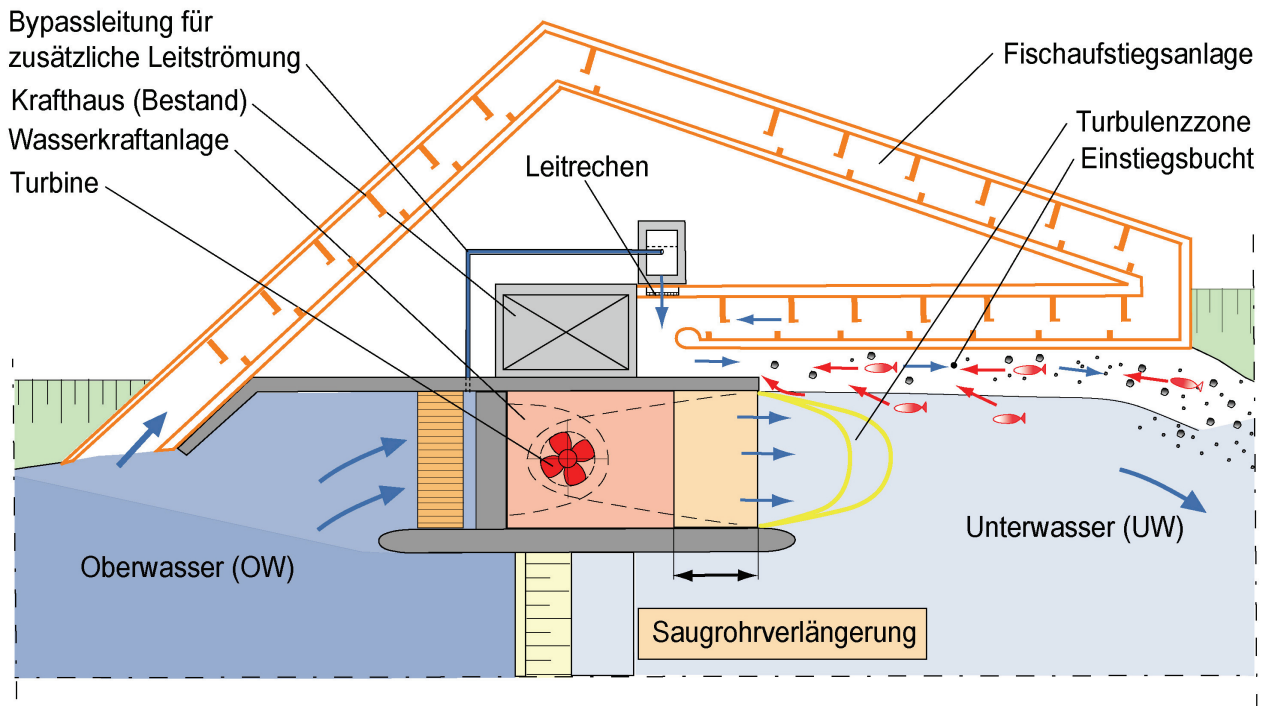


Bild 1: Lageplan eines Kraftwerks mit Saugrohrverlängerung. Der Einstieg kann auf diese Weise neben der Saugrohrmündung angeordnet werden



Bild 2: Unterwasserbereich der Wasserkraftanlage Lauffen/Neckar mit turbulenter Ausströmung der Saugrohre. Die mögliche Verlängerung des Saugrohrs (gestrichelt) und die künftige Position des Einstiegs sind eingezeichnet



## Variable Lamellen

Insbesondere bei Kaplan-Turbinen kann die Turbulenz unterhalb des Saugrohraustritts so hoch sein, dass sich innerhalb der uferseitigen Einstiegsbucht keine gerichtete Leitströmung ausbildet. Häufig ist es nicht möglich den Durchfluss im Einstiegsschlitz soweit zu erhöhen, dass sich trotz der hohen Turbulenz der Hauptströmung eine gerichtete Leitströmung in der Einstiegsbucht ergibt. Weiterhin bestehen in vielen Fällen erhebliche technische, räumliche und ökonomische Schwierigkeiten, das Saugrohr zu verlängern, um ausreichend niedrige Fließgeschwindigkeiten und Turbulenzen in der Turbinenströmung zu erreichen.

Die Strömung innerhalb der Einstiegsbucht muss daher gegen die Saugrohrausströmung abgeschirmt werden. Diese Abschirmung hindert aber gleichzeitig die Fische, die sich ggf. in der turbulenten Zone befinden, in die Einstiegsbucht zu gelangen. Um eine Sackgassenwirkung zu vermeiden, muss daher eine zusätzliche Einstiegsöffnung in der Nähe der Saugrohrmündung vorgesehen werden. Weiterhin ist bei der Dimensionierung der Abschirmung zu beachten, dass sich die Ausdehnung der turbulenten Zone unterhalb der Saugrohrmündung mit dem Durchfluss der Turbine ändert.

Zur Lösung dieser Aufgabe wurden verstellbare Lamellen entwickelt, die senkrecht zwischen dem Auslaufbereich der Turbine und der Einstiegsbucht angeordnet werden (INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE, 2007 – 2008). Die Lamellen sind einzeln drehbar, sodass sie passend zum Durchfluss der Turbine und zur Ausdehnung der Turbulenzzone eingestellt werden können. Die Stellung der oberen Lamelle erfolgt so, dass unmittelbar am Saugrohr ein Einstiegsschlitz geschaffen wird. Die in Fließrichtung weiter unterhalb angeordneten Lamellen können je nach Strömungssituation in Bezug auf die Turbinenausströmung mit positivem oder negativem Winkel geöffnet oder geschlossen werden. Bei positiver Öffnung tritt Wasser aus der turbulenten Zone in die Einstiegsbucht und verstärkt die Leitströmung im weiteren Verlauf (Bild 3). Für das System der verstellbaren Lamellen wurden Schutzrechte angemeldet.

Die beschriebene Lamellen-Reihe wurde erstmalig an der Wasserkraftanlage Nassau/Lahn installiert. Aktuell wird durch hydraulische Messungen und numerische Methoden untersucht, mit welcher Stellung der Lamellen die beste hydraulische Wirkung auf die Leitströmung erzielt werden kann (KLÜBER et. al. 2012). Es ist geplant, mittels eines Didson-Sonars das Verhalten der Fische an dieser Einrichtung zu ermitteln. Nur so kann entschieden werden, ob die Anordnung von Lamellen zwischen der Hauptströmung und der Einstiegsbucht die kleinräumige Auffindbarkeit eines Fischaufstiegs verbessert.

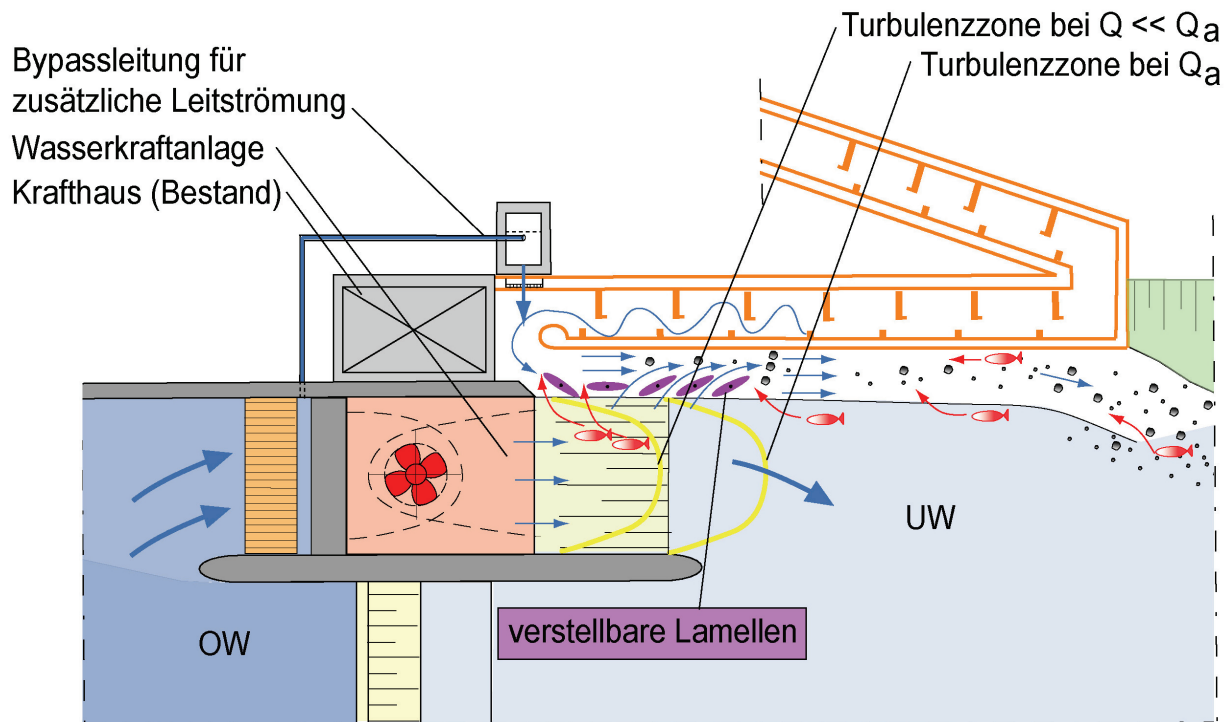


Bild 3: Anordnung von verstellbaren Lamellen zwischen der Einstiegsbucht und dem Ausströmbereich der Turbine.



Bild 4: Verstellbare Lamellen an der Einstiegsbucht in den Vertical Slot Pass am Kraftwerk Nassau/Lahn. Die Lamellen waren zum Zeitpunkt der Aufnahme geschlossen

## Literatur

DUMONT, U., P. ANDERER, U. SCHWEVERS (2005): „Handbuch Querbauwerke“, Hrsg. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 213 Seiten.

DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hrsg.) (2010): DWA Merkblatt M 509 Entwurf Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung, DWA, 978-3-941897-04-5, 285 S.

INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2011): Vorplanung für die Fischaufstiegsanlage Laufen/Neckar im Auftrag des Amtes für Neckarbaubau, Heidelberg, (unveröffentlicht)

INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE (2007 - 2008): Genehmigungs- und Ausführungsplanung für den Vertical Slot Pass am Lahn-Kraftwerk Nassau im Auftrag der SÜWAG, Frankfurt/M., (unveröffentlicht)

KLÜBER, CH., W. KAMPKE, B. SOKORAY-VARGA, R. WEICHERT, U. DUMONT, J. STAMM (2012): Untersuchung der kleinräumigen Auffindbarkeit der bestehenden Fischaufstiegsanlage Nassau/Lahn, Beitrag zum 35. Dresdener Wasserbaukolloquium 2012.



## **Adult Fishway Systems - Multiple Entrance Strategy, Effectiveness, and Design Considerations**

Lynn A. Reese, P.E., Hydraulic Engineer (Fish Passage Regional Technical Specialist),  
United States Army Corps of Engineers (USACE), Walla Walla District

### **1 Introduction**

The purpose of this paper and associated presentation at the Symposium of Ecological Connectivity in Karlsruhe, Germany (12-13 June 2012) is to share experiences in America regarding hydraulic design and biological effectiveness of multiple adult fishway entrances for USACE Walla Walla District hydropower dams in the U.S. Pacific Northwest on the lower Snake River (LSR) and Lower Columbia River (LCR) systems. Multiple fishway entrance examples are discussed with information presented on project features, hydraulic criteria, design considerations, project operations, and entrance effectiveness.

### **2 Background**

LSR and LCR systems have one of the world's largest runs of migrating salmonids (chinook salmon, sockeye salmon, and steelhead) passing fish from the states of Idaho, Oregon, and Washington to the Pacific Ocean. These projects are equipped with extensive features for safely passing both juvenile and adult fish. USACE, Walla Walla District, operates four dams on the LSR in southeastern Washington state (Lower Granite, Little Goose, Lower Monumental, and Ice Harbor) and one dam on the LCR on the Washington/Oregon state border (McNary). Mean LSR and LCR discharges during spring salmonid migration is approximately 2800 and 7400 cubic meters per second (cms), respectively. Power generation capacity for the combined LSR projects is 3033 megawatts and for McNary Dam is 980 megawatts.

McNary (the most upstream project on the LCR that went into service in 1953) is a 20-meter head dam with an overall length of 2245-meters with a fourteen-unit powerhouse (433-meters long with about 464 cms per unit), twenty-two spillbays, and a navigation lock. In contrast, Lower Granite (the most upstream LSR project that went into service in 1975) is a 30-meter head dam with an overall length of 975-meters with a six-unit powerhouse (200-meters long with about 570 cms per unit), eight spillbays, and a navigation lock.

There are migrating fish stocks of salmonids within the Columbia-Snake River System that are listed under the U.S. Endangered Species Act (ESA). These fish hatch in freshwater, migrate to the ocean where they mature, and then return to freshwater to spawn. Depending on the species, this process can take over four years. Historically on the Snake River, fish spawned as far as 1500-kilometers from the mouth of the Columbia River. Other species found within adult fishway systems include shad, sturgeon, lamprey, and bull trout.

### 3 McNary Dam - Multiple Entrance Example

#### 3.1 Features and Fish Passage Criteria

McNary Dam reflects not only older fishway design concepts and lessons learned over time, but it also highlights the incorporation of updated biological criteria and the application of new technologies including new entrance concepts being developed for a non-salmonid species. McNary's current adult fish passage facilities, with separate north and south shore components (see Figures 1A and 1B), are described as follows:

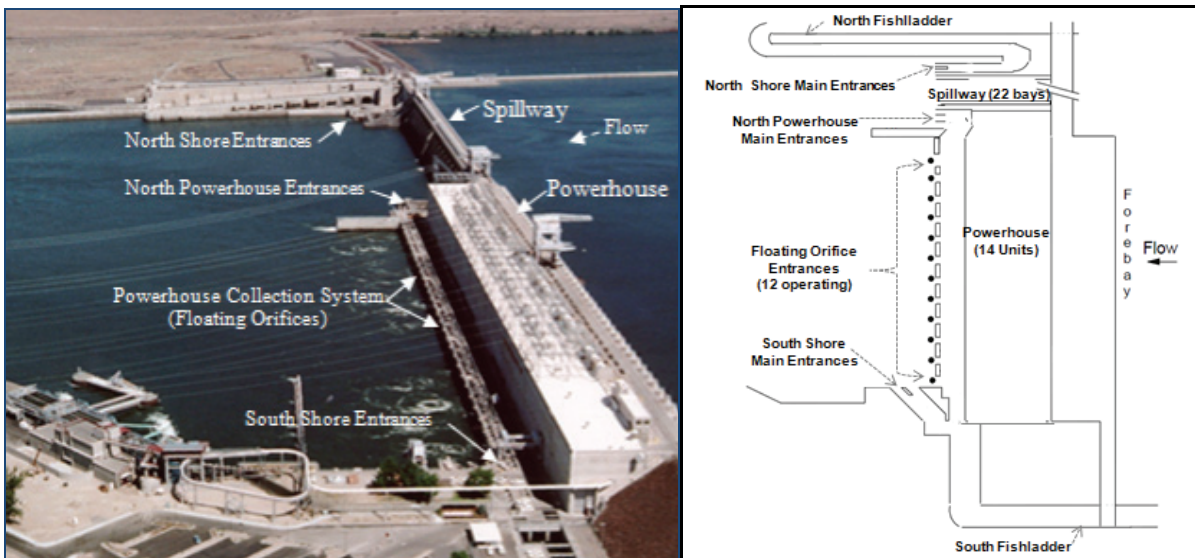


Figure 1: (A) McNary Dam Aerial Photo

(B) McNary Dam Entrance Schematic

> The north shore facilities consist of a fish ladder with a counting station, submerged orifice Passive Integrated Transponder (PIT) tag antennas in the ladder, a collection system (three main downstream entrances [two normally used] plus a side entrance at the spillway basin [currently closed]), and a gravity fed auxiliary water supply system with a small turbine installed.

> The south shore facilities include a fish ladder with counting station, submerged orifice PIT tag antennas in the ladder, antennas at the counting station, a fishway entrance system (two south shore entrances and a powerhouse collection system), and an auxiliary water supply system (gravity and three pumps rated at 70 cms). The powerhouse collection system contains three main downstream entrances and one side entrance at the spillway basin near the north end of the powerhouse (two downstream entrances normally used), twelve operating floating orifice entrances, a common collection channel, and an auxiliary water supply system provided by the previously mentioned gravity / pumped systems.

> Main entrances have adjustable telescoping overflow weirs that are 4.57-meters wide with targeted flow depths (tailwater to weir tops) of 2.44-meters. The hydraulic head is targeted between 0.31- and 0.46-meters with discharges as high as 26 cms.

> Powerhouse submerged floating orifices have openings that are 0.61-meters high by 1.83-meters wide. The orifices float using buoyancy tanks that are set to an orifice center line depth of about 1.22-meters below tailwater. The hydraulic head is about 0.30-meters with a discharge of about 1.70 cms.

> Junction / transition pools are used to connect main fishway entrances to collection channels. The collection channel across the powerhouse is 5.33-meters wide with depths typically exceeding 7-meters. It contains four pairs of wing gates spaced at nearly uniform intervals across the powerhouse that can be used to maintain the collection channel water surface at a proper level with respect to tailwater. Channel velocities are targeted between 0.30- and 1.22-meters per second (mps).

It's interesting to note that as better biological information became available over time, operational changes were made to improve fish passage results. Examples include: (1) reducing the number of operating floating orifice entrances from forty-four to twelve which allowed for an increase in main entrance attraction flow without significantly impacting overall floating orifice performance; (2) increasing main entrance weir depths (from 1.83- to 2.44-meters) and hydraulic head (from 0.08- to as high as 0.46-meters) in order to enlarge entrance flow areas and to boost attraction flow rates; and (3) eliminating the use of a back transportation channel (constructed to provide fish entering the main entrances between the spillway and the powerhouse with a means to direct access to the south shore ladder) since relatively low numbers of fish exited the fishway through floating orifice entrances.

### **3.2 Hydraulic Evaluations**

Hydraulic operation of the adult fish passage facilities were evaluated in 1986-87 to estimate discharge capacities of auxiliary water supplies (pumped and gravity), to determine how well design requirements were being met, and to optimize operations of the existing system. The hydraulic analysis was completed using three different computational methods to calculate system discharge: physical model fishway entrance data, a computer math model of the pipe network system, and pump rating curves. Information obtained from this study led to a better understanding of the facility which in turn resulted in improved project operations. It also identified important maintenance related issues that needed to be further evaluated.

### **3.3 Entrance Effectiveness**

Adult fishway entrance use and movements within McNary Dam fishway were monitored in 1996 by recording the movements of chinook salmon tagged with radio transmitters. The amount of flow released over the spillway during the evaluation ranged from 40 to 65 percent of total river flow. Median passage times from tailrace receivers located about 2.5-kilometers downstream from the dam to the first recorded approach at an entrance were about 2.5 hours. Median time from first approach to first entry into a fishway was about 3 hours. When all approaches at fishway entrances were considered, approaches were most frequent at four of the twelve orifice gates. However, the majority of first and subsequent entries into the fishway occurred at the north shore and

south shore entrances. Of fish that entered the fishway, 45 percent entered only once with the average number entering a median of 2 times each. Few fish returned to the river by exiting at orifice gates.

### **3.4 Entrance Design for a Non-Salmonid Species**

Pacific lamprey passage through adult salmonid fishway systems is poor. About 40 percent of radio tagged lamprey released below a dam pass the top of ladders. Because there are many gaps in knowledge concerning Pacific lamprey behavior, passage, and life cycle, an adaptive management approach is being followed to develop useful lamprey related passage modifications at the project. Pacific lamprey are poor swimmers when compared to salmonids and nearly all salmonid-based velocity criteria at fishway entrances and in the fish ladders may be too high for lamprey to navigate without being delayed or using excessive energy. Because of vast differences in swimming ability and behavior, modifications that can be made to improve hydraulic conditions for lamprey are limited while keeping the fishway functional for ESA-listed salmonids. Some of the hydraulic and biological guidance being used in current design work for lamprey includes keeping velocities to 1.22 mps or less, directing attraction flow plumes downward, and eliminating or reducing eddies wherever practical.

A potential operational solution that is being tested at McNary's south fishway entrance is to reduce fishway entrance velocities at night when lamprey are most active and salmonids are not. This is done by lowering entrance weirs to the lowest elevation possible (lowering the head differential) and thus reducing the entrance velocities while maintaining the discharge of water exiting to the tailrace. Another approach to improving entrance efficiency is to modify existing main entrance weirs and floors to reduce velocities to make it easier for adult lamprey to enter the fishways. To assist lamprey in finding and entering the adult fish ladder at McNary Dam south shore, a prototype lamprey entrance structure has been developed using a physical model to evaluate different design alternatives. The structure consists of a ported hood box with multiple rows of entrances, a baffle box section, and a trash rack. The installation of the lamprey prototype entrance structure is scheduled for 2013 or 2014.

## **4 Summary Points**

Important multiple entrance related observations, design considerations, and operational strategies based on experiences (primarily salmonid but with implications for non-salmonids) at USACE dams on the LSR and LCR systems include:

- > Migration rates will vary with species, year, season, and environmental conditions. In general, salmonids appear to move through the combination of LSR and LCR dams and reservoirs at rates similar to unimpounded reaches.
- > The smaller size of river and dams on the LSR, relative to the LCR projects, generally makes it easier to negotiate for adult migrants.
- > High flow, with associated high spill and turbidity, affect fish passage behaviors at the dams.



- > Where fish approach a dam is probably related to the amount and location of discharges. Ease of following attractive flow to an entrance (e.g. fish getting caught in large tailrace eddies versus a straight shoreline approach to an opening where salmonids tend to orientate along shorelines when migrating upstream) is an important factor.
- > Fish typically make multiple approaches to fishway entrances. When all approaches are considered, the highest numbers are at powerhouse collection gallery orifice gates, an indication that fish are attracted by the turbine outflows.
- > In general, fish more readily enter the largest openings with the greatest attractive flow. Fish typically make the greatest use of entrances along shorelines, probably because adult salmonids tend to orientate along shorelines when migrating upstream. Larger fishway entrances are located at both ends of powerhouse collection channels and adjacent to spillways.
- > Although many fish approach orifice-gate entrances across the face of powerhouses, fewer fish relative to main entrances enter through these smaller openings. This may be an indication that fish have difficulty sensing attractive flows from orifice gates amongst the turbine outflow, even though they approached these openings close enough to be detected. It is also possible that fish are more hesitant to enter smaller openings.
- > Most fish that exit from collection channels are from entrances closest to the bottom of the ladder, entrances at the end of powerhouses, and entrances to ladders adjacent to a spillway. Relatively few exit via orifice gates. Non-uniform flows in transportation channels, lack of sufficient attractive flow, temperatures, or a combination of these or other variables may contribute to behavior in transition pools that may lead to fish exiting entrances.
- > Most fishway entrances at the different dams have more entries than exits. It is generally not suggested that fishway entrances that have lower net entry rates be closed, but instead methods to reduce fallout from fishways should be explored as the preferred strategy. For example, a modified fishway fence installed in 1997 in the collection channel at Lower Granite Dam was effective at reducing the number of fish that exited the entrance at the north end of the powerhouse. Another example from Lower Granite is where fish ladder weirs at the bottom of the fishladder were modified to increase velocities in the transition pool, resulting in a decrease in the proportion of fish turning around and exiting the entrances.
- > It is important that the hydraulics of the fishway system (including tailrace conditions) be fully understood and periodically evaluated in order to check and optimize fishway operations.
- > Understanding the behavior of targeted fish species is essential in locating, designing, and operating optimal fishway entrances. As new biological information is gathered on fish species (previously targeted or new), it is possible to make operational as well as structural modifications to optimize fishway performance.
- > An adaptive management approach can be used to develop potential fish passage related modifications for species where there may be many gaps in biological knowledge.

### **Acknowledgements:**

The author would like to acknowledge and thank the following groups from which information was used in this paper: the U.S. Geological Survey, the Idaho Cooperative Fish and Wildlife Research Unit (University of Idaho), the Northwest Fisheries Science Center of the National Marine Fisheries Service, and the USACE Joint District Lamprey Team (Portland and Walla Walla Districts).

### **Literature:**

1. Keefer ML, TC Bjornn, CA Perry, KR Tolotti, RR Ringe, and LC Stuehrenberg, 2003, **Adult Spring and Summer Chinook Salmon Passage Through Fishways and Transition Pools at Bonneville, McNary, Ice Harbor, and Lower Granite Dams**, 1996, Technical Report 2003-5.
2. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2000, **Passage of Juvenile and Adult Salmonids Past Columbia and Snake River Dams**, NOAA National Marine Fisheries Service, Northwest Fisheries Science Center, Seattle, Washington (White Paper).

## Mündungsgestaltung von Fischwegen an großen Wasserkraftanlagen

Dr.-Ing. Rolf-Jürgen Gebler, Ingenieurbüro Dr. Gebler, Walzbachtal

### Angestrebte Ausgestaltung bei Neubauten

Bei Neubauten von Wasserkraftanlagen wird üblicherweise die Anordnung der Fischpassmündung direkt neben dem Turbinenauslauf angestrebt. Der Abfluss soll parallel zur Turbinenströmung erfolgen, günstig wirkt sich eine seitliche Berme aus, über die zudem der Sohlanschluss hergestellt werden kann. Ein Beispiel für diese Ausgestaltung ist die Mündung des Fischpasses am neuen Kraftwerk Rheinfelden am Hochrhein (Bilder 1,2).



Bild 1: Fischpass KW Rheinfelden



Bild 2: Mündung Fischpass KW Rheinfelden

### Mündungsgestaltung bei bestehenden Anlagen

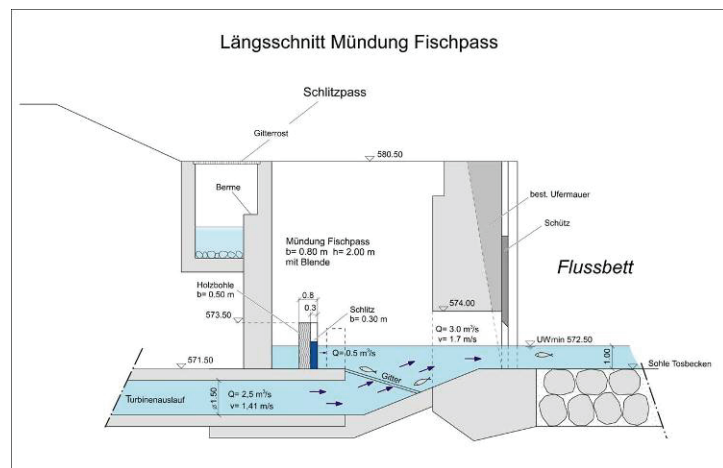
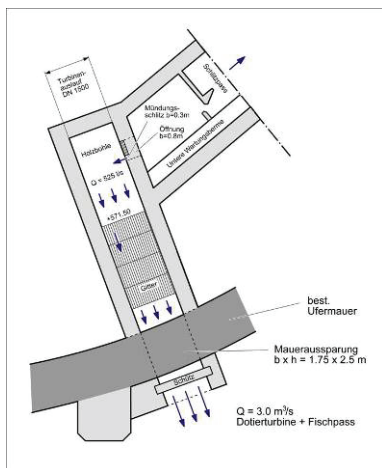
Bei bestehenden Wasserkraftanlagen ist eine Anordnung der Fischpassmündung wie oben beschrieben nur selten realisierbar, so dass alternative Lösungen gesucht werden müssen, die im Folgenden an Beispielen erläutert werden.

#### Fischpass Wehr Reichenau am Alpenrhein (CH)

Am ca. 12 m hohen Wehr Reichenau wird der Rheinabfluss (bis max. 120 m<sup>3</sup>/s) in ein Kraftwerk ausgeleitet. Der in die Ausleitungsstrecke abzugebenden Mindestabfluss von  $Q = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$  wird über eine Dotierturbine energetisch genutzt. Im vorliegenden Fall wurde eine gemeinsame Mündung von Dotierturbine und Fischweg realisiert. Hierdurch wirkt der gesamte Dotierabfluss von  $Q = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$  als Leitströmung.

Die Mündung wurde im Strömungsschatten eines Mauervorsprunges über eine Aussparung ( $b = 1.75 \text{ m}$ ,  $h = 2.5 \text{ m}$ ) in der linken Ufermauer etwas oberhalb der Tosbeckenendschwelle hergestellt. Die Aussparung wurde so ausgelegt, dass sich bei einer minimalen Wassertiefe von  $1.0 \text{ m}$  eine Fließgeschwindigkeit von  $v = 1.7 \text{ m/s}$  ergibt. Diese Fließgeschwindigkeit garantiert eine gute Leitwirkung und ist von den hier angesprochenen Fischarten gut zu überwinden.

Die eigentliche Fischpassmündung liegt über dem Turbinenauslauf (Bilder 3,4). Durch die Anordnung eines Leitgitters über dem Turbinenauslauf werden die Fische zwangsläufig in den strömungsberuhigten Bereich über dem Turbinenauslauf geführt, in den seitlich der Fischpass mündet. Die Mündung des Fischpasses besteht aus einem  $30 \text{ cm}$  breiten Schlitz, aus dem eine Strömung mit einer Fließgeschwindigkeit von  $v_{\text{max}} = 2.0 \text{ m/s}$  austritt. Der Fischpass ist seit April 2000 erfolgreich in Betrieb und wird vor allem von Seeforellen und Bachforellen genutzt.



Bilder 3 und 4: Mündung Fischpass Reichenau, Draufsicht und Längsschnitt

### Fischpass KW Wyhlen am Hochrhein

Am KW Wyhlen wurde ein alter Fischpass erneuert. Die wichtigste Verbesserung bestand in der Verlängerung des Fischpasses, so dass die Mündung nun am Saugschlauchende des Kraftwerkes liegt (Bild 5). Zur Verstärkung der Leitströmung wird über eine Bypassleitung ein zusätzlicher Abfluss von  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  in das Mündungsbecken geführt (Bild 8). Aufgrund schwieriger Platzverhältnisse war die seitliche Anordnung eines Beruhigungsbeckens nicht möglich. Unter dem Mündungsbecken stand allerdings Platz zur Verfügung, so dass die Bypassleitung unter das Mündungsbecken geführt wurde, d.h. die Zugabe des Dotierabflusses erfolgt von unten über ein Gitter in das Mündungsbecken.

Vom Mündungsbecken zweigen zwei Mündungen über vertikale Schlitze in das Unterwasser ab (Bilder 5-8). Ein Schlitz ist an der Ufermauer parallel zur Turbinenströmung angeordnet (Mündung A). Durch die zweite Mündung (Mündung B) senkrecht zur Turbinenströmung wird eine Leitströmung auf der Saugschlauchdecke erzeugt.

Die über einen Zeitraum von einem Jahr durchgeführten Aufstiegszählungen haben eine sehr gute Funktionalität aufgezeigt. Es wurden 24 Fischarten festgestellt, die Hauptanzahl stellen Rotauge, Laube, Schneider und Barbe. Hervorzuheben sind die sehr hohen Aufstiegszahlen der Schneider (ca. 2400 Fische in einem Jahr). Der Fischpass wird als der „beste“ Fischpass am Hochrhein eingestuft.



Bild 5: Fischnass KW Wyhlen, unterer Abschnitt



Bild 6: Mündungen A und B

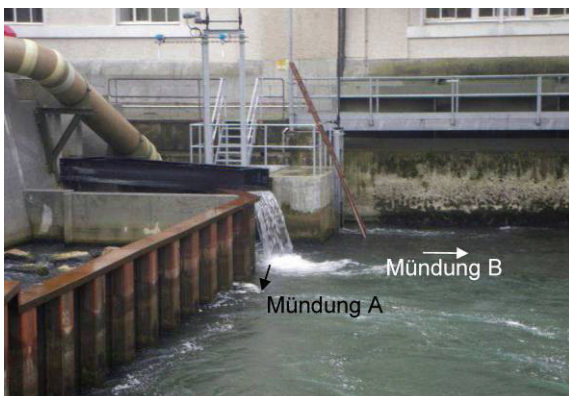


Bild 7: Zwei Mündungen Fischnass KW Wyhlen

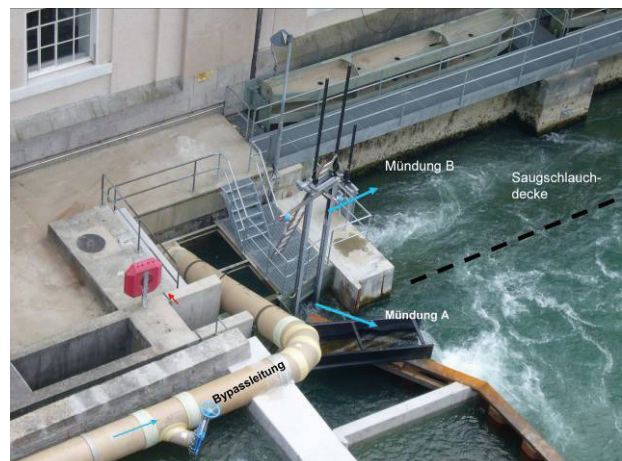


Bild 8: Draufsicht Mündungsabschnitt

### Fischwechsellanlage Moselstaustufe Koblenz

An der ca. 6,5 m hohen Moselstaustufe Koblenz wurde im Jahr 2011 eine neue Fischwechsellanlage mit Besucherzentrum in Betrieb genommen (Bilder 9 und 10). Das Mündungsbauwerk liegt unmittelbar neben der Saugschlauchmündung der Wasserkraftanlage. Zur Erhöhung der Leitströmung wird über eine separate Dotierwasserkraftanlage ein zusätzlicher Abfluss von ca. 4,0 m<sup>3</sup>/s in das Mündungsbecken (letztes Fischnassbecken vor der Mündung in das UW) eingeleitet. Aufgrund der sehr beengten Platzverhältnisse war nur eine Einleitung des Turbinenabflusses von unten realisierbar (Bild 11). Die Zugabe erfolgt hierbei über ein verstellbares Leitgitter. Die Fische werden zwangsläufig durch die Turbinenströmung in den strömungsberuhigten Bereich über dem Turbinenauslauf geführt, in den seitlich der Fischnass mündet. Der Gesamtabfluss von ca. 4,8 m<sup>3</sup>/s wird durch zwei regulierbare Mündungen in das Unterwasser geleitet (Bild 12).

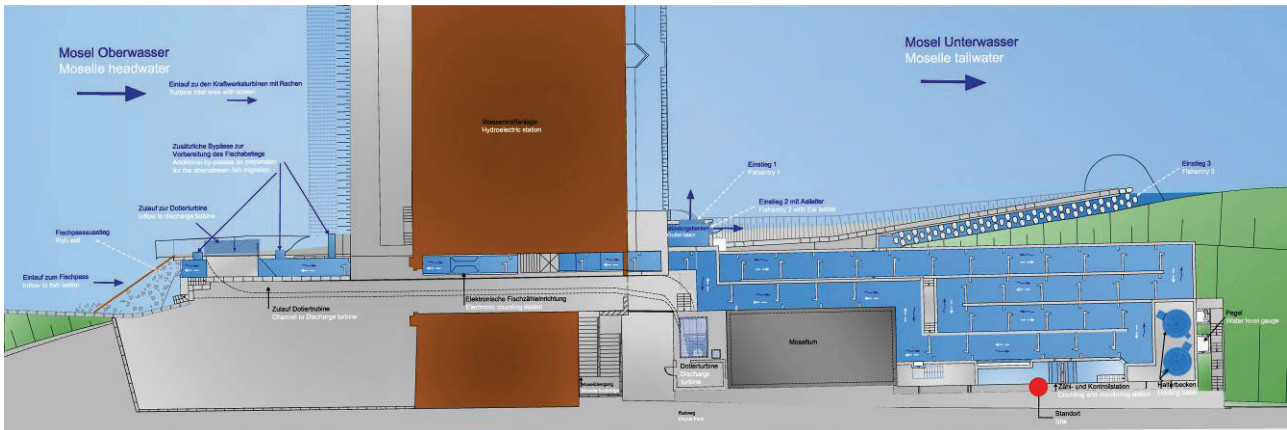


Bild 9: Fischwechsellage (FWA) Moselstaustufe Koblenz, Gesamtansicht

Mündung 1 erfolgt senkrecht zur Hauptströmung der Mosel auf die Saugschlauchdecke des Kraftwerks. Je nach Unterwasserstand ergibt sich über der Saugschlauchdecke ein mehr und minder ausgeprägter strömungsberuhigter Bereich. Die Mündung 1 ist so ausgerichtet, dass eine Leitströmung quer zur Fließrichtung der Mosel, entlang der Saugschlauchdecke erzeugt wird. Mündung 2 ist neben der Ufermauer angeordnet und erzeugt eine Leitströmung parallel zur Ufermauer in Richtung UW (Bild 13).



Bild 10: FWA Koblenz, Gesamtansicht

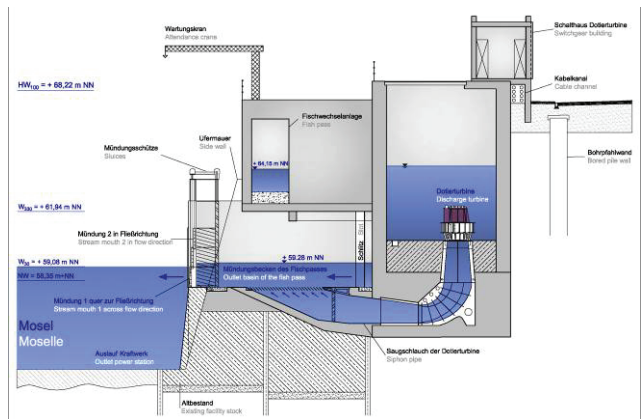


Bild 11: FWA Koblenz, Längsschnitt Mündung



Bild 12: Zwei Mündungen im UW des Krafthauses



Bild 13: Dritter Mündungsarm (Sohlanschluss)

Beide Mündungen werden mit mehrfeldrigen Tafelschützen automatisch, wasserstandsabhängig reguliert. In Abhängigkeit vom Unterwasserstand werden die Mündungsöffnungen in ihrer Höhe so reduziert, dass bei allen Unterwasserständen eine wahrnehmbare Leitströmung erzeugt wird.

Die Lage der Einmündung neben der Saugschlauchdecke ist für die im freien Wasser aufsteigenden Fische optimal. Allerdings ist hier kein Anschluss des Lückensystems an die Gewässersohle möglich, so dass ein Einstieg für bodenorientierte und substratgebundene Arten nicht möglich ist. Um auch diesen Arten einen Einstieg zu ermöglichen wurde ein dritter Mündungsarm erstellt, der als Raugerinne vom Schlitzpass abzweigt und ca. 60 m unterhalb des Krafthauses am rechten Moselufer mündet (Bild 13).

Der Fischpass ist seit September 2011 in Betrieb, die Dortierturbine erst seit Januar 2012. Das von der BfG durchgeführte Monitoring erfolgt mittels Vaki-Counter und einer Sammelkammer.

#### KW Albruck / Dogern am Hochrhein, Fischpass am Wehr

Im Rahmen der Neukonzessionierung des Rheinkraftwerkes Albruck-Dogern wurde der Dotierabfluss für die Ausleitungsstrecke deutlich erhöht. Für die energetische Nutzung dieses Abflusses wurde am Wehr ein neues Kraftwerk ( $Q_A=300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und ein naturnahes Verbindungsgewässer errichtet (Bild 14). Von diesem Verbindungsgewässer zweigt unterhalb des Kraftwerks ein Schlitzpass ab (Bild 15). Bei den hydraulischen Modellversuchen wurden sehr hohe Fließgeschwindigkeiten entlang der linken Ufermauer ermittelt. Da diese für viele Fischarten als zu hoch eingeschätzt wurden mussten alternative Einstiegsmöglichkeiten geschaffen werden.

Der Auslauf des Kraftwerks wird im UW seitlich nicht durch einen Pfeiler begrenzt, die Turbinenströmung kann sich seitlich ausbreiten. An der Unterseite des Krafthauses wurde ein Sammelkanal angeordnet, der insgesamt 4 Mündungsöffnungen aufweist, von denen derzeit zwei betrieben werden. Eine Öffnung ist direkt an der Ufermauer angeordnet, die Leitströmung aus dieser Öffnung kann mit einer separaten Bypassleitung verstärkt werden. Die zweite Öffnung am Ende des Sammelkanals führt seitlich auf die Flusssohle und ermöglicht den Fischen, die von der Wehrseite aufwärts wandern, den Einstieg in den Fischaufstieg. Über ein separates Bypassgerinne kann ein zusätzlicher Abflussanteil von bis zu  $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$  in den Sammelkanal eingeleitet werden. Der hydraulisch erforderliche Querschnitt der beiden Mündungen wird über Schütze automatisch geregelt. Derzeit wird ein umfangreiches Monitoringprogramm durchgeführt, mit dem der Betrieb der verschiedenen Mündungen überprüft und optimiert werden soll. Bei den bisherigen Zählungen konnten 21 Fischarten festgestellt werden, wobei Barben, Schneider, Döbel und Lauben dominieren.

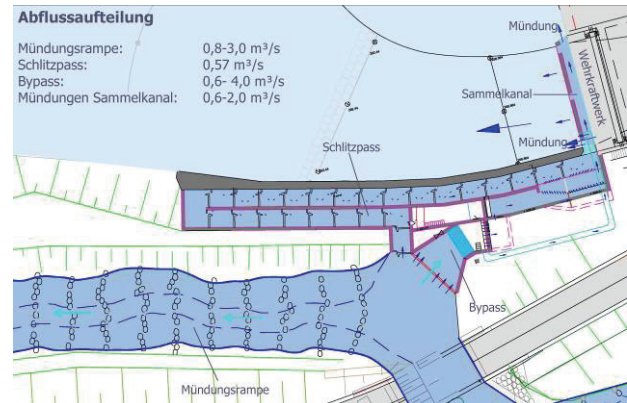
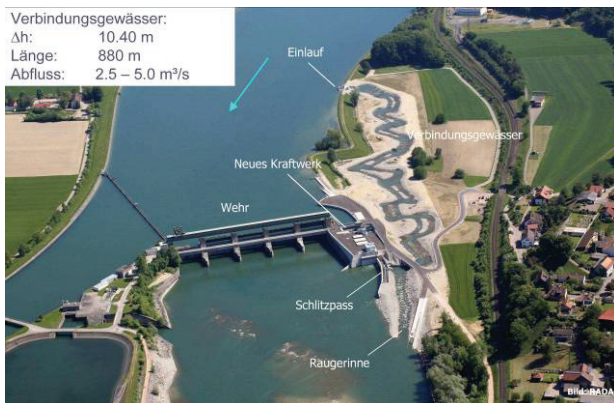


Bild 14: Wehr Dogern mit Verbindungsgewässer Bild 15: Mündungen im UW des Kraftwerks

KW Albruck / Dogern am Hochrhein, Fischpass am „alten“ Kraftwerk

Auch am bestehenden Krafthaus (Bild 16) am Ende des Oberwasserkanals wurde ein neuer Fischpass errichtet. Eine Anordnung des Fischpasses am rechten Ufer war nicht möglich. Aufgrund von baulichen Anlagen konnte auch am linken Ufer die Fischpassmündung nicht direkt an das Krafthaus gelegt werden. Stattdessen wurde die im vorliegenden Fall besonders weit ins UW reichende Saugschlauchüberdeckung ausgenutzt (Bild 17). Eine Elektrofischung ergab, dass sehr viele Fische in den, auch bei niedrigen UW-Ständen überströmten, Raum über der Saugschlauchdecke vordringen. Die Mündung des Fischpasses erfolgt von der linken Uferseite senkrecht zur Hauptströmung auf die Saugschlauchdecke (Bild 17). Da dieser Raum sehr strömungsruhig ist, kann hier eine gute, weit reichende Leitströmung erzeugt werden. Der eingeleitete Abfluss beträgt konstant 2.0 m³/s. Die Öffnungsbreite der Fischpassmündung wird über ein Schiebtor so geregelt, dass eine Austrittsgeschwindigkeit von ca. 1,5 m/s vorhanden ist. Bei den bisherigen Zählungen konnten 20 Fischarten festgestellt werden, wobei Barben, Flussbarsch, Döbel und Schneider dominieren. Besonders positiv ist der zahlreiche Aufstieg von Äschen, die in Fischpässen eher selten anzutreffen sind.

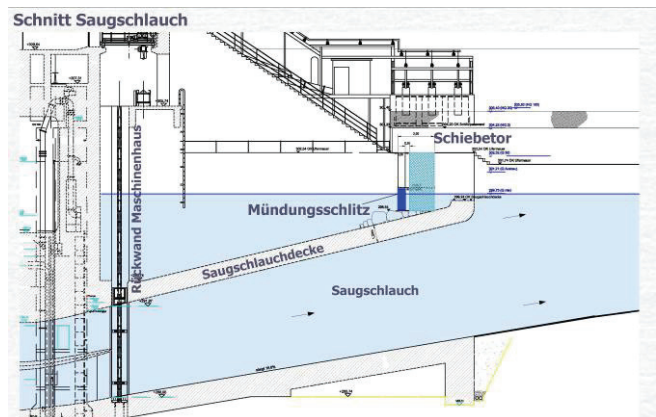


Bild 16: Kraftwerk Albruck

Bild 17: KW Albruck, LS Turbinenauslauf



## Literatur

Gebler, R.-J. und Michel, M., "Fischweg KW Reichenau am Alpenrhein – Schlüsselfunktion für die Bodensee-Seeforelle", Wasser Energie Luft, Heft 5/6 (2004), pp 139-143.

Gebler, R.-J., "Entwicklung naturnaher Bäche und Flüsse – Maßnahmen zur Strukturverbesserung", Verlag Wasser + Umwelt, ISBN 978-3-939137-01-6, (2005).

Gebler, R.-J., "Fischwege und Sohlengleiten, Band 1 Sohlengleiten", Verlag Wasser + Umwelt, ISBN 978-3-939137-02-3, (2009).

Gebler, R.-J., "Zählbecken – eine Fisch schonende Methode zur Funktionskontrolle von Fischwegen, Wasserwirtschaft, Heft 3, (2010), pp 26-29

Gebler, R.-J. und Lehmann, P., "Auslegung der Umgehungsgewässer am Wehrkraftwerk und an der Altanlage der RADAG", Wasserwirtschaft, No. 6, (2010), pp 40-44.

Ing.-Büro Dr. Gebler, Genehmigungs- und Ausführungsplanung „Ökologische Ausgleichsmaßnahmen Neubau Wehrkraftwerk RADAG“. Auftraggeber: RADAG, Laufenburg, 2005

Ing.-Büro Dr. Gebler, Genehmigungs- und Ausführungsplanung „Fischpass am alten Maschinenhaus RADAG“, Auftraggeber: RADAG, Laufenburg, 2008

Ing.-Büro Dr. Gebler, „Ausführungsplanung Fischpass am Schweizer Ufer, Neubau Kraftwerk Rheinfelden“, Auftraggeber: EnergieDienst AG (2009).

Ing.-Büro Dr. Gebler. Genehmigungs- und Ausführungsplanung zur Optimierung des Beckenfischpass am Rheinkraftwerk Wyhlen, Auftraggeber: EnergieDienst AG, Rheinfelden (2007)

Ing.-Büro Dr. Gebler. „Genehmigungs- und Ausführungsplanung Fischwechsellanlage an der Moselstaustufe Koblenz“, Auftraggeber: SGD Nord, Regionalstelle WAB, Koblenz, (2009/2010)

Ulrich, J., „Optimierung des Beckenfischpass am Rheinkraftwerk Wyhlen“, Wasserwirtschaft, Heft 3 (2010)



## **FuE – Konzept von BfG und BAW – Projekte zur groß- und kleinräumigen Auffindbarkeit**

Dipl.-Ing. Wolfgang Kampke, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Dipl.-Biol. Matthias Scholten, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Dipl.-Biol. Arne Rüter, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

### **1. Einleitung**

Mit der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) im Jahr 2010 wurde die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen zur Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen durchzuführen. Die Bundesanstalten für Gewässerkunde (BfG) und Wasserbau (BAW) sind vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) damit beauftragt, diesen Prozess zu begleiten und wissenschaftlich zu unterstützen.

Um fachliche Erkenntnislücken im Hinblick auf die biologisch-abiotischen (hydraulischen) Prozesse der Fischwanderung unter Berücksichtigung der besonderen Randbedingungen an den Staustufen der Bundeswasserstraßen zu schließen, stellen BfG und BAW ein Forschungs- und Entwicklungskonzept auf.

Neben der Schließung der Wissensdefizite in den die Fischwanderung betreffenden Aspekten, wie Auffindbarkeit und Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen (FAA) sowie dem Wanderverhalten der Fische in den Stauhaltungsbereichen, sollen die hierbei gewonnenen Erkenntnisse genutzt werden, um den aktuellen Stand des Wissens und der Technik weiterzuentwickeln.

Das gemeinsame FuE-Konzept berücksichtigt darüber hinaus auch Themen wie die mögliche Übertragbarkeit von Erkenntnissen auf andere Standorte, Qualitätssicherung der FAA, konkrete Fragestellungen aus der Beratungspraxis sowie die Identifikation von ökonomischen und ökologischen Synergieeffekten.

### **2. Offene Fragestellungen zur Auffindbarkeit von FAA an Bundeswasserstraßen**

Im Hinblick auf die Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen bestehen trotz umfangreicher Untersuchungen weltweit im Themenbereich ökologische Durchgängigkeit und der Verfügbarkeit von Leitfäden, Merkblättern, Handlungs- und Dimensionierungsempfehlungen zum Fischaufstieg (z. B. DWA 2010, MUNLV 2005, etc.) derzeit immer noch Wissensdefizite, die es erforderlich machen, bestimmte relevante Fragestellungen und Aspekte im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten zu untersuchen. Häufig sind die verfügbaren Erkenntnisse, auf denen die bestehenden Regelwerke basieren, im Schwerpunkt auf kleinere Fließgewässer und zum Teil nur auf bestimmte Fischarten orientiert. Die besonderen Randbedingungen an Bundeswasserstraßen sind hier zumeist nicht mit berücksichtigt.

Aus den Empfehlungen in den Regelwerken, den offenen Fragen aus dem Bereich Fischökologie und konkreten Herausforderungen aus der aktuellen Planungs- und Beratungspraxis lassen sich exemplarisch eine Reihe von Fragestellungen im Zusammenhang mit der Auffindbarkeit von FAA aufzeigen:

- Woran orientieren sich die Fische während ihrer Wanderung neben der Fließgeschwindigkeit der Strömung?
- Wie definiert sich der Wanderkorridor der Fische im Flussquerschnitt (räumlich, physikalische Faktoren)?
- Unter welchen Bedingungen wird eine zweite Fischaufstiegsanlage benötigt?
- Wie viele Einstiege in eine FAA sind unter welchen Randbedingungen notwendig?
- Wie wirkt sich Turbulenz auf Fische im unmittelbaren Einstiegsbereich aus (z.B. durch Dotation im Einstieg)?
- Gibt es Unterschiede im Fischverhalten im Turbulenzbereich von Wehren und Wasserkraftanlagen und wirkt sich dies auf die erforderliche Positionierung von FAA aus?
- Wie ist der quantitative Zusammenhang zwischen erforderlichem Abfluss bzw. Zusatzdotation oder Leitströmung der FAA zur Gewährleistung der Auffindbarkeit in Abhängigkeit zu Turbindurchfluss, Flussbreite, Wehrströmung und weiteren relevanten Strömungsparametern?

Die Bearbeitung der genannten offenen Fragen stellt eine große wissenschaftlich-fachliche Herausforderung dar, die sowohl einen geeigneten Untersuchungsansatz als auch die Möglichkeit der Kombination geeigneter biologischer, hydraulischer und andere abiotische Faktoren abdeckende Mess- und Modellierungsmethoden benötigt. Beides kann nur durch die intensive fachliche Kooperation der Oberbehörden BfG und BAW mit der WSV und anderen Partnern geleistet werden.

### **3. Konzeptioneller Ansatz**

Prinzipiell folgen die geplanten Untersuchungen einem mehrstufigem Ansatz: In der ersten Stufe erfolgen (aktuell) hydraulische Analysen und Modellierungen spezifischer Fragestellungen, die hinsichtlich ihrer ökologischen Relevanz anhand des aktuellen (leider lückenhaften) Kenntnisstandes zu Verhältnissen in BWaStr. aus der Literatur bewertet werden. Dieser – fischökologisch-theoretische Ansatz bildet die Hypothese für die nachfolgenden explorativen Untersuchungen. Hierbei sind in einer zweiten Phase Studien zum Fischverhalten während der Aufwanderung kombiniert mit einer parallelen Erfassung abiotischer Faktoren wie Hydraulik, Hydroakustik oder Bathymetrie geplant. Die Daten werden statistisch-modellhaft ausgewertet, um die Schlüsselfaktoren für die Entstehung von Bewegungsmustern und dem Fischverhalten wandernder Fische zu erkennen. Derartige Untersuchungen sind sowohl für Fragen der großräumigen als auch der kleinräumigen Auffindbarkeit geplant. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in einer dritten Phase experimentell überprüft. Dazu ist geplant, an einem Standort durch eine gezielte Änderung der physikalischen Bedingungen den Wanderkorridor zu beeinflussen oder zu ändern. Ein erfolgreiches Experiment bestätigt die korrekte Definition des Wanderkorridors.

#### 4. Pilotstandorte

Der methodische Ansatz an Pilotstandorten zu arbeiten basiert auf der Überlegung offene Fragestellungen an ausgewählten Standorten zu untersuchen, um in einem folgenden Schritt die erarbeiteten Erkenntnisse auf eine möglichst große Anzahl weiterer Anlagen übertragen zu können. Maßgebende Parameter bzw. Randbedingungen aus den Bereichen Fischökologie, Hydraulik, Stauanlagenkonstruktion etc. sollten an diesen Standorten repräsentativ für eine Anzahl weiterer Standorte sein. Die vielfältig vorhandenen Randbedingungen an den Stauanlagen der Bundeswasserstraßen machen dabei mehrere Pilotstandorte erforderlich. Es wurden daher Pilotstandorte gesucht, die es ermöglichen, möglichst viele der offenen Fragestellungen zu untersuchen. Hierzu wurden u.a. folgende Aspekte betrachtet, die eine Auswahl unter den potenziellen Standorten erlauben:

- Fischökologische Aspekte wie das Vorhandensein relevanter potamodromer und anadromer Zielarten sowie die grundsätzliche Möglichkeit an unterhalb gelegenen Staustufen, Fische während der Aufwanderung in geeignete Fangeinrichtungen für Untersuchungszwecke zu entnehmen.
- Einsatz der Messverfahren ist wesentlich für die Beantwortung der relevanten Fragestellungen im Freiland. Hierzu sind je nach eingesetztem Zweck spezifische konstruktive (z.B. Halterungen, Stromversorgung), organisatorische (Lagermöglichkeiten, Arbeitsplätze) und rechtliche Anforderungen (z.B. Wahrung der Sicherheitsvorschriften) an die vorhandenen Rahmenbedingungen zu stellen. So kann z.B. das Anbringen von Messeinrichtungen eine geeignete Gestalt und Zugänglichkeit des Ufers erfordern setzt aber auch die Kooperationsbereitschaft des Betreibers der Stauanlage bzw. der Wasserkraftanlage voraus.
- Darüber hinaus muss eine Relevanz für die einzelnen Themenbereiche wie großräumige, kleinräumige Auffindbarkeit oder Passierbarkeit gegeben sein. Für das Thema der großräumigen Auffindbarkeit ist im Wesentlichen relevant, ob sich das Fließgewässer im Unterwasser der Stauanlage in mehrere Abflussarme teilt oder einer große Flussbreite vorliegt, sodass der aufwandernde Fisch eine Entscheidung treffen muss, in welchen Flussarm er einschwimmt bzw. ob er den Fluss quert. Für diese Untersuchungen bieten sich vor allem Standorte an, an denen an der kraftwerksabgewandten Seite bereits ein alter Fischpass existiert, über dessen Fortbestehen entschieden werden muss. Fragestellungen zur kleinräumigen Auffindbarkeit (z.B. Platzierung der Einstiege, Bemessung der Dotation) sind eng mit der Wasserkraftnutzung verbunden.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wurden für Untersuchungen zur Auffindbarkeit die Staustufen Langwedel/Dörverden (Weser); Koblenz/Lehmen (Mosel); Eddersheim und Wallstadt (Main); Nassau (Lahn); sowie Kochendorf und Lauffen (Neckar) als Pilotstandorte ausgewählt.

Die Fragestellungen und entsprechende Projekte und Untersuchungen lassen sich hierbei in die Themenbereiche großräumige und kleinräumige Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlagen gliedern, die im Folgenden näher beschrieben werden.

## **5. Themenbereich großräumige Auffindbarkeit**

Mit großräumiger Auffindbarkeit ist im Wesentlichen die Frage gemeint, auf welchen Wegen und in Abhängigkeit welcher Umgebungsparameter sich Fische einem Wanderhindernis und damit dem potenziellen Standort einer Fischaufstiegsanlage nähern. Diese Kenntnisse sind grundlegend, um Fragen nach der großräumigen Platzierung (welcher Flussarm, welche Flusseite) und der Anzahl der notwendigen Fischaufstiegsanlagen klären zu können.

Hierzu sind primär explorative Untersuchungen im Freiland geplant, welche sich im Kern mit dem Fischverhalten bzw. der Wahl des Wanderkorridors der Fische beschäftigen (siehe Projekt Fischwanderkorridor). Vorbereitend erfolgen derzeit Projekte, die sich mit der Entwicklung und Erprobung von geeigneten Methoden zur Erfassung der Fischbewegung, hydraulischer und akustischer Parameter befassen. In dem Projekt Turbinenmanagement und Wehrsteuerung werden die explorativ gewonnen Erkenntnisse experimentell geprüft und validiert. Ziel ist darüber hinaus ökologisch/hydraulisch optimale Bedingungen für die großräumige Auffindbarkeit zu identifizieren.

### **5.1 Untersuchungen zum Wanderkorridor von Fischen im Unterwasser von Stauanlagen**

Im Projekt soll geklärt werden, ob Fische einen Wanderkorridor benutzen und welche Parameter den Wanderkorridor im Unterwasser von Stauanlagen definieren. Dazu ist zu klären, welche Umgebungsparameter das Fischverhalten, bzw. die Auswahl des Wanderkorridors bestimmen. Für diesen Zweck sollen Untersuchungen hydraulischer und physikalischer Parameter im Freiland und numerische/physikalische Modellierungen mit einer Untersuchung der Fischbewegungsmuster zeitlich und räumlich korreliert werden. Finden sich Korrelationen zwischen Fischbewegungspfad und einem Parameter, gibt dies Hinweise auf die bestimmende Parameterart und die Quantität des Reizes (z.B. Strömungsgeschwindigkeit).

Die fischökologischen Untersuchungen zur Erfassung des Fischverhaltens im Wanderkorridor werden an mehreren Standorten mit akustischer, ggf. in Wehrnähe mit Radiotelemetrie durchgeführt. Die Auflösung des Bewegungsmusters erfolgt ein- und zweidimensional. Es sollen so gerichtete Bewegungen von ungerichtetem Suchverhalten im Unterwasser unterschieden werden. Außerdem werden die Bewegungsdaten mit hydraulischen Parametern, d. h. aus Naturmessungen sowie begleitender physikalischer und numerischer Modellierung verschnitten. Die ADCP-Messungen erfassen Strömungsgeschwindigkeiten entlang von Transekten im Bereich der zweidimensionalen Fischbewegungserfassung. Anhand von Korrelationsanalysen der hydraulisch-abiotischen Daten mit den Bewegungsmustern sollen Schlüsselfaktoren für die Bewegungsmuster identifiziert werden.

## **5.2 Erfassung hydraulischer Parameter mit Hilfe eines bionischen Sensors**

Ein neuartiger Ansatz zur Messung von Strömungseigenschaften wurde an der Universität Bonn von der Arbeitsgruppe Prof. Bleckmann entwickelt. Er besteht in der Entwicklung einer künstlichen Fisch-Seitenlinie als bionischem Sensor zur Messung von Strömungen. Dieser Sensor funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie das Seitenlinienorgan der Fische, die dieses ebenfalls für hydrodynamische Messungen benutzen. Das Prinzip unterscheidet sich aber von den herkömmlichen Messmethoden wie ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) und ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Es nutzt räumliche Druckdifferenzen entlang des Sensors, die z.B. durch Fließgeschwindigkeitsunterschiede in Turbulenzen entstehen. Der Sensor ist außerdem unempfindlich gegen Luftblasen in turbulenten Strömungsabschnitten.

Derzeit ist ein Kooperationsprojekt in Vorbereitung im Rahmen dessen die Anwendung des Systems für die Fragestellungen der Auffindbarkeit getestet werden soll. Dabei soll ein Vergleich der Messergebnisse von Sensor und ADV zeigen, ob und welche zusätzlichen Informationen im Vergleich mit den herkömmlichen Methoden erhalten werden können. Zusätzlich können die Messungen Erkenntnisse über die Strömungswahrnehmung aus Fischsicht ergeben. Im Zusammenhang mit Fragen der Auffindbarkeit ist außerdem ein Vergleich der Fischbewegungsmuster mit systematischen Sensormessungen geplant, der neue Möglichkeiten zur hydraulischen Beschreibung potenzieller Wanderkorridore aufzeigen soll.

## **5.3 Hydroakustische Messung von Fließgeräuschen**

Fische können hören. Neben der Kommunikation kann das Hören auch zur Orientierung genutzt werden (Tollimeri et al. 2000, Tollimeri et al. 2004, Simpson 2005). Um diese Option im Sinne einer verbesserten Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen zu nutzen, sind parallel zu den Messungen der Fischbewegung und der Hydraulik hydroakustische Messungen geplant. Dabei werden Fließgeräusche hydroakustisch mit Unterwassermikrofonen (Hydrophonen) aufgezeichnet. Mit Hilfe zeitgleich erfasster GPS-Daten soll eine akustische Karte des Unterwassers erstellt werden, die georeferenziert Schalldruckpegel und Frequenzspektren der Geräusche umfasst. Es ist geplant, die Messungen vom Boot und mit Hilfe eines unbemannten (ferngesteuerten) Floßes durchzuführen. Ein Vergleich mit dem Hörvermögen unterschiedlicher Fischarten einerseits und den hydraulischen Messungen andererseits soll zeigen, ob es Zusammenhänge zwischen dem Wanderweg und einer hydroakustischen Signatur gibt.

## **5.4 Turbinenmanagement und Wehrsteuerung**

Eine zentrale Leitfrage ist, welchen Einfluss die Wechselwirkungen zwischen Kraftwerk, Wehr- und Schleusenmanagement auf die Strömungssituation und damit auf die Ausbildung des Wanderkorridors bzw. der Leitströmung haben. Neben dem Verständnis für die hydraulischen und fischbiologischen Zusammenhänge steht die Frage bzgl. der Steuerungsmöglichkeit und Optimierbarkeit der Auffindbarkeit der FAA durch ein übergreifendes Management der zusammenwirkenden Stauanlagenteile im Vordergrund. Ziel der Untersuchungen ist die Entwicklung von Steuerungskonzepten zur Optimierung der Strömungsverhältnisse in der Umgebung der Stauanlage, um die Auffindbarkeit des Wanderkorridors zur FAA zu verbessern.

Neben der Untersuchung der hydraulischen Zusammenhänge durch Messungen der Strömungsverhältnisse mit ADCP (Turbinen- und Wehrabströmung), und ADV (Leitströmung), sowie durch Versuche an einem physikalischen Modell, das einen großräumigen Bereich einer Stauanlage mit Kraftwerk, Wehr und Schleuse beinhaltet, ist die hydrodynamisch-numerische Modellierung dieser Konstellationen vorgesehen.

Im Anschluss erfolgt eine experimentelle Überprüfung, ob die Erkenntnisse der Projekte 5.1 bis 5.4 einen möglichen Wanderkorridor zutreffend beschreiben. Hierbei ist geplant mit Hilfe von Turbinen- und Wehrsteuerung unterschiedliche Strömungsverhältnisse zu erzeugen und dadurch die jeweils prognostizierte Lage des Wanderkorridors zu verändern. Mit Hilfe unterschiedlicher telemetrischer Verfahren wird dann die Nutzung des Wanderkorridors durch aufsteigende Fische analysiert. Aus diesen Versuchen kann anschließend das Verfahren später als Prognoseinstrument eingesetzt werden und hilft bei der Beantwortung von Fragestellungen zu Anzahl und Ort der Einstiege und der Notwendigkeit einer zweiten FAA.

## **6. Themenbereich kleinräumige Auffindbarkeit**

Mit der Untersuchung der kleinräumigen Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage wird im Wesentlichen die Fragestellung abgedeckt, ob wanderwillige Fische im Unterwasser einer Staustufe den Einstieg der FAA ohne größere Verzögerungen finden. Hierzu sind vor allem Kenntnisse über das artspezifische Wander- und Suchverhalten von Fischen im Nahfeld der Stauanlagen erforderlich. Auch wenn diesbezüglich derzeit noch Wissenslücken existieren, kommt den hydraulischen Verhältnissen im Unterwasser einer Staustufe vermutlich eine zentrale Bedeutung für die Orientierung der Fische zu.

In diesem Zusammenhang soll das Zusammenspiel von Leitströmung, Kraftwerks- und Wehrströmung, wechselnden Unterwasserständen, räumliche Situation im Unterwasser der Stauanlage (Uferlinie, Fließtiefen) sowie Geometrie und Form des Einstiegs untersucht werden. Aufgrund der komplexen Strömungssituation am Kraftwerksauslass oder Wehrüberfall sind hier in der Regel 3D-HN Simulationen erforderlich, kalibriert durch ADV bzw. ADCP-Messungen in der Natur.

Im nächsten Schritt sollen Zusammenhänge zwischen hydraulischen Parametern und dem Fischverhalten in Nahfeld der FAA untersucht werden. In diesem Zusammenhang sollen die Freilanduntersuchungen des Fischverhaltens im Nahfeld der Stauanlage und im Einstiegsbereich der FAA mit Techniken wie Didson-Sonar, HDX und weiteren Fisch-Telemetriverfahren durchgeführt werden. Die Fischbeobachtungen werden, wie schon bei der großräumigen Auffindbarkeit, mit hydraulischen Parametern wie Strömungsgeschwindigkeit und -richtung aus numerischen und physikalischen Modellen und Naturmessungen korreliert.



## **6.1 Untersuchung der Auffindbarkeit von Einstiegen einer FAA mittels Half-Duplex Technologie (HDX)**

Die HDX-Technologie ist eine Methode Fische individuell mit passiven Sendern zu versehen, um ihr Bewegungsmuster z.B. an FAA zu erfassen. Der Vorteil liegt in der geringen Größe und dem geringen Gewicht der Sender, das eine Markierung kleinerer Fische ermöglicht. Da sie über keine Batterie verfügen, sondern von den Empfangsantennen aktiviert werden, ist die Lebensdauer praktisch unbegrenzt. Der Nachteil ist die geringe Reichweite von ca. 1 m. Dies prädestiniert die Methode zum Einsatz an den Einstiegen der FAA.

In einem Projekt sollen an einer FAA mit mehreren Einstiegen Untersuchungen stattfinden, ob die Wahl des Einstieges und dessen hydraulische Bedingungen Art und/oder Größe der Fische bestimmt. Für diesen Versuch sind neben der Markierung der Fische hydraulische Messungen geplant.

## **6.2 Erprobung eines Didson-Sonars im Unterwasser von Wasserkraftanlagen zur Untersuchung der Einstiege von FAA**

Ein Didson-Sonar ist ein bildgebendes hydroakustisches Untersuchungssystem. Im Prinzip besteht er aus einem Signalgeber/-empfänger, der ähnlich wie ein Echolot funktioniert. Ein Echolot sendet im Ultraschallbereich ein Signal (Beam) aus, dessen Reflexionen an Hindernissen (z.B. dem Gewässerboden) von einem Empfänger registriert wird. An Hand der Laufzeitunterschiede von Signalgabe und Empfang der Reflexionen kann die Entfernung zum Hindernis berechnet werden. Bei Bewegung eines Echolots kann auf diese Art z.B. ein Relief des Gewässerbodens erzeugt werden. Ein Didson-Sonar setzt aus vielen, parallel und gleichzeitig ausgesendeten Beams (96 St.) ein Bild des erfassten Bereichs zusammen, das mit einer Aufnahme einer optischen Kamera mit grober Auflösung erinnert. Die Auflösung des „Bildes“ wird durch akustische Linsen und eine hohe Signalfrequenz 1,1-1,8 MHz optimiert. Das Verfahren macht es möglich unter Wasser auch dann Vorgänge zu beobachten, wenn dies mit optischen Kameras nicht mehr möglich ist. Der Nachteil ist, dass das System empfindlich auf starke Turbulenzen und Gasblasen im Wasser reagiert. Diese verursachen im Bild Störungen durch Signalreflexionen und Streuung. Da an Eingängen von Fischaufstiegsanlagen meist turbulente Strömungsbedingungen herrschen, soll getestet werden, ob und unter welchen Umständen das Didson-Sonar dort eingesetzt werden kann. Wäre der Einsatz des Gerätes unter bestimmten Bedingungen möglich, wären Verhaltensbeobachtungen an Fischen direkt am Einstieg durchführbar. Zunächst muss allerdings der Einsatz des Gerätes an verschiedenen FAA mit unterschiedlichen Einstiegen bei unterschiedlichen Strömungsbedingungen getestet werden.

### 6.3 Hydraulische Optimierung der kleinräumigen Strömungssituation

Während der Planung von FAA lässt sich unter anderen die Frage nach den Auswirkungen der bauliche Randbedingungen / Anordnungen auf die Strömungsverhältnisse im Einstiegsbereich identifizieren. Wichtig für die Auffindbarkeit ist eine ausgeprägte Leitströmung deren Eigenschaften bezüglich Strömungsgeschwindigkeit, Turbulenzcharakteristik und Dotationswassermenge sich auf die Auffindbarkeit im Nahbereich des Einstiegs auswirken. Trotz einiger Hinweise in den aktuell vorliegenden Regelwerken und Dimensionierungsgrundlagen sind noch viele Detailfragen, wie beispielsweise die Gestaltung von Einstiegen, Sohlanschlüssen, Dotationswasserzugaben und weiteren Bauteilen offen. Die geplanten Untersuchungen werden sich nacheinander auf die genannten Fragen konzentrieren, wobei die dringlichsten Fragen in Bezug auf die Gestaltung des Einganges und die bereitzustellende Menge Dotationswasser bestehen. Des Weiteren sollen im Rahmen der Untersuchungen neuartige Ansätze wie beispielsweise ein Lamellensystem zur Abschirmung und Verstärkung der Leitströmung sowie sogenannte Lockstropmpumpen auf ihre hydraulische und biologische Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit an Bundeswasserstraßen getestet werden.

Die derzeit bereits laufenden Untersuchungen zu den Standorten Nassau / Lahn (vgl. Abb. 1) sowie Lauffen / Neckar (Abb. 2) (Eckhardt und Klüber 2012) werden entsprechend weitergeführt und vertieft. Gegebenenfalls sollen ergänzende ethohydraulische Studien (vgl. Adam und Lehmann, 2011) Fischbeobachtungen bzw. -erfassungen mittels DIDSON –Sonar und eine Untersuchung der Auffindbarkeit mittels HDX durchgeführt werden. Darüber hinaus werden Erfahrungswerte von weiteren Standorten mit innovativen Bauweisen mit einbezogen.



Bild 1: Lamellensystem an der Staustufe Nassau (Lahn)

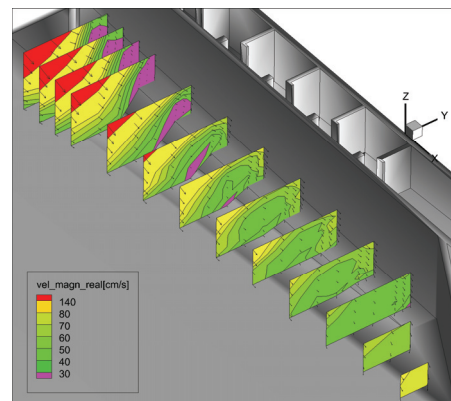


Bild 2: Strömungsverhältnisse an der geplanten Fischaufstiegsanlage Lauffen (Neckar)

## 6.4 Kraftwerksgestaltung und Strömungsfeld

Da die Gestaltung der Leitströmung und somit die notwendigen Dotationswassermengen im direkten Zusammenhang zu den UW-Verhältnissen (UW-Stand, Turbulenz, Drallströmung aus den Turbinen) stehen, wird in Kooperation mit der TU München anhand physikalischer und numerischer Modellierung untersucht, wie sich unterschiedliche Kraftwerkscharakteristika wie z. B. Turbinenanzahl, Turbinenart und Drehrichtung auf die Strömungsverhältnisse im UW und somit auf die Auffindbarkeit des Einstieges in die FAA auswirken. Der Zusammenhang zum Fischverhalten und den Aufenthaltsbereichen der Fische im Kraftwerkunterwasser wird ggf. durch ethohydraulische Untersuchungen und Kombination mit hydraulischen und fischökologischen Untersuchungen an den o. g. Pilotstandorten hergestellt.

Im zweiten Schritt sollen bauliche Veränderungen im Saugrohr und im Unterwasser des Kraftwerks, die möglicherweise die Auffindbarkeit einer FAA verbessern, wie Richtungspfeiler oder Saugrohrverlängerungen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Strömungssituation und auf den Kraftwerksbetrieb hin untersucht werden.

In einem Versuchstand an der TU München (siehe Bild 3a und b) können die Strömungsverhältnisse im Unterwasser von für an Bundeswasserstraßen typischen Niederdruckwasserkraftanlagen als Funktionen von Abflussmengen, Laufradöffnung, Leitradöffnung und Drehzahlen systematisch abgebildet werden. Basierend auf diesen physikalischen Modellresultaten sollen numerische Modellsimulationen derselben Wasserkraftanlagen kalibriert und Strömungsuntersuchungen im Unterwasser durchgeführt werden. Auf der Basis dieser Ergebnisse besteht die Möglichkeit im Rahmen von ethohydraulischen Untersuchungen, die Auswirkungen von bestimmten durch die Turbinencharakteristika hervorgerufenen Strömungssignaturen und ihren Einfluss auf das Fischverhalten zu überprüfen.

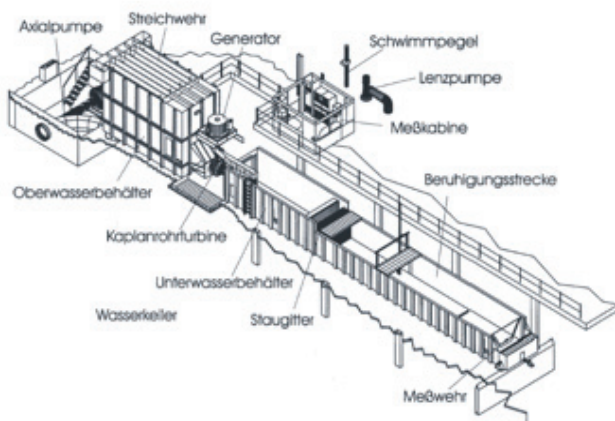


Bild 3 a, b: Niederdruckversuchsstand der Versuchsanstalt München Zentrum des Lehrstuhls für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München (Quelle: TU München)

## 7. Ausblick

Mit den oben beschriebenen konzeptionellen Ansätzen und Projekten werden aktuell und in den kommenden Jahren neue Erkenntnisse gewonnen, die helfen zentrale und derzeit noch offene Fragen bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen zu beantworten. Hierbei wird bewusst auf ein Konzept gesetzt, welches in verschiedenen Phasen sowohl den Anforderungen nach kurzfristigen verbesserten Aussagen als auch dem Anspruch nach fachlich ausreichender Tiefe der Untersuchungen entspricht.

Die räumliche Bindung der Untersuchungen an ausgewählte Pilotstandorte nutzt zeitliche und logistische Synergien und koppelt den Fortschritt bei der Aufgabenumsetzung mit dem Erkenntnisgewinn. Durch den Einsatz von Laboruntersuchungen und Modellierungen können Erkenntnisse an Pilotstandorten mit Hilfe von detaillierten Messverfahren, kontrollierbaren Randbedingungen und höherer Variantenzahl wesentlich ergänzt werden. Dies und die Replikation bestimmter Untersuchungsansätze an verschiedenen Standorten wird die Übertragbarkeit der Ergebnisse fördern.

Die intensive fachliche Kooperation der Oberbehörden BAW und BfG bei der Konzeption und Umsetzung der laufenden und geplanten Forschungsprojekten ermöglicht eine außergewöhnliche Kombination von fischökologischem mit ingenieurtechnischem, hydraulischem und modelltechnischem Sachverstand. Dies und die sehr gute Kooperation mit der WSV und weiteren Projektpartnern bildet die Basis für eine erfolgreiche Gestaltung der Projekte.

## Literatur

Adam, B. und Lehmann, B. (2011): Ethohydraulik – Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse.  
Springer Verlag.

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2010):  
Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. DWA-M 509 – Entwurf

Eckhardt, J. und C. Klüber (2012): Methoden zur hydraulischen Untersuchung der Leitströmung – Beispiele an Lahn und Neckar - Tagungsband des Kolloquiums von BAW und BfG "Herstellung der Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen: Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze, 12. bis 13. Juni 2012, Karlsruhe (BAW - Bundesanstalt für Wasserbau), (in Druck).

MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
NRW (2005): Handbuch Querbauwerke

Simpson – S.D. et al.(2005): „Homeward sound“ , Science 308: 221

Tolimeri N., A. Jeffs, J.C. Montgomery (2000): Ambient sound as a cue for navigation by the pelagic larvae of reef fish. Marine Ecology Progress Series 207: 219-224

Tolimeri N., O. Haine, R.D. McCauley, A. Jeffs, J.C. Montgomery (2004): Directional orientation of pomacentrid larvae to ambient reef sound. Coral reefs 23: 184-191

Bundesanstalt für Wasserbau  
Bundesanstalt für Gewässerkunde

Kolloquiumsreihe der BAW und BfG  
Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der BWaStr -  
Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen -  
Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze  
12. und 13. Juni 2012

## **Notizen**

## **Notizen**





Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17 · 76187 Karlsruhe  
Tel. + 49 (0) 721 97 26-0 · Fax +49 (0) 721 97 26-45 40  
Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg  
Tel. +49 (0) 40 81 908-0 · Fax +49 (0) 40 81 908-373

[www.baw.de](http://www.baw.de)

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor · 56068 Koblenz  
Tel. +49 (0) 261 13 06-0 · Fax +49 (0) 261 13 06-53 02

[www.bafg.de](http://www.bafg.de)