

1/2015

## Veranstaltungen

### Kolloquiumsreihe **Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen**

4. Kolloquium

**Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von  
Maßnahmen an Bundeswasserstraßen**

9./10. Juli 2014 in Koblenz

Koblenz, Februar 2015

## **Impressum**

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

Druck: Druckerei des BMVI, Bonn

**ISSN 1866 – 220X**

**DOI: 10.5675/BfG\_Veranst\_2015.1**

### *Zitiervorschlag:*

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen. 4. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 9./10. Juli 2014 in Koblenz. – Veranstaltungen 1/2015, Koblenz, Februar 2015, 156 S.;  
DOI: 10.5675/BfG\_Veranst\_2015.1

# Inhalt

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Einführung .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Maßnahmen zur Herstellung des Fischaufstieges – Stand der Umsetzung (Juli 2014)</b><br>Michael Hielscher .....   | <b>7</b>  |
| <b>Fischaufstiegsanlagen – von der Planungspraxis zum Forschungsbedarf</b><br>Marq Redeker .....  | <b>13</b> |
| <b>Forschung und Entwicklung als Qualitätssicherung von Maßnahmen zur Herstellung<br/>ökologischer Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen – konzeptionelles Vorgehen<br/>und inhaltliche Schwerpunkte</b><br>Roman Weichert und Matthias Scholten ..... | <b>20</b> |
| <b>Pilotanlagen für den Fischaufstieg – angewandte Forschung für die Qualitätssicherung<br/>von Maßnahmen</b><br>Cornelia Schütz und Martin Henning .....   | <b>30</b> |
| <b>Ökologische Durchgängigkeit der Fließgewässer – Entwicklung von Bewertungs-<br/>methoden bei der LAWA</b><br>Christoph Linnenweber .....   | <b>37</b> |
| <b>Grundlagen und Stand des Projektes zur Wiederansiedlung des Maifischs im Rhein</b><br>Andreas Scharbert.....   | <b>55</b> |
| <b>Fischerfassung in FAA – Reuse vs. automatische Fischerfassung (Vaki-Counter) –<br/>Vergleich zweier Verfahren</b><br>Bernd Mockenhaupt und Christoph Klüber .....  | <b>64</b> |
| <b>Hydraulische Untersuchungen zur Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen</b><br>Wolfgang Kampke.....   | <b>71</b> |
| <b>Kraftwerke an Bundeswasserstraßen: Datenerhebung und Untersuchung der<br/>UW-Strömungsstrukturen</b><br>Sebastian Bader und Peter Rutschmann .....   | <b>79</b> |
| <b>Untersuchungen zur Auffindbarkeit und Passierbarkeit der FAA Gamsheim/Rhein<br/>für Salmoniden und Cypriniden</b><br>Stéphane Tétard, Eric de Oliveira und Katrin Liné .....   | <b>87</b> |
| <b>Hydraulik von Fischaufstiegsanlagen in Schlitzpassbauweise – physikalische und<br/>numerische Untersuchungen zur Optimierung der Passierbarkeit</b><br>Verena Höger, Mark Musall und Bela Sokoray-Varga.....   | <b>95</b> |

# Inhalt

|   |     |
|---|-----|
| <b>Passierbarkeit in unterschiedlichen Abschnitten einer Fischaufstiegsanlage in Schlitzpassbauweise</b>                |     |
| Matthias Pitsch und Bernd Mockenhaupt .....   | 105 |
| <b>Rundbeckenpass – Funktionsweise, Beispiele, Perspektiven</b>   |     |
| Jürgen Stamm und Ulf Helbig .....   | 112 |
| <b>Dimensionierung aufgelöster Rampen und praktische Erfahrungen</b>  |     |
| Michael Hengl .....   | 119 |
| <b>Ergebnisse des bundesweiten Forums Fischeschutz und Fischabstieg</b>   |     |
| Stephan Naumann und Ulf Stein .....   | 124 |
| <b>Numerische Untersuchungen zu den Strömungsverhältnissen beim Fischabstieg über Schlauchwehre</b>                     |     |
| Michael Gebhardt, Tobias Rudolph, Wolfgang Kampke und Norbert Eisenhauer .....  | 136 |
| <b>Optionen der VLH-Turbine für den Fischabstieg und den Fischeschutz</b>   |     |
| Lutz Juhrig .....   | 144 |
| <b>Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen. Zusammenfassung und Fazit</b> |     |
| Roman Weichert und Matthias Scholten .....  | 152 |

# Einführung

Die Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit stellt insbesondere an größeren Flüssen eine Herausforderung dar. Komplexe Randbedingungen auf der einen und z. T. fehlende fachliche Grundlagen auf der anderen Seite zeigen regelmäßig offene Fragen und Erkenntnisdefizite auf. Die Klärung dieser Defizite ist für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, die Bundesländer sowie weitere betroffene Akteure eine wichtige Voraussetzung, um die Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit gemäß den Zielen der Bewirtschaftungspläne nach Wasser-Rahmenrichtlinie ökologisch effizient und mit vertretbaren Kosten realisieren zu können.

Mit dem Kolloquium wurden erste Ergebnisse aus laufenden Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowohl von BfG und BAW als auch von weiteren Akteuren auf diesem Gebiet vorgestellt und diskutiert.

Die Kolloquiumsreihe ist eine gemeinsame Veranstaltung der Bundesanstalt für Gewässerkunde und der Bundesanstalt für Wasserbau.



# Maßnahmen zur Herstellung des Fischaufstieges – Stand der Umsetzung (Juli 2014)

Michael Hielscher

## 1 Ausgangslage

Seit der Neugestaltung des deutschen Wasserrechts im Jahr 2010 hat die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) die Verantwortung für die Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Stauanlagen der Bundeswasserstraßen übernommen. Grundlage hierfür bildet der § 34 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vom 31.7.2009, welches europäisches Recht gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in nationales Recht umsetzt.

*WHG § 34, Abs. 3: Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes führt bei Stauanlagen an Bundeswasserstraßen, die von ihr errichtet oder betrieben werden, die nach den Absätzen 1 und 2 erforderlichen Maßnahmen im Rahmen ihrer Aufgaben nach dem Bundeswasserstraßengesetz hoheitlich durch.*

*WHG § 34, Abs. 1: Die Errichtung, die wesentliche Änderung und der Betrieb von Stauanlagen dürfen nur zugelassen werden, wenn durch geeignete Einrichtungen und Betriebsweisen die Durchgängigkeit des Gewässers erhalten oder wiederhergestellt wird, soweit dies erforderlich ist, um die Bewirtschaftungsziele (.....) zu erreichen.*

*WHG § 34, Abs. 2: Entsprechen vorhandene Stauanlagen nicht den Anforderungen nach Abs. 1, so hat die zuständige Behörde die Anordnungen zur Herstellung der Durchgängigkeit zu treffen, die erforderlich sind, um die Bewirtschaftungsziele (.....) zu erreichen.*

Bereits im Jahr 2012 wurde das „Priorisierungskonzept - Durchgängigkeit Bundeswasserstraßen“ (BMVBS 2012) veröffentlicht, das die bundesweite Maßnahmenpriorisierung für die Herstellung des Fischaufstieges an Bundeswasserstraßen vorlegte. Darin wurden alle Stauanlagen im Zuständigkeitsbereich der WSV, die mit einer Fischaufstiegsanlage ausgestattet werden müssen, in ihrer zeitlichen Abfolge hinsichtlich des (voraussichtlichen) Baubeginns gereiht bzw. priorisiert. Dieses Dokument stellt seitdem einen verbindlichen Planungsrahmen für die WSV dar und dient als Grundlage für die Abstimmung mit den Bundesländern.

Angesichts langer Planungszeiträume, der bestehenden Wissensdefizite und des mit der Zeit zu gewinnenden Erkenntnisgewinns bedarf die Maßnahmenpriorisierung einer angemessenen Flexibilität, so dass regelmäßige und anlagenbezogene Anpassungen im Laufe der Zeit erforderlich werden (BMVBS 2012). Die erste Fortschreibung des Priorisierungskonzeptes wird voraussichtlich Anfang 2015 abgeschlossen werden. In der vorliegenden Bearbeitung wird der Stand der Maßnahmenpriorisierung (Juli 2014) vorgestellt.

## 2 Methodik

Die Fortschreibung der Maßnahmenpriorisierung betrachtet über 250 Stauanlagen an mehr als 30 Gewässern im Zuständigkeitsbereich der WSV (Bundeswasserstraßen), die mit Fischaufstiegsanlagen oder fischpassierbaren Raugerinnen ausgestattet werden bzw. bereits wurden, um die ökologische Durchgängigkeit für Fische und Rundmäuler sowie das Makrozoobenthos zu gewährleisten.

Die zeitliche Abfolge der Maßnahmenumsetzung ist in Phasen eingeteilt, die sich an den Bewirtschaftungszyklen der WRRL orientieren. Die Klärung rechtlicher und fachlicher Grundlagen und Randbedingungen erforderte insbesondere zu Beginn dieser generellen Aufgabe notwendige Abstimmungen zwischen dem BMVI, der WSV bzw. der BfG und BAW mit den Ländern und den Kraftwerksbetreibern. Aus diesem Grund kommt es bei verschiedenen Maßnahmen, deren Umsetzung in der ersten Phase bis 2015 geplant war, zu einer Verzögerung. Gleichwohl sind bei zahlreichen dieser Anlagen die Planungen mittlerweile gut vorangeschritten, so dass der Baubeginn bis 2018 erwartet wird. Um den besonderen Fortschritt dieser Maßnahmen zu verdeutlichen wurde die zweite Umsetzungsphase noch einmal in zwei Phasen gegliedert. Folgende Einteilung der Umsetzungsphasen wurde vorgenommen:

1. Umsetzungsphase: Baubeginn bis 2015
2. Umsetzungsphase: Baubeginn bis 2018 (unterteilt)
2. Umsetzungsphase: Baubeginn bis 2021 (unterteilt)
3. Umsetzungsphase: Baubeginn nach 2021

## 3 Ergebnisse

Derzeit wurde folgender Umsetzungsstand erreicht:

Bislang kann der Bau von Fischpässen an 13 Anlagen als abgeschlossen angesehen werden. Ein weiterer Fischpass wird zurzeit gebaut und acht weitere befinden sich in der Planung. Es wird davon ausgegangen, dass noch in der 1. Umsetzungsphase mit dem Bau dieser Pässe begonnen wird.

Für die 2. Umsetzungsphase bis 2018 ist der Bau von 18 Fischpässen vorgesehen, bis 2021 von mehr als 40 Anlagen.

In die 3. Umsetzungsphase fällt die Ausstattung von 112 Stauanlagen mit Fischpässen. Für 10 Stauanlagen sind keine Maßnahmen erforderlich. Bei 43 Anlagen ist der Status unklar, da hier noch Prüfkativitäten erforderlich sind (siehe unten).

Die Zuordnung der Stauanlagen in die Umsetzungsphasen ist in der folgenden Tabelle dargestellt.



**Tabelle 1:** Zuordnung der Stauanlagen und deren Ausstattung mit Fischpässen auf die Umsetzungsphasen gemäß den Bewirtschaftungszyklen der WRRL (Stand Juli 2014)

| Umsetzungsphase                      | Status / ASten                     | Außenstellen der GDWS |    |    |   |   |    |    | Σ          |
|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|----|----|---|---|----|----|------------|
|                                      |                                    | N                     | NW | O  | M | W | SW | S  |            |
|                                      | <b>Bau abgeschlossen (ab 2010)</b> |                       | 1  | 3  |   |   | 7  | 2  | <b>13</b>  |
| <b>1. Umsetzungsphase</b>            | <b>im Bau</b>                      |                       |    | 1  |   |   |    |    | <b>1</b>   |
|                                      | <b>in Planung, Vergabe etc.</b>    | 1                     |    |    | 2 | 4 | 1  |    | <b>8</b>   |
| <b>2. Umsetzungsphase</b>            | <b>Baubeginn bis 2018</b>          |                       |    | 7  |   |   | 4  | 7  | <b>18</b>  |
|                                      | <b>Baubeginn bis 2021</b>          | 1                     |    | 20 | 8 | 5 | 9  | 10 | <b>53</b>  |
| <b>3. Umsetzungsphase</b>            | <b>Baubeginn nach 2021</b>         |                       |    | 26 | 9 |   | 46 | 31 | <b>112</b> |
| <b>Keine Maßnahmen erforderlich</b>  |                                    |                       |    | 10 |   |   |    |    | <b>10</b>  |
| <b>Status unklar (Prüfaktivität)</b> |                                    | 1                     |    | 22 | 9 | 4 | 6  | 1  | <b>43</b>  |

Erläuterung: ASten: Außenstellen der GDWS (Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt);  
N: Nord; NW: Nordwest; O: Ost; M: Mitte; W: West; SW: Südwest, S: Süd

Anmerkung: Die Zahlen sind vorbehaltlich der Abstimmungen mit den Ländern und zwischen GDWS und BMVI zu verstehen. Änderungen bzw. Verschiebungen sind daher möglich. Das kann auch für bereits erbaute Anlagen der Fall sein, bei denen sich herausstellt, dass sie das Ziel zur Erreichung der ökologischen Durchgängigkeit gemäß WRRL verfehlen.

Die 43 Standorte, deren Status bislang noch nicht hinreichend geklärt ist, sind besonderen Prüfaktivitäten unterworfen, die noch nicht abgeschlossen sind. An 25 Standorten wurden Fischaufstiegsanlagen in den vergangenen 20 bis 30 Jahren (Fertigstellung vor 2010) nach einem älteren Stand der Technik gebaut. An diesen Standorten soll in enger Abstimmung mit den Bundesländern der Maßnahmenbedarf analysiert werden. Für 10 Standorte ist bislang nicht hinreichend geklärt, ob es sich bei den Gewässern um potenzielle Wanderkorridore für Fische handelt, und ob auf Grundlage der örtlichen Gegebenheiten die fischökologische Durchgängigkeit aus fachlicher Sicht herzustellen ist. Dies betrifft im Wesentlichen Kanäle, die eine künstliche Verbindung zwischen Gewässern herstellen, welche ursprünglich nicht miteinander verbunden waren. Bei weiteren 8 Standorten ist der Maßnahmenbedarf aufgrund einer Abflussaufteilung derzeit unklar. Ferner gibt es für eine ganze Reihe von Stauanlagen noch Fragen der Zuständigkeit zu klären.

Die Prüfaktivitäten sind in der Regel aufwändig. Es wird davon ausgegangen, dass bei der nächsten Fortschreibung alle Standorte, für die ein Maßnahmenbedarf besteht, den Umsetzungsphasen zugeordnet werden können.

## 4 Vergleich 2012 und 2014

Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit birgt trotz der zügigen Aufstellung der Maßnahmenpriorisierung unter Berücksichtigung fachlicher, planerischer rechtlicher und zeitlicher Aspekte noch größere Herausforderungen, die bei verschiedenen Anlagen zu Verzögerungen in der Planung und Realisierung geführt haben. Hierzu zählt insbesondere die für Durchgängigkeitsaufgaben defizitäre Personalausstattung der WSV. Darüber hinaus brachten die notwendigen Abstimmungen mit den Bundesländern über die fachlichen Anforderungen an eine Fischaufstiegsanlage bzw. über eine enge Kooperation bei der Maßnahmenumsetzung Verzögerungen in den Planungsprozessen mit sich. Der Vergleich mit dem Jahr 2012 zeigt, dass ursprünglich deutlich mehr Fischpässe in der 1. Umsetzungsphase gebaut werden sollten

(N=46), als es 2014 noch angestrebt wird (N=22). Dies gilt entsprechend auch für die Umsetzungsphasen 2 und 3. Hingegen haben sich die Standorte mit Prüfkategorien von 65 auf 43 deutlich verringert. Ein Vergleich der Maßnahmenpriorisierung zwischen den Jahren 2012 und 2014 zeigt Tabelle 2.

**Tabelle 2:** Zuordnung der Stauanlagen mit Maßnahmenbedarf zu den einzelnen Umsetzungsphasen sowie Anzahl der Anlagen, wo der Maßnahmenbedarf derzeit unklar ist (Vergleich der Angaben des Priorisierungskonzepts 2012 mit den derzeit (Juli 2014) aktuellen Angaben)

|                    | <b>2012</b> | <b>2014</b> |
|--------------------|-------------|-------------|
| 1. Umsetzungsphase | 46          | 22          |
| 2. Umsetzungsphase | 62          | 71          |
| 3. Umsetzungsphase | 75          | 112         |
| Status unklar      | 65          | 43          |

Anmerkung: Für die Zahlen von 2014 gilt die Anmerkung von Tabelle 1 entsprechend.

## 5 Ausblick

Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen birgt auch weiterhin zahlreiche Herausforderungen. Von ihrer erfolgreichen Bewältigung hängt ab, ob und wie weit sich die zeitliche Umsetzung und die Ausgestaltung der Maßnahmen gegenüber den derzeit angestrebten Realisierungen verändern werden. So gilt es, z. B. unklare Zuständigkeitsfragen bei mehreren Gewässerarmen oder unsicheren Besitzverhältnissen zu klären. Eine entscheidende Bedingung für die angestrebte Umsetzungstaktung ist es, eine ausreichende Ressourcenausstattung (insbesondere personell) der WSV zu erreichen. Auch der Erfolg der weiteren Abstimmung fachlicher Anforderungen zwischen und mit den Bundesländern spielt eine wichtige Rolle für die Erreichung der vorgesehenen Zeitziele.

Eine Herausforderung anderer Art stellen die bestehenden Wissenslücken in Grundlagen- und technischen Fragen dar (z. B. Auffindbarkeit, Passierbarkeit von Anlagen, Bewertung der Funktionalität einer Fischaufstiegsanlage). Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprogramms der wissenschaftlichen Oberbehörden BfG und BAW soll stetig an der Beseitigung der Wissenslücken gearbeitet und geeignete Standards für die Maßnahmen an den Bundeswasserstraßen weiterentwickelt werden.

Mit der Fertigstellung der ersten mit und durch die WSV finanzierten Fischaufstiegsanlagen ist ein Anfang in der Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen gemacht worden. Weitere Anlagen werden in den kommenden Jahren realisiert. Darüber hinaus werden auch Fragen zu einem schadfreien Fischabstieg an Wehranlagen und zur Sedi-mentdurchgängigkeit angegangen (BMVBS 2012).

## **Danksagung**

Diese Arbeit wurde erstellt unter Mitarbeit von:

Dr. Matthias Scholten und Julia Walbrühl (Bundesanstalt für Gewässerkunde - BfG);

Dr. Roman Weichert und Stefanie Wassermann (Bundesanstalt für Wasserbau - BAW);

Dr. Dorothe Herpertz und Sebastian Messing (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - BMVI);

Helga Panknin, Dr. Annette Ernst, Helga Buchholz, Uwe Borges, Gerd Franke, Rüdiger Beiser, Dr. Thomas Beckmann (Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt - GDWS).

Allen sei herzlichst gedankt!

## **Quellen**

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen. Erläuterungsbericht zu Handlungskonzeption und Priorisierungskonzept des BMVBS. Bonn: 15 S. + Anhang.

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009, BGBl. I S. 2585



**Kontakt:**

**Dipl.-Biol. Michael Hielscher**  
Generaldirektion Wasserstraßen  
Schifffahrt (GDWS),  
Außenstelle Nordwest -  
Schlossplatz 9  
26603 Aurich  
Tel.: 04941/ 602 439  
Fax: 04941/ 602 378  
E-Mail:  
michael.hielscher@wsv.bund.de

Jahrgang: 1964

**1985-1991**

Studium Biologie (Diplom) an der Universität  
Oldenburg

**1992-2009**

Angestellter im Planungsbüro; Projektkoordination,  
Sachbearbeitung für die Projekte Emssperrwerk,  
Jade-Weser-Port, Elbvertiefung, diverse Offshore-  
Windparks u.v.m.

**seit 2009**

GDWS – Außenstelle Nordwest (früher: Wasser-  
und Schifffahrtsdirektion Nordwest), Dezernat M –  
Regionales Management

Projektbearbeitung (u. a.):

Planfeststellung Weseranpassung

Aufstellung der Integrierten Bewirtschaftungs-  
pläne für Weser und Ems

Außenemsvvertiefung

Koordinierung für die Herstellung der ökologi-  
schen Durchgängigkeit in der WSV

# Fischaufstiegsanlagen – von der Planungspraxis zum Forschungsbedarf

Marq Redeker

## 1 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 und letztlich die Durchgängigkeit der Flusssysteme sicherzustellen. In deutschen Gewässern werden FAA bereits seit mehr als 130 Jahren angelegt.

Um die Qualität solcher Bauwerke in Deutschland im Sinne der Gewährleistung des Fischaufstiegs zu verbessern, erschien das Merkblatt DVWK-M 232 (DVWK 1996), das sich großer Wertschätzung erfreut und zwischenzeitlich in fünf weitere Sprachen übersetzt wurde.

Im Laufe der Jahre wurde allerdings deutlich, dass das Merkblatt DVWK-M 232 wichtige Aspekte nicht ausreichend präzise formuliert oder behandelt. Dies betrifft z. B. die Anbindung von FAA im Unterwasser des Wanderhindernisses. Auch bedurften verschiedene geometrische und hydraulische Vorgaben zur Gewährleistung der Passierbarkeit von FAA und fischpassierbaren Bauwerken für Fische aller Größen, Gestalt und Leistungsfähigkeit einer Überarbeitung. Zudem fehlten Aussagen zu anderen Wasserbauwerken (z. B. Kreuzungsbauwerke und Hochwasserrückhaltebecken), die ebenso eine Wirkung als Wanderbarrieren entfalten können. Zwischenzeitlich durchgeführte biologische sowie ingenieurwissenschaftliche Projekte und Felduntersuchungen haben überdies das Verständnis über das Wanderverhalten aquatischer Organismen erweitert. Dieser Wissenszuwachs erlaubte es, die verschiedenen Anforderungen an funktionsfähige FAA präziser zu benennen und zu fassen.

Vor diesem Hintergrund hat die DWA das Merkblatt DVWK-M 232 vollständig aktualisiert. Die Endfassung (Weißdruck) des neuen Merkblattes DWA-M 509 „Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung“ (DWA 2014) wurde im Mai 2014 veröffentlicht.

## 2 Planungspraxis nach Merkblatt DWA-M 509

In Anlehnung an die Definitionen von CLAY (1995) und THORNCRAFT & HARRIS (2000) werden heute unter funktionsfähigen FAA Wanderkorridore verstanden, die für Fische 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.

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

- > Betriebsdauer/-zeit
- > Auffindbarkeit
- > Passierbarkeit

Nachstehend werden die neuen planerischen, baulichen und betrieblichen Anforderungen an FAA und fischpassierbare Bauwerke kurz umrissen.

## 2.1 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 kann allerdings selten für jegliche Abflussereignisse (d. h. auch bei NW und HW) realisiert werden. Als Kompromiss zwischen biologischer Notwendigkeit und technischer Machbarkeit müssen Grenzwertüberschreitungen hingenommen werden. Die Funktionstüchtigkeit von FAA ist demgemäß an mindestens 300 Tagen im Jahr zwischen  $Q_{30}$  und  $Q_{330}$  (24-stündiger Betrieb) zu gewährleisten und nachzuweisen.

## 2.2 Auffindbarkeit

Das Merkblatt DWA-M 509 behandelt folgende Einzelfaktoren der Auffindbarkeit:

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

Die nachstehend genannten Kriterien sind allgemeingültig – ungeachtet des FAA-Typus.

### 2.2.1 Großräumige Anordnung

**Tabelle 1:**

Kriterien für die großräumige Anordnung von Fischaufstiegsanlagen

| Situation                                    | Anordnung FAA  |
|--|--|
| Standort ohne Wasserkraftnutzung             | <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 2 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 Wasserkraftanlage)</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 Ausleitungwehr</li> </ul> |

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

### 2.2.2 Leitströmung

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

- > Austrittswinkel ins Unterwasser: möglichst flacher Mündungswinkel ( $< 30^\circ$ ) bzw. parallele Leitströmung
- > Strömungsverhältnisse im Unterwasser: Im Leitströmungsbereich sind Kehr-, Quer- und Rückströmungen sowie Turbulenzen grundsätzlich zu vermeiden.
- > Fließgeschwindigkeit der Leitströmung: Die empfohlene Leitstromgeschwindigkeit für den Aufstieg möglichst vieler Arten und Lebensstadien beträgt hierzulande zwischen 0,8 bis 1,2 m/s.
- > Dotation und Strömungsimpuls: vgl. Kap. 3

### 2.2.3 Kleinräumige Positionierung des Einstiegs

Die kleinräumige Positionierung einer FAA betrifft die Einbindung in das Unterwasser des Wanderhindernisses, steht jedoch in engem Bezug zur großräumigen Anordnung und Leitströmung. Gewöhnlich steigen Fische bis unmittelbar vor einer Wanderbarriere auf und suchen dort nach einer weiteren Aufstiegsmöglichkeit. Der Einstieg einer FAA muss demnach genau dort positioniert werden. Ein entsprechend wahrnehmbarer (dotierter) und dimensionierter FAA-Einstieg sollte dementsprechend unmittelbar am Wehrfuß oder Krafthaus liegen. An breiten Wanderhindernissen oder größeren Wasserkraftanlagen bieten sich z. B. Sammelgalerien mit mehreren Einstiegen als mögliche Lösung an.

### 2.2.4 Gestaltung des Einstiegs

In der Regel herrschen an Stauanlagen abflussbedingt Unterwasserstandschwankungen vor, die die Funktionsfähigkeit einer FAA beeinträchtigen können. Um die Grenzwerte der Leitströmung bei allen Bemessungsabflüssen (s. Kap. 2.1) einzuhalten, bieten sowohl das DWA-M 509 als auch andere Empfehlungen Lösungsvorschläge an, z. B.

- > mehrere Einstiege vorsehen,
- > steuerbare (Senk-)Schütze oder Dammbalken,
- > Leitwerke oder Vorschüttungen und
- > Zusatzwasserdotation zur Verstärkung der Leitströmung.

Empfohlen wird ferner eine Anbindung des FAA-Einstiegs an die Gewässersohle zur besseren Erreichbarkeit des Einstiegs für bodenorientierte und leistungsschwächere Arten.

## 2.3 Passierbarkeit

Eine FAA bzw. ein fischpassierbares Bauwerk ist passierbar, wenn alle Arten in allen Entwicklungsstadien, die den Einstieg aufgefunden haben, das Bauwerk auf gesamter Länge bis ins Oberwasser überwinden können. Entscheidend für kleine und leistungsschwache Arten

und Exemplare sind hierbei vor allem die hydraulischen Bedingungen, während die Passierbarkeit für große Individuen maßgeblich von den geometrischen Dimensionen des Wanderkorridors abhängig ist.

Im DWA-M 509 sind entsprechende Grenzwerte für die hydraulischen (z. B. maximale Fließgeschwindigkeit und Turbulenz) und geometrischen Bedingungen (z. B. Beckenlänge und Wassertiefe) festgelegt. Diese berücksichtigen die biologisch begründeten Anforderungen der aquatischen Organismen, die sich aus ihren Orientierungsmechanismen, ihrer Leistungsfähigkeit sowie ihrer Gestalt und Größe ableiten. Die hydraulische Bemessung von FAA erfolgt auf der Grundlage der Fließgewässerzonierung, d. h. der im Verlauf eines Gewässers typischen Ausbildung der Fischartengemeinschaften. Die geometrische Dimensionierung hingegen richtet sich nach den Proportionen adulter Exemplare der größten Fischart.

Damit die Grenzwerte eingehalten werden, wurden Bemessungswerte eingeführt, die der Planung zugrunde zu legen sind. Diese berücksichtigen Unsicherheiten bei der hydraulischen Dimensionierung (z. B. Wahl der Abflussbeiwerte und Rauheiten), praktische Probleme der Bauausführung (z. B. Toleranzen und unregelmäßige Formen natürlicher Baumaterialien) sowie betriebliche Aspekte (wie Unterhaltung und Störanfälligkeit). Bei Abweichungen vom Bemessungswert besteht erfahrungsgemäß die Gefahr, dass die Grenzwerte bei der fertiggestellten FAA nicht eingehalten werden und die Funktionsfähigkeit damit beeinträchtigt wird. Es sind bauartspezifische Sicherheitsbeiwerte für die geometrischen, hydraulischen und betrieblichen Parameter angegeben. Der Bemessungswert errechnet sich durch Multiplikation bzw. Division der Grenzwerte mit den jeweiligen Sicherheitsbeiwerten.

Neben den Grenz- und Bemessungswerten enthält das DWA-M 509 Empfehlungen zu

- > Sohlgestaltung,
- > Lichtverhältnissen,
- > Einspeisung von Fremdwasser,
- > Gestaltung des Ausstiegs,
- > Wartung und
- > Maßnahmen zur Vermeidung von Störungen und zum Schutz der Bauwerke.

## **2.4 Qualitätssicherung**

Angesichts vieler defizitärer FAA in Deutschland ist mit dem DWA-M 509 ein neues Qualitätssicherungsverfahren eingeführt worden, welches die Einhaltung aller Kriterien, die die Funktionsfähigkeit im Sinne der Auffindbarkeit und Passierbarkeit gewährleistet, sicherstellt. Wesentliches Merkmal der Qualitätssicherung ist die fortlaufende Erfassung und Bewertung von Qualitätskriterien während Planung, Bau, Inbetriebnahme und Betrieb, der Vergleich mit den Zielvorgaben sowie konsequentes Handeln auf der Basis der ermittelten Ergebnisse.

## **3 Forschungsbedarf**

Das neue Merkblatt DWA-M 509 repräsentiert den Stand des Wissens und der Technik zur korrekten Planung, baulichen Ausführung und zum Betrieb von FAA und fischpassierbaren Bauwerken. Es ist öffentlich konsultiert und international abgestimmt. Die formulierten Empfehlungen stellen einen Maßstab für ein einwandfreies technisches Verhalten dar. Allerdings



kann das Merkblatt nicht alle Sonderfälle abdecken. Ferner gibt es Kenntnislücken bei gewissen Aspekten. Nachstehend werden zwei Aspekte kurz erläutert.

Wesentlich für die Wahrnehmbarkeit der Leitströmung einer FAA ist der von ihr ausgehende Strömungsimpuls. Prinzipiell ist bekannt, dass die Auffindbarkeit einer FAA umso besser ist, je höher der Leitstrom im Verhältnis zum Gesamt- bzw. Konkurrenzabfluss im Gewässer ist. Dennoch gibt es international wenige Empfehlungen zur Dotation von FAA (REDEKER 2012). Europäische Richtlinien und das DWA-M 509 empfehlen i. W. die Orientierungswerte von LARINIER et al. (1994). Bei allen vorliegenden Angaben handelt es sich jedoch um Richtwerte mit gewissen Bandbreiten. Aus diesem Grund empfehlen WEICHERT et al. (2013), dass der Einstiegsquerschnitt von FAA an Bundeswasserstraßen so zu dimensionieren ist, dass für den Bemessungsfall  $Q_{330}$  der Gesamtabfluss der FAA 5 % des tatsächlichen Abflusses der FAAnahen Turbine betragen soll. Dies gilt für Standorte, die in ihren Randbedingungen denen der Pilotanlage Lauffen vergleichbar sind. Dieser Bemessungswert wird in den nächsten Jahren in einem umfangreichen Forschungsprogramm der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung validiert werden.

Die fischartenspezifisch unzureichende Passierbarkeit von Wendeböden einiger FAA ist in biologischen Untersuchungen nachgewiesen worden (z. B. THIEM et al. 2011 und WHITE et al. 2011). Es existieren weltweit jedoch kaum Empfehlungen für die Gestaltung von Wendeböden. Mit einer fischverträglicheren Hydraulik bzw. Ausbildung von Wendeböden beschäftigten sich unlängst z. B. MARRINER et al. (2014). Überdies ist bekannt, dass die Hydraulik in Wendeböden die Strömung der anschließenden (Linien-)Böden von FAA beeinflussen kann.

Kurzfristig und in naher Zukunft werden bestehende Kenntnisse im Rahmen von Forschung und Entwicklung ergänzt bzw. konkretisiert werden, z. B.

- > Fischbiologie: Verhalten und Leistungsvermögen verschiedener Arten (insbesondere potamodrome Spezies) und Altersstadien;
- > Passierbarkeit: Hydraulik von Rundbödenpässen, Widerstands- und Korrekturbeiwerte von Raugerinnen mit Störsteinen, Bemessung und Gestaltung von Sonderelementen (z. B. Verteilerböden und Dotationseinrichtungen) und
- > Ethohydraulik: Erforschung der Bedürfnisse der aquatischen Fauna, um Vorgaben für eine gewässerökologisch verträglichere wasserbauliche Praxis abzuleiten. Verständnismehrung an der Schnittstelle Hydraulik - Fisch (vgl. z. B. ADAM & LEHMANN 2011, CASTRO-SANTOS et al. 2009, WILLIAMS et al. 2011).

## Literatur

- ADAM, B. & B. LEHMANN (2011): Ethohydraulik. Springer Verlag, 351 S.
- CASTRO-SANTOS, T., A. COTEL & P. WEBB (2009): Fishway Evaluations for Better Bioengineering: An Integrative Approach. AFS Symposium 69, p. 557-575
- CLAY, C. (1995): Design of fishways and other fish facilities, 2nd ed., CRC Press Inc., ISBN 1-56670-111-2

- DVWK - Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (1996): Merkblatt 232: Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Bonn, 110 S.
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2014): Merkblatt M-509: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Hennef, 334 S.
- 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 p.
- MARRINER, B.; A. BAKI; D. ZHU; J. THIEM; S. COOKE & C. KATOPODIS (2014): Field and numerical assessment of turning pool hydraulics in a vertical slot fishway. *Ecological Engineering* 63 (2014) 88-101
- REDEKER, M. (2012): Anforderungen an die Auffindbarkeit nach deutschen und internationalen Regelwerken. In: BAW und BfG „Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit. Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen - Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze“, Karlsruhe, S. 13 ff.
- THIEM, J., T. BINDER, J. DAWSON, P. DUMONT, D. HATIN, C. KATOPODIS, D. ZHU & S. COOKE (2011): Behaviour and passage success of upriver-migrating lake sturgeon *Acipenser fulvescens* in a vertical slot fishway on the Richelieu River, Quebec, Canada. *Endang. Species Res.* 15, 1-11
- THORNCRAFT, G. & J. H. HARRIS (2000): Fish Passage and Fishways in New South Wales: A Status Report. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Technical Report 1/2000, May 2000
- WEICHERT, R., W. KAMPKE, L. DEUTSCH & M. SCHOLTEN (2013): Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern. *Wasserwirtschaft* 1/2 2013, S. 33-38
- WHITE, L., J. HARRIS & R. KELLER (2011): Movement of three non-salmonid fish species through a low-gradient vertical slot-fishway. *River Res. Appl.* 27, 499-510
- WILLIAMS, J.; G. ARMSTRONG; C. KATOPODIS; M. LARINIER & F. TRAVADE (2011): Thinking like a fish: A key ingredient for development of effective fish passage facilities at river obstructions. *River Research and Applications* 2011.



Herr Redeker ist Wasserbauingenieur und Wirtschaftsingenieur und verfügt über 19 Jahre Berufserfahrung sowohl in Ingenieurbüros im In- und Ausland, als auch beim Ruhrverband. Seit 4 Jahren ist er für das internationale Planungs- und Beratungsunternehmen ARCADIS in der Niederlassung Köln tätig, aktuell als Segmentleiter Wasserwirtschaft. Herr Redeker ist einer der Autoren des Merkblattes DWA-M 509 „Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke“ und Obmann des neuen DWA-Fachausschusses „Ökologische Durchgängigkeit von Fließgewässern“.

**Kontakt:**

**Marq Redeker**

ARCADIS Deutschland GmbH

Johannisstraße 60-64

50668 Köln

Tel.: 0221/ 89006 19

Fax: 0221/ 89006 60

E-Mail: [m.redeker@arcadis.de](mailto:m.redeker@arcadis.de)

# Forschung und Entwicklung als Qualitätssicherung von Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen – konzeptionelles Vorgehen und inhaltliche Schwerpunkte

Roman Weichert und Matthias Scholten

## 1 Ausgangslage

Seit 2010 ist die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) zuständig, Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Stauanlagen, die von ihr errichtet oder betrieben werden, umzusetzen. Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer gemäß EG-WRRL (2000) bezieht sich auf die Fischfauna, wirbellose Kleintiere (Makrozoobenthos) und die Sedimente. Entsprechend dem Priorisierungskonzept des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), vormals Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen (BMVBS 2012) sind zunächst Maßnahmen mit dem Fokus auf die fischökologische Durchgängigkeit und hier speziell zum Fischeaufstieg zu betrachten. Erfolgt die Umsetzung der Maßnahmen nach den Anforderungen des Merkblattes DWA M 509 (DWA 2014) ist das Makrozoobenthos i. d. R. mit berücksichtigt.

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) wurden vom BMVI beauftragt, bei der Qualitätssicherung dieser Maßnahmen mitzuwirken. Dies erfordert neben der Beratung der WSV bei Einzelmaßnahmen auch die Prüfung der Funktionsfähigkeit der Anlagen, die Klärung offener Fragestellungen aus der Beratungspraxis sowie die Ergänzung fehlender fachlicher Grundlagen durch Forschung und Entwicklung (FuE).

## 2 Ziele

Das Ziel der gemeinsamen Forschungsaktivitäten von BfG und BAW besteht darin, offene Fragen aus der Beratungspraxis und der Bewertung der Durchgängigkeit zu klären und die hierzu notwendigen fachlichen und methodischen Grundlagen für die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit bereitzustellen. Die Ergebnisse werden das Verständnis über das ökologische Potenzial der Bundeswasserstraßen vertiefen und zu einer Weiterentwicklung des aktuellen Standes der Technik führen. Beides ist notwendig, um die Qualität von Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit zu sichern.

Aus biologischer Sicht steht dabei der Fisch bzw. die Lebensgemeinschaft der relevanten Fischarten mit ihren physiologischen und ökologischen Eigenschaften als Untersuchungsgegenstand im Zentrum der Betrachtung. Aus wasserbaulicher Sicht sind Empfehlungen für die hydraulisch-technische Dimensionierung von Fischaufstiegsanlagen abzuleiten, die eine ausreichende fischökologische Auffindbarkeit und Passierbarkeit gewährleisten, sowie ggf. notwendige Maßnahmen für den Fischabstieg an Wehranlagen ermöglichen.

### 3 Forschungsbedarf

Als Stand der Technik für die Maßnahmen zur Wiederherstellung des Fischaufstiegs wird derzeit im Wesentlichen das Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) den Planungen zugrunde gelegt. Die dort dargestellten Erfahrungswerte wurden jedoch überwiegend an kleinen und mittleren Fließgewässern gewonnen. Grenzen ihrer Anwendbarkeit werden aufgrund der besonderen Bedingungen an Bundeswasserstraßen erreicht. Diese liegen nach derzeitiger Einschätzung in den komplexeren hydraulischen und hydrologischen Bedingungen (Fließbreite, Fließtiefe, Turbulenz im Unterwasser der Stauanlage, Wasserkraftanlagen mit großem Ausbauabfluss, starke Schwankungen des Unterwasserstands, etc.), den komplexen Randbedingungen vor dem Hintergrund der Mehrfachnutzung (Fischerei, Wasserkraft, Schifffahrt, starke Verbauung, etc.), sowie im oft stark vom Menschen beeinflussten und erheblich veränderten Charakter der Wasserkörper. Erfahrungen speziell für größere Flüsse mit Fischaufstiegsanlagen (FAA), die mit dem Ziel, die Anforderungen der WRRL zu erfüllen, gebaut wurden, liegen kaum vor. Daher ist die Übertragbarkeit der DWA-Empfehlungen auf Bundeswasserstraßen zu prüfen.

Während das Merkblatt DWA-M 509 dem Planer zwar viele grundlegende biologische Daten zum Allgemeinverständnis der Fischwanderung vermittelt, bietet es für einige für die Wirtschaftlichkeit und die Funktionsfähigkeit sehr relevante Fragen größeren Ermessensspielraum. Häufig sind eher „Spannen“ als konkrete Vorgaben genannt. Darüber gibt es an vielen, insbesondere den großen Wasserstraßen lokale Randbedingungen, z. B. Gewässerbite, große Wasserkraftnutzung oder starke Schwankungen der Unterwasserstände, für die eine direkte Übertragung der Empfehlungen des DWA-Merkblatts mit Unsicherheiten behaftet ist. So bieten weder das DWA-Merkblatt noch die vorhandene Fachliteratur eine ausreichende Grundlage für ein tiefgehendes Verständnis des Zusammenspiels von geometrischer und hydraulischer Gestaltung einer Anlage auf der einen und deren Wirkung auf das Wanderverhalten der Zielfischarten auf der anderen Seite. Daher werden BfG und BAW ihren Forschungsschwerpunkt besonders auf die bisher wenig untersuchte Schnittstelle zwischen Fischökologie und Hydraulik legen.

Dass dies wichtig sein kann, zeigen Untersuchungen zu Fischen, die beim Aufstieg bestimmten Strömungsgradienten folgen (STANDEN et al. 2004, MCELROY et al. 2012). Weiterhin gibt es Anhaltspunkte, dass das Verhalten der Optimierung des Energieverbrauchs während der Wanderung dient. Dies ist z. B. bei der Laichwanderung wichtig, da im Vorfeld der Wanderung Energie entweder in den Gonaden oder in Energiespeichern, wie dem Fettgewebe der Unterhaut festgelegt wird (KINNISON et al. 2001, CROSSIN et al. 2004). So kann mit zunehmender Wanderstrecke und zunehmendem Aufwand während der Wanderung die Fruchtbarkeit abnehmen. Die Wahl eines Wanderkorridors mit geringem Energieverbrauch bei der aufwärtsgerichteten Wanderung (MCELROY et al. 2012) optimiert daher den Fortpflanzungserfolg.

Vor diesem Hintergrund ist die Identifizierung möglicher Migrationskorridore (Wanderkorridore) im Gewässerquerschnitt sowie die Gestaltung einer möglichst zügigen Auffindbarkeit und Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen ein wichtiges Forschungsziel.

Um Fischaufstiegsanlagen so zu gestalten, dass sie für die Tiere auffindbar sind, müssen sie als Fischwanderkorridor für die Tiere wahrnehmbar sein. Dazu darf die Ausprägung der abiotischen Eigenschaften des Einstiegs der FAA nicht außerhalb der Toleranzgrenzen des Wanderkorridors der verschiedenen Fischarten sein.

Dies wird durch die Ausbildung einer Leitströmung aus dem Einstieg der FAA ermöglicht, die die Tiere in den Einstieg führen soll. Über das Verhalten von Fischarten im Nahfeld der Wehre sind bis jetzt nur wenige Studien vorhanden (HORKÝ et al. 2007, GOWANS et al. 1999). Bislang fehlen Untersuchungen zum strömungsabhängigen Verhalten bzw. den Aufenthaltsorten für weitere relevante Zielfischarten und übertragbare Freilanddaten zum Verhalten im Bereich von hydraulisch turbulenten Zonen. Dies ist notwendig, um FAA für ein breites Artenspektrum auffindbar zu gestalten. Außerdem ist auch hier nicht viel über den Einfluss anderer abiotischer Faktoren bekannt.

Im Zusammenhang mit der Fischwanderung wurden erste öko- bzw. ethohydraulische Untersuchungen zum Fischverhalten an Staustufen sowie an und in Fischauf- und -abstiegsanlagen sowohl im Freiland als auch in experimentellen Versuchsanordnungen durchgeführt (z. B. ADAM & LEHMANN 2011, LACEY et al. 2012). Die Untersuchungen zeigen, dass die hydraulischen Verhältnisse einen starken Einfluss auf die erfolgreiche Passage von Fischauf- und Abstiegsanlagen haben können. Die veröffentlichten Erkenntnisse geben einen ersten sehr guten Einblick lassen aber noch spezifische Fragen aus der konkreten Beratungspraxis für Bundeswasserstraßen offen. Deshalb sind Untersuchungen z. B. über die Passierbarkeit von spezifischen Elementen einer FAA wie den Becken mit Dotationswasserzugabe im ethohydraulischen Modellversuch notwendig.

Durch ein genaueres Verständnis des Zusammenhangs zwischen Fischverhalten und abiotischen Faktoren können Empfehlungen zu Gestaltungsmerkmalen wie Anordnung und Anzahl der Ein-/Ausstiege zum Unter- und Oberwasser, Dotationswassermengen, Beckendimensionen und -anordnung konkretisiert werden, so dass Abwägungsprozesse, z. B. bezüglich Kosten und Machbarkeit gegenüber dem voraussichtlichen Nutzen für die Fische, zuverlässiger bewertet werden.

Insbesondere das Verständnis der hydraulischen Wechselwirkungen von Leitströmung und Kraftwerksabströmung sowie die Hydraulik im Fischpass, Kenntnisse über Wanderkorridore und sonstige Orientierungsfaktoren für Fische verbessern die Interpretierbarkeit des Einflusses individueller Standortfaktoren, so dass Übertragbarkeitsgrenzen definiert werden können.

Neben der Konkretisierung von Planungsgrundlagen besteht der Bedarf, geeignete Methoden für die fischökologische Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen zu entwickeln und ihren Einsatz an Bundeswasserstraßen z. B. durch Kombination verschiedener Methoden so weit zu optimieren, dass von Standort zu Standort vergleichbare und möglichst aussagekräftige Ergebnisse mit vertretbarem Aufwand erzielt werden können. Für die hydraulische und geometrische Bewertung von Fischaufstiegsanlagen können zwar bewährte Methoden verwendet werden, ein standardisiertes Untersuchungsdesign, welches mit wenig Messaufwand einen guten Aufschluss über die hydraulische Situation und in Kombination mit den fischökologischen Beobachtungen über die Qualität der FAA gibt, ist ebenfalls zu erarbeiten.

Forschungsergebnisse sowie Methodenentwicklung sollen die Festlegung standardisierter Methoden für die Funktionskontrolle erlauben, um zwischen den Anlagen vergleichbare Ergebnisse zu liefern und den Aufwand für Funktionskontrolle und ggf. Defizitanalyse und Optimierung zu minimieren und so die Zielerreichung nach WRRL sicherzustellen.

## 4 Themenbereiche

Zur qualifizierten Beantwortung der oben z. T. vorgestellten Wissensdefizite entwickeln die BfG und die BAW ein gemeinsames Forschungs- und Entwicklungskonzept, welches sich in die Forschungsbereiche *Grundlagen- und Systemverständnis*, *Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen*, *Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen* sowie *Fischabstieg* gliedert und in den kommenden Jahren Lösungsansätze für die offenen Fragestellungen erarbeiten soll. In diesen Forschungsbereichen sind jeweils mehrere Forschungsprojekte zusammengefasst.

Im **Themenbereich *Grundlagen und Systemverständnis*** werden fachlich-methodische Grundlagen erarbeitet, die entweder wesentlich zum Systemverständnis der ökologischen Durchgängigkeit beitragen oder notwendige methodische (Weiter-)Entwicklungen (vgl. MOCKENHAUPT & KLÜBER 2015, s. S. 64ff.) darstellen. Dabei orientieren sich die Projekte an folgenden Leitfragen: Welches Potenzial können stauregulierte Bundeswasserstraßen für Wanderfische entwickeln? Wie beeinflussen Staustufen und Stauhaltungen und ihre spezifischen abiotischen Bedingungen die Fischwanderung und Bewegungsmuster von Wanderfischen? Wie lassen sich Wanderkorridore abgrenzen und identifizieren? Welche Schwimmleistungen und welches Schwimmverhalten zeigen die heimischen Fischarten, speziell die Leitarten, unserer Gewässer? Wie lassen sich die ökologische Durchgängigkeit von Staustufen im Allgemeinen und die Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen im Speziellen bewerten?

Zum **Themenbereich *Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen*** existieren derzeit noch besonders viele Unsicherheiten in den Planungsempfehlungen bzw. den vorhandenen Merkblättern und Leitfäden, insbesondere für große Fließgewässer. Dies liegt zum einen an spezifischen fehlenden Fachgrundlagen (s. o.) als auch der baulich-planerischen Herausforderung, die der Bau einer FAA in eine bestehende Stauanlage mit Wasserkraftwerk mit sich bringt. So werfen aktuelle Planungsprozesse einzelner FAA u. a. folgende offene Fragen auf wie z. B.: Wie viele Einstiege sind bei Querbauwerken in großen Flüssen erforderlich und wo sind sie idealer Weise zu platzieren? Wie reagieren Fische auf Turbulenzen, die typisch für die Unterwasser der Stauanlagen an Bundeswasserstraßen sind? Wie lassen sich dort für die Fische wahrnehmbare Leitströmungen erzeugen? In welchem Umfang sind diese für eine ausreichende Auffindbarkeit erforderlich und wie viel Dotationswassermenge wird benötigt?

Neben der Auffindbarkeit ist die ***Passierbarkeit einer Fischaufstiegsanlage*** von entscheidender Bedeutung für ihre Funktionsfähigkeit. Um diese zu bewerten, ist die Charakterisierung des Zusammenspiels von abiotischen Faktoren und Fischverhalten während der Passage von großer Relevanz. Die Randbedingungen an Bundeswasserstraßen (begrenzter Raum, oft stark schwankender Unterwasserspiegel) führen derzeit häufig zu Planungen von Fischaufstiegsanlagen in Schlitzbauweise. Für diesen Bautyp ermöglicht der aktuelle Stand der Technik jedoch Variationen in der geometrischen Gestaltung der Becken, deren Auswirkung auf

die Passierbarkeit weitestgehend ungeklärt ist. Mit Hilfe physikalischer und numerischer Modellierungen (siehe HÖGER et al. 2015, s. S. 96ff.) sowie anhand biologischer Untersuchungen an der FAA Koblenz (siehe Pitsch & Mockenhaupt 2015, s. S. 106ff.) wurden bereits wichtige Erkenntnisse im Rahmen des FuE-Programms durch BfG und BAW in Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gewonnen. Ferner ist die Wirkung großer Fischpasslängen oder von Sonderstrukturen wie Wendebetten sowie alternativer Bautypen auf die Funktionsweise unklar. Die Zugabe von zusätzlichem Dotationswasser sollte entsprechend den Schwankungen des Unterwasserstands in die unteren Becken von Fischaufstiegsanlagen erfolgen. Dabei darf die Passierbarkeit der Fischaufstiegsanlage nicht gefährdet werden. Hier entsprechende technisch-hydraulische Bemessungsvorschriften zu generieren, stellt eine große Herausforderung dar.

Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit für Fische betrifft nicht nur den Fischaufstieg, sondern auch den **Themenbereich Fischabstieg**. Insbesondere für die Langdistanzwanderer ist dies ein notwendiger Prozess in der erfolgreichen Vollendung ihres Lebenszyklus. Aber auch viele andere Arten wandern in unterschiedlichen Lebensphasen stromab. Die quantitativen Kenntnisse über die Abwanderungen sowie die Frage der Bewegungsmuster und des Verhaltens der Fische beim Abstieg sind aber noch lückenhaft. Während die potenziell schädigende Wirkung der Turbinenpassage von Fischen anerkannt ist, besteht hinsichtlich der Wirkung von Wehren auf den Fischabstieg noch Klärungsbedarf. Dieser lässt sich in die Frage der zeitlich-räumlichen Relevanz des Wehrüberfalls als Abstiegskorridor und in die Frage des konkreten Schädigungspotenzials unterschiedlicher Wehrtypen differenzieren. Hierzu erfolgten bereits intensive Untersuchungen zum Schlauchwehr an der BAW (siehe GEBHARDT et al. 2015, s. S. 137ff.). Insbesondere der letztgenannte Aspekt ist vor dem Hintergrund grundsätzlicher Überlegungen zur Standardisierung von Wehren von großer Relevanz für die WSV.

## 5 Konzeptionelles Vorgehen

Um dem aktuellen Grad der Erkenntnisse und den notwendigen Vorbereitungen bzw. Voruntersuchungen auf der einen und dem Bedarf nach zeitnahen Lösungen im Rahmen der Maßnahmenumsetzung auf der anderen Seite gerecht zu werden, erfolgt die Umsetzung des Forschungskonzepts in drei Stufen.

Von Stufe zu Stufe werden die Untersuchungen sukzessive intensiviert, d. h. methodische und fachliche Grundlagen gewonnen bzw. gesichert, Einflussparameter bzw. Untersuchungsvarianten eingegrenzt und so der Untersuchungsumfang in den erforderlichen Naturuntersuchungen reduziert.

Während in der ersten Stufe die Analyse des aktuellen Kenntnisstands, Entwicklung und Erprobung geeigneter fischökologischer Methoden, beispielhafte hydraulische Untersuchungen und die Verschneidung dieser Ergebnisse im Vordergrund stehen, fokussiert die zweite Stufe auf explorative Untersuchungen insbesondere zum Fischverhalten, sowohl im Freiland als auch im Labor. Eine experimentelle Überprüfung der Erkenntnisse und damit eine Verbesserung der Übertragbarkeit sollen in der dritten Stufe erfolgen. In den Stufen eins und zwei konnten durch bereits angelaufene Forschungsprojekte wesentliche Ergebnisse erzielt werden.



Mit dem Konzept der Pilotstandorte sollen die offenen Fragestellungen an ausgewählten Standorten studiert und analysiert werden, um in einem folgenden Schritt die erarbeiteten Erkenntnisse auf eine möglichst große Anzahl weiterer Anlagen übertragen zu können (siehe SCHÜTZ & HENNING 2015, s. S. 30ff.).

Das methodische Vorgehen erfordert grundsätzlich einen interdisziplinären und – im Bereich der Ethohydraulik – einen transdisziplinären Untersuchungsansatz. Diesem Anspruch stellen sich die BfG und BAW durch intensive fachliche Zusammenarbeit bei Planung und Durchführung der einzelnen Projekte. Die einzelnen Forschungsprojekte gliedern sich auf der Bearbeitungsebene in einzelne Teilprojekte, die inhaltlich aber auch räumlich, z. B. durch den Bezug auf konkrete Pilotstandorte, abgegrenzt sind. Durch diesen modularen Aufbau ist das Forschungsprogramm flexibel gestaltet und erlaubt auch zu einem späteren Zeitpunkt Ergänzungen bzw. bedarfsangepasste Verschiebungen in der Schwerpunktsetzung.

## 6 Kooperationen und Partner

Die erfolgreiche Umsetzung der FuE-Projekte ist auf eine enge Zusammenarbeit mit vielen Kooperationspartnern angewiesen. Insbesondere die WSV unterstützt BfG und BAW bei der Umsetzung der Forschungsprojekte, die ihren Schwerpunkt in der Freilanduntersuchung an einzelnen Pilotstandorten haben. Die Zusammenarbeit bei der Planung und Realisierung der Anlage, der Installation und Wartung von Messgeräten sowie bei der Durchführung von ergänzenden Naturuntersuchungen ist intensiv und für den Erfolg der Untersuchungen unabdingbar.

Mit den Wasserkraftanlagenbetreibern erfolgte in den vergangenen Jahren ein konstruktiver Fachaustausch über den FuE-Bedarf bei der Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit. Inhaltlich wurde im Kontext des Fischaufstiegs die Frage der ausreichenden Dotationswassermenge für die Auffindbarkeit der einzelnen FAA kontrovers diskutiert. An den Pilotanlagen Wallstadt und Eddersheim am Main, Kochendorf/Neckar und Dörverden an der Weser soll daher die Frage der Effekte unterschiedlicher Dotationswassermengen intensiv untersucht werden. Hierzu wurden für einzelne Pilotanlagen Vereinbarungen zwischen der WSV und den Wasserkraftanlagenbetreibern geschlossen. Darüber hinaus erfordern die Forschungsprojekte an den Pilotstandorten eine intensive Kooperation mit den jeweiligen Betreibern der Wasserkraftanlagen z. B. bei der Ermittlung von Daten im Unterwasser der Kraftwerke, der Bewertung der Messergebnisse anhand von Informationen über Betriebszustände sowie bzgl. der Zugänglichkeit der Untersuchungsbereiche auf dem Kraftwerksgelände.

Wesentliche Forschungsfragen werden von BfG/BAW in enger Kooperation mit Universitäten oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen bearbeitet. So laufen derzeit Kooperationsprojekte u. a. mit der TU München (Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft; Hydraulik im Unterwasser von Turbinenständen, vgl. BADER & RUTSCHMANN 2015, s. S. 80ff.); der Uni Bonn (Zoologisches Institut; Entwicklung eines bionischen Systems zur Erfassung hydraulischer Aspekte aus Fischsicht); dem Karlsruher Institut für Technologie (Institut für Wasser und Gewässerentwicklung; hydraulische Projekte im Bereich der Passierbarkeit von Schlitzpässen) und der TU Dresden (Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik; hydraulische Bemessung von Rundbeckenfischpässen, s. STAMM & HELBIG 2015, s. S. 113ff.).

Für die Zukunft ist eine intensive Kooperation mit dem US Army Corps of Engineers (USACE) bei der Entwicklung von Modellansätzen zur Analyse und Prognose des Fischverhaltens und der Fischbewegungen im Unterwasser von Stauanlagen sowie mit dem Conte-Laboratory for Anadromous Fishes des US-Geological Survey (US-GS) zur Untersuchung der Passierbarkeit und Auffindbarkeit von FAA geplant.

Um die Ressourcen des Bundes effizient einzusetzen und inhaltliche Synergien zwischen den Ressorts bei diesen Forschungsaufgaben zu nutzen, wurde im Jahr 2010 eine begleitende Arbeitsgruppe der Oberbehörden des BMUB (BfN und UBA), des BMVI (BAW, BfG) sowie seit 2012 des BMELV (TI) unter Federführung der BfG gegründet, um die Inhalte und Ausrichtung aktueller zukünftiger Forschungsprojekte der jeweiligen Institutionen aufeinander abzustimmen. Schwerpunkte in der Zusammenarbeit bilden hier insbesondere Projekte zum Fischabstieg und Fischschutz.

Wichtige Partner nicht nur bei der Umsetzung, sondern auch bei FuE-Aspekten sind die Bundesländer. Im Rahmen der Pilotanlagen werden die Länder über die Inhalte und Ausrichtung der Projekte informiert und sind eingeladen wichtige Aspekte, Anregungen und Forschungsfragen aus Ihrer Sicht in die Planungen einzubringen. Darüber hinaus findet ein gegenseitiger Informationsaustausch über laufenden Forschungsaktivitäten statt bzw. wird derzeit z. B. im Rahmen der LAWA geplant.

## **Danksagung**

Allen Partnern und Mitarbeitern bei der Entwicklung und Umsetzung des FuE-Programms und der einzelnen Projekte sei an dieser Stelle für ihr Engagement und die gute Zusammenarbeit sehr herzlich gedankt. Die Aufstellung des FuE-Programms und die Durchführung der einzelnen FuE-Projekte sind im Wesentlichen nur durch eine entsprechende Finanzierung aus den Forschungsmitteln des BMVI möglich. Hierfür möchten wir uns sehr herzlich bedanken.

## **Literatur**

ADAM, B. und B. LEHMANN (2011): Ethohydraulik – Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse. Springer Verlag

BADER, S. und P. RUTSCHMANN (2015): Kraftwerke an Bundeswasserstraßen: Datenerhebung und Untersuchung der UW-Strömungsstrukturen. In: Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 80-87

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen. Erläuterungsbericht zu Handlungskonzeption und Priorisierungskonzept des BMVBS. Bonn: 15 S. + Anhang

- 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
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2014): Merkblatt M-509: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Hennef, 334 S.
- GEBHARDT, M., T. RUDOLPH, W. KAMPKE und N. EISENHAUER (2015): Numerische Untersuchungen zu den Strömungsverhältnissen beim Fischabstieg über Schlauchwehre. In: Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 137-144
- GOWANS, A. R. D., J. D. ARMSTRONG and I. G. PRIEDE (1999): Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology*, 54: 713-726
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009, BGBl. I S. 2585
- HÖGER, V., M. MUSALL und B. SOKORAY-VARGA (2015): Hydraulik von Fischaufstiegsanlagen in Schlitzpassbauweise – physikalische und numerische Untersuchungen zur Optimierung der Passierbarkeit. In: Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 96-105
- HORKÝ, P., O. SLAVÍK, L. BARTOŠ, J. KOLÁŘOVÁ and T. RANDÁK (2007): Behavioural pattern in cyprinid fish below a weir as detected by radio telemetry. *Journal of Applied Ichthyology*, 23: 679-683
- KINNISON, M. T., M. J. UNWIN, A. P. HENDRY and T. P. QUINN (2001): Migratory Costs and the Evolution of egg size and number in introduced and indigenous salmon populations. *Evolution*, 55: 1656-1667
- LACEY, R. W. J., V. S. NEARY, J. C. LIAO, E. C. ENDERS and H. M. TRITICO (2012): The IPOS framework: linking fish swimming performance in altered flows from laboratory experiments to rivers. *River Research and Applications*, 28(4), 429-443. doi: 10.1002/rra.1584
- MCELROY B., A. DELONAY, R. JACOBSON (2012): Optimum swimming pathways of fish spawning migrations in rivers. *Ecology* 93 (1): 29-34
- MOCKENHAUPT, B. und C. KLÜBER (2015): Fischerfassung in FAA – Reuse vs. automatische Fischerfassung (Vaki-Counter) – Vergleich zweier Verfahren. In: Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 64-70
- PITSCH, M. und B. MOCKENHAUPT (2015): Passierbarkeit in unterschiedlichen Abschnitten einer Fischaufstiegsanlage in Schlitzpassbauweise. In: Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 106-112

- SCHÜTZ, C. und M. HENNING (2015): Pilotanlagen für den Fischaufstieg – angewandte Forschung für die Qualitätssicherung von Maßnahmen. In: Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 30-36
- STAMM, J. und U. HELBIG (2015): Rundbeckenpass – Funktionsweise, Beispiele, Perspektiven. In: Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 113-119
- Standen, E.M., S. G. Hinch, P. S. Rand (2004): Influence of river speed on path selection by migrating adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61:905-912, 10.1139/f04



**Kontakt:**

**Dr. Roman Weichert** (links im Bild)

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

**Dr. Matthias Scholten** (rechts im Bild)

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz  
Tel: 0261/ 1306 5937  
E-Mail: scholten@bafg.de

Jahrgang: 1973

**1994-2001**

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

**2001-2007**

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

**2007-2009**

Projektleiter bei Fichtner Water & Transportation GmbH

**seit 2009**

Referatsleitung W1 „Bundeswasserstraße und Umwelt“ in der Bundesanstalt für Wasserbau

Jahrgang: 1966

**1988-1996**

Studium Biologie (Diplom), Bodenkunde und Geographie an der Universität Bonn

**1997-2002**

Wiss. Angestellter an der Universität Hamburg, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft. Promotion zur Modellierung von Fischhabitaten in der Elbe.

**2002-2004**

Wiss. Mitarbeiter der Projektgruppe Elbe-Ökologie in der BfG, Außenstelle Berlin

**2004-2009**

Wiss. Mitarbeiter der Geschäftsstelle der Flussgebietsgemeinschaft Weser in Hildesheim. Entwicklung der „Gesamtstrategie Wanderfische“ der FGG Weser im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung WRRL

**Seit 2009**

Mitarbeiter im Referat U4 Tierökologie der BfG und seit 2012 Leiter des Aufgabenbereichs Ökologische Durchgängigkeit im Referat U4

# Pilotanlagen für den Fischaufstieg – angewandte Forschung für die Qualitätssicherung von Maß- nahmen

Cornelia Schütz und Martin Henning

## 1 Einleitung

Mit der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes 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 Umsetzung konzentriert sich zunächst auf den Fischaufstieg. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) sind vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) damit beauftragt, diesen Prozess beratend zu begleiten und wissenschaftlich zu unterstützen.

Das Ziel der gemeinsamen Forschungsaktivitäten von BfG und BAW besteht darin, fachliche Grundlagen für die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit zu schaffen, d. h. offene Fragen aus der Beratungspraxis zu klären, sowie Empfehlungen zur Dimensionierung und Gestaltung von Fischaufstiegsanlagen (FAA) abzuleiten.

Der aktuelle Stand der Technik zur Planung von Fischaufstiegsanlagen, der zur Zeit weitestgehend im DWA Merkblatt 509 (DWA 2014) dokumentiert ist, wurde zwar in den letzten Jahren wesentlich fortentwickelt, jedoch existieren weiterhin Wissenslücken, insbesondere in Hinblick auf die Anwendbarkeit unter den besonderen Randbedingungen der Bundeswasserstraßen. Um die daraus resultierenden Forschungsaktivitäten zu steuern und größtmöglichen Nutzen bei der Verschneidung der Ergebnisse aus unterschiedlichen Themenfeldern zu erzielen, haben BfG und BAW ein gemeinsames Forschungs- und Entwicklungskonzept erarbeitet (vgl. WEICHERT & SCHOLTEN 2015, s. S. 20ff.).

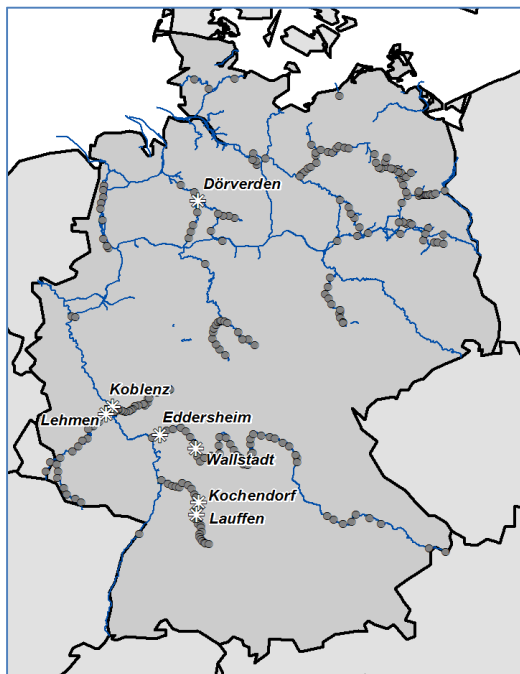
Da die Beantwortung der offenen Fragen nicht allein auf Grundlage theoretischer Überlegungen oder numerischer und physikalischer Modelluntersuchungen erfolgen kann, sind Naturmessungen und Fischbeobachtungen essenziell. Teilweise können wichtige Erkenntnisse aus ethohydraulischen Versuchen gewonnen werden. Zum Verständnis des Fischverhaltens in Abhängigkeit der Strömungsbedingungen, bspw. im Unterwasser einer Wasserkraftanlage, sind letztendlich aber Fischbeobachtungen und hydraulische Messungen in der Naturskala im natürlichen Lebensumfeld der Fische notwendig. Um solche Untersuchungen durchführen zu können, wurden von BfG und BAW sieben Pilotanlagen an Staustufen mit Wasserkraft ausgewählt. Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über die Pilotanlagen und die dort geplanten Untersuchungen.

## 2 Auswahl der Pilotstandorte

Durch die Auswahl der Pilotstandorte sollte sichergestellt werden, dass einerseits das breite Spektrum verschiedener Untersuchungen an den unterschiedlichen Standorten die Beantwortung offener Fragen gemäß FuE-Konzept erlaubt und andererseits durch eine möglichst große Schnittmenge eine allgemeine Übertragung der Ergebnisse auf beliebige weitere Anlagen möglich ist.

Die Pilotstandorte wurden nach ihrer Relevanz für die offenen Fragen gemäß FuE-Konzept ausgewählt. Zudem wurden Stauanlagenparameter (Größe der Wasserkraftanlage, Anzahl der Gewässerarme, Fallhöhe etc.), fischökologische Aspekte (Vorhandensein relevanter Arten, Möglichkeit der Fischentnahme während der Aufwanderung etc.) und weiteren Randbedingungen (Zugänglichkeit für Messungen, Erreichbarkeit, rechtliche Rahmenbedingungen, Kooperationsbereitschaft des Wasserkraftanlagenbetreibers, Zusammenarbeit mit den Ländern etc.) berücksichtigt. Die vielfältigen Randbedingungen an den Stauanlagen der Bundeswasserstraßen machten die Auswahl mehrerer Pilotstandorte erforderlich. Der Fokus bei der Auswahl lag bei Anlagen an großen Flüssen, da dort der aktuelle Stand der Technik noch die meisten Unsicherheiten aufweist (Tabelle 1).

Somit wurden mit den Standorten Dörverden (Weser), Koblenz und Lehmen (Mosel), Eddersheim und Wallstadt (Main) sowie Kochendorf und Lauffen (Neckar) insgesamt sieben Pilotanlagen ausgewählt (Abb. 1). Alle Pilotanlagen liegen an Standorten mit Wasserkraftanlage.



**Abb. 1:**  
Übersicht über Stauanlagen mit zu planenden FAA (graue Punkte) und Pilotstandorte (weiße Sterne) an Bundeswasserstraßen

**Tabelle 1**

Merkmale der Pilotstandorte

|                   | Fluss  | MQ<br>[m <sup>3</sup> /s] | QAusbau<br>[m <sup>3</sup> /s] | Fallhöhe<br>[m] | Fischregion    | ca. Flussbreite<br>[m] | Entfernung<br>Vorfluter<br>[km] | Entfernung<br>Meer<br>[km] | Querbauwerke<br>unterhalb<br>[Anzahl] |
|-------------------|--------|---------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| <b>Eddersheim</b> | Main   | 193                       | 180                            | 3,5             | Barbenregion   | 180                    | 16                              | 552                        | 1                                     |
| <b>Wallstadt</b>  | Main   | 150                       | 135                            | 4,0             | Barbenregion   | 155                    | 101                             | 637                        | 8                                     |
| <b>Koblenz</b>    | Mosel  | 330                       | 380                            | 5,8             | Barbenregion   | 210                    | 2                               | 442                        | 0                                     |
| <b>Lehmen</b>     | Mosel  | 328                       | 400                            | 7,7             | Barbenregion   | 200                    | 21                              | 461                        | 1                                     |
| <b>Kochendorf</b> | Neckar | 92                        | 100                            | 8,0             | Barbenregion   | 100                    | 104                             | 708                        | 10                                    |
| <b>Lauffen</b>    | Neckar | 89                        | 80                             | 8,4             | Barbenregion   | 120                    | 125                             | 730                        | 13                                    |
| <b>Dörverden</b>  | Weser  | 205                       | 176                            | 4,3             | Brachsenregion | 180                    | /                               | 128                        | 2                                     |

### 3 Forschungsfragen

Das FuE-Konzept von BfG/BAW ist in die Forschungsbereiche „Grundlagen und Systemverständnis“, „Auffindbarkeit“, „Passierbarkeit“ und „Fischschutz und Fischabstieg“ gegliedert. An den Pilotstandorten werden Fragestellungen aus allen vier Forschungsbereichen untersucht (Tabelle 2).

**Tabelle 2**

Übersicht über FuE-Themen an den Pilotstandorten

(ED = Eddersheim, WA = Wallstadt, KB = Koblenz, LE = Lehmen, KC = Kochendorf, LF = Lauffen, DV = Dörverden)

|                       |                                      | ED | WA | KB | LE | KC | LF | DV |
|-----------------------|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>Grundlagen</b>     | Fiszbewegungsmuster Stauhaltung      | X  |    |    |    |    |    | X  |
|                       | Schleusen                            | X  |    |    |    |    |    |    |
|                       | Ausstieg Oberwasser                  | X  |    |    |    |    |    | X  |
|                       | Fischerfassungsmethoden              |    |    | X  |    |    |    |    |
|                       | Technische Funktionskontrolle        | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  |
|                       | Biologische Funktionskontrolle       | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  |
| <b>Auffindbarkeit</b> | Fiszbewegungsmuster UW               | X  |    |    |    |    |    | X  |
|                       | Einstiege: abgerückter Ufereinstieg  | X  | X  | X  |    |    |    |    |
|                       | Einstiege: FAA-ferner Einstieg am KW | X  | X  |    |    | X  | X  | X  |
|                       | Einstiege: Collection Gallery        | X  | X  |    |    |    |    | X  |
|                       | Einstiege: Geometrie                 | X  |    |    |    | X  |    |    |
|                       | Einstiege: Sohlbindung               | X  | X  | X  |    | X  | X  | X  |
|                       | Einstiege: Austrittswinkel           |    |    | X  | X  |    |    |    |
|                       | Dotationswassermenge                 | X  | X  |    |    | X  |    | X  |
| zweite FAA            | X                                    | X  |    | X  |    |    | X  |    |
| <b>Passierbarkeit</b> | Verhalten in FAA                     | X  |    |    |    |    |    |    |
|                       | versch. Bauweisen (außer Vert. Slot) | X  |    |    |    |    |    |    |
|                       | Vertical Slot: Strömungsmuster       | X  |    | X  |    |    |    |    |
|                       | Vertical Slot: Einzelfragen          | X  |    | X  | X  | X  | X  | X  |
|                       | Sonderbecken/-kanäle                 | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  |
| <b>Abstieg</b>        | Fiszbewegungsmuster OW               | X  |    |    |    |    |    | X  |

Eine Erläuterung der FuE-Themen geben WEICHERT & SCHOLTEN (2015) in dieser Veröffentlichung (s. S. 20ff.).



Eine Reihe von Themen wird an nahezu allen Pilotanlagen bearbeitet. Dazu gehören

- > die Entwicklung standardisierter Verfahren zur biologischen und technischen Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen und der dazu benötigten Messtechnik
- > die Anzahl und Anordnung verschiedener Einstiege oder sog. Collection Galleries (Abb. 2) und deren Gestaltung, bspw. bezüglich der Sohlanbindung und der Einstiegsgeometrie und des Austrittswinkels des Wassers, wobei je nach Pilotanlage unterschiedliche Schwerpunkte und Untersuchungsprioritäten gesetzt werden
- > verschiedene Einzelfragen zur Gestaltung von Schlitzpässen (Vertical Slot), z. B. zur Schlitzweite, zum Beckengefälle, zum Strömungsmuster und zur Anlagenlänge. Am Standort Eddersheim wird zudem eine Doppelstranganlage geplant, in der unterschiedliche Beckendimensionen und Bauweisen in parallel verlaufenden Strängen miteinander verglichen werden können.
- > die Untersuchung der Passierbarkeit von Sonderbecken und -kanälen (z. B. Wendebecken, Dotationszugabebecken, Verteilbecken, Collection Gallery)



**Abb. 2:** Prinzipskizze für die Anordnung mehrerer Einstiege und einer zweiten FAA am Beispiel eines Luftbildes der Stauanlage Eddersheim  
(Luftbild: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie)

Darüber hinaus gibt es Schwerpunktthemen die an einigen Anlagen untersucht werden.

An den Anlagen Eddersheim und Dörverden wird besonderes Augenmerk auf die Erfassung groß- und mittlräumiger Fischbewegungsmuster gelegt. Hierzu werden Fische besendert und mit akustischer Telemetrie die Fischbewegung zwischen zwei Stauanlagen, im unmittelbaren Unterwasser von Stauanlagen, im Oberwasser von Stauanlagen (bspw. nach dem Ausstieg aus einer FAA) und das Einschwimmen in Schleusenkanäle untersucht.

Welche Wassermenge in Konkurrenz zur Kraftwerksabströmung benötigt wird, um eine gute Leitströmung ins Unterwasser und damit eine optimierte Auffindbarkeit zu erreichen, wird an den Standorten Eddersheim, Wallstadt, Kochendorf und Dörverden untersucht. Die Anlagen müssen dafür die Änderung der Dotationswassermengen ermöglichen, um kurzfristig verschiedene Abfluss-Szenarien einstellen und deren Einfluss auf die Anzahl einsteigender Fische untersuchen zu können.

In Eddersheim, Wallstadt, Lehmen und Dörverden gibt es bereits FAA an der dem Kraftwerk gegenüberliegenden Uferseite oder in Flussmitte. An diesen Standorten soll untersucht werden, was diese FAA zusätzlich zum Aufstieg beitragen können.

Fischschutz und Fischabstieg stehen derzeit nicht im Fokus der FuE-Untersuchungen von BfG/BAW. Dennoch werden am Standort Eddersheim Maßnahmen für den Fischabstieg bzw. -schutz geplant und in die Konzepte für den Fischaufstieg eingebettet.

## 4 Methoden

Die Pilotanlage Koblenz wurde im Jahr 2011 fertiggestellt. Alle übrigen Anlagen befinden sich in der Planfeststellung oder Planung (Fertigstellung zwischen 2017 und 2020). An den Standorten Eddersheim, Wallstadt und Dörverden findet die Beratung der WSV durch BfG/BAW planungsbegleitend statt. Die FuE-Untersuchungen werden sich auf mehrere Jahre erstrecken.

Für alle Pilotstandorte werden für Vorstudien und zur späteren Begleitung der Naturmesskampagnen 3D-HN-Modelle aufgebaut, welche durch Naturmessungen kalibriert werden. Diese werden zum Teil durch wasserbauliche Labormodelle ergänzt. Zudem werden in wasserbaulichen Modellversuchen Detailfragen zu Bauweisen und Sonderbauwerken hydraulisch untersucht. Ethohydraulische Versuche unter definierten hydraulischen Randbedingungen dienen zur Vorbereitung der Untersuchungen an den Pilotstandorten und dem besseren Verständnis der Wechselwirkung von Fischbewegung und Hydraulik. In Laborversuchen werden hydraulische Parameter in fischspezifischen Skalen (z. B. mittels PIV) untersucht und parametrisiert.

Die Fischbewegung im Umfeld der Stauanlage und in der Stauhaltung wird mittels akustischer Telemetrie erfasst. Um die Ergebnisse interpretieren zu können, werden die Ergebnisse mit denen numerischer 2D-HN-Untersuchungen verknüpft. An den Einstiegen kommen zudem Pit-Tag-Telemetrie (HDX)-Erfassungen und Beobachtungen mit DIDSON-Technologie zum Einsatz. In der FAA selbst werden oberhalb der Einstiege automatische Fischzähleinrichtungen und Reusen angeordnet, so dass die Auffindbarkeit der Einstiege erfasst werden kann. Diese Ergebnisse werden mit Daten der 3D-HN-Modelle verknüpft.

Die Bewertung der Passierbarkeit erfolgt mittels besendeter Fische (HDX), anhand derer die Abläufe und Passagezeiten der Fische ermittelt und analysiert werden können. An der Doppelstranganlage Eddersheim ist zudem die Fischbeobachtung über Sichtfenster geplant.

Zur Handhabung der Versuchsfische werden an den Pilotstandorten ausreichend große Arbeitsbereiche vorgesehen, bei denen angestrebt wird, mit den Fischen weitestgehend berührungs- und stressfrei zu arbeiten. In mehreren Anlagen sind Fangkammern vorgesehen, mit denen Fische zu Versuchszwecken schonend gefangen werden können.

Auf Grundlage der Erfahrungen aus den bereits begonnenen Untersuchungen am Standort Koblenz werden die Untersuchungsmethoden für die übrigen Standorte weiter verfeinert.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Die Forschung an Pilotstandorten ist durch deren Alleinstellungsmerkmale ein unentbehrlicher Baustein des FuE-Konzepts von BfG/BAW. Die Zeit bis zur Fertigstellung der Pilotanlagen wird zur Entwicklung von Mess- und Auswertemethoden und zur Verbesserung des Systemverständnisses genutzt. Die Untersuchungen dienen unmittelbar der zuverlässigen Beratung der WSV und langfristig der Erstellung von Bemessungsgrundlagen und -richtlinien im Hinblick auf die in Kapitel 3 dargestellten Forschungsfragen.

## **Literatur**

- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2014): Merkblatt DWA-M 509, Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung, DWA Hennef
- WEICHERT R., M. SCHOLTEN (2015): Forschung und Entwicklung als Qualitätssicherung von Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen – konzeptionelles Vorgehen und inhaltliche Schwerpunkte. In: Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 20-29



**Kontakt:**

**Dr. Cornelia Schütz**

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz  
Tel.: 0261/ 1306 5021  
Fax: 0261/ 1306 5082  
E-Mail: schuetz@bafg.de

**1988-1994**

Studium der Biologie an der Justus-Liebig Universität Giessen

**1996-1999**

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

**2001-2003**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Projekt "Biodiversität alpiner Lebensräume"

**2003-2013**

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

**seit 2013**

Aufgabenbereich "ökologische Durchgängigkeit" im Referat Tierökologie der Bundesanstalt für Gewässerkunde



**Kontakt:**

**Dr. Martin Henning**

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
Tel.: 0721/ 9726 3330  
Fax: 0721/ 9726 4540  
E-Mail: martin.henning@baw.de

**1992-2001**

Studium Bauingenieurwesen an der TH Karlsruhe

**2001-2007**

Gutachter und Berater im Bereich Verkehrswasserbau

**2007-2012**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Promotion am LWI der TU Braunschweig

**seit 2012**

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

# Ökologische Durchgängigkeit der Fließgewässer

## – Entwicklung von Bewertungsmethoden bei der LAWA –

Christoph Linnenweber

### 1 Einleitung

Unsere Fließgewässer bilden von Natur aus miteinander vernetzte Lebensräume. Vor allem Wehranlagen, Abstürze und Wasserkraftanlagen stören jedoch den Transport der Sedimente und die biologische Durchgängigkeit in den Gewässern. Fische und andere im Gewässer lebende Organismen sind dadurch in ihrem Wanderverhalten benachteiligt und können sich oft nur noch begrenzt in ihren ursprünglichen Lebensräumen ausbreiten. Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fordert deshalb die Wiederherstellung der Durchgängigkeit der Fließgewässer für „aquatische Organismen und Sedimente“.

### 2 Bewertungssystem und Qualitätskomponenten der EG-WRRL

Ziel der Bewirtschaftung der Gewässer gemäß EG-WRRL ist die Wiederherstellung eines „guten ökologischen Zustands“ oder des „guten ökologischen Potenzials“. Zustand und Zielerreichung werden anhand folgender Qualitätskomponenten bewertet, wobei die hydromorphologischen und die chemisch-physikalischen Komponenten als „unterstützende“ Komponenten für die Bewertung der biologischen Komponenten bezeichnet sind. Die Bewertung der Durchgängigkeit ist eine von drei Komponenten der hydromorphologischen Bewertung (EG-WRRL 2000, Anhang V):

- > **Biologische Komponenten (Indikatoren)**
  - Zusammensetzung und Abundanz der **Gewässerflora**
  - Zusammensetzung und Abundanz der **benthischen wirbellosen Fauna**
  - Zusammensetzung, Abundanz und Altersstruktur der **Fischfauna**
  
- > **Hydromorphologische Komponenten**
  - Wasserhaushalt:** Abfluss und Abflussdynamik, Verbindung zu Grundwasserkörpern
  - Morphologische Bedingungen:** Tiefen- und Breitenvariation, Struktur und Substrat des Flussbettes, Struktur der Uferzone
  - Durchgängigkeit des Flusses:** Migration aquatischer Organismen und Transport von Sedimenten
  
- > **Chemische und chemisch-physikalische Komponenten**
  - Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, Versauerungszustand, Nährstoffverhältnisse

- > **Spezifische Schadstoffe**  
Verschmutzungen durch prioritäre Stoffe und bestimmte sonstige Stoffe, die in den Wasserkörper eingeleitet werden.

## 2.1 Bewertungskomponenten der Hydromorphologie

In der deutschen Übersetzung der EG-WRRL werden die drei hydromorphologischen Qualitätskomponenten bezeichnet als „Wasserhaushalt“, „Durchgängigkeit des Flusses“ und „Morphologie“. Die Qualitätskomponenten werden im Anhang V der Richtlinie erläutert und durch „normative Begriffsbestimmungen zur Einstufung des ökologischen Zustands“ für den „sehr guten Zustand“, den „guten Zustand“ und den „mäßigen Zustand“ genauer definiert (Beispiel siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1**

Auszug aus den normativen Begriffsbestimmungen zur Einstufung des ökologischen Zustands, Beispiel Fische (EG-WRRL 2000, Anhang V)

### Biologische Qualitätskomponente Fischfauna

| Komponente        | Sehr guter Zustand   | Guter Zustand   | Mäßiger Zustand  |
|-------------------|--|---|--|
| <b>Fischfauna</b> | Zusammensetzung und Abundanz der Arten entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.<br><br>Alle typspezifischen störungsempfindlichen Arten sind vorhanden. Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen kaum Anzeichen anthropogener Störungen und deuten nicht auf Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung irgendeiner besonderen Art hin. | Aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen und <b>hydromorphologischen</b> Qualitätskomponenten weichen die Arten in Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspezifischen Gemeinschaften ab.<br><br>Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen Anzeichen für Störungen aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen oder <b>hydromorphologischen</b> Qualitätskomponenten und deuten in wenigen Fällen auf Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung einer bestimmten Art hin, so dass einige Altersstufen fehlen können. | Aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen oder <b>hydromorphologischen</b> Qualitätskomponenten weichen die Fischarten in Zusammensetzung und Abundanz mäßig von den typspezifischen Gemeinschaften ab.<br><br>Die Altersstruktur der Fischgemeinschaften zeigt größere Anzeichen anthropogener Störungen, so dass ein mäßiger Teil der typspezifischen Arten fehlt oder sehr selten ist. |

Im Gegensatz zu den biologischen Komponenten werden die hydromorphologischen Komponenten nur für den „sehr guten Zustand“ tatsächlich genauer definiert. Für die schlechteren Zustandsklassen „gut“ und „mäßig“ erfolgt für die hydromorphologischen Komponenten eine indirekte Definition über eine Korrelation zu den biologischen Komponenten: „Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können“ (siehe Tabelle 2). Diese hydromorphologischen „Bedingungen“ für den guten und den mäßigen Zustand müssen also in der Praxis aus einer Korrelation zu den

Werten der jeweiligen biologischen Zustandsklassen abgeleitet werden. Tabelle 1 zeigt zum Vergleich exemplarisch die normativen Begriffsbestimmungen für die biologische Qualitätskomponente „Fische“. Dabei werden der gute Zustand als „geringfügige Abweichung“ und der mäßige Zustand als „mäßige Abweichung“ vom sehr guten Zustand näher beschrieben.

**Tabelle 2**

Auszug aus den normativen Begriffsbestimmungen zur Einstufung des ökologischen Zustands (EG-WRRL 2000, Anhang V)

**Hydromorphologische Qualitätskomponenten**

| <b>Komponente</b>                  | <b>Sehr guter Zustand</b>   | <b>Guter Zustand</b>  | <b>Mäßiger Zustand</b>  |
|------------------------------------|---|---|---|
| <b>Wasserhaushalt</b>              | Menge und Dynamik der Strömung und die sich daraus ergebende Verbindung zum Grundwasser entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.  | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |
| <b>Durchgängigkeit des Flusses</b> | Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedimenten.  | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |
| <b>Morphologie</b>                 | Laufentwicklung, Variationen von Breite und Tiefe, Strömungsgeschwindigkeiten, Substratbedingungen sowie Struktur und Bedingungen der Uferbereiche entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. | Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können. |

**2.2 Die Bewertungskomponente Durchgängigkeit**

Die Bewertung der Durchgängigkeit der Fließgewässer bezieht sich gemäß Anhang V der EG-WRRL auf die „ungestörte Migration aquatischer Organismen“ und den „Transport von Sedimenten“ (Tabelle 2).

**2.2.1 Migration aquatischer Organismen**

Die Migration bezieht sich grundsätzlich auf alle aquatischen Organismen, unabhängig von deren individuellen Migrationsbedürfnissen, da beispielsweise auch ein genetischer Austausch zwischen verschiedenen Populationen für den Fortbestand aquatischer Organismen möglich sein sollte.

Die Migrationsmöglichkeit ist darüber hinaus besonders für die biologische Bewertungskomponente „Fische“ von großer Bedeutung. Vor allem die diadromen Arten wie Lachs, Stör und

Aal sowie die potamodromen Arten wie beispielsweise die Nase, die zur Fortpflanzung entweder in den Binnengewässern oder auch in das Meer wandern, sind für die Bewertung der Durchgängigkeit maßgeblich. Die Bundesländer haben deshalb Querbauwerkskataster aufgebaut, die auch eine Bewertung der Durchgängigkeit für Fische enthalten werden.

### 2.2.2 Durchgängigkeit für Sedimente

Die Durchgängigkeit der Fließgewässer für Sedimente ist ebenfalls durch die Vielzahl der Querbauwerke gestört. In vielen Fällen wird das Geschiebe zurückgehalten und fehlt im weiteren Verlauf des Gewässers. Oft ist eine verstärkte Tiefenerosion die Folge. Eine Bewertung erfolgt bisher nur in Einzelfällen. Der Feststoffhaushalt der Fließgewässer ist durch die Querbauwerke, aber auch durch die weit verbreitet durchgeführten Laufbegradigungen, Betteinengungen und Verbauungen an den Gewässern stark verändert. In diesem Zusammenhang werden also alle drei Bewertungskomponenten der Hydromorphologie, der Wasserhaushalt, die Durchgängigkeit und die Morphologie, funktional wirksam.

## 3 Strategien der Länder und der Flussgebietsgemeinschaften

Im Jahr 2006 wurde vom „Expertenkreis Hydromorphologie“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in Zusammenarbeit mit Vertretern der Flussgebietsgemeinschaften ein Strategiepapier zur Durchgängigkeit für Fische entwickelt (LAWA 2007), das auch Grundlage für die länderübergreifenden Durchgängigkeitskonzepte der Flussgebietsgemeinschaften wie beispielsweise den „Masterplan Rhein“ der IKSР war (IKSR 2009). Aufgrund geänderter Rechtslage hat im Jahr 2010 auch die Bundesanstalt für Gewässerkunde ein systematisches Konzept für die Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen für Fische entwickelt (SCHOLTEN et al. 2010), das mit den Konzepten der Länder und der Flussgebietsgemeinschaften abgestimmt wird.



**Abb. 1:** Strategiepapier Fischdurchgängigkeit der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, entwickelt vom Expertenkreis Hydromorphologie und Vertretern der Flussgebietsgemeinschaften im Auftrag des LAWA-Ausschusses Oberflächengewässer (LAWA 2007, LAWA 2008/2013)



**Abb. 2:**

„Der Masterplan Wanderfische Rhein soll aufzeigen, wie in einem überschaubaren Zeit- und Kostenrahmen wieder sich selbst erhaltende stabile Wanderfischpopulationen im Rheineinzugsgebiet bis in den Raum Basel angesiedelt werden können. Die Rheinministerkonferenz hatte am 18. Oktober 2007 ihren Willen bekräftigt, die Durchgängigkeit im Rheinhauptstrom bis Basel und in den Lachsprogrammgewässern schrittweise wiederherzustellen. Der Lachs steht dabei als Symbol stellvertretend für viele andere Wanderfischarten wie Meerforelle, Meerneunauge und Maifisch, während im Bereich des Alpenrheins und des Bodensees die Seeforelle als Leitart anzusehen ist.“ Masterplan Wanderfische Rhein (IKSR 2009)



## 4 Das Bewertungssystem in Rheinland-Pfalz

Im Zuge der ersten Bestandsaufnahme zur EG-Wasserrahmenrichtlinie wurde in Rheinland-Pfalz eine indexbasierte Methode zur systematischen Bewertung der Gewässernetze der Einzugsgebiete hinsichtlich der Durchgängigkeit für Fische entwickelt und daraus ein Landeskonzept zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit abgeleitet (MUFV-RP 2005, LUWG-RP 2008).

In Rheinland-Pfalz wurden an den größeren Gewässern mit einem Einzugsgebiet > 100 km<sup>2</sup> rund 2.370 Querbauwerke oder Wasserkraftanlagen kartiert und unter verschiedenen Aspekten bewertet. Durchschnittlich alle 1,5 km wurde ein Querbauwerk vorgefunden. Rund 60 % dieser Querbauwerke erschweren oder verhindern die Fischwanderungen. Die Ergebnisse der Kartierung werden in einem Querbauwerksinformationssystem (QUIS) fortgeschrieben. Auf der Grundlage dieses Informations- und Bewertungssystems wurde ein landesweites strategisches Sanierungskonzept mit großräumigen Entwicklungszielen für die Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Fische erarbeitet.

### 4.1 Konzept und Strategie

Da die Vielzahl der Wanderhindernisse aufgrund des finanziellen Aufwands nicht gleichzeitig durchgängig gestaltet werden kann, wurde das Konzept auch mit dem Ziel einer räumlichen und zeitlichen Priorisierung entwickelt. Die daraus abgeleitete landesweite Strategie zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Fische führte zur Einteilung der Gewässerstrecken gemäß folgenden Kategorien:

- > Entwicklungsstrecken für diadrome Fischarten
- > Entwicklungsstrecken für potamodrome Fischarten
- > Verbindungsgewässer und Hauptwanderrouen

Diadrome Fischarten müssen in ihrem Lebenszyklus zwischen marinen Lebensräumen und süßwassergeprägten Lebensräumen im Binnenland wechseln, beispielsweise Lachs und Aal. Potamodrome Fischarten müssen in ihrem Lebenszyklus zwischen verschiedenen Lebensräumen im Süßwasser wandern, beispielsweise Nase und Äsche.

Die Hauptgewässer Rhein, Mosel und Lahn wurden als Verbindungsgewässer definiert, deren Durchgängigkeit für eine landesweite Vernetzung der aquatischen Lebensräume grundsätzlich essenziell ist.

#### 4.2 Entwicklungsstrecken für diadrome Fischarten

Die Definition von Entwicklungsstrecken für diadrome Arten erfolgt anhand der für Rheinland-Pfalz ermittelten Areale, die aufgrund ihrer Morphologie und Hydrologie potenzielle Lebensräume für Aal, Lachs und Meerforelle darstellen. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse für den Lachs gelten gleichermaßen für die Meerforelle. Als Areale werden Gewässerstrecken bezeichnet, die eine Population aufgrund allgemeiner hydromorphologischer Gegebenheiten besiedelt bzw. besiedeln könnte. Dazu wurde auch der morphologische Zustand der Areale bewertet.

Zur Ermittlung der Gewässerstrecken, in denen die Entwicklung diadromer Fischarten künftig möglich und sinnvoll ist, wurde die Erreichbarkeit der Areale flussaufwärts sowie die Erreichbarkeit des Rheins flussabwärts vor und nach einer Sanierung bezüglich der Durchgängigkeit untersucht.

Für den Lachs ist dabei zwingend erforderlich, dass er ein bestimmtes Zielareal in den großen Flüssen oder deren Nebengewässern erreichen kann, und dass dieses über die geeigneten hydromorphologischen Eigenschaften verfügt. Der Aal ist dagegen nicht auf ein bestimmtes Areal geprägt, das er unbedingt nach dem Aufstieg im Gewässer erreichen muss. Aber auch er muss geeignete Lebensbedingungen im Gewässer vorfinden und daher bestimmte Areale erreichen können.

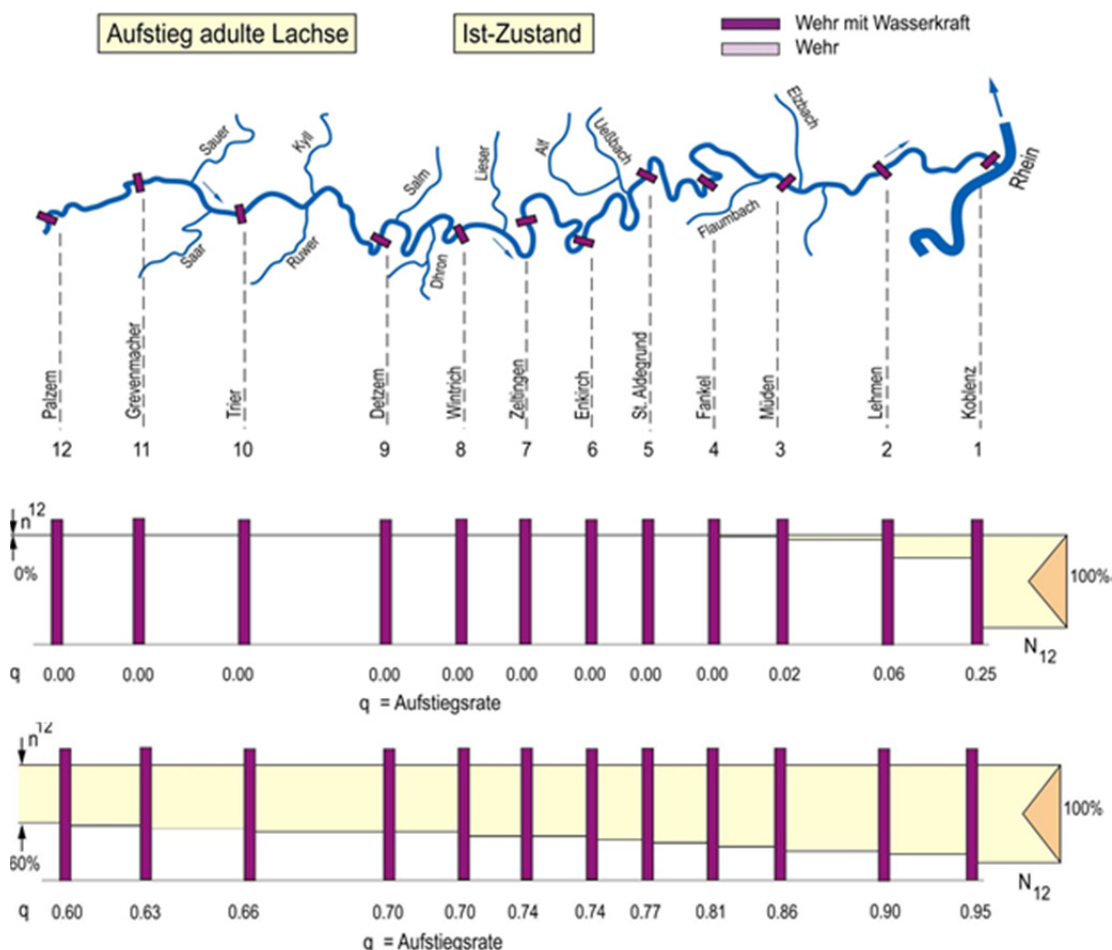


**Abb. 3:** Darstellung der Entwicklungsstrecken für den Lachs, der Laichplätze und Kinderstuben in den Nebengewässern der großen Flüsse sucht und die adulte Phase überwiegend im Meer verbringt (LUWG-RP 2008)

Ein großer Teil der Areale in den Zuflüssen des Rheins ist für potenziell aufwandernde Fische heute nicht erreichbar. Das gilt für die diadromen Arten Lachs und Aal gleichermaßen. Die Erreichbarkeitsraten flussabwärts zum Rhein liegen dagegen bei den anadromen Arten wie dem Lachs bei besseren Werten. Beim katadromen Aal, der ausgewachsen zum Meer wandert, wirkt die Anzahl der zu passierenden Wasserkraftanlagen oft stark limitierend.

Die Analyse ergab, dass selbst nach einer Sanierung von Standorten die flussaufwärts gerichtete Durchgängigkeit limitierend wirkt. Denn auch nach dem Bau einer Fischaufstiegsanlage ist ein Standort nicht zu 100 % aufwärts passierbar. Vielmehr ist mit einem Ausdünnungseffekt, z. B. in Folge einer leicht eingeschränkten Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage, zu rechnen. Daher beträgt beispielsweise die Erreichbarkeit eines Areals, das oberhalb von 10 Wanderhindernissen liegt, nur etwa 60 %, wenn beispielsweise die einzelnen Standorte nach dem Bau von Fischaufstiegsanlagen jeweils zu 95 % durchwanderbar sind (Abb. 4).

Als Entwicklungstrecken für diadrome Fischarten gelten landesweit diejenigen Gewässerstrecken, in die künftig nach Sanierung mindestens 50 % der potenziell vom Rhein aus in die Areale wandernden Fische auf- bzw. absteigen können.



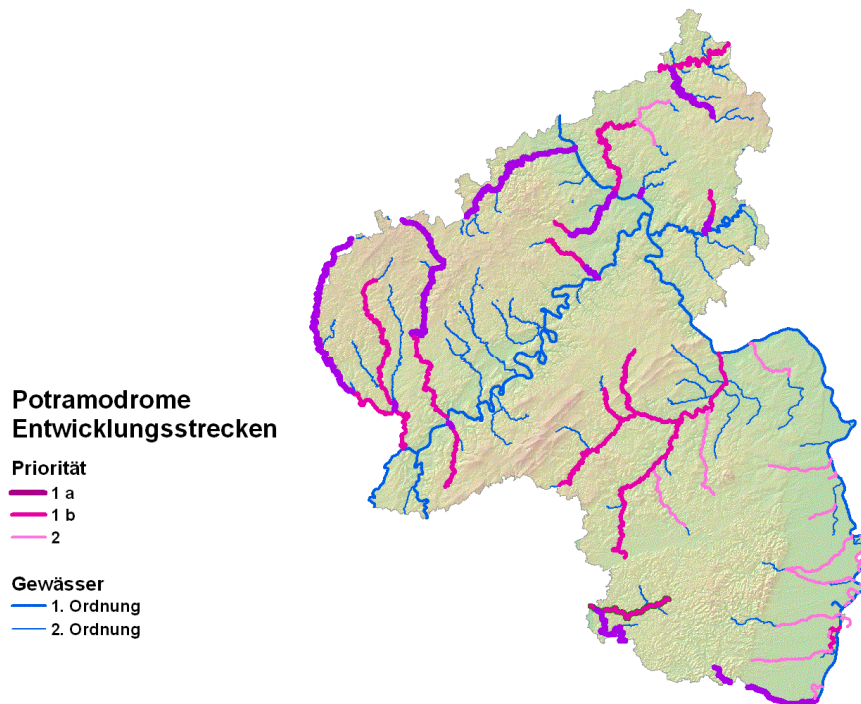
**Abb. 4:** Kumulative Wirkung eingeschränkter Durchgängigkeit nach zwölf Querbauwerken am Beispiel der Mosel. Oben vor der Sanierung, unten nach der Sanierung bei einer angenommenen Passierbarkeit von 95 % je Bauwerk (LUWG-RP 2008)

### 4.3 Entwicklungsstrecken für potamodrome Fischarten

Die potamodromen Fischarten durchlaufen alle Entwicklungsstadien im Süßwasser und sind nicht auf den Wechsel zwischen Lebensräumen im Meer und im Süßwasser angewiesen. Sie sind aber auf Wanderbewegungen im Süßwasser zwischen unterschiedlichen Lebensräumen, die zur Entwicklung, zum Laichen oder als Kinderstube erforderlich sind, angewiesen.

Prioritär zu entwickelnde Gewässerstrecken für potamodrome Fischarten wurden nach folgenden Aspekten ausgewählt:

- > Existenz eines hohen Entwicklungspotenzials aufgrund hoher Gewässergüte und guter Gewässerstruktur für möglichst viele Zeigerarten wie Barbe, Äsche, Nase, Schneider
- > Vorkommen geschützter Arten wie beispielsweise Steinbeißer, Schlammpeitzger, Bitterling und Bachneunauge
- > durch Befischungsergebnisse identifizierter vorhandener Bestand der Zeigerarten
- > Entwicklung zusammenhängender Gewässersysteme und deren Anbindung an Verbindungsgewässer zur Gewährleistung einer landesweiten Ausbreitung gefährdeter Arten



**Abb. 5:** Darstellung der Entwicklungsstrecken für die potamodromen Arten, die verschiedene Lebensphasen in unterschiedlichen Binnengewässern verbringen. (LUWG-RP 2008)

### 4.4 Verbindungsgewässer

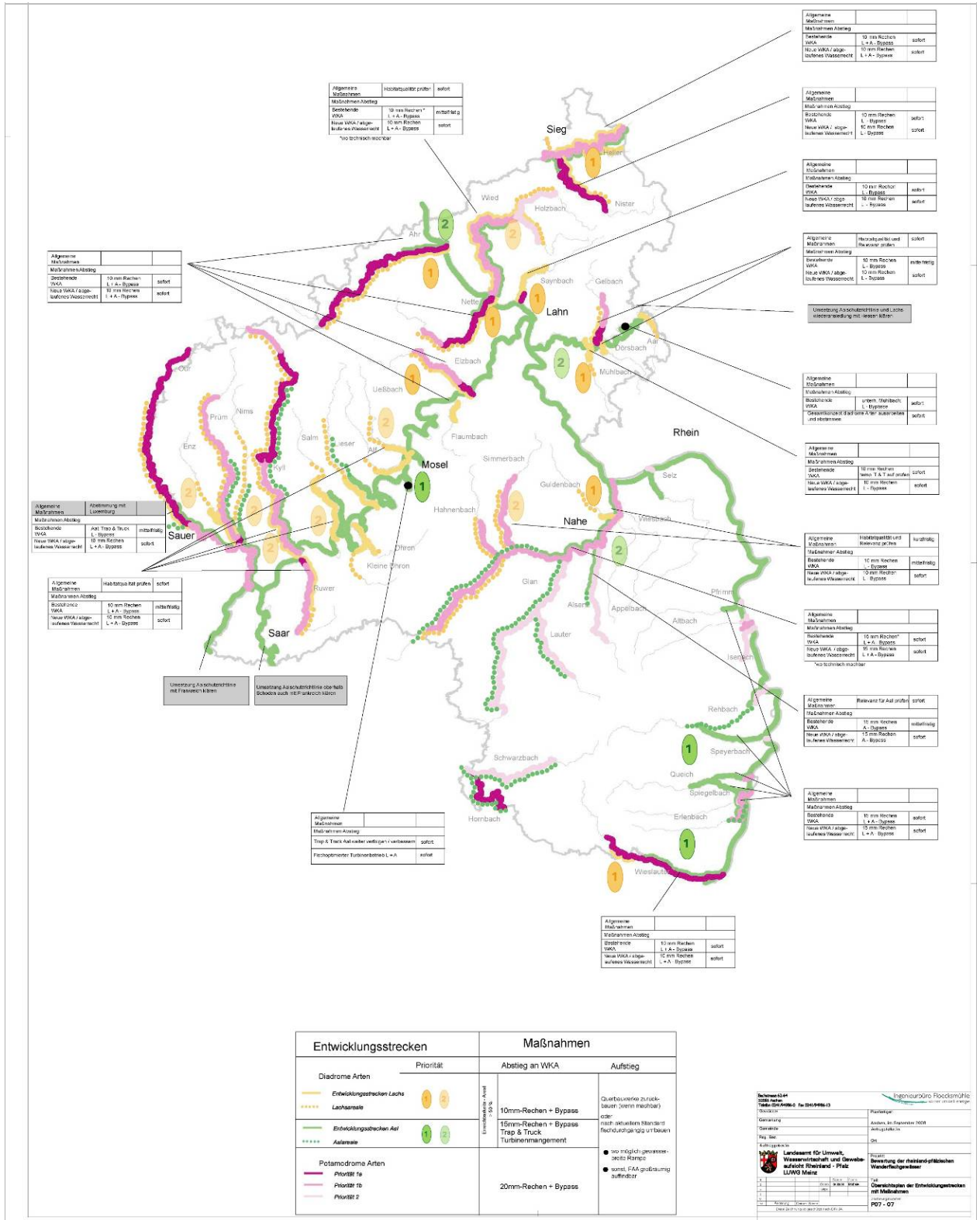
Als Verbindungsgewässer gelten Rhein, Mosel, Saar, Sauer, untere Nahe und Lahn. Sie stellen die ursprünglichen Hauptwanderachsen der anadromen Arten zu ihren Laichhabitaten dar.

Für den Aal sind die Verbindungsgewässer potenzielle Hauptwanderwege und gleichzeitig auch wichtige Aufwuchsareale. Für potamodrome Arten sind sie Wanderkorridore zwischen Subsystemen, d. h. den Gewässersystemen, die in die Verbindungsgewässer münden wie beispielsweise Kyll und Ruwer an der Mosel. Sie sind gleichzeitig Lebensraum für die Artengemeinschaft der Barbenregion. Die Wiederherstellung der flussauf- und -abwärts gerichteten Durchgängigkeit in den Verbindungsgewässern ist damit eine grundsätzliche Voraussetzung für die Entwicklung der potenziell natürlichen Fischfauna im gesamten Untersuchungsgebiet.

#### **4.5 Priorisierungen**

Für die Entwicklungsstrecken wurden konkrete Vorgehensweisen zur Verbesserung der Durchgängigkeit untersucht. Die Durchführung der Sanierungsmaßnahmen soll sich an einer räumlich und zeitlich gestaffelten Priorisierung orientieren. Es wurde eine dreistufige Skala der Zielerreichung unter Berücksichtigung der Qualität des Habitats, der Kosten, der Kosteneffizienz und der Realisierbarkeit entwickelt. Es wird zwischen einem nahen, einem mittleren und einem fernen Zeithorizont unterschieden. Bereits laufende und geplante Projekte werden unabhängig von dieser Priorisierung weitergeführt.

Im Rahmen des Entwicklungskonzeptes wurden neben der Priorisierung in Abstimmung mit den zuständigen Regionalstellen auch standardisierte Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit an den Standorten von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen vorgeschlagen. Diese sind im Querbauwerkeinformationssystem (QUIS) des Landes Rheinland-Pfalz enthalten. Für die diadromen Entwicklungsgewässer mit der Priorität 1 wurden sie in Karten dargestellt einschließlich der erforderlichen Maßnahmen (Abb. 6). Ebenfalls eingezeichnet sind die häufig parallel liegenden potamodromen Entwicklungsstrecken sowie die Wasserkraftanlagen, die sich in Betrieb befinden und an denen ggf. Maßnahmen zur Verbesserung des Fischabstieges erforderlich sind. Wegen der kumulativen Wirkung von Querbauwerken ist anzustreben, Standorte ohne Nutzung und ohne Wasserrecht zurückzubauen oder mit gewässerbreiten Raugerinnen umzubauen.



**Abb. 6:** Stark verkleinerte Übersichtskarte des Durchgängigkeitskonzeptes Rheinland-Pfalz (LUWG-RP 2008)

## 5 Aktivitäten der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

### 5.1 Bewertungsregeln für die Berichterstattung zur EG-WRRL

Im Auftrag des Ausschusses Oberflächengewässer der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat der Expertenkreis „Hydromorphologie“ nach Maßgabe der EG-WRRL ein Schema zur Bewertung der Durchgängigkeit von Wasserkörpern entwickelt. Dieses Schema soll auch für die Berichterstattung zur EG-WRR in den „reporting sheets“ angewendet werden. Für das Befüllen der „reporting sheets“ sind die drei hydromorphologischen Qualitätskomponenten Durchgängigkeit, Morphologie und Wasserhaushalt in drei Klassen zu bewerten (sehr gut, gut, schlechter als gut). Die Bewertungsergebnisse dieser drei hydromorphologischen Qualitätskomponenten sind ggf. in einer Gesamtbewertung der „Hydromorphologie“ zusammenzuführen.

Die Regeln zur Bewertung der Durchgängigkeit sollen möglichst auf bestehende Daten der Bundesländer aufbauen und sich an der biologischen Funktionsfähigkeit der Gewässersysteme und der Durchgängigkeit der Bauwerke orientieren. Die Einschätzung der Durchgängigkeit soll einen Bezug zur Zielerreichung im Oberflächenwasserkörper und zu den überregionalen Umweltzielen haben.

Unabhängig von der Datenlage wurde vom Expertenkreis „Hydromorphologie“ das folgende einfache und generelle Schema für die Berichterstattung und das Befüllen der „reporting sheets“ entwickelt (Tabelle 3).

**Tabelle 3**

Generelle Bewertungsregeln für die Durchgängigkeit in Fließgewässer-Wasserkörpern (WK)

| Klasse               | Kriterium   | Parameter            |                      |            | Bewertung            |
|----------------------|---|----------------------|----------------------|------------|----------------------|
|                      |   | Aufwärts             | Abwärts              | Sedimente  |                      |
| „sehr gut“           | Per Definition nach EG-WRRL, Anhang V:<br>„Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedimenten“ | „sehr gut“           | „sehr gut“           | „sehr gut“ | „sehr gut“           |
| „gut“                | WK durchgängig (nach spezifischer Bewertungsmethode bzw. Experteneinschätzung); „worst-case“-Prinzip  | „gut“                | „gut“                | „unknown“  | „gut“                |
| „schlechter als gut“ | WK nicht durchgängig (nach spezifischer Bewertungsmethode bzw. Experteneinschätzung); „worst-case“-Prinzip  | „schlechter als gut“ | „schlechter als gut“ | „unknown“  | „schlechter als gut“ |
| „unknown“            | Keine Bewertung vorhanden; „worst-case“-Prinzip   | „unknown“            | „unknown“            | „unknown“  | „unknown“            |

### 5.1.1 Datenlage

Die Ergebnisse einer Abfrage des Expertenkreises „Hydromorphologie“ bei den Bundesländern über vorliegende Daten und Methoden zur Durchgängigkeitsbewertung für Fische zeigen, dass in nahezu allen Bundesländern Informationssysteme zur Erfassung von Wanderhindernissen wie Querbauwerken und anderen baulichen Barrieren vorhanden sind. Nicht systematisch erfasst sind chemische oder physikalische Barrieren sowie Hindernisse bezüglich der Sedimente.

Flächendeckende Informationen zu den Wanderhindernissen fokussieren hauptsächlich auf die Gewässer, welche hinsichtlich der überregionalen Umweltziele als Hauptwanderwege der diadromen und potamodromen Fischarten sowie zur Vernetzung der Gewässersysteme identifiziert wurden. Diese Gruppe kann zusammenfassend und näherungsweise als Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet  $> 100 \text{ km}^2$  bezeichnet werden. Dieses überregional bedeutsame Gewässernetz ist in den Bundesländern und den Flussgebietseinheiten Grundlage für die wesentlichen Bewirtschaftungsfragen (Beispiel Masterplan Rhein, IKS 2009).

Die Datengrundlage bezüglich der kleineren Gewässer ( $\text{EZG} > 10 \text{ km}^2$  bis  $< 100 \text{ km}^2$ ) ist länderspezifisch heterogen und meist weniger detailliert. Diese Gruppe entspricht in nächster Näherung den Fließgewässertypen 5 bis 8 sowie 14, 16 und 19. Zwar werden auch an diesen kleineren Gewässern Erhebungen zu den Wanderhindernissen seitens der Bundesländer durchgeführt, jedoch liegt zum jetzigen Zeitpunkt bundesweit keine einheitliche und vollständige Datengrundlage vor.

### 5.1.2 Aktuell verfügbare Parameter der Durchgängigkeit

Für die Befüllung der „reporting sheets“ können derzeit folgende Parameter genutzt werden:

#### **Fischaufstieg:**

Die Bewertung kann auf Basis der in den Ländern verwendeten Methoden oder einer qualifizierten Experteneinschätzung abgeleitet werden. Hierzu sollten zukünftig länderübergreifend sowohl für die Methodik der Erfassung als auch für die Bewertung Standards entwickelt und angewendet werden. Diese sollen für die Bundeswasserstraßen gemeinsam mit den Bundesbehörden entwickelt und abgestimmt werden.

#### **Fischabstieg:**

Die biologischen und auch technischen Grundlagen für die Bewertung des Fischabstiegs sind bisher nicht standardisiert. Eine Bewertung für das Reporting erfolgt zunächst nicht. Vereinfachend kann angenommen werden, dass Bauwerke ohne Wasserkraftanlagen i. d. R. als flussabwärts passierbar eingestuft werden können. Sofern Schäden bei der Abwanderung nicht ausgeschlossen werden können, entscheiden die Länder, an Bundeswasserstraßen der Bund, welche Bauwerke genauer untersucht werden müssen. Bauwerke mit Wasserkraftanlagen werden immer dann als nicht durchgängig eingestuft, wenn kein spezifischer Fischschutz in Verbindung mit einem Fischabstieg gewährleistet ist. Die Einstufung erfolgt nach länderspezifischen Methoden und in Bundeswasserstraßen durch eine einvernehmliche Abstimmung mit den Bundesbehörden. Die Kriterien für die Bewertung sollen zwischen den Ländern und dem Bund abgestimmt werden, da größere Bauwerke flussgebietsweit wirken können und entsprechende fischökologische Anforderungen an die Bauwerke formuliert werden sollten.



### **Sedimente:**

Bei den meisten Bauwerken fehlen bisher ausreichende Daten und Kenntnisse über die Auswirkung auf die Durchgängigkeit für Sedimente. Die Durchgängigkeit für Sedimente soll deshalb vorerst nicht in die Gesamtbewertung eingehen.

#### **5.1.3 Regeln zur heutigen Ableitung der Gesamtbewertung der Durchgängigkeit**

- > Die Bewertung der Durchgängigkeit erfolgt für Wasserkörper.
- > Die Bewertung erfolgt zunächst nur für den Parameter Fischaufstieg in einer dreistufigen Skala: „sehr gut“, „gut“ und „schlechter als gut“.
- > Die Bewertung der Durchgängigkeit für Fische erfolgt nach dem „worst-case“-Prinzip.
- > Der „sehr gute“ Zustand gilt gemäß EG-WRRL, Anhang V, nur für Wasserkörper ohne Hindernisse für Organismen und Sedimente. Alle Parameter müssen „sehr gute“ Bedingungen aufweisen.
- > Liegen über den Fischaufstieg nach Auffassung der Länder keine sicheren Informationen vor, ist das Ergebnis der Bewertung der Durchgängigkeit „unknown“.
- > Für die Bewertung der Durchgängigkeit für Fische wird gemäß EG-WRRL nicht zwischen natürlichen (NWB) und stark veränderten (HMWB) Fließgewässern unterschieden. Viele HMWB-Wasserkörper haben eine wichtige Funktion als überregionale Wanderkorridore.

Der Expertenkreis „Hydromorphologie“ hat vorgeschlagen, bund- und länderübergreifend gemeinsame Mindeststandards für die Bewertung von Fischaufstieg, Fischabstieg sowie die Durchgängigkeit für Sedimente zu entwickeln. In diesem Zusammenhang wird 2014/15 das LAWA-Projekt „Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Fische und Sedimente“ im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms durchgeführt.

### **5.2 Durchgängigkeit als Nachhaltigkeitsindikator**

Durch Beschluss der Umweltministerkonferenz (UMK) vom 15.11.2007 ist aus der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft "Nachhaltigkeit" die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft "Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit" (KliNa) hervorgegangen. Die BLAG KliNa legt der UMK alle zwei Jahre einen Erfahrungsbericht zu den umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) vor.

Bestandteil des Erfahrungsberichtes ist auch ein öffentlichkeitswirksamer Berichtsteil. Damit werden in einem kompakten gedruckten Indikatorenbericht länderübergreifende Informationen zur Umweltqualität gegeben. Verwendet werden hierzu die gemeinsamen UMK-Indikatoren. Im Internet unter [www.liki.nrw.de](http://www.liki.nrw.de) werden die Darstellungen der Indikatoren halbjährlich aktualisiert sowie deren Trend und Status im Indikatorenspiegel fortgeschrieben.

Die Länderinitiative Kernindikatoren hat im Jahr 2012 die LAWA beauftragt, Nachhaltigkeitsindikatoren für den Gewässerzustand zu entwickeln. Unter anderem wurde vom Expertenkreis „Hydromorphologie“ der Nachhaltigkeitsindikator „B9 Gewässerstruktur“ entwickelt.

Der Indikator umfasst die zwei Teilindikatoren:

- 1) Grad der Veränderung der Gewässerstruktur und
- 2) Anteil der Querbauwerke in Fließgewässern mit einer guten Durchgängigkeit für Fische

### **Zur Erläuterung**

Der Indikator „Anteil der Querbauwerke mit einer guten fischökologischen Durchgängigkeit“ ist definiert als Anteil der für den Fischeaufstieg durchgängigen Querbauwerksstandorte im Verhältnis zur Gesamtzahl der signifikanten Querbauwerksstandorte in den Gewässern > 100 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet. Gewässer dieser Größenklasse sind die wesentlichen Verbindungsgewässer für die diadromen und die potamodromen Fischarten. Bei diesen besonders bedeutsamen Gewässern sollte die Durchgängigkeit möglichst aller Querbauwerksstandorte für den Fischeaufstieg angestrebt werden (Ausnahme: Talsperren).

Die Verbesserung der fischökologischen Durchgängigkeit konzentriert sich aufgrund technischer Möglichkeiten derzeit primär auf die Herstellung des Fischeaufstiegs. Sobald für den ökologisch ebenso wichtigen Fischabstieg ein Stand der Technik existiert, soll dieser Indikator zu einem Indikator „fischökologische Durchgängigkeit“ weiterentwickelt werden.

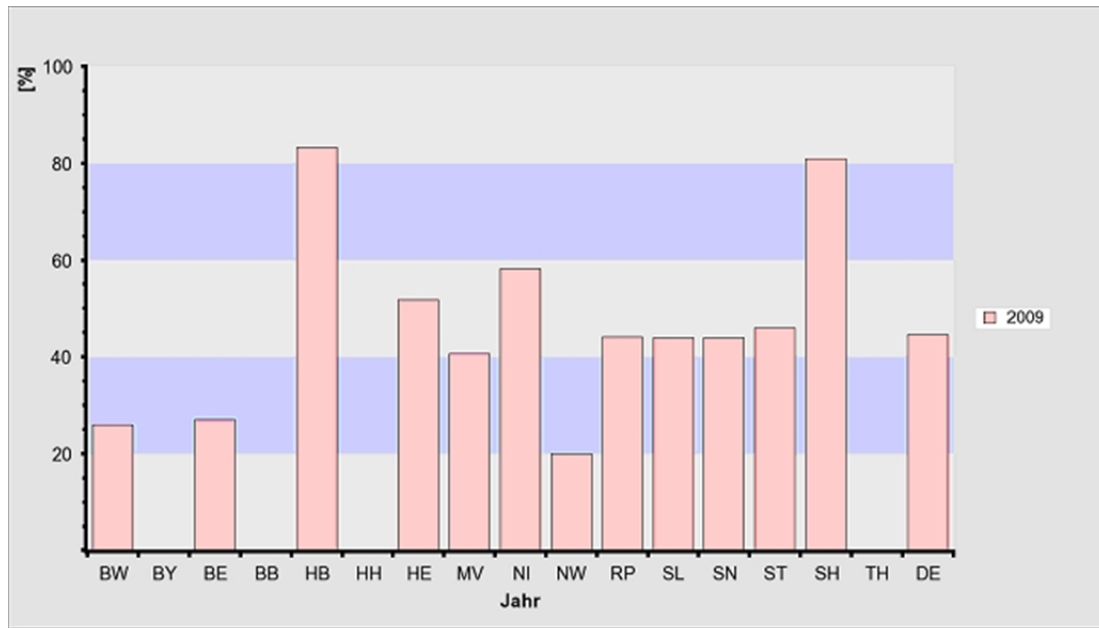
### **Zur Berechnung**

Berechnet wird der prozentuale Anteil der für den Fischeaufstieg als durchgängig eingestuften Querbauwerksstandorte an der Gesamtzahl der signifikanten Querbauwerksstandorte an Gewässern mit einem Einzugsgebiet > 100 km<sup>2</sup>, einschließlich der Bundeswasserstraßen. Die Einstufung der Durchgängigkeit obliegt den Fachbehörden der Länder. Berechnet wird der Wert für jedes einzelne Bundesland, oder auch bundeseinheitlich. Datengrundlage sind die Querbauwerkskataster der Bundesländer, die im Rahmen der Umsetzung der EG-WRRL aufgestellt wurden. Es werden nur die als signifikant eingestuften Querbauwerksstandorte in Fließgewässern > 100 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet berücksichtigt.

### **Zur Bedeutung**

Die ökologische Durchgängigkeit der Fließgewässer ist für viele wandernde aquatische Organismen aber auch für den Feststoffhaushalt von besonderer Bedeutung. Für viele Fischarten ist eine ungestörte Wanderung notwendig, um die für den Lebenszyklus und den Fortbestand wesentlichen Lebensräume innerhalb der Gewässer, der Auen und der marinen Lebensräume zu erreichen.

Die Herstellung der Durchgängigkeit für den Fischeaufstieg an den als signifikant eingestuften Querbauwerken in Gewässern > 100 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet begründet für viele Fischarten die Entwicklung nachhaltig lebensfähiger Bestände. Dies gilt insbesondere für die Wiederansiedlung von Wanderfischen, die Abschnitte ihres Lebens im Meer verbringen (diadrome Arten wie z. B. Lachs und Aal). Ebenso gilt dies für Arten, die größere Wanderungen innerhalb eines Flussgebietes unternehmen (potamodrome Arten wie z. B. Barbe, Nase, Rapfen). Die schrittweise Verbesserung der Durchgängigkeit unterliegt einer hohen öffentlichen Aufmerksamkeit.



**Abb. 4:** Erste Bilanz der Bundesländer zum Nachhaltigkeitsindikator B9 (2) „Anteil der Querbauwerke mit einer guten fischökologischen Durchgängigkeit in Fließgewässern“, 2009

### 5.3 Vorschlag zur Attributierung von Querbauwerken (INSPIRE)

Als Beispiel für eine länderübergreifende Datenstrukturierung von „man made objects“ für INSPIRE (Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) 14.03.2007) wurde seitens der LAWA eine gemeinsame Basis für die Querbauwerksdaten entwickelt. Gegenstand der Betrachtung sind die Querbauwerksdaten, die bereits in allen Ländern in Querbauwerkskatastern erfasst sind. Die Auswahl relevanter Querbauwerke soll sich auf das für die diadromen und potamodromen Fischarten relevante Gewässernetz beziehen, da diese von überregionaler Bedeutung sind. Außer wenigen Stammdaten zur Lage und zum Typ des Querbauwerkes sind ausschließlich Bewertungen zur Aufwärts- und Abwärtspassierbarkeit und Bewertungen zur Durchgängigkeit für Sedimente überregional relevant. Weiterhin müssen Bezeichnungen wie beispielsweise die Bezeichnung der Querbauwerkstypen (Objektarten) vereinheitlicht werden. Im Ergebnis wurde folgende Schablone entwickelt (Tabelle 4).

**Tabelle 4**  
Vorschlag zur Attributierung von Querbauwerken (INSPIRE)

| Attribut                           | Definition   | Typ                | Werte                 |
|------------------------------------|--|--------------------|-----------------------|
| Mitgliedsstaat                     | Z (100) Datenherkunftsland   | Pflicht            |                       |
| Bundesland                         | Z (100) bereitstellendes Bundesland  | Pflicht            |                       |
| Wasserkörper                       | N (20)<br>Rwb ID   | Pflicht            |                       |
| Gewässerkennzahl                   | N (10)<br>Nach LAWA  | Pflicht            |                       |
| Gewässername                       | Z (100)  | Pflicht            |                       |
| Bauwerkslage_H-Wert                | N (7)<br>UTM -Koordinatensystem  | Pflicht            |                       |
| Bauwerkslage_R-Wert                | N (6)<br>UTM -Koordinatensystem  | Pflicht            |                       |
| Bauwerksarten                      | Z(50)<br>nach_DIN, z.B. Sohlbauwerk,<br>Stauanlage [Mehrfachnennung<br>möglich]        | Pflicht            |                       |
| Bauwerksarten_Unterart             | Z(50)<br>z.B. Absturz [Mehrfachnennungen<br>möglich]                                   | optional           |                       |
| Bauwerksarten_Zweck                | Z(50)<br>z.B. Sohlstabilisierung, Wasser-<br>kraftnutzung [Mehrfachnennung<br>möglich] | optional           |                       |
| Fisch_Durchgängigkeit<br>_Aufwärts | N (9)<br>aufwärts passierbar   | Pflicht            | ja / nein / unbekannt |
| Fisch_Durchgängigkeit<br>_Abwärts  | N (9)<br>abwärts passierbar  | b.a.w.<br>optional | ja / nein / unbekannt |
| Durchgängigkeit_Sediment           | N (9)  | b.a.w.<br>optional | ja / nein / unbekannt |

Bewertung und Datenlieferung nur für Wasserkörper mit einem relevanten Bestand an diadromen oder potamodromen Wanderfischen. Optionale Felder dienen ausschließlich der Beschreibung einzelner Querbauwerke. Eine landes- oder bundesweite Auswertung optionaler Felder kann zu falschen Ergebnissen führen, da die Eintragungen nicht verpflichtend sind.

## 6 Zusammenfassung

Zahlreiche Wehranlagen, Abstürze und Wasserkraftanlagen stören den Transport der Sedimente und die biologische Durchgängigkeit in unseren Gewässern. Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fordert deshalb die Wiederherstellung der Durchgängigkeit der Fließgewässer für „aquatische Organismen und Sedimente“ als eine wesentliche Voraussetzung für das Erreichen eines „guten ökologischen Zustands“ der Gewässer. Um dieses Ziel in den zu bewirtschaftenden Wasserkörpern zu erreichen sind einerseits eine Erfassung und Bewertung der einzelnen Hindernisse, andererseits aber auch eine systematische Bewertung deren kumulativer Wirkung in den Gewässernetzen der Flussgebiete erforderlich.

In Ergänzung des „fischbasierten Bewertungssystem für Fließgewässer – fiBS“ (DUBLING et al. 2003), das als biologische Bewertungskomponente (Indikator) im Wesentlichen die Bestandssituation im Wasserkörper bewertet, wurde bei der LAWA ein Strategiepapier zur

Bewertung und Bewirtschaftung der linearen Durchgängigkeit der Gewässersysteme entwickelt (LAWA 2008, LAWA 2013). Dabei sind sowohl die aufwärts als auch die abwärts gerichtete Durchgängigkeit für aquatische Organismen zu beachten. Die ebenfalls erforderliche Bewertung der Durchgängigkeit für Sedimente ist Gegenstand eines laufenden Projektes des Länderfinanzierungsprogramms Wasser und Boden.

Die Bedeutung einer systematischen Vernetzung der Lebensräume in den Fließgewässern wird besonders bei den diadromen und potamodromen Fischarten offensichtlich. Die Populationen dieser Arten sind bei einer gestörten oder unterbrochenen linearen Durchgängigkeit grundsätzlich in ihrem Fortbestand in unseren Gewässern gefährdet. Die Durchgängigkeit für Sedimente ist insbesondere für die typische Ausprägung der Morphologie und damit auch der Habitate der typischen Biozönosen und Indikatororganismen essenziell.

## Literatur

- ANDERER, P., U. DUMONT, C. LINNENWEBER, B. SCHNEIDER (2008): Durchgängigkeit der rheinland-pfälzischen Gewässer – Instrumente für die Entwicklung von Maßnahmenplänen. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2008 (1) Nr. 10
- ANDERER, P., U. DUMONT, C. LINNENWEBER, B. SCHNEIDER (2010): Entwicklungskonzept ökologische Durchgängigkeit Rheinland-Pfalz. Wasserwirtschaft 9/2010
- DUBLING, U., A. BISCHOFF, R. HABERBOSCH, A. HOFFMANN, H. KLINGER, CH. WOLTER, K. WYSUJACK & R. BERG (2003): Erforderliche Probenahmen und Entwicklung eines Bewertungsschemas zur ökologischen Klassifizierung von Flüssen anhand ihrer Fischbestände gemäß EG-WRRL (fischbasiertes Bewertungssystem für Fließgewässer – fiBS), gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung von Mai 2001 - Okt. 2003; FKZ 00330042 - 00330044)
- EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L327 vom 22.12.2000
- IKSR (2009): Masterplan Wanderfische Rhein, IKSR Bericht Nr. 179, Koblenz
- LAWA (2000): Gewässergütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland – Verfahren für kleine und mittelgroße Gewässer. Herausgegeben von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Schwerin
- LAWA (2002): Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland – Gewässerstruktur in der Bundesrepublik Deutschland 2001. Herausgegeben von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Hannover
- LAWA (2006): Leitlinien zur Gewässerentwicklung – Ziele und Strategien. Herausgegeben von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Mainz
- LAWA (2007): Strategiepapier Fischdurchgängigkeit, erarbeitet vom Expertenkreis Hydro-morphologie der LAWA, internes Papier, unveröff.
- LAWA (2008/2013): Strategiepapier Fischdurchgängigkeit. LAWA-Ausschuss Oberflächengewässer, zunächst internes Papier, 2013 veröffentlicht von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)  
<http://www.wasserblick.net/servlet/is/Entry.136197.Display/>

LUWG-RP (2008): Durchgängigkeit und Wasserkraftnutzung in Rheinland-Pfalz, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, LUWG- Bericht 2/2008, Mainz

MUFV-RP (2005): 10 Jahre Aktion Blau – Gewässerentwicklung in Rheinland-Pfalz. Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Mainz

SCHOLTEN, M., C. VON LANDWÜST, S. WIELAND, A. ANLAUF (2010): Herstellung der Durchgängigkeit an Staustufen der Bundeswasserstraßen – Fischökologische Einstufung der Dringlichkeit von Maßnahmen für den Fischaufstieg. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG-1697, Koblenz



**Kontakt:**

**Christoph Linnenweber**

Referatsleiter „Flussgebietsentwicklung“

Obmann des LAWA-Expertenkreises „Hydromorphologie“

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft  
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

Kaiser-Friedrich-Str.7

55116 Mainz

Tel.: 06131/ 6033 1817

Fax: 06131/ 222 341

E-Mail: christoph.linnenweber@luwg.rlp.de

# Grundlagen und Stand des Projektes zur Wiederansiedlung des Maifischs im Rhein

Andreas Scharbert

## 1 Einleitung

Nachdem bereits in den 1990er-Jahren gestartete Wanderfisch-Wiederansiedlungsprogramme Früchte trugen, und Lachs und Nordseeschnäpel sich in Teilen des Rheinsystems wieder natürlich fortzupflanzen begannen, sowie mit den anadromen Neunaugenarten und der Finte weitere Langdistanzwanderer das Flusssystem eigenständig wiederbesiedelten, lag es nahe, Versuche zu starten, mit dem Maifisch eine weitere ehemals im Rhein vorkommende anadrome Wanderfischart wieder zu etablieren. Wenngleich die Habitatansprüche des im Potamal der größeren Flüsse laichenden Maifischs geringer sind als etwa beim Lachs, ist die Eignung des Rheins, der heute als bedeutende Binnenwasserstraße fungiert, als Lebensraum für Maifische alles andere als selbstverständlich. Die Implikationen der Schifffahrt, insbesondere hinsichtlich möglicher Störungseinflüsse auf die pelagisch laichenden Fische sowie Beeinträchtigungen der Larven durch Hub- und Sunkeffekte und den massiven Wellenschlag, waren kaum abzuschätzen, zumal sich unter den rezenten Maifischflüssen keiner findet, der ähnlichen Einflüssen ausgesetzt ist. Überdies bestehen vermutlich andere Ansprüche der zu meist schwarmweise aufwandernden adulten Maifische an Fischaufstiegsanlagen. Das mit dem Förderinstrument LIFE der Europäischen Union teilfinanzierte Projekt besitzt Pilotcharakter, in dem erstmals Methoden zur Zucht sowie Wiederansiedlungs- und Monitoringmaßnahmen für den Maifisch überhaupt entwickelt und umgesetzt werden.

## 2 Die einstige Bedeutung des Maifischs im Rhein

Noch ausgangs des 19. Jahrhunderts war der Maifisch (*Alosa alosa* L.) einer der individuenreichsten anadromen Wanderfische im Rhein und besaß große Bedeutung für die Fischerei und Gastronomie entlang des Stroms. Der Bestand war der vermutlich größte der Art. Alljährlich wurden Hunderttausende der zu den heringsartigen (Clupeidae) zählenden Fische während ihres Laichaufstiegs im Frühjahr gefangen und vermarktet (DE GROOT 1990). Neben der immer intensiveren Fischerei, die schließlich zu einer rigorosen Übernutzung des Maifischbestands über seine Kapazitätsgrenzen hinweg führte, bewirkte die zunehmende anthropogene Überformung des Stroms einen rapiden Einbruch, der sich um die Jahrhundertwende in drastisch zurückgehenden Fangerträgen der – gleichwohl unvermindert betriebenen – Fischerei äußerte. Die Überfischung, gepaart mit der Vernichtung von Laicharealen im Zuge

des Stromausbaus für die Schifffahrt und die zunehmende Verschmutzung des Rheins führten schließlich binnen weniger Jahre zum Aussterben des Maifischbestandes im Rhein (BÜRGER 1926, DE GROOT 1990). Wenngleich bis in die Phase der größten Verschmutzung des Rheins und darüber hinaus vereinzelt und dann und wann noch mal ein Maifisch in ein Netz eines Berufsfischers ging, ist der ehemals im Rhein beheimatete Bestand wohl erloschen. Zu diesem Ergebnis kamen unter anderem Machbarkeitsstudien zu einer möglichen Wiederansiedlung der Art im Rheinsystem, die an der Universität zu Köln im Auftrag des Rheinischen Fischereiverbandes, der HIT-Umweltstiftung und der damaligen Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW (heute LANUV NRW) erstellt wurden (BEECK 2003). Zum einen wurden nach dem Niedergang des Bestandes seit Beginn des 20. Jahrhunderts, trotz mitunter sehr umfangreicher fischereilicher Studien entlang des Rheins, nie Jungfische der Art nachgewiesen, noch ein Trend im Auftreten adulter Maifische im Rheinsystem festgestellt, was die Hoffnung auf den Fortbestand einer Restpopulation hätte aufrecht erhalten können. Anhand von genetischen Vergleichen der Mitochondrien-DNA von im Rhein in den letzten Dekaden nachgewiesenen Maifischen mit denen von Belegexemplaren aus anderen europäischen Restbeständen wurde zudem eine hohe Ähnlichkeit mit Exemplaren aus dem Gironde-Garonne-Dordogne (GGD)-Bestand festgestellt, sodass diese Herkunft der in den letzten Dekaden im Rhein gefundenen Maifische als wahrscheinlicher zu erachten ist, als dass es sich hierbei um Nachfahren der Rheinpopulation handeln würde. Da der GGD-Bestand zudem als der wohl größte und vitalste Bestand der Art anzusehen war, lag es nahe, diesen als Spenderpopulation für ein Wiederansiedlungsprojekt am Rhein zu nutzen (BEECK 2003).

### **3 Etablierung von Zuchttechniken als Prämisse eines Wiederansiedlungsprogramms**

Im Jahr 2007 startete das LIFE-Projekt zur „Wiederansiedlung des Maifisches im Rheinsystem“ (LIFE 06/NAT/D/000005). Eine Grundvoraussetzung für das weltweit erste Wiederansiedlungsprojekt der Art *Alosa alosa* war die Entwicklung von Zuchttechniken, da das gängige Abstreifen bei den portionsweise laichenden Maifischen wenig ergiebig ist und die Versuche zur Nachzucht bis dahin nicht erfolgreich waren. Erste erfolgversprechende Vorversuche wurden beim Cemagref (heute Irstea - Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) in Bordeaux durchgeführt. Das Prinzip bestand darin adulte und quasi laichreife Maifische während ihres Laichaufstiegs an Fischaufstiegshilfen der unteren Stauanlagen der Girondezuflüsse Garonne und Dordogne zu fangen, mithilfe einer Hormoninjektion (LHRH) das Ablachen zu induzieren und die Tiere dann in einem großen, abgedunkelten Rundbecken eigenständig ablaichen zu lassen und die befruchteten Eier in Erbrütungsgläsern bis zum Schlupf der Larven zu inkubieren. Neben der Weiterentwicklung der Zuchttechniken zur Massenzucht von Maifischen sowie der Etablierung geeigneter Markierungsroutinen fokussierte das LIFE-Projekt auf die Quantifizierung geeigneter Besatzareale und vor allem potenzieller Laichhabitats als Grundvoraussetzung für einen sich zukünftig eigenständig fortpflanzenden Maifischbestand. Maifische zeichnen sich durch eine sogenannte litho-pelagische Laichstrategie aus: Sie laichen an der Oberfläche und geben ihre Geschlechtsprodukte ins Freiwasser ab, woraufhin die befruchteten Eier zu Boden



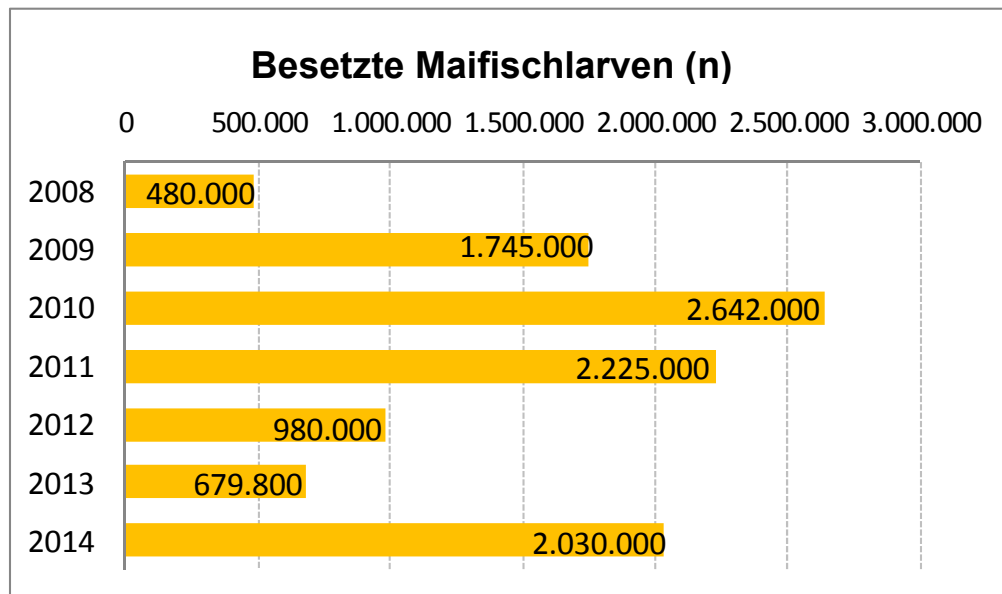
sinken und sich in Lücken des Kies- und Schottersubstrates ablagern, wo sie die Embryonen ausreichend sauerstoffversorgt bis zum Schlupf entwickeln können (APRAHAMIAN et al. 2002). Zur Identifikation und Bewertung potenzieller Laichareale am Rhein wurden französische und amerikanische Experten hinzugezogen, die in kiesigen Gleithangbereichen der Strominnenbögen, Kiesbänken und -inseln sowie den Schotterfächern in den Mündungsbereichen größerer Zuflüsse Bereiche erkannten, die die erforderlichen Strömungs-, Tiefen-, und Substratverhältnisse aufweisen. Insgesamt besteht demnach im Rhein selbst ein mehr als hinreichend großes Dargebot an potenziellen Laicharealen, um den Aufbau einer sich selbst erhaltenden großen Maifischpopulation zu gewährleisten (SCHARBERT 2011).

Im Jahr 2008 wurde eine eigene Maifischzuchtanlage in Bruch an der Garonne errichtet, in der die Kapazitäten für die Zucht mehrerer Millionen Maifischlarven pro Saison geschaffen werden konnten. Dank weiterer Fortschritte in den jeweiligen Phasen des Produktionsprozesses gelang es zudem, die Effizienz signifikant zu steigern, sodass die zur Produktion von 1 Mio. Maifischlarven erforderlichen weiblichen Elterntiere von anfänglich mehr als 100 bei günstigen Temperaturverhältnissen auf weniger als 20 gesenkt werden konnten.

Seit dem Jahr 2011 sind die Maßnahmen zur Wiederansiedlung des Maifischs im Rheinsystem in ein LIFE+ Folgeprojekt (LIFE 09/NAT/DE/000008) eingebunden, das darüber hinaus die Identifikation der Gründe für den rezenten Rückgang der Bestände im Girondegebiet und die Entwicklung geeigneter Gegenmaßnahmen verfolgt. Der Förderanteil der EU liegt bei beiden Projekten bei rund 50 %.

## **4 Besatz- und Monitoringmaßnahmen im Rheinsystem**

Einschließlich der Saison 2014 wurden seit 2008 gut 10 Millionen Maifischjungfische in Bruch produziert und in Seitengewässern des Rheins in Nordrhein-Westfalen und Hessen ausgewildert (s. Abb. 1). Besetzt werden wenige Tage alte Larven, die sich besser transportieren und handhaben lassen als vorgestreckte oder erst recht juvenile Stadien. Alle Larven wurden vor dem Besatz in einer Oxytetracyklin (OTC)-Lösung exponiert. Der Stoff lagert sich in den Otolithen ab und kann bei fluoreszenzmikroskopischer Betrachtung erkannt und die Fische so postum als aus dem Besatz stammend identifiziert werden. Die Fische werden in zu einem Drittel mit Wasser und zu zwei Dritteln mit Sauerstoff gefüllten Plastikbeuteln aus der Zuchtanlage in Frankreich in Vans nach Deutschland transportiert. Um die Larven mit den bestmöglichen Überlebenschancen auszustatten und die Adaptation an den neuen Lebensraum zu erleichtern, werden die Fische nach dem langen Transport erst über mehrere Stunden in mit Flusswasser versorgten Rundbecken gehältert und gefüttert, bevor sie in der Abenddämmerung in das Besatzgewässer entlassen werden. In Stillgewässern wie stromangebundenen Abgrabungsseen hat es sich als praktikabel erwiesen, die Larven nach erfolgter Temperaturanpassung direkt aus den Transportsäcken ins Freiwasser zu entlassen. Zum einen zeigten Tauch- und Aquarienbeobachtungen, dass die Larven sich ohnehin aktiv ins Freiwasser bewegen und oberflächennah Plankton fressen, zum anderen ist das hauptsächlich von Fischen anderer Arten der Altersgruppe 0+ ausgehende Prädationsrisiko im Freiwasser vermutlich deutlich geringer, da diese eher in ufernahen Habitaten als im Pelagial anzutreffen sind.



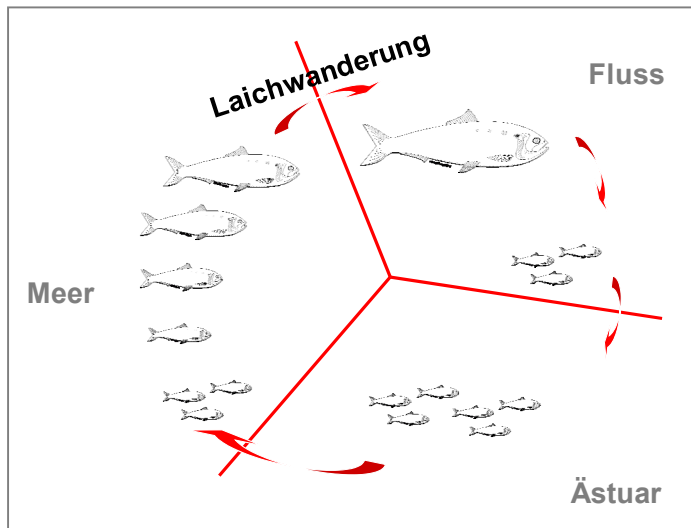
**Abb. 1:** Anzahl der in den Jahren 2008 bis 2014 im Rheinsystem ausgewilderten Maifischlarven

Seit dem ersten Besatz werden wissenschaftliche Begleituntersuchungen durchgeführt, anhand derer Rückschlüsse auf das Verhalten und die Einnischung der jungen Maifische sowie die Effizienz des Besatzes gezogen werden sollen. Es gilt zu betonen, dass es sich hierbei um Grundlagenforschung handelt, da über zeitlich-räumliche Habitatnutzung der 0+Maifische im Süßwasser so gut wie nichts bekannt ist und es überhaupt erst in wenigen Fällen gelang, juvenile Maifische in Flusshabitaten nachzuweisen.

Da über die frühen Entwicklungsstadien von Maifischen bis zu deren Eintreffen im Ästuar einige Wochen nach dem Schlupf bislang nichts bekannt war, lieferten die besatzbegleitenden Monitoringuntersuchungen die ersten Erkenntnisse zum Verhalten und der Habitatwahl von Maifischen der Altersgruppe 0+ im Süßwasser überhaupt. Hierzu wurden unterschiedliche Methoden (feinmaschige Uferzugnetze und Point abundance Elektrofischungen im Umkreis der Besatzstellen, Driftnetz-, Sicht- und Tauchkontrolle, sowie Treibnetz- und Schubnetzbefischungen in zeitlich und räumlicher Distanz zum Besatz) eingesetzt. Demnach driften die Larven sukzessive mit der Strömung und besiedeln – zumindest temporär – schwach angeströmte eher im Freiwasser als am Ufer gelegene Habitate. Im Stillwasser konnte ebenfalls eine Orientierung zum Pelagial als eine Präferenz für lenitische Habitate beobachtet werden. Allerdings konnten bei den Untersuchungen ungeachtet des Methodenrepertoires bislang keine Maifischlarven mehr in den Tagen nach dem Besatz nachgewiesen werden, was die Schwierigkeit, mehr über die Habitatansprüche der juvenilen Stadien zu erfahren, unterstreicht.

Im September und Oktober 2010 wurden erstmals 30 juvenile Maifische im Beifang eines Aalschokkers am Niederrhein entdeckt. Die Fische wurden offenkundig bei der Abwanderung aus dem Fluss zum Ästuar hin dokumentiert, die Teil des Lebenszyklus der Art ist. Bei der französischen Gironde-Population endet die mit dem Schlupf der Larven beginnende Süßwasserphase bereits nach 73 bis 96 Tagen mit der Ankunft im Ästuar, also je nach Schlupfzeitpunkt und Wachstum zwischen Juli und Oktober (LOCHET et al. 2009). Die

jungen Maifische verweilen dann noch für etwa zwei Wochen im Ästuar, bevor sie endgültig ins Meer übersiedeln, wo sie in 3 bis 6 Jahren zur Geschlechtsreife heranwachsen. Nach HOEK (1899) erstreckte sich der Zeitraum, in dem die jungen Maifische aus dem Rhein abwanderten und im Ästuar des Rheindeltas eintrafen, zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Juli bis Dezember, wobei die mittlere Größe der Maifische zum Winter hin anstieg. Die Fische der damals noch existenten Rheinpopulation wiesen dann mit im Mittel etwa 12 cm eine vergleichbare Totallänge auf, wie die im Beifang des Aalschokkers am Niederrhein nachgewiesenen Jungfische.



**Abb. 2:** Schema des Lebenszyklus und der Habitatnutzung des Maifisches

Für das Wiederansiedlungsprojekt ist der Nachweis der juvenilen Maifische als ein überraschend wichtiger Etappensieg zu werten, da erstmals zweifelsfrei belegt werden konnte, dass die im Frühsommer ausgesetzten Larven zu juvenilen Fischen heranwachsen und ein Fischen aus natürlicher Reproduktion vergleichbares Wachstum zeigen. Dies zeigt nicht nur, dass der Rhein auch im heutigen Zustand über ein Habitatdargebot verfügt, dass von den jungen Maifischen zum Aufwuchs genutzt werden kann, was in Anbetracht der Unkenntnis der Habitatansprüche der 0+Maifische ein umso wichtigeres Indiz ist.

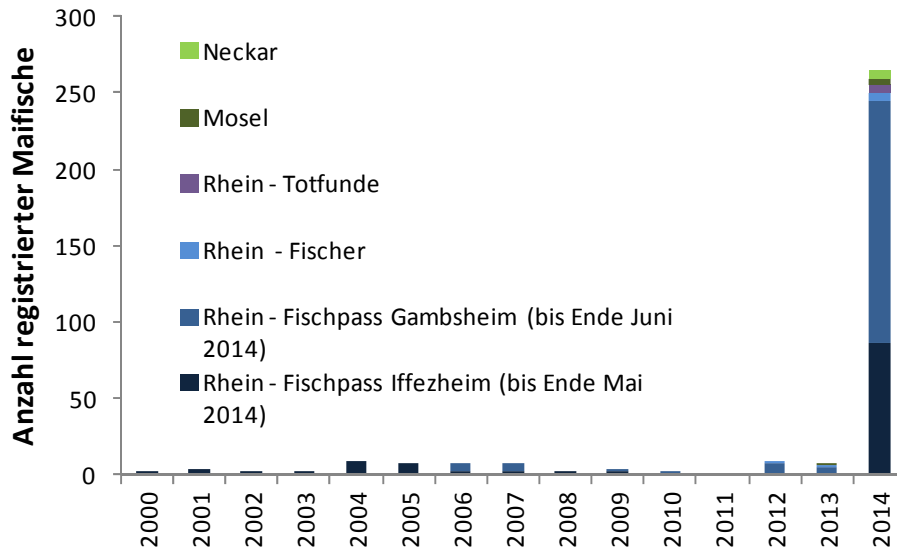
Wie die Markierungen in den Otolithen bei einigen Maifischen zeigten, stammten die Tiere auch tatsächlich aus den im Rahmen des LIFE-Maifisch-Projektes getätigten Besatzmaßnahmen. Allerdings ist das Schicksal der Fische in dem massiv überformten, naturfernen und – bis auf den Nieuwe Waterweg – gänzlich undynamischen Ästuarbereichen des Rheindeltas völlig unklar. Vor dem Hintergrund der Bedeutung einer ästuaren Übergangsphase für die Rekrutierung des Laicherbestandes wird die zukünftige Bestandsentwicklung vermutlich auch von der Erfüllung essenzieller Funktionen des Rheinästuars abhängen (LOCHET et al. 2009, SCHARBERT et al. 2011). Auch vor diesem Hintergrund ist einer zumindest besseren Vernetzung des Haringvliets mit der Nordsee und einer zumindest ansatzweise umgesetzten Redynamisierung dieses hydrologisch und als Route für Wanderfische bedeutsamen Teils des Rheindeltas (IKSR 2009) große Bedeutung für die Entwicklung der Bestände des Maifisches und weiterer Wanderfische beizumessen.

## 5 Erste Erfolge der Wiederansiedlungsmaßnahmen

In Anbetracht der Dauer des Lebenszyklus (Männchen gelangen ab dem dritten und Weibchen vornehmlich ab dem fünften Lebensjahr zur Geschlechtsreife) und der seit 2008 im Rheinsystem Jahr für Jahr ausgewilderten Anzahl junger Maifische war theoretisch ab dem Jahr 2013 von einem Anstieg der in den Rhein zurückkehrenden adulten Maifische auszugehen (BAGLINIÈRE et al. 2003, SCHARBERT et al. 2011). In den Jahren 2014 und 2015 sollte die Anzahl in den Rhein zurückkehrender Maifische in Anbetracht der 5 Jahre zuvor ausgebrachten Anzahl von Maifischlarven signifikant ansteigen, sofern die ästuar- und marine Phase des Lebenszyklus ohne Beeinträchtigungen verlief.

Tatsächlich ergaben sich bereits in den Vorjahren erste Hinweise auf einen erfolgversprechenden Verlauf der Maßnahmen. Im Juli 2012 fing ein Berufsfischer im niederländischen Lek ein geschlechtsreifes Maifischweibchen und im Juni 2013 konnte erstmals ein Maifisch beim Aufstieg in die Mosel am Fischpass Koblenz dokumentiert werden. An den Fischpässen am Oberrhein war kein auffälliger Anstieg registrierter Maifische festzustellen, wobei der Fischpass am untersten Wehr in Iffezheim im relevanten Zeitfenster (in den Monaten April bis Juni) außer Betrieb war. Der Nachweis von drei juvenilen Maifischen im Rechengut der Kühlwasserentnahmestelle des AKW Philippsburg im Rahmen eines durch das Ingenieurbüro Weibel & Ness durchgeführten Monitorings des Fischanfalls im September 2013 ist als erster Nachweis von Maifischen aus natürlicher Reproduktion im Rhein seit dem Aussterben des Bestandes in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts zu werten. Die Fische wurden nicht nur mehr als 100 km oberhalb der nächstgelegenen Besatzstelle dokumentiert, in den Otolithen konnten auch keine Hinweise auf eine Markierung mit OTC gefunden werden, was diese als aus dem Besatz stammend gekennzeichnet hätte. Der Fang eines offenkundig abgelaichten Maifischweibchens im nur wenige Kilometer entfernten Landeshafen Wörth durch den Berufsfischer Götz Kuhn im November 2013 ist als weiterer Beleg zu werten, dass Maifische im Oberrhein gelaicht haben müssen, womit erstmals belegt werden konnte, dass die Maifische ungeachtet der anthropogenen Überformung im Rhein auch tatsächlich geeignete Laichareale vorfinden.

Im Mai 2014 wurde mittels Treibnetzen gezielt durch hierzu beauftragte und hinsichtlich des Fangs von Maifischen erfahrene französische Berufsfischer nach Maifischen im Niederrhein und Oberrhein gesucht. Hierbei konnten drei geschlechtsreife Maifischweibchen im Rheinabschnitt zwischen Wesel und Rees nachgewiesen werden. Dieser an sich spektakuläre Befund sollte nur der Auftakt zu einer Reihe von Maifischnachweisen im Rheinsystem sein. Bis Ende Juni wurden an den Fischpässen in Iffezheim und Gamshein weit über 200 Maifische beim Aufstieg in den kanalisierten Oberrheinabschnitt gezählt (ASSOCIATION SAUMON-RHIN, schriftl. Mitteilung – die Daten waren zu Redaktionsschluss noch nicht endgültig ausgewertet). Wenngleich davon auszugehen ist, dass ein gewisser Anteil der Maifische an beiden Fischpässen registriert wurde, ist die Entwicklung als sensationell einzustufen, zumal sie sich zeitlich perfekt mit dem Verlauf der Besatzmaßnahmen deckt. Weitere Beobachtungen an Fischpässen an Mosel und Neckar, im Mainzufluss Nidda, sowie weitere Fänge durch Berufsfischer am Oberrhein belegen eindrucksvoll, dass die Dunkelziffer der tatsächlich in den rund 700 km langen frei fließenden Rheinabschnitt unterhalb von Iffezheim aufsteigenden Maifische noch beträchtlich höher war. Zufällige Totfunde von abgelaichten Tieren im Mittelrhein lassen zudem darauf hoffen, dass eine natürliche Reproduktion stattgefunden hat.



**Abb. 3:** Anzahl der seit dem Jahr 2000 im Rhein registrierten Maifische. Die Daten für das Jahr 2014 waren zu Redaktionsschluss noch nicht vollständig ausgewertet.

## 6 Ausblick

In welchem Umfang die Fische tatsächlich erfolgreich ablaichen und zukünftig zur Rekrutierung des Bestandes beitragen, wird ausschlaggebend für den langfristigen Erfolg im Hinblick auf die Etablierung sich eines dauerhaft selbstständigen und ab einem gewissen Punkt ausschließlich aus natürlicher Reproduktion von Rheinrückkehrern rekrutierenden Bestandes sein. Sofern die Möglichkeit besteht, weiter Besatzmaterial aus der Aquitaine zu beziehen, soll der Besatz idealerweise noch mindestens bis zum Jahr 2023 aufrechterhalten werden (SCHARBERT et al. 2011). Da die GGD-Spenderpopulation seit Jahren massiv rückläufig ist, ist dies zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht sichergestellt. Um zukünftig weniger von der Nutzung der Wildbestände zur Produktion von Besatzfischen abhängig zu sein, wurden Pilotanlagen für ex situ Bestände in Betrieb genommen. Wenngleich durch technische Zwischenfälle Teile der Zuchtbestände verloren gingen, zeigt sich, dass die Haltung in Gefangenschaft möglich ist und die Fische erfreulich gut abwachsen. Begleitende histologische und physiologische Untersuchungen sollen Aufschluss darüber geben, welche Faktoren die Entwicklung der Geschlechtsreife ermöglichen, um diese Zuchtfische zukünftig auch tatsächlich für die künstliche Vermehrung heranziehen zu können.

## 7 Literatur

APRAHAMIAN, M. W., J. L. BAGLINIÈRE, M. R. SABATIÉ, P. ALEXANDRINO & C. D. APRAHAMIAN (2002): *Alosa alosa* and *Alosa fallax* ssp. Literature review and Bibliographie Agency R&D Technical Report W1-014. Environment Agency UMR INRA-ENSAR, University of Porto.

- BAGLINIÈRE, J. L., M. R. SABATIÉ, E. ROCHARD, P. ALEXANDRINO & M. W. APRAHAMIAN (2003): The Allis shad *Alosa alosa*: Biology, Ecology, Range, and Status of Populations. In: Limburg, K.E. & Waldman, J.R. (Hrsg): Biodiversity, Status and Conservation of the world's Shads. American Fisheries Society Symposium, 85-102, Bethesda, Maryland.
- BEECK, P. (2003): Vorstudie zum möglichen Besatz des Maifisch (*Alosa alosa*) im Rheinsystem. Unveröffentlichte Studie im Auftrag der HIT Umwelt- und Naturschutzstiftungs GmbH und dem Landesfischereiverband Nordrhein, e. V., Sankt Augustin.
- BÜRGER, F. W. (1926): Die Fischereiverhältnisse im Bereich der preußischen Rheinprovinz. Zeitschrift für Fischerei, 24, S. 217-399.
- DE GROOT, S. J. (1990): The former allis and twaite shad fisheries of the lower Rhine, The Netherlands. Journal of Applied Ichthyology, 6, 252-256.
- HOEK, P. C. (1899): Neuere Lachs- und Maifischstudien. Tijdschrift der Nederlansche Dierkundige Vereeniging, 6, 156-242.
- IKSR (Hrsg) (2009): Fischökologische Gesamtanalyse einschließlich Bewertung der Wirksamkeit der laufenden und vorgesehenen Maßnahmen im Rheingebiet mit Blick auf die Wiedereinführung von Wanderfischen, Forschungsbericht der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR), Koblenz.
- LANUV NRW (Hrsg) (2011): Die Wiederansiedlung des Maifischs im Rheinsystem - Fachbericht 28, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen.
- LOCHET, A., S. BOUTRY & E. ROCHARD (2009): Estuarine phase during seaward migration for allis shad *Alosa alosa* and twaite shad *Alosa fallax* future spawners. Ecology of Freshwater Fish, 18, 323-335.
- SCHARBERT, A. (2011): Mapping of potential spawning habitats of the allis shad in the Rhine system – Bericht im Rahmen des Life-Projekts LIFE06 NAT/D/000005, LANUV NRW, Recklinghausen.
- SCHARBERT, A., P. BEECK, E. ROCHARD, R. ST. PIERRE & P. JATTEAU (2011): Management plan to the LIFE project “The re-introduction of the Allis shad (*Alosa alosa*) to the Rhine system” (LIFE06 NAT/D/000005), Fachbericht, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV NRW), Recklinghausen.  
(Internet resource: <http://www.lanuv.nrw.de/alosa-alosa/includes/docs/download/LIFE%20Allis%20shad%20management%20plan.pdf>, letzter Zugriff 5.8.2014)



**Kontakt:**

**Dr. Andreas Scharbert**

Rheinischer Fischereiverband  
von 1888 e.V.

Alleestr. 1, 53757 Sankt Augustin

Tel.: 02241/ 14735 14

Fax: 02241/ 14735 19

E-Mail: [scharbert@rhfv.de](mailto:scharbert@rhfv.de)

Jahrgang: 1969

**1994-2001**

Studium der Biologie und Geographie der Universität Düsseldorf

**2002-2009**

Promotion an der Universität zu Köln

**2000-2010**

freiberufliche Tätigkeit als Gutachter und Fischereibiologe (Schwerpunkt: Wanderfische), sowie als wissenschaftliche Hilfskraft am Zoologischen Institut der Universität zu Köln

**Seit September 2010**

Project manager im LIFE-Projekt „Maifisch“ (Angestellter der Stiftung Wasserlauf) und LIFE+ Projekt „*Alosa alosa*“ (Angestellter des Rheinischen Fischereiverbandes von 1880 e. V.)

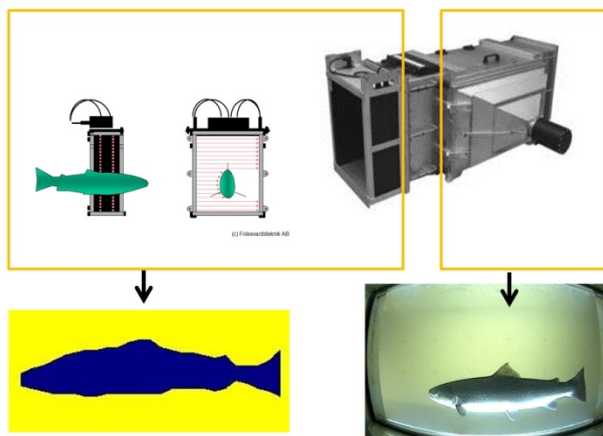
# Fischerfassung in FAA – Reuse vs. automatische Fischerfassung (Vaki-Counter) – Vergleich zweier Verfahren

Bernd Mockenhaupt und Christoph Klüber

## 1 Einleitung

Im Zuge der FuE-Tätigkeiten der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Bezug auf die Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit von Bundeswasserstraßen (BwaStr) werden umfangreiche Untersuchungen an Fischaufstiegshilfen (FAA) durchgeführt. Hierbei wird zwischen der Auffindbarkeit und der Passierbarkeit von FAA als Bewertungskriterium für die Funktionsfähigkeit der Anlage unterschieden. Ein wichtiges Werkzeug zur Bewertung der Passierbarkeit ist die Erfassung von Fischen innerhalb einer FAA. Klassischerweise wird hierzu eine Reuse verwendet, in der aufsteigende Fische gefangen und anschließend händisch entnommen, bestimmt und vermessen werden. Diese Vorgehensweise ist unstrittig mit einigen Nachteilen für den Fisch verbunden. So besteht sowohl durch den z. T. langen Aufenthalt in der Reuse sowie durch das Handling der Fische ein hohes Stress- und auch Verletzungsrisiko. Zudem ist eine Reuse anfällig für Verkläuerung.

Um eine fischfreundliche Alternative zur Reuse zu finden, welche zudem Aussagen zu Wanderzeiten und Schwarmverhalten ermöglicht, hat die BfG die Funktionsfähigkeit eines „River Watcher Fish Counters“ der isländischen Firma Vaki im Vergleich zu einer klassischen Reuse untersucht. Die Funktionsweise ist in Abb. 1 dargestellt.



**Abb. 1:** Funktionsweise des River Watcher Fish Counters

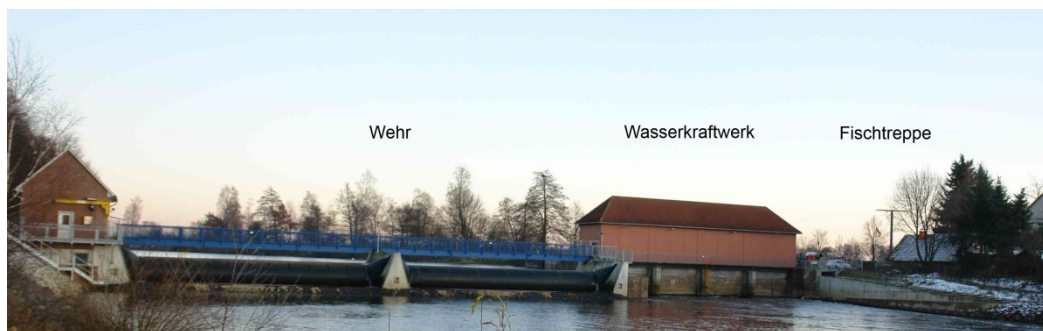


Vorteil dieses Systems ist die berührungslose elektronische Erfassung und Vermessung aufsteigender Fische in einem frei passierbaren Tunnel. Das System wird seit Ende der 90er-Jahre hauptsächlich in klaren Bächen Nordeuropas zur automatischen Erfassung des Lachsaufstiegs eingesetzt. Verschiedene Untersuchungen bescheinigen dem System Zählgenauigkeiten von 18 bis 95 % je nach Menge und Größe der Fische (SHARDLOW & HYATT 2004, SANTOS et al. 2008, BAUMGARTNER 2010). Für den Einsatz in Bundeswasserstraßen mit vielen auch kleinen Fischarten und trüben Wasserverhältnissen wurde daher das System in einigen Punkten seitens des Herstellers verbessert. So wurde die Auflösung der Infrarotsensoren erhöht, um auch kleinere Fische zu detektieren, sowie eine Glasplatte zwischen Kamertunnel und Kamera installiert, um die Videoqualität zu erhöhen.

Dieses neue System wurde erstmalig von der BfG am Standort Marklendorf (Aller) eingesetzt und mit einer Standardreuse verglichen. Ziel des Projektes war es zu prüfen, inwieweit der River Watcher Fish Counter, im folgenden „Vaki-Counter“ genannt, einen Beitrag dazu leisten kann, Reusenbefischungen im Zuge von biologischen Untersuchungen in einer Fischaufstiegsanlage ganz oder teilweise zu ersetzen.

## 2 Untersuchungsdesign

Der Standort Marklendorf als Untersuchungsstandort wurde aus verschiedenen Gründen ausgewählt. Zum einen wurde die dortige FAA 2007 als kombinierte Bauweise aus Raugerinne-Beckenpass und Schlitzpass mit 40 cm Schlitzweite neu gebaut. Zum anderen waren die logistischen Anforderungen an diesem Standort auch durch die hervorragende Unterstützung des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) Verden am besten zu bewältigen.



**Abb. 2:** Standort Marklendorf (Foto: Mockenhaupt, BfG)

Der Versuch dauerte von März bis Oktober 2012.

Um die Funktionsweise von Reuse und Vaki vergleichen zu können, wurden wochenweise drei verschiedene Zustände gefahren:

- > 2 Tage Reuse in Kombination mit dem Vaki-Counter
- > 2 Tage nur Reuse
- > 2 Tage nur Vaki-Counter
- > 1 Tag nicht ausgewertet

Die Reuse befand sich im oberen Teil der FAA ca. 8 m stromauf des Vaki-Counters (Abb. 2). Die Breite der FAA betrug dort 1,45 m, die Wassertiefe ca. 65 cm.

Geleert wurde die Reuse jeweils um 10:00 Uhr von zwei beauftragten ortsansässigen Fischern. Die gefangenen Fische wurden bestimmt, nach Totallänge und Körperhöhe vermessen und schonend über eine Rutsche ins Oberwasser der FAA entlassen.

Der Vaki-Counter wurde von WSV-Bediensteten des Außenbezirks Oldau zu den festgelegten Zeiten gehoben (Abb. 3, 4) bzw. gesenkt und auch gereinigt.

Durch die BAW wurden Wasserstands- und Fließgeschwindigkeitsmessungen stromab von Reuse und Vaki-Counter durchgeführt, um die beiden Systeme hinsichtlich ihrer strömungsverändernden Eigenschaften vergleichen zu können.



**Abb. 3:** Reuse im gehobenen Zustand  
(Foto: Mockenhaupt, BfG)



**Abb. 4:** Vaki-Counter im gehobenen Zustand  
(Foto: Mockenhaupt, BfG)

### 3 Hypothesen und Ergebnisse

Da es sich in Hinblick auf die Verbesserungen des Fischzählers um einen Prototypen handelte, wurden bezüglich der Funktionsweise folgende Hypothesen aufgestellt und untersucht:

**Hypothese 1:** Alle Fisch- und Neunaugenarten des zu erwartenden Artenspektrums werden im Fischzähler erfasst.

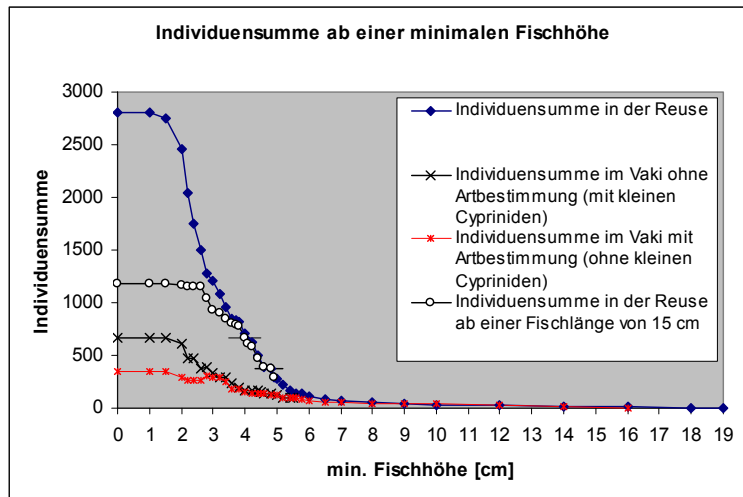
Ergebnis: Da im Untersuchungszeitraum bei gleichzeitig gestellten Systemen in der Reuse 22 Arten, im Vaki-Counter jedoch nur 15 Arten nachgewiesen wurden, kann die Hypothese nicht bestätigt werden. Es fällt jedoch auf, dass ausschließlich kleine Fischarten nicht im Fischzähler nachweisbar waren.

**Hypothese 2:** Alle Fische mit einer Körperhöhe von mehr als 2 cm werden vom Fischzähler erfasst.

Ergebnis: Der Vaki-Counter lieferte Daten von Fischen mit einer Körperhöhe von 2,5 cm und einer Körperlänge von 15 cm. Dies war unabhängig von der Art und der Orientierung der Fische in der Wassersäule. Allerdings gab es erst ab einer Fischhöhe von ca. 6 cm eine Übereinstimmung mit den Fischzahlen aus der Reuse (Abb. 5)

**Hypothese 3:** Der Aufstieg von 10/15/20... Fischen gleichzeitig ist quantifizierbar.

Ergebnis: Fischschwärme lassen sich anhand des Videos quantifizieren. Bei großen Schwärmen, welche nicht vollständig in einem 10 Sekunden dauernden Video, sondern auf mehreren aufeinander folgenden Videos erfasst wurden, können einzelne Individuen verpasst werden.



**Abb. 5:** Fischzahlenvergleich Reuse und Vaki-Counter  
(Grafik: König, BfG)

**Hypothese 4:** Nach der Untersuchung liegen genügend Erfahrungswerte vor, um auf eine Videoerfassung zur Artbestimmung verzichten zu können.

Ergebnis: Fischarten sind nur in Einzelfällen und bei großen Exemplaren mittels Silhouette zu unterscheiden. In den überwiegenden Fällen ist dies nicht möglich, daher kann auf eine Videoerfassung zur Artbestimmung nicht verzichtet werden.

**Hypothese 5:** Bei Einsatz der Reuse werden im Fischzähler verstärkt umkehrende Fische erfasst.

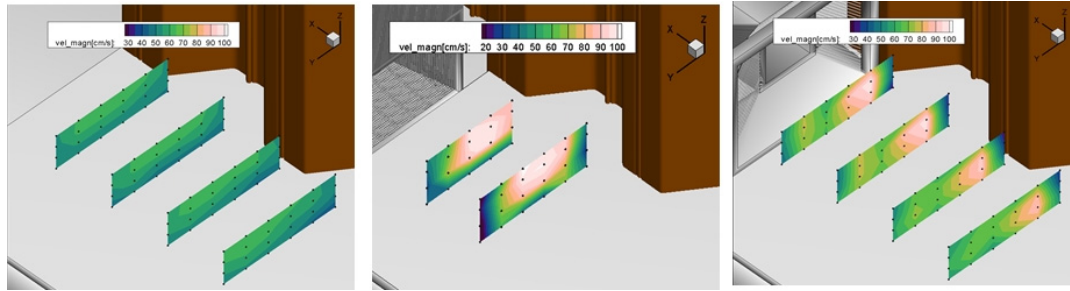
Ergebnis: Die Hypothese kann bestätigt werden, es wurden bei scharfgestellter Reuse Cyprinidenschwärme (Jungfische) beobachtet, die mehr als 20x auf und ab schwammen. Ebenso wurden Meerforellen beobachtet, die 2 Tage lang die Reuse mieden.

**Hypothese 6:** Der Fischzähler verändert die hydraulischen Verhältnisse in der FAA weniger als die Reuse.

Ergebnis: Um diesen Einfluss zu beurteilen, wurden von der BAW unterstrom der Systeme Fließgeschwindigkeitsmessungen mit zwei simultan eingesetzten dreidimensionalen akustischen Fließgeschwindigkeitsmessgeräten, sogenannten ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) durchgeführt. Ebenso wurden die Wasserspiegeldifferenzen, welche durch die Zählleinrichtungen hervorgerufen werden, erfasst.

Die Messungen wurden für jedes System getrennt jeweils bei aktiver (d. h. gesenkter) sowie inaktiver (d. h. gehobener) Fischzählleinrichtung durchgeführt, um die Ergebnisse gegenüberzustellen und zu bewerten. Ferner wurden beide Systeme vor Beginn der Untersuchung, soweit möglich, von etwaigen Verklausungen befreit.

Hierbei konnte ein signifikanter Einfluss beider Fischzählssysteme auf die Fließgeschwindigkeitswerte und -verteilung festgestellt werden (Abb. 6).



**Abb. 6:** Vergleich der Geschwindigkeitsverteilungen von unbeeinflusster Strömung (links), mit Reuse (Mitte) und Vaki-Counter (rechts)

Im Falle des Vaki-Counters trat durch die Aktivierung der Fischzähleinrichtung eine Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit von 0,69 m/s (unbeeinflusste Strömung) auf 0,99 m/s auf. Diese war im Wesentlichen auf den Bereich der Durchschwimmöffnung des Vaki-Counters begrenzt. Eine durch das saubere System hervorgerufene Wasserspiegeldifferenz konnte in vorliegender Untersuchung nicht festgestellt werden. Bei starker Verkläuerung wurde seitens der BfG nur eine sehr geringe Wasserspiegeldifferenz beobachtet.

Bei aktiver Reuse lag die erfasste Maximalgeschwindigkeit um ca. 33 cm/s höher im Vergleich zur unbeeinflussten Strömung. Diese erhöhte Maximalgeschwindigkeit zeigte sich insbesondere im Bereich der Reuseneinschwimmöffnung. Ebenso wurde bei sauberer Reuse eine Wasserspiegeldifferenz von Oberwasser zu Unterwasser der Reuse von 5 cm gemessen. Bei starker Verkläuerung wurde seitens der BfG eine starke Absenkung des Wasserspiegels unterhalb beobachtet.

**Hypothese 7:** Der Fischzähler funktioniert bei allen vorkommenden Wassertrübungen.

Ergebnis: Die Funktionalität des Fischzählers kann in zwei Teilbereiche getrennt werden, erstens die Funktion der Scannerplatten zur Erstellung einer Silhouette und zweitens die Bildqualität des Videos.

Die Scannerplatten in Marklendorf (40 cm Abstand) funktionierten bis zu einer Wassertrübung von 45 NTU, gemessen mit einer YSI Multiparamtersonde OMS. Dieser Wert wurde nur kurz während eines Hochwassers im Frühjahr überschritten, die Scannerplatten waren an 99 % der Einsatztage funktionsbereit.

Die Videoqualität wurde von sehr gut (< 5 NTU) über ausreichend (< 12 NTU) bis ungenügend (> 12 NTU) bewertet. Eine ausreichende Qualität war in Marklendorf im Jahr 2012 an ca 80 % der Untersuchungstage gewährleistet.

**Hypothese 8:** Der Personalaufwand für Betrieb und Datenerfassung ist beim Vaki-Counter geringer.

Ergebnis: Der Reinigungsaufwand für den Vaki-Counter entspricht etwa 1/3 des Aufwands für die Reuse. Durch die elektronische Datenerfassung des Fischzählers fällt auch die Datenauswertung deutlich weniger aufwändig aus.

## 4 Fazit und Ausblick

Der Vaki-Counter konnte in der vorliegenden Studie eine Reuse nicht vollständig ersetzen, da er Fische < 15 cm nicht erfasste.

Die Vorteile des Systems liegen jedoch in der uneingeschränkten Passierbarkeit und damit Verletzungsfreiheit für Fische sowie dem im Vergleich zur Reuse geringeren Einfluss auf die Hydraulik der FAA. Die einfache Handhabbarkeit und die geringen Betriebskosten wiegen die Anschaffungskosten des Fischzählers auf. Die Optimierung der Videoüberwachung mittels luftgefüllter Kameragehäuse hat sich für BWaStr bewährt. Bei extremer Trübung (=Hochwasser) sind die Videos nicht mehr auswertbar, was jedoch in der Natur von Video-beobachtungen liegt. Hochwasser kann zudem auch für Reusenbefischungen Probleme durch verhinderte Zugänglichkeit und verstärkte Verklausung bereiten.

Der Fischzähler kann in Bezug auf eine Fischzählung in FAA eine sinnvolle Ergänzung zur klassischen Reuse sein. Denkbar beim jetzigen Stand der Technik wäre z. B. eine zeitliche Kombination aus automatischem Fischzähler und Reuse. Die Reuse würde hierbei während biologischer Untersuchungen in FAA für eingeschränkte Zeiträume der Aufstiegssaison den Fischzähler ersetzen. Diese Reusenzeiträume lassen sich in Zukunft evtl. durch eine Kombination aus Kameratunnel mit optimierter Videoüberwachung weiter verkürzen oder sogar einsparen.

Um dieses lohnenswerte fischfreundliche Ziel zu erreichen, muss das durchaus vorhandene Potenzial des automatischen Fischzählers weiter ausgebaut werden.

Durch die seit 2012 erhaltenen Erkenntnisse bzgl. der Stärken und Schwächen des extra für Bundeswasserstraßen weiterentwickelten Fischzählers konnten weitere Verbesserungen bereits umgesetzt werden:

- > Videoerfassung Auf- und Absteiger mithilfe nur einer Scannerplatte
- > mögliche Verlängerung der Videosequenzen
- > dauerhafte Beleuchtung
- > wahlweise nachts Beleuchtung mit Infrarotlicht (lichtscheue Nachtwanderer)
- > Optimierung der Auswertesoftware

In Planung:

- > Softwareveränderungen zur besseren Erfassung kleinerer Fische
- > Möglichkeit der parallelen dauerhaften Aufzeichnung des Videosignals zur Erfassung aller Fische
- > Vorauswertung der Daten durch automatische Video-Analysesoftware (Machbarkeitsstudie)

## Literatur

- BAUMGARTNER, L. (2010): Assessment of an infrared fish counter (Vaki Riverwatcher) to quantify fish migrations in the Murray-Darling Basin, Industry & Investment NSW – Fisheries Final Report Series No. 116
- SANTOS, J. M. et al. (2008): Monitoring fish passes using infrared beantrag: a case study in an Iberian river, J. Appl. Ichthyol. 24, 26-30
- SHARDLOW, T. F. and K. D. HYATT (2004): Assessment of the Counting Accuracy of the Vaki Infrared Counter on Chum Salmon, North American Journal of Fisheries Management 24, 249-252



**Kontakt:**

**Bernd Mockenhaupt**

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz  
Tel.: 0261/ 1306 5941  
Fax: 0261/ 1306 5082  
E-Mail: [mockenhaupt@bafg.de](mailto:mockenhaupt@bafg.de)

Jahrgang: 1977

**1996-2003**

Studium Biologie Universität Bonn

**2004-2011**

technischer Angestellter der Bundesanstalt für Gewässerkunde

**seit 2011**

wissenschaftlicher Angestellter der Bundesanstalt für Gewässerkunde

Arbeitsgebiet:

F&E Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, Schwerpunkt Passierbarkeit von Fischauftstiegsanlagen



**Kontakt:**

**Christoph Klüber**

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
Tel.: 0721/ 9726 3635  
Fax: 0721/ 9726 4540  
E-Mail: [christoph.klueber@baw.de](mailto:christoph.klueber@baw.de)

Jahrgang: 1982

**2006-2011**

Studium des Bauingenieurwesens an der Hochschule Darmstadt sowie der Technischen Universität Dresden

**seit 2012**

Referent an der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Arbeitsgebiet:

Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen, Schwerpunkt Naturmessverfahren

# Hydraulische Untersuchungen zur Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen

Wolfgang Kampke

## 1 Einleitung

Die Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage (FAA) stellt neben der Passierbarkeit das zentrale Kriterium für die Funktionsfähigkeit einer FAA und damit der Gewährleistung der ökologischen Durchgängigkeit einer Stauanlage dar.

Die aktuell verfügbaren Regelwerke und Merkblätter (z. B. DWA 2014) geben hierbei Hinweise und Planungsempfehlungen zu dieser Thematik, jedoch existieren derzeit noch viele Unsicherheiten, insbesondere für die Randbedingungen, wie sie an Bundeswasserstraßen anzutreffen sind.

## 2 Planungsempfehlungen zur Auffindbarkeit

Hauptkriterien zur Sicherstellung der Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage sind die Position und Anordnung der FAA bzw. des oder der Einstiege in die Anlage, die Erzielung einer ausreichenden Leitströmung aus der FAA und ein Sohlanschluss, der die Fischaufstiegsanlage mit der natürlichen Flusssohle im Unterwasser der Stauanlage verbindet.

Gemäß DWA (2014) ist die Fischaufstiegsanlage bzw. der Einstieg an Staustufen mit Wasserkraftnutzung an der Uferseite neben dem Krafthaus zu positionieren, um eine nahtlose Fortsetzung des Wanderkorridors sicherzustellen. Bei Buchtenkraftwerken besteht gemäß DWA (2014) die Möglichkeit, einen zweiten Einstieg in die FAA am Übergang vom Auslaufnachboden zur natürlichen Flusssohle anzuordnen, wo die Kraftwerksbucht in das natürliche Flussufer übergeht. Hier kann es zur Ausbildung von Fließgeschwindigkeiten kommen, die die Leistungsfähigkeit schwimmschwacher Fischarten übersteigen, sodass ein Einstieg an dieser Position für diese Fische auffindbar wäre.

Generell muss eine Leitströmung existieren, die einen unterbrechungsfreien Wanderkorridor zwischen dem Unterwasser eines Querbauwerks und einer Aufstiegsanlage herstellt (DWA 2014). Dieser Wanderkorridor sollte sich übergangslos aus dem Unterwasser in die Fischaufstiegsanlage fortsetzen, um eine bestmögliche Auffindbarkeit zu erzielen. Hierbei sollte die Leitströmung möglichst strömungsparallel zur Kraftwerksströmung, jedoch maximal in einem Winkel von 30° - 45° zur Hauptströmung aus der FAA austreten.

Einen Sonderfall können diesbezüglich FAA bilden, die im Bereich der Saugschlauchüberdeckung einer Wasserkraftanlage einmünden. Dort können vergleichsweise geringe Fließgeschwindigkeiten auftreten, sodass es möglich sein kann, zusätzlich mit einer rechtwinklig einmündenden Leitströmung einen größeren Bereich zu beeinflussen (DWA 2014).

Um auch für sohlorientierte Arten die ungehinderte Erreichbarkeit der Anlage sicherzustellen, muss gemäß DWA (2014) die Sohle der FAA an das Sohlsubstrat im Unterwasser der Stauanlage angebunden sein. Diese Sohlbindung kann gegebenenfalls durch eine flächige Anrampung mit rauher Sohle hergestellt werden, deren Neigung maximal 1:2 betragen darf.

### 3 Einstiegsgestaltung von Fischaufstiegsanlagen

Aktuelle Planungen von Fischaufstiegsanlagen an Pilotstandorten sowie bereits existierende Anlagen weisen unterschiedliche Arten von Einstiegsgestaltungen auf. Häufig sind drei verschiedene Typen zu finden, die sich zwar von der Anordnung her signifikant unterscheiden, jedoch den Empfehlungen der aktuellen Regelwerke (DWA 2014) hinsichtlich der Kriterien zur Auffindbarkeit der FAA entsprechen.

Typ „A“, wie er z. B. an der Fischaufstiegsanlage in Lauffen/Neckar geplant ist (vgl. Abb. 1), ist gekennzeichnet durch einen ufernahen Einstieg in die FAA mit einer parallel zur Kraftwerksausströmung einmündenden Fischpassströmung. Durch eine Verlängerung des Saugrohres der Wasserkraftanlage liegt der Einstieg der FAA bündig auf einer Achse mit der Stauanlage. Die Sohlbindung der FAA zum Sohlsubstrat im Unterwasser der Stauanlage erfolgt mittels einer Rampe.



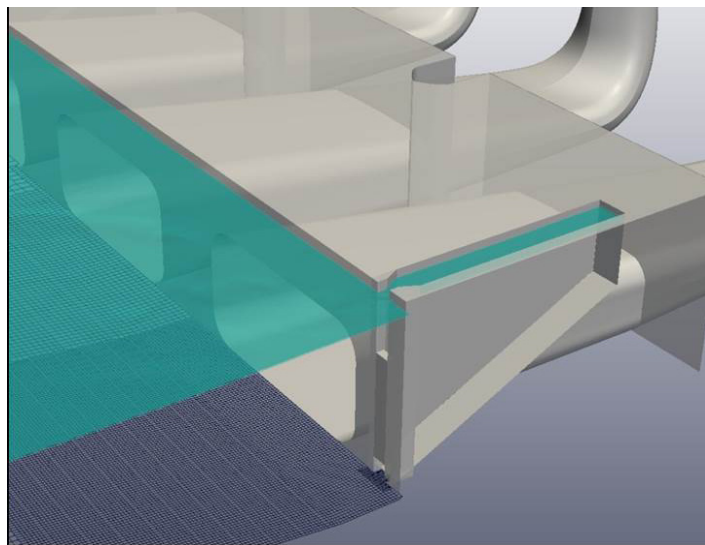
**Abb. 1:** Typ „A“ Sohlrampe

Beim Typ „B“, der derzeit am Standort Kochendorf/Neckar geplant ist (vgl. Abb. 2), ist der Einstieg ebenfalls ufernah positioniert und mündet strömungsparallel zur Kraftwerksströmung.

Durch eine Verlängerung des Saugrohres in Richtung Unterwasser der Wasserkraftanlage liegt der Einstieg der FAA bündig auf einer Achse mit der Stauanlage. Die Sohle der FAA



am Einstiegsquerschnitt ist mit direkter Anbindung an die Gewässersohle ausgeführt. Der Einstiegsquerschnitt kann hierbei als durchgehender Schlitz oder mit verschiedenen Einstiegsöffnungen, die sohl- und oberflächennah angeordnet sind, gestaltet werden.



**Abb. 2:** Typ „B“ Einstiegsbauwerk mit Einstiegsöffnungen

Der Bautyp „C“, wie er beispielsweise an der Stauanlage Koblenz an der Mosel verwirklicht wurde, ist durch mehrere Einstiege gekennzeichnet. Nahe an der Achse des Querbauwerks sind zwei Einstiege am Ufer angeordnet, sowohl in Strömungsrichtung der Wasserkraftanlage als auch quer im 90° Winkel (vgl. Abb. 3). Die Sohlanbindung von der Fischaufstiegsanlage zum Sohlsubstrat im Unterwasser erfolgt über einen abgerückten Einstieg (vgl. Abb. 4).



**Abb. 3:** Typ „C“ - ufernahe Einstiege parallel und quer zur Kraftwerksströmung



**Abb. 4:** Typ „C“ – abgerückter Einstieg mit Sohlanbindung

## 4 Untersuchungen im physikalischen Modell

Zur Bewertung und zum Vergleich der drei o. g. Bautypen der Einstiegsgestaltung wurden Untersuchungen in einem physikalischen Modell im Maßstab  $M = 1:10$  durchgeführt, wobei die Charakteristika der Bautypen entsprechend auf die Randbedingungen am Standort Lauf- fen/Neckar angepasst wurden. Relevante Größen sind hierbei der Durchfluss der Wasserkraftanlage bei  $Q_{330}$  mit  $Q_{WKA, 330} = 80,0 \text{ m}^3/\text{s}$  und bei  $Q_{30}$  mit  $Q_{WKA, 30} = 29,55 \text{ m}^3/\text{s}$ , sowie die Wasserstände  $W_{30} = 161,62 \text{ m}+\text{NN}$  und  $W_{330} = 162,64 \text{ m}+\text{NN}$ . Darüber hinaus sind die hyd-

raulischen und geometrischen Anforderungen der relevanten Fischarten mit zu berücksichtigen. Entsprechend muss eine Mindestschlitzweite von  $s = 0,45$  m und eine Mindestwassertiefe von  $h = 1,00$  m am Einstiegsquerschnitt eingehalten werden, gleichfalls darf die mittlere Geschwindigkeit am Einstiegsquerschnitt von  $v = 1,5$  m/s nicht überschritten werden.

Bei Bautyp „A“ (vgl. Abb. 5) beträgt die Breite am Einstiegsquerschnitt  $B = 0,70$  m. Unter Berücksichtigung der hydraulischen und geometrischen Anforderungen, ergibt sich eine Leitströmung aus der FAA von  $Q_{\text{Leit}, 330} = 2,1$  m<sup>3</sup>/s bei  $Q_{330}$ , sowie  $Q_{\text{Leit}, 30} = 1,1$  m<sup>3</sup>/s bei  $Q_{30}$ .



**Abb. 5:** Typ „A“ im physikalischen Modell

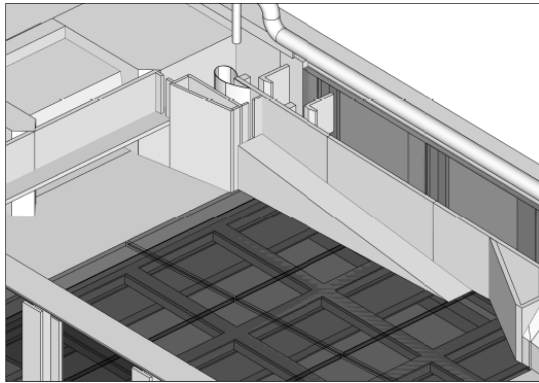
Bei Bautyp „B“ wurden zwei verschiedene Ausführungen untersucht (vgl. Abb. 6). Zum einen ist der Einstiegsquerschnitt mit einer sohnnahen Öffnung der Breite  $B = 0,50$  m und der Höhe  $H = 0,50$  m sowie einer oberflächennahen Öffnung der Breite  $B = 0,50$  m und einer Höhe von  $H_{30} = 1,00$  m bei  $W_{30}$  und  $H_{330} = 2,02$  m bei  $W_{330}$  versehen. Die Leitströmung dieser Ausführungsvariante beträgt  $Q_{\text{Leit}, 330} = 1,9$  m<sup>3</sup>/s bei  $Q_{330}$ , sowie  $Q_{\text{Leit}, 30} = 1,1$  m<sup>3</sup>/s bei  $Q_{30}$ .

Zum anderen wurde eine Variante mit einem durchgehenden Schlitz der Breite  $B = 0,50$  m als Einstiegsquerschnitt untersucht, aus den hydraulischen Anforderungen ergibt sich eine Leitströmung aus der FAA von  $Q_{\text{Leit}, 330} = 3,9$  m<sup>3</sup>/s bei  $Q_{330}$ , sowie  $Q_{\text{Leit}, 30} = 3,1$  m<sup>3</sup>/s bei  $Q_{30}$ .



**Abb. 6:** Typ „B“ im physikalischen Modell mit Einstiegsöffnungen und durchgehendem Schlitz

Der untersuchte Bautyp „C“ weist zwei Einstiege in die FAA auf (vgl. Abb. 7), sowohl der abgerückte Einstieg mit einer Rampe als Sohlanbindung als auch der Quereinstieg an der Kraftwerksachse besitzen dieselben Abmessungen von  $B = 0,45$  m und  $H_{30} = 1,00$  m bei  $W_{30}$  bzw.  $H_{330} = 2,02$  m. Die gesamte Leitströmung dieser Ausführung beträgt  $Q_{\text{Leit}, 330} = 2,73$  m<sup>3</sup>/s bei  $Q_{330}$ , sowie  $Q_{\text{Leit}, 30} = 1,35$  m<sup>3</sup>/s bei  $Q_{30}$ .



**Abb. 7:** Einstiegsgestaltung Typ „C“

Zur Bewertung der Strömungsverhältnisse hinsichtlich der Ausbildung einer Leitströmung und eines geeigneten, durchgängigen Wanderkorridors werden die Strömungsgeschwindigkeiten in Relation zum Leistungsvermögen der relevanten Fischarten dargestellt. Die Klassifizierung der Fließgeschwindigkeiten erfolgt dabei anhand der in ADAM & LEHMANN (2011) beschriebenen ethohydraulischen Geschwindigkeitsskala (vgl. Abb. 8). Das Leistungsvermögen der Fische geht hierbei bezogen auf die Körperlänge der betrachteten Fischarten in die Betrachtung ein. Die in Abb. 8 dargestellte ethohydraulische Geschwindigkeitsskala berücksichtigt hierbei das Leistungsvermögen von Fischarten mit einer Körperlänge von  $L_{\text{Fisch}} = 0,40$  m. Dies entspricht beispielsweise der Plötze in einem adulten Stadium, einer der schwimmchwachen Indikatorarten am Neckar, jedoch auch Arten wie Barbe und Nase treten in einem adulten Stadium in diesem Längenbereich auf.



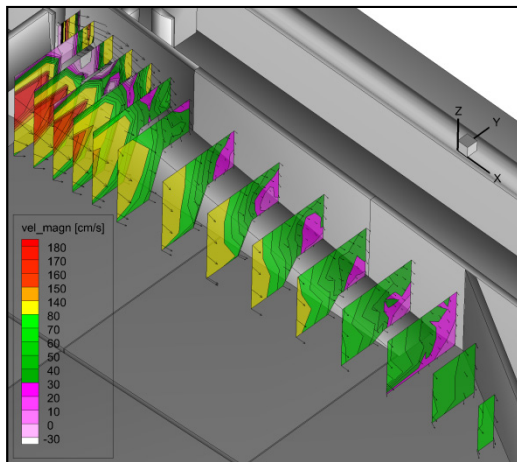
**Abb. 8:** Farbverlauf der ethohydraulischen Geschwindigkeitsskala

Hierbei kennzeichnet der violett eingefärbte Bereich Zonen, in denen die Mindestfließgeschwindigkeit, die notwendig ist, um den meisten adulten Exemplaren einheimischer Arten die Ausrichtung in der Strömung zu ermöglichen, unterschritten ist. Die grün bis orange/hellrot eingefärbten Bereiche können prinzipiell in Richtung des Einstieges in die FAA durchschwommen werden. Der grün eingefärbte Bereich kennzeichnet Fließgeschwindigkeiten, in denen sich Fische in Dauergeschwindigkeit ermüdungsfrei fortbewegen können. Im gelb eingefärbten Bereich entsprechen die Fließgeschwindigkeiten der gesteigerten Schwimmgeschwindigkeit, die zwischen 200 Minuten und 20 Sekunden lang aufrechterhalten werden kann. Der rot gefärbte Bereich kennzeichnet Zonen, in denen die Sprintgeschwindigkeit, die nur für wenige Sekunden gehalten werden kann, erreicht oder überschritten wird. Fließgeschwindigkeiten, die ihren Einsatz erforderlich machen, sollten daher vermieden werden.

## 5 Untersuchungsergebnisse

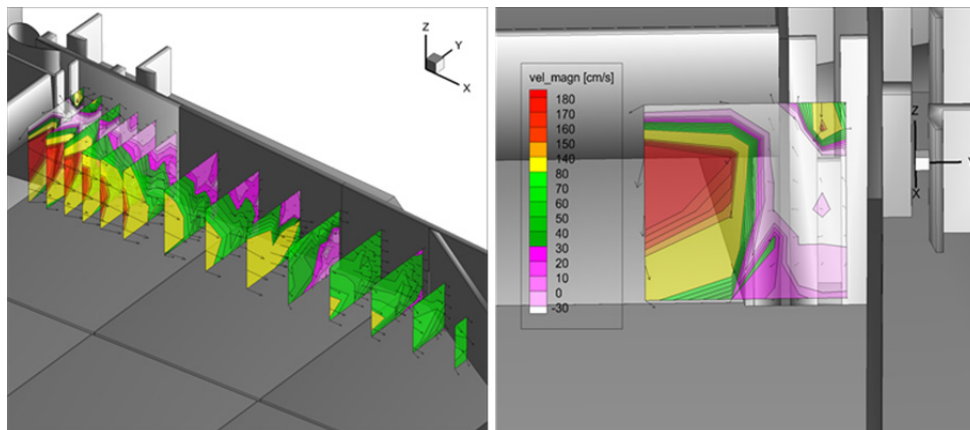
Die Untersuchungen wurden für die verschiedenen Bautypen sowohl für die Zustände  $Q_{30}$  als auch  $Q_{330}$  durchgeführt, die Darstellung der Ergebnisse erfolgt exemplarisch für den Zustand  $Q_{330}$ .

Die Messungen des Typs „A“ ergaben einen durchgehend ausgebildeten Wanderkorridor im Bereich der Dauerschwimmgeschwindigkeit bei allen untersuchten Abflusszuständen (vgl. Abb. 9). Der Wanderkorridor erstreckte sich über den gesamten Verlauf der Sohlrampe. Die Fließgeschwindigkeiten in der Nahzone des Einstieges waren zwar relativ hoch, aber für die relevanten Arten noch in einem zulässigen Bereich.



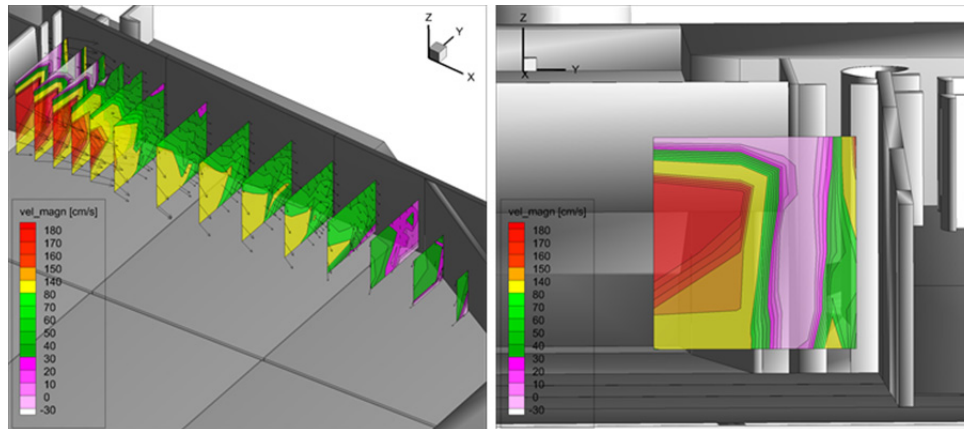
**Abb. 9:** Ergebnisse Typ „A“ für den Abflusszustand  $Q_{330}$

Die Messungen des Typs „B“ in der Ausführung mit Einstiegsöffnungen ergaben einen oberflächennahen Wanderkorridor, der vergleichsweise kurz über einige Meter ausgeprägt ist und eine signifikante Rückstromzone aufweist (vgl. Abb. 10). Der sohlnahe Wanderkorridor mit Geschwindigkeiten im Bereich der Dauerschwimmgeschwindigkeit ist teilweise durch Bereiche mit sehr geringen Fließgeschwindigkeiten unterbrochen. Insbesondere am Einstieg sind die sohlnahen Fließgeschwindigkeiten sehr gering. Die oberflächennahen Geschwindigkeiten am Einstieg sind vergleichsweise hoch, jedoch für die relevanten Arten noch in einem zulässigen Bereich.



**Abb. 10:** Ergebnisse für Typ „B“-Einstiegsöffnungen  $Q_{330}$  - großräumig und Nahbereich

Für die Ausführungsvariante des Typs „B“ mit einem durchgehenden Schlitz zeigen die Messergebnisse einen durchgehenden Wanderkorridor sowohl oberflächen-, als auch sohnah im Bereich der Dauerschwimmgeschwindigkeit bei allen betrachteten Abflusszuständen (vgl. Abb. 11). Die hierfür erforderliche Leitströmungsmenge ist jedoch vergleichsweise hoch.



**Abb. 11:** Ergebnisse für Typ „B“-durchgehender Schlitz  $Q_{330}$  - großräumig und Nahbereich

Die Untersuchungen des Typs „C“ dauern aktuell noch an, sodass hierfür noch keine Messergebnisse vorliegen.

## 6 Fazit

Die untersuchten Typen der Einstiegsanordnungen an Fischauftiegsanlagen unterscheiden sich signifikant, jedoch entsprechen sie den Anforderungen der relevanten Regelwerke hinsichtlich der Auffindbarkeit der FAA. Ein direkter Vergleich der verschiedenen Bautypen bleibt komplex, da sich aufgrund der unterschiedlichen Größe der Einstiegsöffnungen verschiedene Leitströmungsmengen ergeben. In der hydraulischen Betrachtung, unter Berücksichtigung des Leistungsvermögens der relevanten Fischarten, konnten bei den untersuchten Typen und Varianten jedoch Defizite, z. B. hinsichtlich der Unterbrechung des Wanderkorridors, identifiziert werden. Zur Beurteilung, inwieweit sich die erkannten Defizite auf die Auffindbarkeit der Anlage auswirken, sind hydraulische Betrachtungen, durch physikalische oder auch numerische Modellierungen, eine geeignete Methode, jedoch bleibt die Untersuchung des Fischverhaltens im Freiland an Pilotanlagen oder durch ethohydraulische Versuche in Laborgerinnen weiterhin unerlässlich.

## Quellen

ADAM, B. und B. LEHMANN (2011): Ethohydraulik – Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse. Springer Verlag

DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2014): Merkblatt M-509: Fischauftiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Hennef, 334 S.



**Kontakt:**

**Wolfgang Kampke**

Bundesanstalt für Wasserbau

Kußmaulstraße 17

76187 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 9726 4510

Fax: 0721/ 9726 4540

E-Mail: [wolfgang.kampke@baw.de](mailto:wolfgang.kampke@baw.de)

**1993-2002**

Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Karlsruhe (TH)

**2003-2010**

Wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) der Universität Karlsruhe (TH) bzw. Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

**2010**

Forschungsaufenthalt University of Idaho, Boise. Center for Ecohydraulics Research

**seit 2011**

Mitarbeiter im Referat W1 „Wasserstraße und Umwelt“ in der Bundesanstalt für Wasserbau

# Kraftwerke an Bundeswasserstraßen: Datenerhebung und Untersuchung der UW-Strömungsstrukturen

Sebastian Bader und Peter Rutschmann

## 1 Einleitung

Das Dieter-Thoma-Labor der Technischen Universität München (TUM) forscht derzeit im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) an der Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen (FAA) der Bundeswasserstraßen.

Diese können nur dann ausreichend funktionieren, wenn sie von Fischen mit geringem Zeit- und Energieverlust aufgefunden werden. Dies erfordert – aufgrund des im Vergleich zum Flussquerschnitt kleinskaligen Einstiegs – nach heutigem Stand des Wissens ein für den Fisch wahrnehmbares Strömungssignal, die sogenannte Leitströmung.

In einem Teilprojekt zur Unterstützung der stromaufwärts gewandten Wanderung wird die Situation speziell an Wehrstandorten mit Wasserkraftnutzung erforscht, um zum einen Aufschluss über die Beeinflussung der Strömungsstruktur im Unterlauf des Querbauwerks durch die Betriebsweise der Turbinen zu erhalten. Zum anderen soll gleichzeitig auch der Einfluss auf den Betrieb der Wasserkraftanlagen – speziell auf den Wirkungsgrad der Turbinen – bei denkbaren Änderungen in Bereich der Unterwasserströmungsstruktur untersucht werden.

Das erklärte Ziel der Projektpartner ist es hierbei, im Unterwasser „Win-Win“- bzw. „Win-No Lose“-Situationen zu schaffen, in denen ein Vorteil für die Auffindbarkeit der Einstiegsbereiche bei gleichzeitigem positiven oder mindestens neutralem Einfluss auf den Betrieb der Wasserkraftanlagen entsteht (BADER 2013).

Hierzu werden zunächst in einer umfangreichen Vorstudie die Wasserkraftanlagen an Bundeswasserstraßen auf anlagen- und turbinenspezifische Parameter abgefragt, um einerseits eine Kategorisierung der großen Menge an Anlagen zu ermöglichen und andererseits die Modellversuche entsprechend präzise planen und durchführen zu können.

Über die Modellversuche sollen Erkenntnisse über Geschwindigkeitsverteilungen sowie Wirbel- und Turbulenzverhalten bei unterschiedlichen Rand- und Betriebsbedingungen gewonnen werden, welche zu einem späteren Zeitpunkt an ausgewählten ausgeführten Anlagen verifiziert werden sollen (BADER 2013).

## 2 Vorstudie

### 2.1 Vorstudie – Motivation und Umfang

Mit Hilfe eines umfassenden Fragebogens, welcher an die Betreiber von Wasserkraftanlagen an Bundeswasserstraßen verschickt wurde, konnten Daten zur Maschinenausstattung sowie zur Anlage an sich abgefragt werden. Dabei werden zwei Ziele verfolgt:

Zum einen können durch eine umfangreiche Datensammlung Kraftwerkskategorien definiert und die einzelnen Anlagen entsprechend klassifiziert werden. Damit soll einerseits in einem weiteren Projekt die grundsätzliche Übertragbarkeit von Forschungs- und Planungsergebnissen zwischen einzelnen Anlagen untersucht werden. Wenn dies aussichtsreich erscheint, können dann andererseits klassenspezifische Beispielkraftwerke ausgewählt werden, an denen repräsentativ für eine größere Anzahl an ähnlichen Anlagen Messungen, sowie detaillierte Planungen zur Auffindbarkeit von FAA durchgeführt werden (BADER 2013).

Zum anderen liefern die Daten eine Grundlage für die Ausrichtung von Messreihen sowie für die Definition von zu untersuchenden Parametern bei den geplanten Labormessungen.

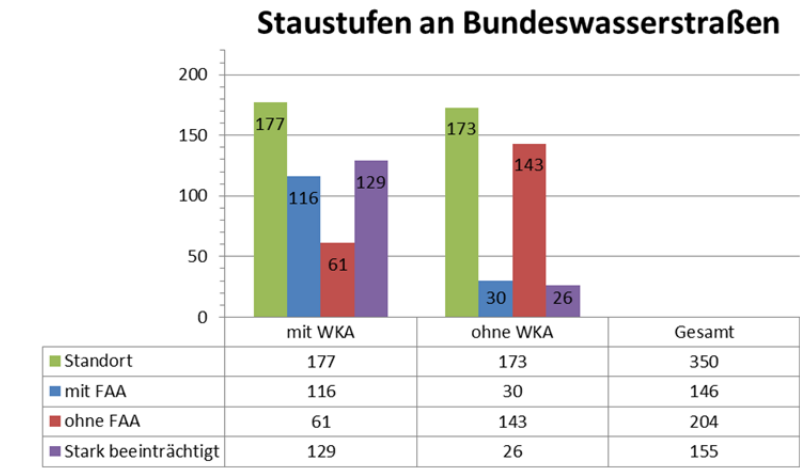
Unter anderem sind folgende Parameter Bestandteil der Datenabfrage:

- Daten zum Kraftwerk allgemein → *Zweck: Kategorisierung, Informationen über den Betrieb*
  - Stauziel
  - UW-Stände bei  $Q_{30}$ ,  $Q_{330}$
  - Fallhöhe
  - Ausbauabfluss und -leistung
- Daten zur Turbinenausstattung → *Zweck: Drall, Steuerungsmöglichkeiten, Geschwindigkeiten, Klassifizierung*
  - Typ (Kaplan-Halbspirale, Rohrturbinen)
  - Anzahl
  - Regelung (Leit- und Laufapparat, Drehzahl)
  - Laufradgeometrien (Durchmesser)
- Daten zum Saugrohr / UW → *Zweck: Geschwindigkeiten, Abströmungsrichtung, Lage, Einfluss von UW-Strukturen, Klassifizierung*
  - Öffnungsgeometrie
  - Lage des Saugrohrs
  - UW-Geometrien (Steigung der Sohle)

Die Datenabfrage beschränkt sich – momentan – auf die großen Betreiber von Wasserkraftanlagen. Das bedeutet, dass nicht alle Kraftwerke an Bundeswasserstraßen in der Datenabfrage berücksichtigt werden. Aufgrund der großen Anzahl an Betreibern, welche beispielsweise lediglich eine Anlage betreiben, ist diese Vorgehensweise im Rahmen und vorgesehenem zeitlichen Umfang der Projektvorstudie alternativlos.

Insgesamt gibt es ca. 350 Stauanlagen an Bundeswasserstraßen, davon weist ungefähr die Hälfte eine angeschlossene Wasserkraftanlage auf. Von diesen 177 Kraftwerken sind über die Datenabfrage ca. 100-105 Anlagen abgedeckt, was einer Quote von ca. 55 % entspricht (siehe Abb. 1).

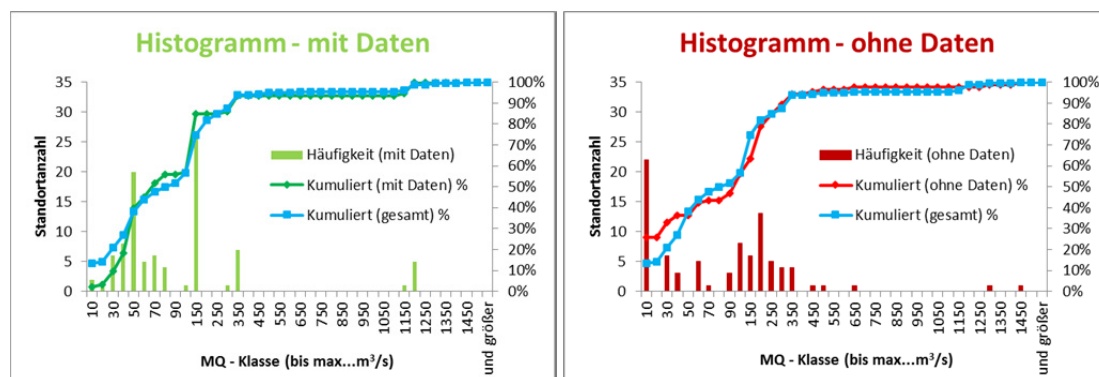




**Abb. 1:** Stautufen an Bundeswasserstraßen; Standorte mit bzw. ohne Fischaufstiegsanlage unterteilt in Anlagen mit bzw. ohne Wasserkraftnutzung (Quelle der Rohdaten: KÖNIG & BfG 2012)

Die Abbildungen 2a.) und 2b.) zeigen die Verteilung der Kraftwerke, von denen Daten bereits vorhanden sind bzw. erwartet werden. In den Histogrammen sind die Kraftwerke in Klassen nach ihrem mittleren Abfluss MQ eingeteilt. Dies soll stellvertretend für die Größe des Kraftwerks stehen.

An der kumulierten Linie ist zu erkennen, dass die Kraftwerke, von denen KEINE Daten erwartet werden, sich eher im kleinen Abflussbereich ( $MQ \leq 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ) befinden. Im Umkehrschluss liegen die abgefragten Kraftwerke damit eher im mittleren und größeren Abflussbereich ( $MQ \geq 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



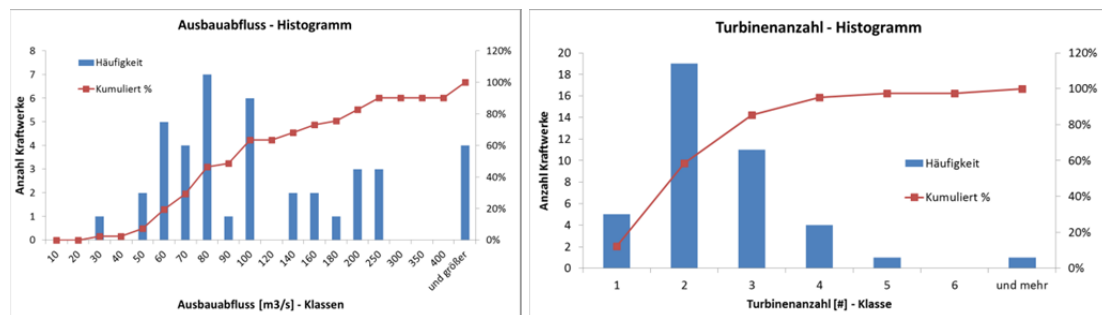
**Abb. 2a.) und b.):** Verteilung der Anlagen von denen Daten vorhanden sind bzw. erwartet werden nach der Größe des mittleren Abflusses MQ (Quelle der Rohdaten: KÖNIG & BfG 2012)

Da es bei der Untersuchung der Kraftwerke an Bundeswasserstraßen im Rahmen dieses Projekts insbesondere auch darum geht, Unterschiede zu bereits vorhandenem Wissen der Umsetzung der ökologischen Durchgängigkeit an kleineren Kraftwerken (siehe u. a. DWA-M 509, 2014), festzustellen, ist die Beschränkung auf größere Kraftwerksanlagen an Bundeswasserstraßen für das Ziel der Projektvorstudie gerechtfertigt.

## 2.2 Vorstudie – Erste Ergebnisse

Im Folgenden werden die ersten Ergebnisse der Vorstudie vorgestellt. Dabei wurden lediglich die 41 Kraftwerke herangezogen, deren Daten bereits ausgewertet werden konnten. Darunter finden sich jeweils 6 Kraftwerke an Donau und Weser, 27 Kraftwerke am Neckar und je ein Kraftwerk an Werra und Fulda. Die Daten der weiteren Kraftwerke werden später sukzessive in die Statistiken mit eingearbeitet.

Da es sich bisher nur um einen Teil der untersuchten Kraftwerke handelt, sollen in diesem Beitrag lediglich die Ergebnisse dieser – vorläufigen – Auswertung vorgestellt werden. Somit stellen die hier vorgestellten Ergebnisse einen Ausblick auf die Vorstudie dar und sollen aufzeigen, welche Ziele durch die Datenabfrage erreicht werden sollen. Um fundierte statistische Aussagen bzw. Rückschlüsse aus diesen Daten ziehen zu können, müssen erst noch die weiteren Anlagen mit in die Datengrundlage aufgenommen werden.



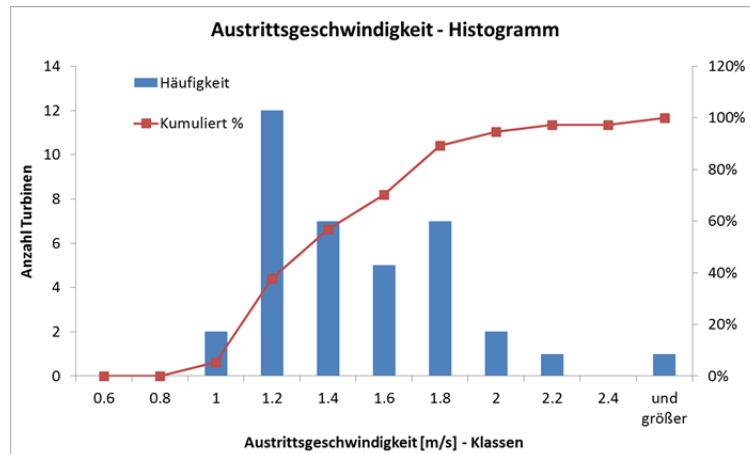
**Abb. 3a.) und b.):** Verteilung der Anlagen nach der Größe des Ausbauabflusses bzw. der Turbinenanzahl (Quelle der Rohdaten: E.ON, EnBW, Statkraft, TUM, 2014)

In Abbildung 3a.) sind die Kraftwerke nach ihrem Ausbauabfluss geordnet in Klassen unterteilt. Die kleineren Kraftwerke werden in der Vorstudie kaum berücksichtigt (siehe auch Abb. 2b.). Daher ist es zu erklären, dass sich auch beim Ausbauabfluss wenige Kraftwerke mit Abflüssen  $\leq 50 \text{ m}^3/\text{s}$  wiederfinden. Ungefähr  $\frac{2}{3}$  der untersuchten Anlagen weisen Ausbauabflüsse von  $\leq 100 \text{ m}^3/\text{s}$  auf. Sehr wenige Anlagen haben sehr hohe Ausbauabflüsse  $\geq 400 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Bei der Turbinenanzahl finden sich entsprechend auch meistens lediglich 2 oder 3 Turbinen pro Kraftwerk. Beim eingesetzten Turbinentyp zeigt sich folgendes Bild:

- > Kaplan-Halbspiral-Turbine: 33 Stück
- > Kaplan-Rohrturbine: 7 Stück
- > Sonstiges (Francis-Schachtturbine etc.): 7 Stück

Einen weiteren interessanten Parameter bei der Beschreibung der Strömungsstruktur stellt die mittlere Austrittsgeschwindigkeit dar, mit der der turbinierete Abfluss in das Unterwasser der Staustufe eintritt. Um diesen Parameter zu errechnen, wurde mit Hilfe der geometrischen Daten des Saugrohraustritts und des Ausbauabflusses der Turbinen die – als homogen verteilt angenommene – Strömungsgeschwindigkeit errechnet. Die Ergebnisse zeigt Abb. 4.



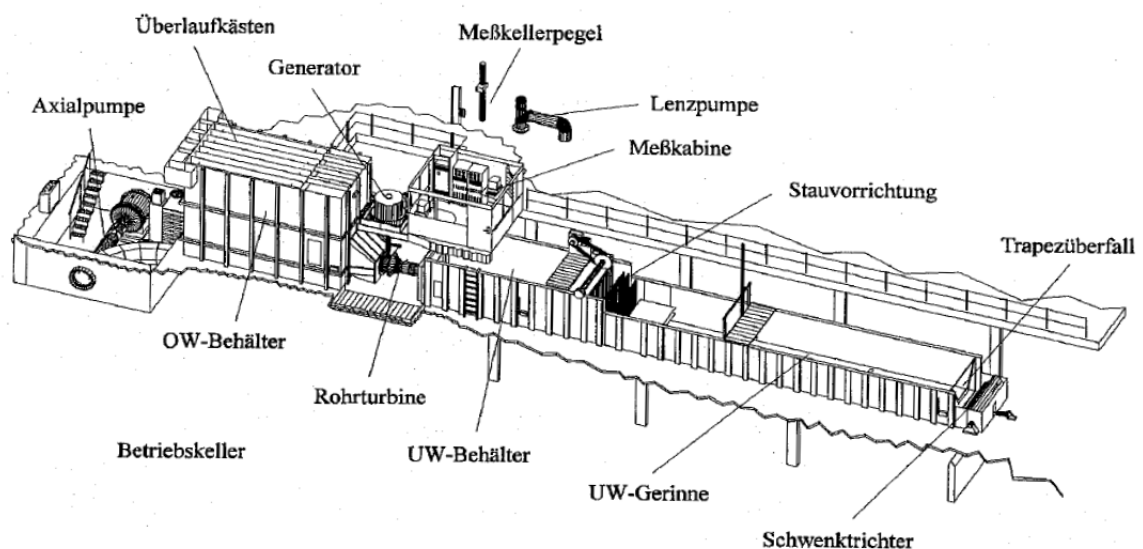
**Abb. 4:** Verteilung der Anlagen nach der Größe der Austrittsgeschwindigkeit am Ende des Saugrohrs (Quelle der Rohdaten: E.ON, EnBW, Statkraft; Auswertung: TUM 2014)

### 3 Modellversuche

#### 3.1 Modellversuche – Motivation und Versuchsstand

Durch die Modellversuche, welche im Dieter-Thoma-Labor der TU München durchgeführt werden, sollen Erkenntnisse über Geschwindigkeitsverteilungen, sowie Wirbel- und Turbulenzverhalten bei unterschiedlichen Randbedingungen der Turbine gewonnen werden.

Dazu steht ein voll funktionsfähiger Turbinenversuchsstand in offener Bauweise zur Verfügung, welcher realistische Strömungssituationen nachbilden kann, da eine voll funktionsfähige Turbine und kein Drallerzeuger oder ähnliches verwendet wird.



**Abb. 5:** Übersicht über den Turbinenversuchsstand am Dieter-Thoma-Labor der TU München (SCHNEIDER 1997)

Der Versuchsstand besitzt eine Kaplan-Halbspiralturbine mit 4 Laufradschaufeln und einer Schnellläufigkeit von  $n_q = \text{ca. } 260 \text{ U/min}$ . Es können Fallhöhen zwischen ca. 2,65 m und ca. 3,55 m und Volumenströme bis max. ca. 850 l/s realisiert werden. Der Unterwasserbereich nach dem Saugrohraustritt ist messtechnisch gut zugänglich, hat seitlich einen optischen Zugang von 1,8 m x 3,8 m und weist ein Volumen von ca. 2,50 m x 5,00 m x 1,80 m (B x L x T) auf.

### 3.2 Modellversuche – Messtechnik

Es wurde eine vollständig automatisierte Traversiervorrichtung mit 3 Achsen aufgebaut, welche selbstständig ein vorgegebenes Messraster abfahren kann. Dies geschah insbesondere deshalb, da ADV-Messungen durchgeführt werden, welche lediglich die Geschwindigkeit in einem Punkt des Messvolumens aufzeigen können. Um nun ein möglichst repräsentatives Gesamtbild der Strömungen im Bereich hinter dem Saugrohraustritt zu erhalten, müssen an sehr vielen Punkten des Messvolumens Messungen durchgeführt werden. Da dies mehrere Stunden bis ganze Tage dauern kann, war ein automatisiertes Abfahren zwingend erforderlich.

Die Verwendung der ADV-Messtechnik bringt den Vorteil einer einfach durchführbaren, gleichzeitig aber genauen Messung. Allerdings beinhaltet dies den Nachteil, dass lediglich in einem Punkt gleichzeitig gemessen werden kann. Das hat zur Folge, dass das Gesamtbild der Strömungsvorgänge auf einer zeitlichen Mittelung an den einzelnen Messpunkten basiert. Um instationäre Vorgänge im gesamten Messvolumen aufzeigen zu können, müsste ein volumetrisches Verfahren (wie z. B. Tomo-PIV) eingesetzt werden. Der Einsatz solcher volumetrischen Messtechniken ist momentan allerdings noch auf kleine Volumina (Kantenlänge ca. 10 cm) beschränkt: Damit ist dies keine Option für das sehr große vorhandene Messvolumen.

Allerdings soll versucht werden, über die Darstellung der Standardabweichungen pro Messpunkt einen Eindruck der Geschwindigkeitsfluktuation und somit in eingeschränktem Maße auch über die Turbulenzcharakteristik in diesem Messpunkt zu erhalten.

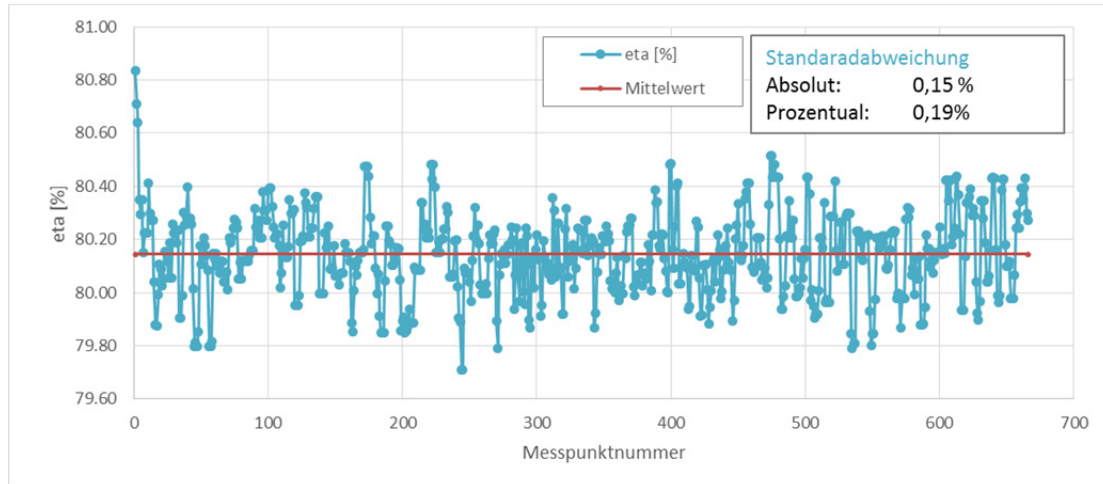
Später sollen in ausgewählten Betriebspunkten der Turbine und ausgewählten Stellen im Messvolumen 2D-PIV Messungen durchgeführt werden, um ebenso einen Einblick in instationäre Phänomene zwischen den einzelnen Messpunkten der ADV-Messung zu erhalten.

Um die bestmöglichen Ergebnisse der ADV-Messung zu erhalten, werden in einem Vorversuch die optimalen Einstellungen der ADV-Sonde ermittelt. Erste Ergebnisse dieser Voruntersuchung empfehlen folgende Einstellungen der ADV-Sonde:

- > Ziel: *3D Geschwindigkeitsmessungen*
- > Sondentyp: *Profiler*
- > Beams: *4 (2x z-Geschwindigkeit)*
- > Messfrequenz: *20 Hz*
- > Messzeit: *100 s*
- > Zellenanzahl: *1 Zelle*
- > Zellengröße *6mm Durchmesser*  
*4mm Zellhöhe*

Um sicherzustellen, dass der Betriebspunkt der Turbine (Drehzahl, Fallhöhe, Abfluss, Wirkungsgrad etc.) während der Gesamtmessung der einzelnen Messpunkte sich nicht bzw. nur wenig verändert, werden neben den Strömungsgeschwindigkeiten parallel auch sämtliche

Messdaten des Versuchsstands mit aufgezeichnet. Dies ermöglicht eine Aussage darüber, wie konstant der Betriebspunkt während der langwierigen ADV-Messung gehalten werden konnte. Abbildung 6 zeigt exemplarisch den Verlauf des Wirkungsgrades der eingesetzten Turbine über einen Messzeitraum von 6 h. Die Standardabweichung betrug dabei lediglich 0,15 % absolut.



**Abb. 6:** Messschrieb des Wirkungsgrades der Turbine während einer Messzeit von ca. 6 h

## 4 Ausblick

Der Versuchsstand inklusive Aufbau der Traversierung und des Messsystems konnte bereits abgeschlossen und erste Testmessungen durchgeführt werden. Erste Ergebnisse der Laborversuche sollen gegen Ende Oktober 2014 präsentiert werden können – zusammen mit der abgeschlossenen Auswertung der Datenerhebung an Kraftwerken der Bundeswasserstraßen.

Im Anschluss werden neben den ausgewählten regulären Betriebspunkten der Turbine weitere Betriebspunkte mit veränderten Randbedingungen wie z. B. deoptimiertem Leit-Laufapparat-Zusammenhang oder Variationen der Drehzahl vermessen, sowie ausgewählte Strukturen im Unterwasserbereich des Kraftwerks, wie z. B. die Steigung des Sohlanstiegs nach dem Saugrohr, modifiziert, um deren Auswirkung auf Strömungsgeschwindigkeiten und Wirbelverteilung untersuchen zu können.

## Literatur

- BADER, S. (2013): Strömungsstruktur im Unterwasser von Niederdruckwasserkraftanlagen, Ökohydraulik. Leben im, am und mit dem Fluss. Beiträge zur Fachtagung am 27. und 28. Juni 2013 in der Versuchsanstalt Obernach TU München, München.
- SCHNEIDER, C. (1997): Untersuchung der Wechselwirkung schnellläufiger Wasserturbinen mit dem Unterwasser, Dissertation des Lehrstuhls für Hydraulische Maschinen und Anlagen der TU München, München.
- KÖNIG, B. & BfG (2012): BfG-Datenbank zur Kategorisierung der Staustufen an den Bundeswasserstraßen, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.



**Kontakt:**

**Sebastian Bader**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Wasserbau und  
Wasserwirtschaft  
Arcisstr. 21, 80333 München  
Tel.: 089/ 289 23806  
E-Mail: [sebastian.bader@tum.de](mailto:sebastian.bader@tum.de)

Jahrgang 1985

**2004-2010**

Studium des Maschinenwesens an der TU München,  
Deutschland sowie an der Kungl Tekniska Högskolan  
Stockholm, Schweden

**2010**

Diplom der TU München

**seit 2011**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für  
Wasserbau und Wasserwirtschaft, Dieter-Thoma-  
Labor

**Ausgewählte Projekte**

- |           |   |
|-----------|---|
| 2010-2012 | Mitarbeit am Projekt Schachtkraftwerk,<br>insbesondere Rechenreinigung  |
| 2011-2012 | Feststoffstudie Krüner Wehr – 3D-numerische<br>Simulationen   |
| seit 2012 | Untersuchung der Strömungsstrukturen im<br>Nachlauf von Niederdruckwasserkraftanlagen<br>im Hinblick auf die Optimierung der<br>Auffindbarkeit in Fischaufstiegsanlagen<br>an Bundeswasserstraßen |



**Kontakt:**

**Prof. Dr. sc. techn.**

**Peter Rutschmann**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Wasserbau und  
Wasserwirtschaft  
Arcisstr. 21, 80333 München  
Tel.: 089/ 289 23161  
E-Mail: [peter.rutschmann@tum.de](mailto:peter.rutschmann@tum.de)

Jahrgang 1954

**1973-1979**

Studium und Diplom als Bauingenieur, ETH Zürich,  
Schweiz

**1984-1988**

Versuchingenieur an der Versuchsanstalt für Wasserbau,  
Hydrologie und Glaziologie (VAW) der  
ETH Zürich, Schweiz Experimentelle Doktorarbeit  
“Spillway chute aerators – Operation, Design and  
Calculation”

**1980-2001**

Mitarbeiter an der VAW der ETH Zürich in ver-  
schiedenen Funktionen

**2002-2007**

Ordinarius für Hydraulik, Hydrologie und wasser-  
bauliches Versuchswesen am Institut für Wasserbau  
der Innsbruck (IWI), Österreich

**2004-2007**

Vorstand des IWI

**seit 2007**

Ordinarius für Wasserbau und Wasserwirtschaft,  
Direktor des Oskar-von-Miller-Instituts der TU  
München (Versuchsanstalt für Wasserbau, Ober-  
nach)

# Untersuchungen zur Auffindbarkeit und Passierbarkeit der FAA Gamsheim/Rhein für Salmoniden und Cypriniden

Stéphane Tétard, Eric de Oliveira und Katrin Liné

## 1 Einleitung

Dieser Vortrag stellt die neuesten Ergebnisse der Fischbeobachtung in der Fischaufstiegsanlage (FAA) Gamsheim vor. Die Versuche benutzten die PIT-Tag-Technologie, und wurden von der Abteilung Forschung & Entwicklung der Electricité de France (EDF) in Paris in Zusammenarbeit mit der Association Saumon Rhin zusammengestellt.

Die Versuchsreihe folgt einer anderen, die 2010 mit Meerforellen durchgeführt wurde. Aufgrund der Auflagen zur ökologischen Durchgängigkeit wollte EDF das Verhalten der potamodromen Fischarten genauer untersuchen, die in diesem Fischpass häufig beobachtet, deren Verhalten aber bislang weniger beleuchtet wurde.

Die Beobachtungen der potamodromen Fischarten im Fischpass Gamsheim erfolgten mit Hilfe der Transponder-Technologie und dienten

- > der Überprüfung der Auffindbarkeit der Eingänge
- > der Überprüfung der Passierbarkeit des Fischpasses

für diese Arten.

## 2 Lage und Beschreibung der FAA von Gamsheim

### 2.1 Allgemeines

Das Kraftwerk Gamsheim ist die 2. Staustufe am deutsch-französischem Rhein. Der Turbindurchfluss beträgt  $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ , was dem mittleren Durchfluss entspricht. Die FAA in Gamsheim wurde 2006 in Betrieb genommen, die in Iffezheim (20 km unterhalb) im Jahre 2000.

Der Fischpass Gamsheim wurde ähnlich dem in Iffezheim geplant. Der gesamte Durchfluss beträgt 11 bis  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ , verteilt zwischen drei Eingängen. Die Energie des Lockstroms wird durch eine Turbine abgebaut. Jeder Eingang wird mit einem Abfluss zw. 4 und  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  versorgt, je nach Rheinabfluss.

## 2.2 Lage der Eingänge

Die Lage der Eingänge wurde mit Hilfe von Modellversuchen ermittelt. Zwei Eingänge befinden sich über der Saugschlauchdecke, was ermöglicht, dass die Leitströmung in einer ruhigen Wassermasse ankommt, ohne von den Verwirbelungen unterhalb des Turbinenausflusses gestört zu werden. Diese Zone bildet sozusagen eine Einstiegsbucht. Die Leitströmung ist fast auf der gesamten Breite des Kraftwerks spürbar. Die Eingänge 1 und 2 wurden vorzugsweise für große Individuen und Langdistanzwanderfische geplant. Sie befinden sich ungefähr 10 Meter über der Sohle des Saugschlauchs.

Eingang 2 wurde so geplant, dass er weiter unterhalb verlegt werden kann, im Falle des Baus einer 5. Turbine. Eingang 3 befindet sich am Ufer, 70 m unterhalb des Kraftwerks. Dieser Eingang wurde vorzugsweise für potamodrome Arten geplant (siehe Abb. 1).

## 2.3 Technische Daten des Fischpasses

- > Durchschnittlicher Durchfluss im Fischpass: 1,2 m<sup>3</sup>/s
- > Fallhöhe zwischen den Becken: 25 cm
- > 39 Becken von 4 m x 3,3 m
- > Schlitzbreite: 45 cm
- > Gefälle: 6 %

Die Beckensohle ist bedeckt mit Schüttsteinen der Korngröße 0-20 cm. Der Schlitz reicht bis zum Beckengrund, um das Schwimmen der Aale und anderer Arten, die sich nahe an der Sohle halten, zu erleichtern.

## 2.4 Fischaufstiege seit 2006

Die Fische werden rund um die Uhr durch eine Videoanlage gezählt (System Sysipap). Die Zählungen werden durchgeführt von der Association Saumon-Rhin, dem Regierungspräsidium Freiburg und dem Landesfischereiverband Baden, unter Kontrolle der ONEMA (Office national de l'eau et des milieux aquatiques).

**Tabelle 1:** Fischzählungen in der FAA Gamsheim seit 2006

|  | <b>Mittelwert<br/>2006-2012</b> | <b>Summe<br/>2006-2013</b> |
|--|---------------------------------|----------------------------|
| <b>Langdistanzwanderer</b>             |                                 |                            |
| Lachs                                  | 41                              | 310                        |
| Meerforelle                            | 69                              | 526                        |
| Maifisch                               | 4                               | 30                         |
| Aal                                    | 19 620                          | 143 275                    |
| Meerneunauge                           | 44                              | 306                        |
| <b>Kurz- und Mitteldistanzwanderer</b> |                                 |                            |
| Ukelei                                 | 1 629                           | 11 697                     |
| Rapfen                                 | 1 733                           | 12 409                     |
| Barbe                                  | 5 160                           | 37 793                     |
| Brachse                                | 8 145                           | 58 153                     |
| Brachse (klein) (b)                    | 479                             | 3 769                      |
| Döbel                                  | 138                             | 990                        |
| Rotauge                                | 337                             | 2 636                      |
| Nase                                   | 2 523                           | 18 901                     |
| Barsch                                 | 90                              | 680                        |
| Wels                                   | 28                              | 231                        |
| Schleie                                | 17                              | 127                        |
| <b>Gesamt</b>                          | <b>40 112</b>                   | <b>292 292</b>             |



Die am häufigsten beobachteten Fische im Fischpass sind Barben, Brachsen und Nasen.

### 3 Versuche

#### 3.1 Methoden

Insgesamt wurden 10 Antennen benutzt, um das Aufschwimmen der Fische zu beobachten. Die ersten Antennen befinden sich an der Verbindungsstelle zwischen den Galerien und dem Verteilungsbecken. Leider war es nicht möglich, die Antennen direkt an den Eingangsschützen einzubauen; deshalb ist nicht genau bekannt, wieviele Fische welche Eingänge gefunden haben. Die anderen Antennen befinden sich an besonderen Stelle des Fischpasses: am Wendebcken, unterhalb der Fangreuse und unterhalb der Videoanlage.



**Abb. 1:** Lage der Antennen (Kartendaten: Date des images satellite 19/7/2006; 48°41'04.86"N, 7°54'56.18"E élév. 126 m; Atitude 298 m, Google earth)

#### 3.2 Anzahl der Fische für die Untersuchung

Die Fische wurden in der Reuse von Gamsheim gefangen. Insgesamt 330 Fische wurden für diesen Versuch benutzt (133 von Juli und November 2011, 202 in März-April 2012, keiner in 2013). Barben, Brachsen und Nasen zählen zu den Arten, die am zahlreichsten den Fischpass benutzen. Rapfen und Ukelei sind auch sehr häufig, aber zu klein, um einfach mit einem Transponder markiert zu werden.

Nach Betäubung wurden 22 und 32 mm Transponder unter die Haut der Fische eingepflanzt.

Die Fische wurden an vier Positionen entlassen: 60 oder 200 m unterhalb des Bauwerks und an beiden Ufern.

**Tabelle 2:** Anzahl der markierten Fische

|        | Barbe | Brachse | Nase | Rapfen | Döbel | Barsch | Schleie | Meerforelle | Gesamt |
|--------|-------|---------|------|--------|-------|--------|---------|-------------|--------|
| 2011   | 71    | 48      |      |        |       | 9      | 1       | 4           | 133    |
| 2012   | 38    | 78      | 63   | 11     | 12    |        |         |             | 202    |
| Gesamt | 109   | 126     | 63   |        |       |        |         |             |        |

### 3.3 Ergebnisse über die Funktionsfähigkeit der FAA

Im Jahr 2011 wurden wegen der späten Markierung im Herbst nur 30 % der Fische detektiert; im Jahr 2012 waren es dagegen 60 %.

**Tabelle 3:** Detektierte Fische an den Ein- und Ausgängen der FAA

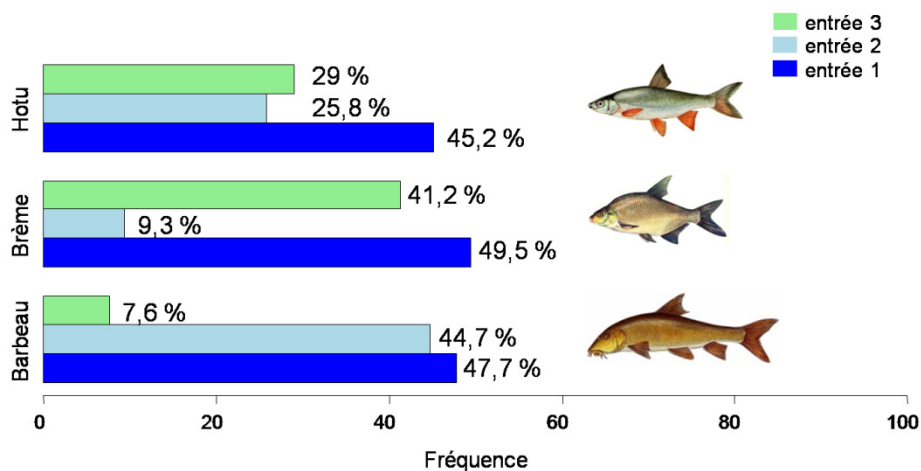
| Markierungen               |            | Erkennungen |             | Aufstiege  |              |             |
|----------------------------|------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| Arten                      | Nb         | Nb          | % / tagged  | Nb         | % / detected | % / tagged  |
| Barbe                      | 109        | 97          | 89          | 79         | 81.4         | 72.5        |
| Brachse                    | 126        | 85          | 67.5        | 57         | 67.1         | 45.2        |
| Nase                       | 62         | 26          | 41.9        | 17         | 65.4         | 27.4        |
| Döbel                      | 12         | 6           | 50          | 4          | 66.7         | 33.3        |
| Rapfen                     | 11         | 1           | 9.1         | 1          | 100          | 9.1         |
| Barsch                     | 9          | 2           | 22.2        | 0          | 0            | 0           |
| Schleie                    | 1          | 0           | 0           | 0          | /            | 0           |
| <b>Total 2011 bis 2013</b> | <b>330</b> | <b>217</b>  | <b>65.8</b> | <b>158</b> | <b>72.8</b>  | <b>47.9</b> |

Im Jahr 2012 wurden 53 % der Fische von 2012 detektiert, davon 80 % innerhalb von 30 Tagen. Die Aufstiegsrate beträgt 85 % für die Fische von 2011 und 71 % der erkannten Fische von 2012.

Im Jahr 2013 wurden noch 12 Fische aus 2011 und 44 Fische aus 2012 detektiert.

Insgesamt finden 65,8 % der Fische die FAA, und 72,8 % davon passieren sie bis zum Oberwasser.

### 3.4 Ergebnisse über das Benutzen der Eingänge



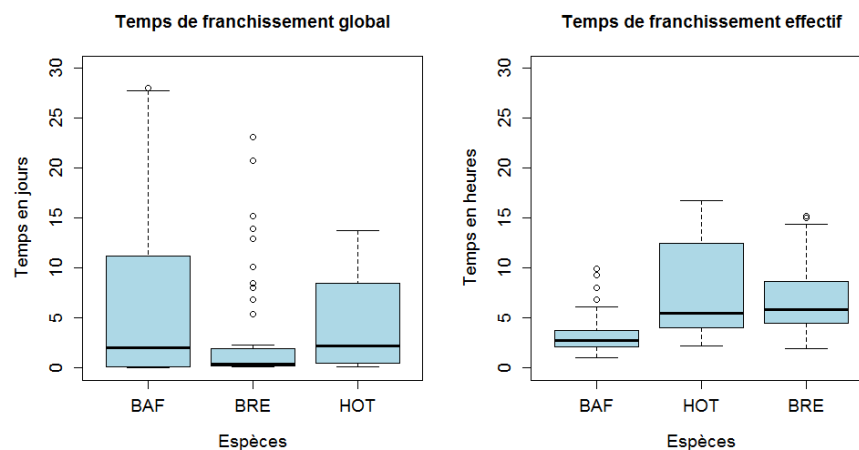
**Abb. 2:** Verteilung der Ersteinstiege in den Fischpass Gamsheim (Hotu = Nase, Brème = Brasse, Barbeau = Barbe)

Die zwei Eingänge an den Turbinen werden am häufigsten angenommen. Eingang 2 scheint weniger attraktiv zu sein, wahrscheinlich weil er näher an der Turbulenzzone liegt.

Die Wahl des Eingangs hängt nicht vom Ort der Freilassung ab. Barben nehmen selten Eingang 3. Brachsen nehmen Eingang 3 häufiger als die anderen Arten. Nasen nehmen alle drei Eingänge.

### 3.5 Aufstiegszeiten

Hinsichtlich des Aufstiegs werden die gesamte Aufstiegszeit (seit dem ersten Einstieg) und die effektive Aufstiegszeit betrachtet.



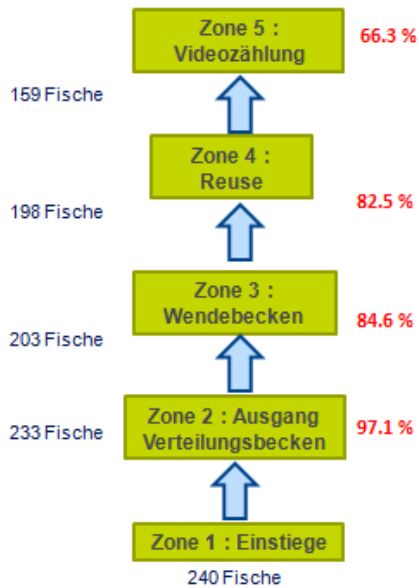
**Abb. 3:** Gesamte (links) und effektive (rechts) Aufstiegszeit je nach Fischart

Die Hälfte der Fische durchqueren die FAA an weniger als einem Tag. Die vorherigen Untersuchungen zeigen, dass 63% der Salmoniden ebenfalls weniger als einen Tag für die Durchquerung der FAA benötigten. Brachsen zeigen eine seltenere Mehrfachdetektion an den Eingängen und benötigen insgesamt am wenigsten Gesamtaufstiegszeit, wohingegen Barben die wenigste effektive Aufstiegszeit benötigen.

Dieses Verhalten könnte so verstanden werden, dass Barben eine mittlere bis starke Strömung bevorzugen und sich im Fischpass relativ wohl fühlen: Sie verweilen im unteren Teil, durchschwimmen aber rascher die Beckenfolge. Brachsen dagegen bevorzugen eine ruhige Strömung. Wenn sie zum Aufstieg „motiviert“ sind (z. B. in der Reproduktionszeit), halten sie sich nicht im unteren Teil auf, bleiben jedoch länger in den Becken mit Ruhebereichen.

### 3.6 Besondere Zonen in der FAA

Ausgewählte Zonen des Fischpasses (Abb. 4) konnten mit Hilfe der verschiedenen Antennen untersucht werden. Fast alle Fische fanden den Ausgang des Verteilerbeckens, manche von ihnen verzögerten den Einstieg in die Zone unter dem Lockstromkraftwerk (vielleicht wegen der Verdunkelung). Die Zone des Wendebeckens scheint kein besonderes Verhalten auszulösen.



### Reuseneffekt

In der Zone unterhalb der Fangreuse (zwischen Antenne 8 und 9) sieht man zahlreiche Umkehrungen, auch nach dem Fang in der Reuse. Es wurden jedoch mehr Aufstiege gezählt ohne die Reuse.

Dieses Verhalten wurde durch die Beobachtung von Umkehrungen von nicht markierten Fischen vor den Zuschauerfenstern unterhalb der Reuse bestätigt (ähnlich wie in den FAA Vichy und Golfech).

Deshalb wird empfohlen, die Reuse nur für Untersuchungen einzusetzen, die eine Fischentnahme erforderlich machen, und das nur über kurze Zeiträume.

**Abb. 4:**

Ausgewählte Zonen in der FAA

## 4 Vergleich mit den Salmoniden (Untersuchungen von 2010-11)

Der Versuch mit den Salmoniden fand 2010-2011 statt.

Markierungen 2010 in Iffezheim: 25 Meerforellen und 3 Lachse  
2011 in Gamsheim: 4 Meerforellen

Im Fischpass Gamsheim (20 km oberhalb von Iffezheim) wurden 17 Meerforellen erkannt. Dieser Anteil erscheint unerklärt gering, da dieses Jahr mehr Meerforellen in Gamsheim (89) als in Iffezheim gezählt wurden (40).

Detektierungen an den Eingängen: insgesamt 31 Zählungen, von 17 verschiedenen Fischen  
Auffindbarkeit: 12 Fische = 71 % der Fische, die in die FAA eingetreten sind

Ersteinstiege: 93 % durch Eingänge 1 und 2 (57 % und 36 %)

Gesamte Einstiege: 81 % durch Eingänge 1 und 2

Ausschwimmen unterwasserseitig: 50 % durch Eingang 3, 44 % durch Eingang 1 (seitlich vom Verteilerbecken)

Bei den Salmoniden war sehr deutlich zu beobachten, dass sie am meisten die Eingänge in Turbinennähe benutzen.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Transponder-Telemetrie ist zur Untersuchung der Funktionsfähigkeit und Passierbarkeit eines Fischpasses sehr hilfreich.

In Gamsheim beträgt die Auffindbarkeit 65,8 %.

Passierbarkeit: 72,8 % der detektierten Fische sind durch den Pass aufgestiegen.

Einschränkungen zu diesen Ergebnissen:

- > Die Antennen befinden sich nicht unmittelbar an den Eingängen. So stellt sich die Frage, wieviel mehr Fische haben die Eingänge gefunden?
- > Die markierten Fische waren bereits einmal im Pass. Hat das einen Einfluss auf ihr Verhalten?

Es ist bemerkenswert, dass nicht nur Meerforellen, sondern auch die drei hauptsächlich markierten potamodromen Arten (Nase/Barbe/Brachse) vor allem die Eingänge an den Turbinen benutzt haben, obwohl es starke Turbulenzen unterhalb der Turbinen, und keinen Sohlenanschluss gibt. Diese Ergebnisse werden für die nächsten Projekte am Rhein genutzt.

Die PIT-Tag-Technologie erlaubt auch genauere Angaben zu einzelnen Zonen (Verteilerbecken und Reuse), die zu der Empfehlung führen, die Reuse sparsam einzusetzen.

## Literatur

- CHANSEAU, M., M. MARIE, L. CARRY, S. GRACIA (2006): Suivi des passages de poissons migrateurs amphihalins au niveau de l'aménagement hydroélectrique EDF de Mauzac sur la Dordogne – Année 2005. Rapport MIGADO 23D-06-RT. 31 p.
- CLAIR, B., F. SCHAEFFER (2013): Bilan des migrations et des actions menées aux passes à poissons d'Iffezheim et de Gamsheim en 2012. Rapport annuel Saumon Rhin année 2012.
- CLAIR, B., F. SCHAEFFER (2009): Suivi des migrations et opérations de communication réalisés sur les passes à poissons d'Iffezheim et de Gamsheim. Bilan annuel Saumon Rhin année 2008.
- THELLIER, P. (2010): Installation des dispositifs de détection dans la passe à poissons de Gamsheim (30 mai – 2 juin 2010). Compte-rendu de mission EDF R&D LNHE CR-P76/2010/011.
- THELLIER, P. (2012): Installation d'antennes RFID dans la passe à poissons de l'usine de Gamsheim. Compte-rendu de mission EDF R&D LNHE CRE-P76/2012/08.
- TISSOT, L., Y. SOUCHON (2010): Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen. Hydroécol. Appl. (2010) Tome 17, pp.17–76.
- TRAVADE, F., E. DE-OLIVEIRA (2010): Etudes biologiques à engager sur les passes à poissons d'Iffezheim et Gamsheim dans l'optique de la conception des nouvelles passes à poissons sur le Rhin. Compte-rendu d'expertise EDF R&D LNHE CR-P76/2010/003.
- TRAVADE, F. (2013): Comportement des salmonidés migrateurs franchissant la passe à poisson de Gamsheim (Rhin). Utilisation de la technique RFID. Rapport EDF R&D LNHE H-P76-2012-01804-FR.



**Kontakt:**

**Kattrin Liné**

Electricité de France  
Centre d'Ingénierie Hydraulique  
4 rue Claude-Marie Perroud  
31096 Toulouse Cedex  
France  
Tel.: 33 (0)5 82 52 77 41  
Fax: 33 (0)5 82 52 78 42  
E-Mail: [kattrin.line@edf.fr](mailto:kattrin.line@edf.fr)

Jahrgang: 1965

**1983-1989**

Ingenieurstudium Strömungsmechanik & Wasserwirtschaft, ENSEEIHT Toulouse

**1989-1991**

Ingenieurbüro Hydratec, Paris

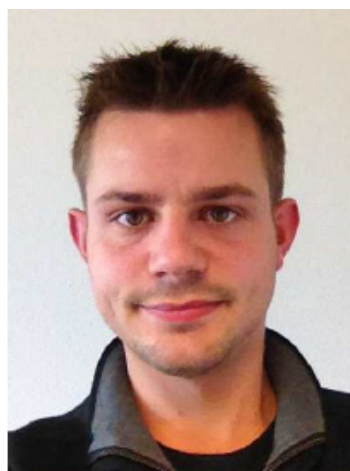
**seit 1992**

Ingenieur bei EDF, Abteilung Umwelt/ Wasserkraftwerke

**Projektbearbeitung:**

Planung von zahlreichen Fischaufstiegs- und Abstiegsanlagen in ganz Frankreich, besonders im Adour-Garonne Gebiet und am Rhein

seit 2002: Koordination des Themas Wanderfischanlagen für EDF-DPIH



**Kontakt:**

**Stéphane Tétard**

Electricité de France  
Laboratoire National d'Hydraulique  
et Environnement  
6 quai Watier  
78000 Chatou  
France  
Tel.: 33 (0)1 30 87 78 11  
Fax: 33 (0)5 82 52 78 42  
E-Mail: [stephane.tetard@edf.fr](mailto:stephane.tetard@edf.fr)

Jahrgang: 1988

**2006-2011**

Ingenieurstudium in Biologie, Bereich Fischerei, Ecole Nationale d'Agronomie de Rennes

**seit 2012**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei EDF R&D

**Projektbearbeitung:**

Akustische Telemetry zur Untersuchung des Wanderverhaltens von Lachsen in der Mündung der Loire

Mitarbeit an Fischaufstiegs- und Abstiegsanlagen an Garonne, Dordogne, Rhein und Allier

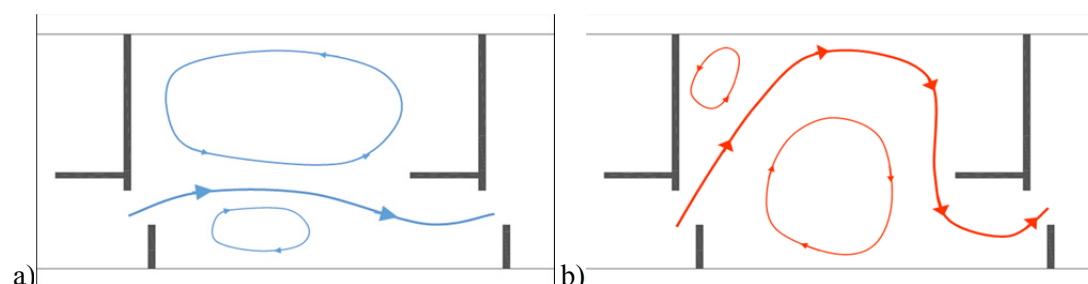
# Hydraulik von Fischaufstiegsanlagen in Schlitzpassbauweise – physikalische und numerische Untersuchungen zur Optimierung der Passierbarkeit

Verena Höger, Mark Musall und Bela Sokoray-Varga

## 1 Einleitung

Die Passierbarkeit einer Fischaufstiegsanlage ist eines der wesentlichen Merkmale ihrer Funktionsfähigkeit. Um diese bereits im Planungsstadium belastbar prognostizieren zu können, ist u. a. eine genaue Kenntnis der innerhalb der Anlage zu erwartenden Strömungssituation erforderlich. Im Rahmen einer Forschungs Kooperation der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) mit dem Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) des Karlsruher Institutes für Technologie werden deshalb derzeit detaillierte Betrachtungen der Strömung innerhalb der einzelnen Schlitze und Becken von Schlitzpässen durchgeführt. Dabei werden umfangreiche Parameterstudien mit physikalischen Labormodellen wie auch numerischen Simulationen mit präzisen, räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Messmethoden zur Erfassung auch kleinster Strömungsdetails kombiniert.

Wesentliche Zielgrößen der Untersuchungen sind neben den gängigen, bislang meist zur Planung und Bewertung derartiger Fischaufstiegsanlagen verwendeten Strömungsgrößen – (maximale) Fließgeschwindigkeiten und Wasserspiegel bzw. Wasserspiegelsprünge in den Schlitzbereichen – insbesondere auch das detaillierte Turbulenzverhalten sowie die Strömungsmuster in den Einzelbecken.



**Abb. 1:** a) Strömungsmuster 1 (SM1) und b) Strömungsmuster 2 (SM2) (nach WU et al. 1999)

Hinsichtlich der Strömungsmuster ist zwischen zwei unterschiedlichen Ausprägungen zu unterscheiden (vgl. Abb. 1). Strömungsmuster 1 (SM1) zeichnet sich durch eine nur leicht gebogene Hauptströmung von Schlitz zu Schlitz und das Ausbilden zweier ausgeprägter Re-zirkulationswirbel aus. Strömungsmuster 2 (SM2) zeigt demgegenüber einen stark gebogenen

Strömungspfad durch das ganze Becken hindurch und ein Aufprallen der Hauptströmung auf die gegenüberliegende Außenwand. Zwischen diesen beiden Zuständen liegt ein Übergangsbereich mit teilweise instabiler oder schwankender Strömungscharakteristik.

Aufgrund der ungleichmäßigen Geschwindigkeitsverteilung wird die Strömung in beckenartigen Fischaufstiegsanlagen i. d. R. stark turbulent. Die Eigenschaften der Turbulenz, insbesondere der turbulenten Wirbel, in Schlitzpässen sind jedoch kaum bekannt, obwohl Turbulenz eine maßgebende Rolle für das Schwimmverhalten der Fische spielt.

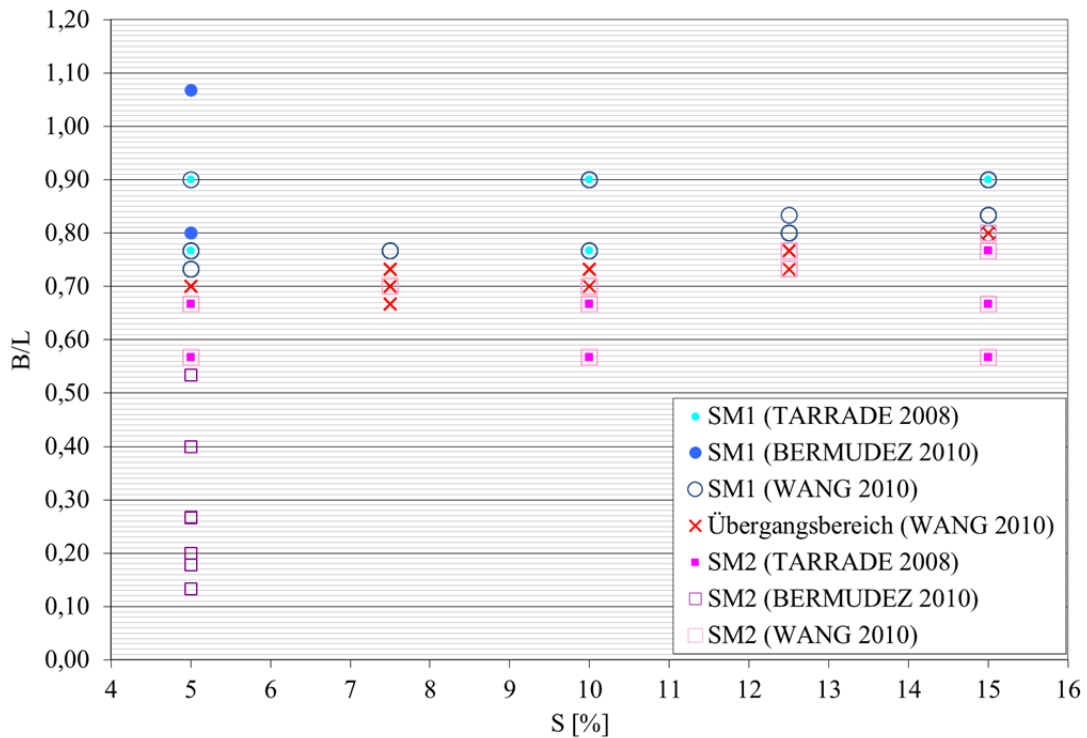
Der Beitrag stellt nachfolgend den aktuellen Stand wesentlicher Bausteine der fortlaufenden Untersuchungen vor.

## 2 Physikalische Modellversuche

Anhand physikalischer Modellversuche werden innerhalb des Kooperationsprojektes zum einen Fragestellungen zu Strömungsmustern und zum anderen die Eigenschaften der Turbulenz in den Becken von Schlitzpässen untersucht.

### 2.1 Untersuchung der Strömungsmuster

Frühere Untersuchungen (TARRADE et al. 2008, WANG et al. 2010) haben gezeigt, dass die Ausbildung der Strömungsmuster von dem Breiten-zu-Längen-Verhältnis (B/L) der Becken und der Neigung der Fischaufstiegsanlage (FAA) abhängig ist. Außerdem wurde ein Übergangsbereich zwischen den beiden Strömungsmustern gefunden (WANG et al. 2010).



**Abb. 2:** Untersuchungsergebnisse von TARRADE et al. 2008, WANG et al. 2010 und BERMUDEZ et al. 2010



Abb. 2 zeigt die Ergebnisse der früheren Untersuchungen. Man erkennt deutlich, dass der Übergang zwischen den Strömungsmustern mit zunehmender Neigung bei höheren B/L-Verhältnissen zu finden ist.

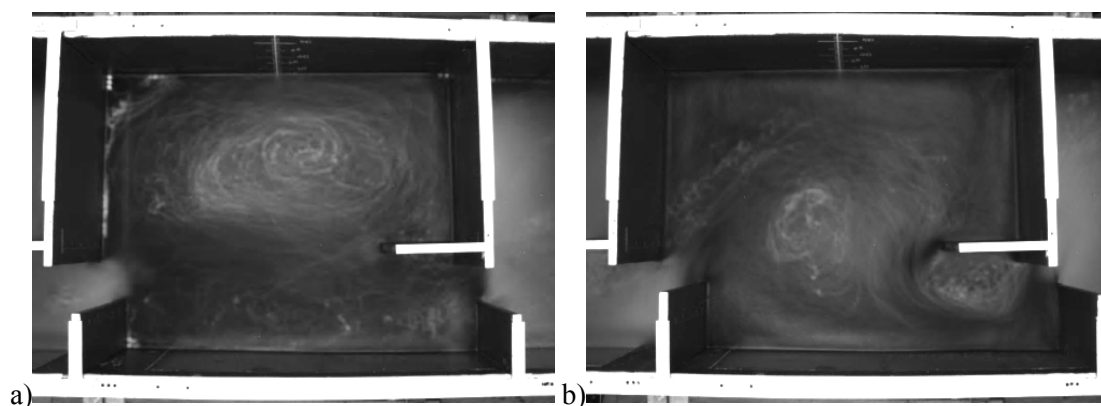
Als Grundlage und aktueller Stand der Technik für die Gestaltung und Bemessung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen dient das Regelwerk DWA-M 509 (DWA 2014). Darin sind die geometrischen Abmessungen der Einbauten von Schlitzpässen in Abhängigkeit der Schlitzweite vorgegeben. Die Schlitzweite ergibt sich aus den Anforderungen der Fischregion. Für die anderen Abmessungen sind in Abhängigkeit der Schlitzweite Bemessungsgrenzen festgelegt. Außerdem wird empfohlen, die Beckenbreite im Verhältnis  $B/L = 0,75$  von der Beckenlänge abzuleiten. In nach dem Regelwerk gebauten FAA treten oftmals beide Strömungsmuster auf.

Welche Auswirkungen eine Variation der Beckengeometrie innerhalb der im DWA-M 509 (DWA 2014) vorgegebenen Intervalle auf die Strömungscharakteristik in den Becken hat, wurde bisher nicht eingehend untersucht. In den oben aufgeführten Forschungsarbeiten wurden nur Breite und Länge der Becken variiert und die mögliche Auswirkung der Gestaltung der Umlenklöcke und Leitwände nicht betrachtet. Außerdem liegt der Bereich der untersuchten Neigungen mit 5 % bis 15 % über den an Bundeswasserstraßen geplanten oder vorhandenen Gefällen der Fischaufstiegsanlagen, die i. d. R. zwischen 2,8 % und 5 % betragen.

Die Untersuchungen werden an einer 9,5 m langen und 0,79 m breiten Metallrinne im Theodor-Rehbock-Wasserbaulaboratorium des IWG durchgeführt. Darin wird ein Schlitzpass mit sechs aufeinander folgenden Becken eingebaut. Die Schlitzpasseinbauten sind als modulare Elemente installiert, um eine große Variabilität der geometrischen Abmessungen der Becken und Schlitze zu ermöglichen. Die Sohlneigung des Modells ist variabel einstellbar.

Im Rahmen der Untersuchung werden die Auswirkungen der Parameter Neigung der Fischaufstiegsanlage, B/L-Verhältnis der Becken, Winkel des Schlitzes  $\alpha$  und Abstand der Leitwand vom Schlitz  $g$  auf die Ausbildung der Strömungsmuster untersucht.

Zuerst werden die Strömungsbilder der Untersuchungsvarianten mittels Langzeitbelichtung aufgezeichnet. Im weiteren Verlauf der Untersuchung werden die Fließgeschwindigkeiten im gesamten Becken detailliert mit einem Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) gemessen.



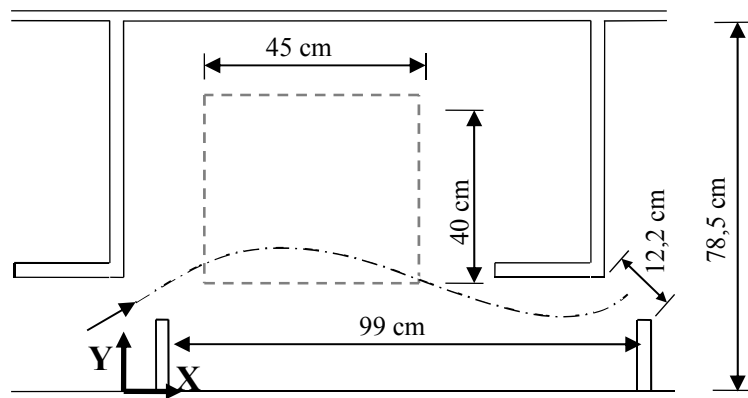
**Abb. 3:** Langzeitbelichtung zweier Varianten mit  $B/L = 0,8$ , Neigung = 2,8% und a)  $\alpha = 24^\circ$  bzw. b)  $\alpha = 56^\circ$

Abb. 3 zeigt erste Ergebnisse der Langzeitbelichtung. Es wurden zwei Geometrievarianten aufgezeichnet, die sich hinsichtlich des Schlitzwinkels unterscheiden. Die Aufnahme der Variante mit einem Schlitzwinkel von  $24^\circ$  (Abb. 3a) zeigt sehr deutlich SM1 mit der großen Rückströmzone zwischen den Trennwänden. Bei der zweiten Variante mit einem Schlitzwinkel von  $56^\circ$  kann man sehr deutlich SM2 erkennen (Abb. 3b).

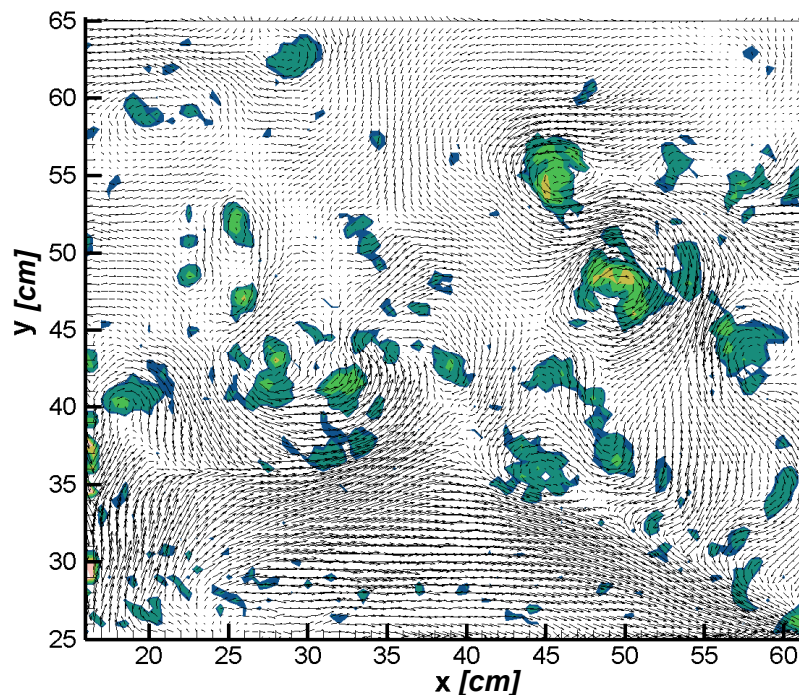
## 2.2 Untersuchung zu Turbulenz

Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung turbulenter Wirbel in den Becken des Fischpasses und die Ermittlung ihrer Eigenschaften, wie z. B. der Wirbelgröße.

Für diese Aufgabe wurde ein physikalisches Modell eines Schlitzpasses im Labor der BAW aufgebaut, welches neun Becken von 99 cm Länge und 78,5 cm Breite beinhaltet und eine Sohlneigung von 2,8 % hat.



**Abb. 4:** Draufsicht eines Beckens im physikalischen Modell. Das gestrichelte Rechteck ist die Position des Messfeldes bei den PIV-Messungen



**Abb. 5:** Wirbelerkennung im momentanen Geschwindigkeitsfeld. Die Färbung zeigt den swirling strength.

Zur Messung wird das Ganzfeldmessverfahren Particle Image Velocimetry (PIV) eingesetzt, das die Erfassung der Fließgeschwindigkeiten in einem Messfeld von ca. 45 cm x 40 cm und mit einer Messfrequenz von 200 Hz ermöglicht. Turbulente Wirbel können über die räumliche Verteilung der Geschwindigkeitsvektoren im Messfeld erkannt werden. Abb. 5 zeigt großskaligen turbulenten Wirbel aus einer ersten Messung, die anhand des swirling strength erkannt wurden (SOKORAY-VARGA et al. 2013).

### 3 HN-Modelluntersuchungen

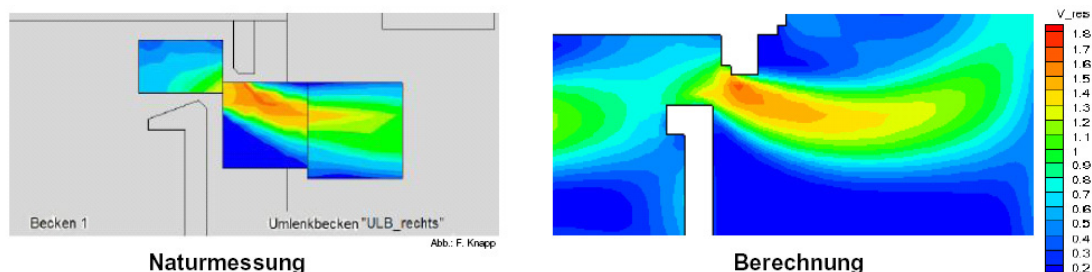
Um zu analysieren, welchen Beitrag numerische Strömungsmodelle im Rahmen des Untersuchungsvorhabens leisten können, wurden umfangreiche Studien durchgeführt. Insbesondere zur Untersuchung möglicher Ursachen unterschiedlicher Strömungsmuster in Schlitzpässen erfolgte bislang ein ausgedehntes Variantenstudium, u. a. am Beispiel der Geometrie der vom Ingenieurbüro Dr. Gebler (Walzbachtal) im Auftrag der Regionalstelle Wasserwirtschaft Koblenz (SGD Nord, Rheinland-Pfalz) entsprechend dem aktuellen Stand der Technik dimensionierten FAA Koblenz (Mosel). Innerhalb dieser Anlage lassen sich teilweise in baugleichen Becken die beiden unterschiedlichen in Abb. 1 exemplarisch dargestellten Strömungsmuster SM1 und SM2 erkennen.

Im bisherigen Untersuchungsverlauf wurden zunächst ein Ausschnitt der FAA Koblenz, bestehend aus 15 regulären Becken sowie 2 Umlenkbecken, sowie geometrisch daran angelehnte, gerade Beckenrinnen mit 7 bzw. 10 aufeinander folgenden Becken modelliert. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde eine Vielzahl geometrischer Parameter variiert und damit die lokale Strömungscharakteristik nachhaltig beeinflusst (MUSALL et al. 2014).

Weiterführende Studien beschäftigten sich zudem mit lokalen Strömungsdetails im Nahbereich der Schlitzeinbauten. Dabei wurde u. a. die Strömung durch einen großmaßstäblich im Labor aufgebauten Schlitz modelliert. Alle Berechnungen wurden unter Einsatz des Verfahrens Flow3D® durchgeführt.

#### 3.1 Bewertung der Naturähnlichkeit

Ein wesentlicher Schwerpunkt der bisherigen Untersuchungen lag in der Validierung der Berechnungsergebnisse anhand von Natur- und Laborbeobachtungen bzw. -messungen.

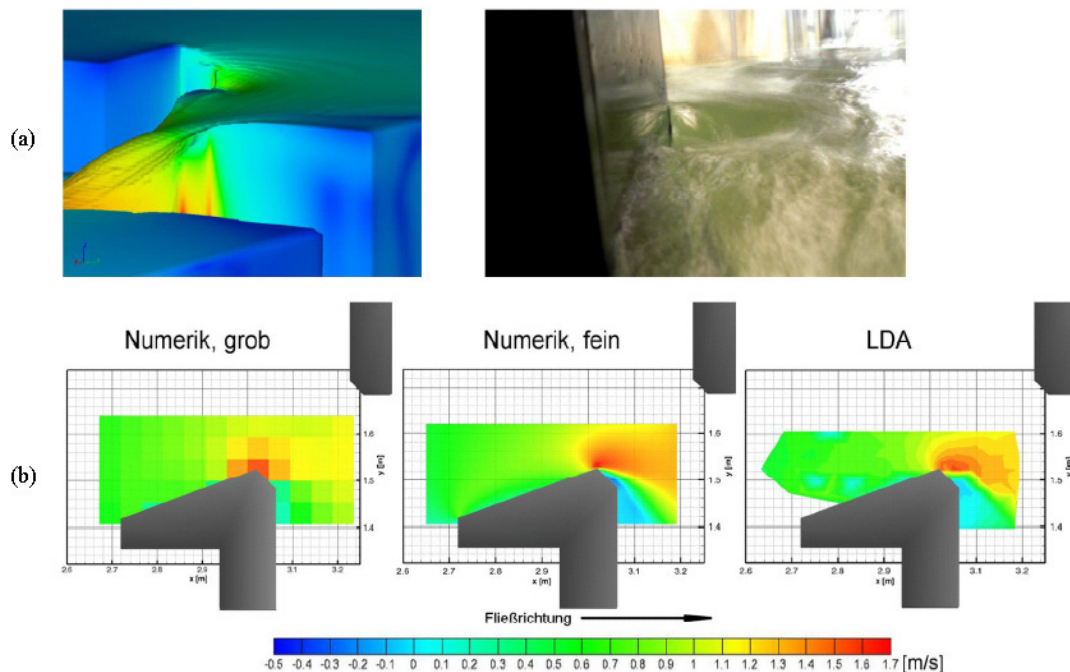


**Abb. 6:** Vergleich bei der Naturmessung erfasster Fließgeschwindigkeiten im Schlitzbereich (links) mit den Berechnungsergebnissen (rechts) in einer Ebene ca. 50 cm unter der Wasseroberfläche

Am Beispiel der FAA Koblenz standen Naturbeobachtungen, anhand derer die unterschiedlichen Strömungsmuster identifiziert wurden, wie auch detaillierte Strömungsinformationen aus einer von der BAW im November 2012 durchgeführten Messkampagne zur Verfügung. Sowohl die beobachteten Strömungsphänomene als auch die gemessenen Fließgeschwindigkeiten (vgl. exemplarische Abb. 6) konnten dabei zufriedenstellend nachgebildet werden.

Zudem wurde ein großmaßstäbliches Labormodell mit entsprechenden numerischen Berechnungen verglichen. Auch hier wurde die Strömung zunächst qualitativ validiert. Abb. 7a zeigt exemplarisch einen Vergleich der stark verformten Wasserspiegeloberfläche bei der Anströmung des Schlitzes, welche wiederum sehr gut nachgebildet werden konnte.

Im weiteren Verlauf durchgeführte, quantitative Detailvergleiche bezogen sich u. a. auf lokale Geschwindigkeitsspitzen, welche direkt an den Leiteinrichtungen auftreten. Hier konnte durch umfangreiche Messungen nachgewiesen werden, dass die zunächst nur im numerischen Modell beobachteten Effekte auch in der Natur in vergleichbarer Größenordnung zu erwarten sind. Abb. 7b zeigt einen Vergleich von Berechnungsergebnissen bei unterschiedlicher Diskretisierung mit LDA-Geschwindigkeitsmessungen. Die Abweichungen zwischen den im physikalischen Modell gemessenen maximalen Geschwindigkeiten und denen des fein diskretisierten numerischen Modells liegen bei max. ca. 10 %. Besonders erwähnenswert ist auch die Tatsache, dass die lokalen Effekte schon bei einer relativ groben Diskretisierung vom Modell erfasst werden. Ihre Wirkung auf das Umfeld wird somit, wenngleich abstrahiert, auch bereits bei eher grober Geometrieabbildung berücksichtigt, so dass in Abhängigkeit der jeweiligen Fragestellung die Prognosegüte derartiger Modelle u. U. durchaus ausreichend sein kann.

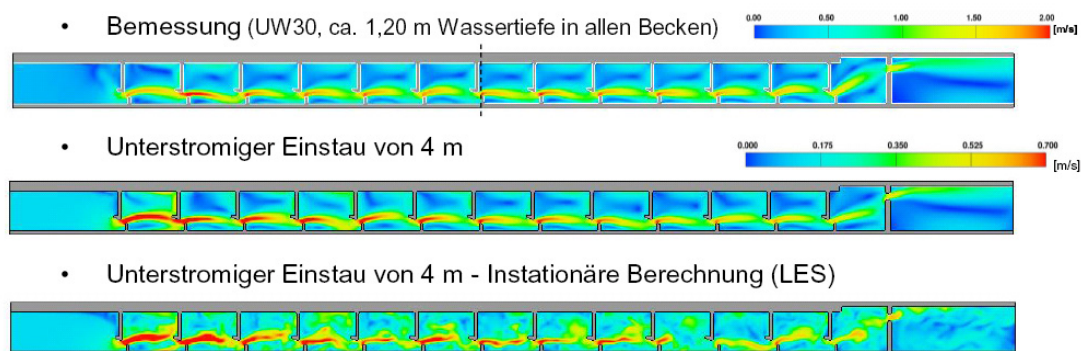


**Abb. 7:** (a): Der Absenk an der Leitwand wird naturgetreu simuliert; links: Simulationsergebnis, rechts: Labormodell; (b): Vergleich von Simulationsergebnissen mit grober (links) und feiner (Mitte) Diskretisierung sowie LDA-Geschwindigkeitsmessung (rechts) in einer mittleren Wassertiefe.

### 3.2 Variantenstudium

Exemplarisch für das aktuell durchgeführte Variantenstudium mit den kalibrierten HN-Modellen wird nachfolgend kurz auf das Verhalten im Rückstaufall eingegangen, da FAA bei erhöhten Unterwasserständen i. d. R. zumindest teilweise eingestaut werden. Auf Basis der Beckengeometrie der FAA Koblenz wurde untersucht, ob Rückstauereffekte zu einer signifikanten Veränderung der generellen Strömungssituation führen können. Dazu wurden Simulationen einer Rinne aus 10 Becken mit Einstautiefen von 2, 3 und 4 m anstatt der Normalabflusstiefe von ca. 1,20 m als unterer Randbedingung durchgeführt. Der Maximaleinstau entspricht dabei näherungsweise dem höchsten bei der Bemessung zu berücksichtigenden Unterwasserstand.

Ein durch den Rückstau bedingtes, vollständiges Umschlagen vom einen zum anderen Strömungsmuster konnte dabei in keiner Simulation beobachtet werden. Wie in den zuvor vorgestellten Berechnungen kam hier zunächst eine statistische Turbulenzmodellierung zum Einsatz. In Ergänzung dazu wurden jedoch auch Berechnungen mittels Grobstruktursimulation (LES) zur Analyse eventueller instationärer Effekte durchgeführt. Dabei konnten tendenziell instabilere bzw. etwas schwankendere Strömungspfade quantifiziert werden, was die Naturähnlichkeit der Modellierung zusätzlich erhöhte (vgl. exemplarische Darstellung in Abb. 8). Die prinzipielle Aussage bzgl. der Persistenz der Strömungsmuster im Rückstaufall wurde jedoch auch durch diese Simulationen bestätigt. Der dabei beobachtete Mehrwert der LES hinsichtlich der Prognosefähigkeit der zu erwartenden Strömungscharakteristik deckt sich mit Erfahrungen ähnlicher Analysen zur FAA Geesthacht (OBERLE et al. 2012).



**Abb. 8:** Vergleich von nahezu stationärem Berechnungsergebnis bei statistischer Turbulenzmodellierung im Bemessungsfall UW30 und bei einem unterstromigen Einstau von 4 m Höhe (obere beide) und exemplarischem Zeitpunkt der instationären LES im Rückstaufall (unten) anhand eines Geschwindigkeitsschnitts ca. 1 m unter der Wasseroberfläche

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Um die Auswirkungen der Beckengeometrie auf das Strömungsmuster in den Becken von Schlitzpässen besser verstehen zu können, sind detaillierte Untersuchungen notwendig. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass weitere Parameter außer dem B/L-Verhältnis und der Neigung ausschlaggebend für die Ausbildung der Strömungsmuster sind. Besonders der Schlitzwinkel scheint einen großen Einfluss zu haben. Eine diesbezügliche, umfangreiche Parameterstudie befindet sich gerade in der Anfangsphase und wird im weiteren Verlauf mit detaillierten Geschwindigkeitsmessungen ergänzt.

Erste hochaufgelöste Messungen bezüglich der Eigenschaften der Turbulenz haben gezeigt, dass das PIV-Messverfahren das Erfassen von turbulenten Wirbeln in den Becken von Schlitzpässen ermöglicht. Im Zuge laufender Arbeiten wird nun erforscht, wie die Vielzahl der erfassten Wirbel am besten charakterisiert werden kann. Später soll durch eine systematische Variantenanalyse im physikalischen Modell gezeigt werden, ob sich die Eigenschaften der Turbulenz in den Becken durch geometrische Veränderung der Becken beeinflussen lassen.

Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen konnten zudem dreidimensionale hydrodynamisch-numerische Modelle unterschiedlicher Natur- und Laborgeometrien umfangreich validiert werden. Dabei wurde nachgewiesen, dass die unterschiedlichen Strömungsmuster wie auch der Übergangsbereich dazwischen weitgehend naturgetreu abgebildet werden können. Ebenso werden lokale Strömungsdetails realistisch simuliert, so dass auf Basis der erstellten numerischen Modelle nun belastbare Prognosen der Strömungscharakteristik in Schlitzpässen möglich sind. Darauf aufbauende, umfangreiche Variantenstudien u. a. zu Strömungsmustern und dem Verhalten im Rückstaufall sind derzeit im Gange.

Als wesentliches Ergebnis der laufenden Untersuchungen sollen abschließend alle Erkenntnisse der Teiluntersuchungen zu einem detaillierten Bild der Hydraulik in Schlitzpässen zusammengeführt werden. Dieses soll zudem in Zusammenarbeit mit Biologen und Fischökologen mit dem Fischverhalten überlagert werden, wodurch das gesamte aktuell verfügbare interdisziplinäre Wissen gebündelt und somit eine solide Basis für nachhaltige Planungen geschaffen wird.

## Literatur

- BERNUDEZ, M., J. PUERTAS, L. CEA, L. PENA, L. BALAIRON (2010): Influence of pool geometry on the biological efficiency of vertical slot fishways. In *Ecological Engineering* 36.
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2014): Merkblatt DWA-M 509, Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung, DWA Hennef
- MUSALL, M., P. OBERLE, M. HENNING, R. WEICHERT, F. NESTMANN (2014): Analysen zu Strömungsmustern in technischen Fischaufstiegsanlagen, Wasserbauliche Mitteilungen TU Dresden, Heft 50, 353-362
- OBERLE, P., M. MUSALL, J. RIESTERER, F. NESTMANN (2012): Numerische Modelluntersuchungen im Rahmen der Planung der Fischaufstiegsanlage Geesthacht, *WasserWirtschaft* 4/2012.
- SOKORAY-VARGA, B., R. WEICHERT, B. LEHMANN, F. NESTMANN (2013): Hydraulische Untersuchungen zur Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen. In: *Fachtagung Ökohydraulik – Leben im, am und mit dem Fluss*, Technische Universität München, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft Nr.128., München, Deutschland, 77-84
- TARRADE, L., A. TEXIER, L. DAVID, M. LARINIER (2008): Topologies and measurements of turbulent flow in vertical slot fishways. In *Hydrobiologia* 609.
- WANG, R. W., L. DAVID, M. LARINIER (2010): Contribution of experimental fluid mechanics to the design of vertical slot fish passes, *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 396, 02.
- WU, S., N. RAJARATNAM, C. KATOPODIS (1999): Structure of flow in vertical slot fishway. In *Journal of Hydraulic Engineering* 125, 4.



**Kontakt:**

**Verena Höger**

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
Tel.: 0721/ 9726 4475  
Fax: 0721/ 9726 4540  
E-Mail: verena.hoeger@baw.de

Jahrgang: 1985

**2005-2012**

Studium Bauingenieurwesen am Karlsruher Institut  
für Technologie (KIT)

**seit 2012**

Wissenschaftliche Angestellte der Bundesanstalt  
für Wasserbau

Arbeitsschwerpunkte:

- Wasserbauliches Versuchswesen
- Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen
- Strömungsmessungen mittels Acoustic Doppler  
Velocimeter (ADV)

Projektbearbeitung:

- Untersuchungen der Strömungscharakteristik  
von Fischaufstiegsanlagen in Schlitzpassbau-  
weise



**Kontakt:**

**Dr. Mark Musall**

Institut für Wasser und Gewässer-  
entwicklung, Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT)  
Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe  
Tel.: 0721/ 6084 3163  
Fax: 0721/ 606046  
E-Mail: musall@kit.edu

Jahrgang: 1973

**1994-2001**

Studium Bauingenieurwesen an der Universität  
Karlsruhe (TH)

**seit 2001**

Wissenschaftlicher Angestellter am Institut für  
Wasser und Gewässerentwicklung des KIT

**2011**

Promotion zum Dr.-Ing., Fakultät für Bau-, Geo-  
und Umweltwissenschaften, KIT

Arbeitsschwerpunkte:

- Praxisorientierte, mehrdimensionale hydrody-  
namisch-numerische Modellierung (2D/3D)
- Großräumige 1D/2D Modellierung für operati-  
onellen Einsatz und Decision Support Systeme
- GIS-Techniken und –Einsatz

Mitarbeit in den DWA-Arbeitsgruppen WW-3.2  
„Mehrdimensionale numerische Modelle“ und  
WW-3.7 „Hydraulik von Fischaufstiegsanlagen“



**Kontakt:**

**Bela Sokoray-Varga**

Institut für Wasser und Gewässer-  
entwicklung, Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT)

Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 9726 3615

E-Mail: [bela.sokoray-varga@kit.edu](mailto:bela.sokoray-varga@kit.edu)

Jahrgang 1979

**1998-2004**

Studium Bauingenieurwesen an der Technischen  
und Wirtschaftswissenschaftlichen Universität  
Budapest (BME)

**2004-2009**

Wissenschaftlicher Angestellter der BME

**seit 2009**

Wissenschaftlicher Angestellter am Karlsruher  
Institut für Technologie (KIT)

Arbeitsschwerpunkte:

- Wasserbauliches Versuchswesen
- Strömungsmessungen in Labor und Natur
- Turbulenzmessungen
- Hydraulik von Vertical-slot Fischpässen



# Passierbarkeit in unterschiedlichen Abschnitten einer Fischaufstiegsanlage in Schlitzpassbauweise

Matthias Pitsch und Bernd Mockenhaupt

## 1 Einleitung

Seit 2010 ist die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) zuständig, in Bundeswasserstraßen Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Stauanlagen, die von ihr errichtet oder betrieben werden, durchzuführen, wobei sie durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) fachlich unterstützt wird. Trotz vorhandener Richtlinien und Empfehlungen für den Bau von Fischaufstiegsanlagen (ARMSTRONG et al. 2010, BMLFUW 2012, DWA 2014, FAO/DVWK 2002, LARINIER 2002) belegen Studien (BUNT et al. 2012, NOONAN et al. 2012), dass viele, auch neu gebaute, Anlagen nicht voll funktionstüchtig sind. Daher sollen von BfG/BAW u. a. fachliche Fragen hinsichtlich der Auffindbarkeit und Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen (FAA) geklärt werden (WEICHERT & SCHOLTEN 2015, siehe S. 20ff.).

Schlitzpässe gelten generell als gut erforschter Typ von FAA, wobei dies vor allem auf die Standardbecken zutrifft, für welche es genaue Vorgaben hinsichtlich der geometrischen Abmessungen und hydraulischen Verhältnisse gibt. Allerdings treten bedingt durch örtliche Gegebenheiten in praktisch jeder Anlage auch Anlagenabschnitte mit gesonderten Funktionen (Sonderbauweisen) bzw. veränderten Abmessungen auf. Deren veränderte Geometrien verursachen veränderte hydraulische Muster sowohl in Sonderbau-Abschnitten als auch in angrenzenden Standardbecken. Dabei ist zurzeit unklar, wie sich die verschiedenen Strömungsmuster auf die Passierbarkeit der Anlagenabschnitte für Fische auswirken.

Ziel der hier beschriebenen Untersuchung ist es, anhand der Variablen „Passagerate“ und „Passagegeschwindigkeit“ die Passierbarkeit von FAA zu beurteilen und dies an einem Beispiel zu testen. Dabei wurden einzelne Abschnitte eines Schlitzpasses betrachtet und die oben genannten Variablen verschiedener Fischarten ermittelt, um ggf. problematische Abschnitte zu identifizieren.

## 2 Material und Methoden

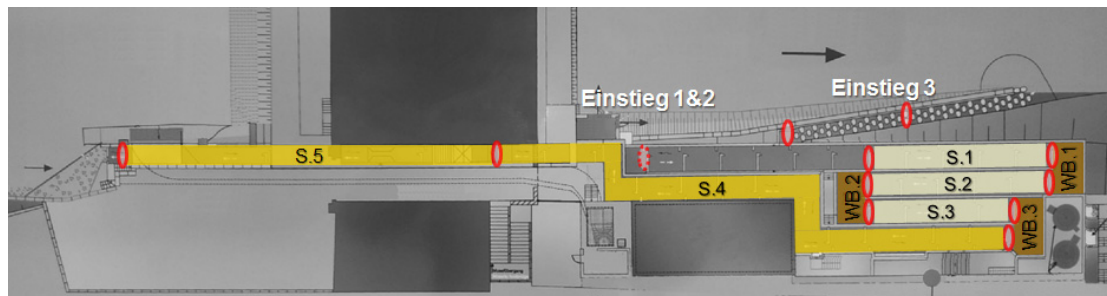
### 2.1 Untersuchungsobjekt

Ab 2013 wurden Untersuchungen zur Passierbarkeit an der Fischaufstiegsanlage der Staustufe Koblenz an der Mosel (Abb. 1) durchgeführt. Mit der FAA wird über 39 Becken die Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterwasser (bis 6 m) überwunden. Dabei ergibt sich eine Wasserspiegeldifferenz  $\Delta h$  zwischen den Becken von 15 cm. Die meisten Becken besitzen eine Länge von 3,6 m, wobei einzelne Becken auch länger gestaltet sind.

Die Anlage verfügt über drei Einstiege für aufwandernde Fische. Die Einstiege 1&2 befinden sich unmittelbar am Querbauwerk und haben eine Öffnung in Fließrichtung sowie eine Öffnung senkrecht zur Fließrichtung. Einstieg 3 ist als Raugerinne gestaltet und 50 m stromab des Querbauwerks im spitzen Winkel zur Fließrichtung an das Flussbett angebunden.

Im unteren Teil der FAA befinden sich drei geradlinige Sektionen, welche aus jeweils vier bis fünf Becken mit gleicher geometrischer Abmessung bestehen. Verbunden werden diese Sektionen mit 180°-Wendebecken. Die Anordnung der Schlitze in den drei Wendebecken ist nicht überall gleich. Während sich in Wendebecken 1 und 2 der oberwasserseitige Schlitz auf der Innenseite der Wendung befindet, liegt diese Schlitzöffnung bei Wendebecken 3 auf der Außenseite der Wendung.

Im oberen Teil der FAA befinden sich unterschiedlich lange Becken. In Sektion 4 liegen 12 Becken, wovon zwei Bereiche mit je 2x90°-Wendungen enthalten. Sektion 5 besteht aus zwei langen Becken und dem Ausstieg aus der FAA.



**Abb. 1:** FAA Koblenz mit Darstellung der untersuchten Abschnitte: Sektion (S.) 1-5, Wendebecken (WB.) 1-3, Einstiege 1/2 und 3. Die Stellen, an denen Antennen zur Detektion der Fische installiert wurden, sind rot markiert.

## 2.2 Fischmarkierung

Im Jahr 2013 wurden im April sowie von September bis November insgesamt 732 Fische von 9 Arten mit PIT-Tags (Oregon RFID, Portland, Oregon, USA) markiert. Diese ermöglichen eine individuelle Detektion der Fische an Punkten mit entsprechenden Antennen. Die Fische wurden mittels Elektrofischerei im Unterwasser der FAA sowie in einer Fangkammer innerhalb der FAA Koblenz (GEBLER 2010) gefangen. Die Fische wurden mittels Nelkenöl narkotisiert und die PIT-Tags in die Bauchhöhle implantiert. Kleine Fische (15-19 cm) wurden mit 12 mm langen Tags markiert, Fische ab 20 cm wurden mit 23 mm langen Tags versehen. Anschließend wurden die Fische zur Regeneration nach der Narkose in einem Behälter gehältert und im Anschluss 550 m stromab der FAA in die Mosel zurückgesetzt.

Antennen zur Detektion der markierten Fische wurden an mehreren Schlitzen zwischen den Becken der FAA installiert. Die Antennen bestanden aus Holzrahmen in dem Kabel in zwei Schleifen eingebettet waren, Tunerbox sowie Reader (Oregon RFID, Portland, Oregon, USA). Die Platzierung der Antennen wurde so gewählt, dass die oben beschriebenen Abschnitte der FAA jeweils durch Antennen begrenzt wurden (Abb. 1). Zudem wurden am Einstieg 3 Antennen installiert, um das dortige Vorkommen und den Einstieg von Fischen zu erfassen. Zusätzlich wurden im Laufe des Jahres 2013 am Einstieg 1/2 Antennen installiert, wodurch ab 2014 Informationen über diesen Anlagenteil der FAA erhalten wurden.

Die Antennen wurden entsprechend der Schwimmrichtung der Fische nummeriert, dabei bezeichnen A0-A3 die Antennen an den Einstiegen und A4-A12 die weiteren Antennen innerhalb der FAA in Richtung Oberwasser.

### 2.3 Datenanalyse

Jede Detektion eines Fisches an einer Antenne wurde als Durchquerung der Engstelle/des Schlitzes bewertet. Dabei wurde die erste Detektion an einer beliebigen Antenne als Eintritt des jeweiligen markierten Fisches in die FAA gewertet. Da im Jahr 2013 nur Rotaugen in ausreichender Anzahl redetektiert wurden, konnten zunächst weitere Analysen nur für diese Art durchgeführt werden.

Um als erfolgreich in die FAA eingestiegen gewertet zu werden, mussten Fische zuerst an Antennen der Einstiege (A0-A3) und danach an Antennen im weiteren Verlauf der FAA ( $\geq A4$ ) detektiert werden. Durch das Fehlen von Antennen am Einstieg 1/2 wurde für 2013 festgelegt, dass der Eintritt von Fischen über Einstieg 1/2 vorlag, wenn die erste Detektion innerhalb FAA ( $\geq A4$ ) erfolgte. Zudem wurde der Eintritt über Einstieg 1/2 angenommen, wenn Fische zwar zuerst an Einstieg 3 detektiert wurden, aber erst nach mehr als 20 min eine Detektion innerhalb der FAA erfolgte, da nach vorliegenden Daten die Fische sehr wahrscheinlich vom Einstieg 3 zurück in den Fluss und über Einstieg 1/2 in die FAA schwammen.

Für die Analyse der Passage der gesamten Anlage wurden nur Fische herangezogen, die auch am Ausstieg detektiert wurden, wohingegen für die Analyse von einzelnen FAA-Abschnitten (Sektionen, Wendebecken) auch Fische berücksichtigt wurden, die nur den entsprechenden Abschnitt passiert hatten.

Die Passagezeit von FAA-Abschnitten wurde als Zeitdifferenz der letzten Detektion an der unteren Antenne und der ersten Detektion an der oberen Antenne berechnet. Daraus wurde die Passagegeschwindigkeit als Quotient aus Passagezeit und Länge des FAA-Abschnitts berechnet. Die Passagerate bezeichnet den Prozentsatz von an der unteren Antenne detektierten Fischen, die auch an der oberen Antenne detektiert wurden.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

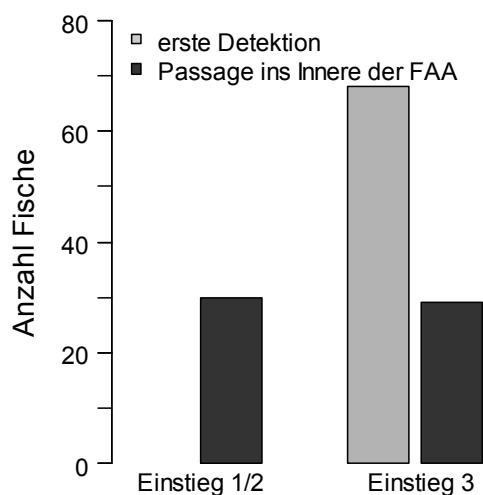
Nicht alle markierten Fische wurden erneut in der FAA erfasst (Tabelle 1). Nur von drei Arten (Hasel, Rotaugen, Meerforelle) wurden 2013 mindestens 25 % der markierten Fische redetektiert, wobei dies nur bei Rotaugen einer größeren Anzahl (87) entsprach.

An Einstieg 3 wurden 68 Rotaugen detektiert, wobei nur 29 Fische davon über den Einstieg 3 in das Innere der FAA (mindestens Sektion 1) aufstiegen (Abb. 2). Von den verbleibenden 39 Fischen wanderten 28 Fische zurück in den Fluss ohne wieder in die FAA einzuschwimmen. 11 Fische schwammen nach der ersten Detektion an Einstieg 3 über den Einstieg 1/2 in die FAA ein. Weitere 19 Rotaugen schwammen direkt über Einstieg 1/2 in die Anlage hinein ohne zuvor bei Einstieg 3 detektiert zu werden, so dass insgesamt 30 Rotaugen über den Einstieg 1/2 in die FAA gelangten. Aussagen darüber, wie viele Fische zuerst an Einstieg 1/2 erschienen (und dann umkehrten) können aufgrund fehlender Detektionsmöglichkeiten für 2013 nicht getroffen werden.

**Tabelle 1**

Anzahl markierter und redetektierter Fische im Jahr 2013 an der Fischaufstiegsanlage Koblenz

| Fischart                   | dt. Name    | Anzahl markierter Fische | Anzahl detektierter Fische | Anteil detektierter Fische |
|----------------------------|-------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Abramis brama</i>       | Brassen     | 11                       | 1                          | 9 %                        |
| <i>Alburnus alburnus</i>   | Ukelei      | 104                      | 6                          | 6 %                        |
| <i>Barbus barbus</i>       | Barbe       | 32                       | 0                          | 0 %                        |
| <i>Chondrostoma nasus</i>  | Nase        | 70                       | 1                          | 1 %                        |
| <i>Leuciscus leuciscus</i> | Hasel       | 12                       | 5                          | 42 %                       |
| <i>Perca fluviatilis</i>   | Flussbarsch | 101                      | 6                          | 6 %                        |
| <i>Rutilus rutilus</i>     | Rotaugen    | 345                      | 87                         | 25 %                       |
| <i>Salmo trutta</i>        | Meerforelle | 3                        | 1                          | 33 %                       |
| <i>Squalius cephalus</i>   | Döbel       | 53                       | 10                         | 19 %                       |

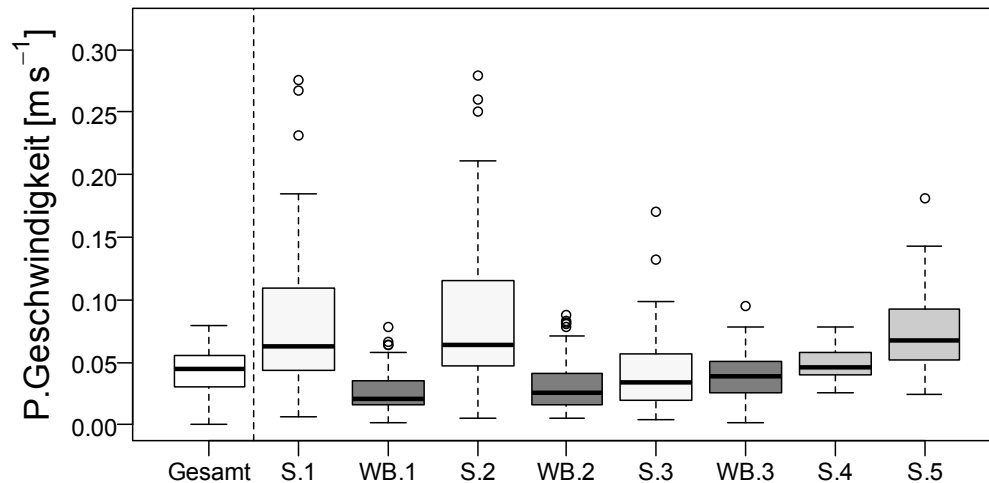


**Abb. 2:**

Anzahl von Rotaugen an unterschiedlichen Einstiegen der FAA Koblenz. Die Anzahl der Fische, die zuerst an Einstieg 3 detektiert wurden, ist grau dargestellt, die Anzahl der Fische, die über die jeweiligen Einstiege in das Innere der FAA einschwammen, ist schwarz dargestellt.

Von den 87 an den Einstiegen detektierten Rotaugen konnten 70 Tiere für die Passierbarkeitsanalyse der gesamten FAA verwendet werden, wobei 44 Fische den Ausstieg zum Oberwasser erreichten (Passagerate = 60 %). Die Passagezeit der Fische (Anfang Sektion 1 bis zum Ausstieg) betrug 38 - 2943 min (Median 64 min) und die Passagegeschwindigkeit lag bei  $0,042 \pm 0,019$  m/s (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) (Abb. 3).

In den Sektionen 1-5 betragen die Passageraten zwischen 84 und 100 %. Beim Vergleich der Passagegeschwindigkeit (Abb. 3) in den geradlinigen Strängen (Sektion 1-3) zeigte sich, dass diese in Sektion 1 und 2 höher waren (Median 0,063 und 0,064 m/s) als in Sektion 3 (Median 0,034 m/s). Für die Reduktion der Geschwindigkeit in Sektion 3 sind vermutlich nicht Ermüdungserscheinungen der Fische verantwortlich, da die Fische die folgenden Sektionen 4 und 5 wieder mit erhöhten Geschwindigkeiten durchwanderten (Median 0,046 bzw. 0,068 m/s). Als eine Erklärung für die Geschwindigkeitsunterschiede in den Sektionen sind unterschiedliche Strömungsmuster (HÖGER et al. 2014) in den Becken denkbar. In Sektion 3 wurde nur das strömungsdissipierende Muster beobachtet, wohingegen in Sektion 2 nur das strömungsstabile Muster und in Sektion 1 zeitlich wechselnd beide Muster vorlagen.



**Abb. 3:** Passagegeschwindigkeit von Rotaugen in der Fischaufstiegsanlage Koblenz im Jahr 2013. Die Daten wurden für die gesamte FAA sowie einzeln für die Sektionen S.1-S.5 und die Wendebecken WB.1-WB.3 abgebildet. Darstellung als Box-Whiskers-Plot mit 25 % und 75 %-Quartilen und Median.

Die Passagerate in den Wendebecken 1-3 lag bei 96 - 100 %, wobei die Passagegeschwindigkeiten (Abb. 3) geringer waren als in den geraden Sektionen (Daten für Sektion 1-3 bzw. WB.1-3 gepoolt, Wilcoxon Rangsummentest,  $p < 0,001$ ). Die reduzierte Geschwindigkeit in den Wendebecken kann ein Hinweis darauf sein, dass diese Becken die Fischwanderung behindern. Jedoch ist es ebenfalls möglich, dass die Fische die Wendebecken als Ruhebereiche nutzen. Dies kann zum einen dadurch bekräftigt werden, dass nur sehr wenige Fische in den Wendebecken die Wanderung abbrachen. Ein zweiter Hinweis für diese Vermutung liegt darin, dass die Geschwindigkeit in den Wendebecken entgegengesetzt zu der Geschwindigkeit in der zuvor durchwanderten Sektion war, d. h. nach schneller Passage von geraden Sektionen (1-2) war die Geschwindigkeit im Wendebecken geringer (0,021 bzw. 0,026 m/s), nach langsamer Passage der geraden Sektion (3) war die Passagegeschwindigkeit im folgenden Wendebecken hingegen höher (0,039 m/s). Allerdings liegt im WB.3 wie schon beschrieben der obere Schlitz außen, der Geschwindigkeitsunterschied könnte daher auch an der unterschiedlichen Hydraulik liegen. Eine genaue Aussage über die Zusammenhänge zwischen der Hydraulik in den einzelnen Becken und der Passagezeit kann allerdings erst in einem nächsten Schritt analysiert werden.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

In verschiedenen Abschnitten der FAA konnten durch Markierung von Fischen mit PIT-Tags Passageraten und Passagegeschwindigkeiten ermittelt werden, die Vergleiche zwischen einzelnen Anlagenteilen zulassen. Damit zeigt sich, dass die hier eingesetzte Technologie der PIT-Markierung grundsätzlich geeignet ist, Aussagen über die Passageraten und die Passagezeiten zu ermitteln. Erste Ergebnisse aus dem Jahr 2013 zeigen, dass 60 % der detektierten Rotaugen die gesamte Anlage durchschwammen, wobei in einzelnen Abschnitten der FAA Passageraten zwischen 84 und 100 % auftraten. Diese Ergebnisse sind als vorläufig zu betrachten und sind anhand der Untersuchungen 2014 und 2015 zu prüfen.

Die Passagegeschwindigkeiten waren in den Wendebecken reduziert gegenüber den geraden Sektionen, wobei auch zwischen den geraden Sektionen Unterschiede auftraten. Inwieweit diese Unterschiede sich durch die Ergebnisse 2014 und 2015 bestätigen lassen und ggf. durch hydraulische Verhältnisse (z. B. unterschiedliche Strömungsmuster) verursacht werden, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Zudem steht es noch aus, die Passierbarkeit auch für weitere Fischarten zu charakterisieren, um allgemeinere, nicht artspezifische Aussagen treffen zu können.

## Literatur

- ARMSTRONG, G. S. A., M. W.; Fewings, G. A.; Gough, P. J.; Reader, N. A.; Varallo, P. V. (2010): Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance Notes On The Legislation, Selection and Approval Of Fish Passes In England And Wales Environment Agency, Almondsbury, Bristol.
- BMLFUW (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BUNT, C. M., CASTRO-SANTOS, T. und HARO, A. (2012): Performance of Fish Passage Structures at Upstream Barriers to Migration. *River Research and Applications* 28(4): 457-478.
- DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509, Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. DWA-M 509, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef.
- FAO/DVWK (2002): Fish passes – Design, dimensions and monitoring. FAO, Rome. p. 119.
- GEBLER, R. J. (2010): Zählbecken – eine Fisch schonende Methode zur Funktionskontrolle von Fischwegen. *WasserWirtschaft* 100(3): 26-29.
- HÖGER, V., HENNING, M. und NESTMANN, F. (2014): Experimental study on the influence of pool geometry on flow patterns in vertical-slot fishways. 10th International Symposium on Ecohydraulics (ISE), Trondheim.
- LARINIER, M. (2002): Pool fishways, pre-barages and natural bypass channels. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 364: 54-82.
- NOONAN, M. J., GRANT, J. W. A. und JACKSON, C. D. (2012): A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries* 13(4): 450-464.
- WEICHERT, R., M. SCHOLTEN (2015): Forschung und Entwicklung als Qualitätssicherung von Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen – konzeptionelles Vorgehen und inhaltliche Schwerpunkte. In: *Veranstaltungen 1/2015 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 4. Kolloquium Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“*, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, S. 20-29



**Kontakt:**

**Matthias Pitsch**

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz  
Tel.: 0261/ 1306 5056  
Fax: 0261/ 1306 5082  
E-Mail: pitsch@bafg.de

**1999-2005**

Studium der Biologie an der Technischen Universität Dresden

**2005-2011**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der TU Dresden im Institut für Hydrobiologie und im Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten

**2008-2012**

Freier Mitarbeiter im Gläsernen Labor des Deutschen Hygienemuseums Dresden

**seit 2012**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt für Gewässerkunde im Referat Tierökologie, Aufgabenbereich „Ökologische Durchgängigkeit“



**Kontakt:**

**Bernd Mockenhaupt**

Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz  
Tel.: 0261/ 1306 5941  
Fax: 0261/ 1306 5082  
E-Mail: mockenhaupt@bafg.de

Jahrgang: 1977

**1996-2003**

Studium Biologie Universität Bonn

**2004-2011**

technischer Angestellter der Bundesanstalt für Gewässerkunde

**seit 2011**

wissenschaftlicher Angestellter der Bundesanstalt für Gewässerkunde

Arbeitsgebiet:

F&E Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, Schwerpunkt Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen

# Rundbeckenpass – Funktionsweise, Beispiele, Perspektiven

Jürgen Stamm und Ulf Helbig

## 1 Einleitung

Der Rundbeckenpass, auch als Mäanderfischpass<sup>®</sup> bezeichnet, wird seit Mitte der 1990er-Jahre durch die Firma Peters Ökofisch GmbH & Co. KG vorrangig in Deutschland und in der Schweiz vertrieben. Derzeitig existieren 61 Anlagen, von denen 39 als C-Typ, 13 als J-Typ und 5 als H-Typ errichtet worden sind. Vier Anlagen bilden Sonderkonstruktionen, die als Misch- oder auch als Turmkonstruktion gebaut wurden (CJ-, Helix-Form, usw.). Die aktuelle Fassung des DWA-Merkblattes (DWA-M) 509 (DWA 2014) führt den Rundbeckenpass als Sonderbauweise des Schlitzpasses an und erwähnt das rege Aufstiegsgeschehen an einigen Fischeaufstiegsanlagen (FAA), das bereits bei Funktionskontrollen nachgewiesen werden konnte (WIELAND & NÖTHLICH 2003, u. a.). Es wird im Merkblatt aber ebenso darauf hingewiesen, dass zwar zahlreiche FAA des Mäandertyps errichtet wurden, bislang geeignete Berechnungsverfahren sowie untersuchungstechnisch begründete Bemessungskriterien noch ausstehen, was insbesondere auf die defizitäre Datenbasis und den noch unbefriedigenden Erkenntnisstand zurückzuführen ist. Da sich das Strömungsgeschehen aufgrund der mäandrierenden Strömungsführung doch z. T. erheblich von dem des Schlitzpasses unterscheidet, sind dessen hydraulische Charakteristika (v. a. Strömungsausbildung, Turbulenzentwicklung, Energieumwandlung) nicht ohne Weiteres übertragbar. Aus diesem Grund sind Naturmessungen und auch physikalische sowie hydronumerische Modellierungen erforderlich, um die hydraulischen Eigenarten hinreichend abzubilden.

## 2 Funktionsweise, Konstruktion, Ausführungsvarianten

Nach Ansicht des Herstellers sollen mit Hilfe einer Fischeaufstiegsanlage die natürlichen Strömungsverhältnisse ähnlich nachgebildet werden, so dass gemäß dieser Philosophie in der FAA durchweg auf hochturbulente Strömungsbereiche verzichtet und v. a. auf eine gerichtete und geführte Primärströmung geachtet werden sollte („gleichartige Strömung“), die vom Fisch mittels des Seitenlinienorgans bereits beim Einstieg wahrgenommen wird und ihn so zur Wanderung antreibt. Des Weiteren wird angestrebt, das Dotationswasser bei vollständiger Funktionalität der FAA zu begrenzen, um beispielsweise Zielkonflikte mit der Wasserkraft zumindest zu minimieren bzw. gänzlich zu vermeiden. Die Konstruktion basiert auf einer Anordnung aufeinanderfolgender Rundbecken in einem U-förmigen Stahlbetontrog. Die Linienführung ist variabel und an die örtlichen Gegebenheiten anpassbar. Die Beckenelemente bestehen i. d. R. aus GfK-Fertigteilen (Rohre, vgl. Abb. 1). Die Verbindung zweier Becken wird mittels Vertikalschlitz hergestellt. Diese verzüngen sich V-förmig in Richtung Sohle.



Die Schlitzbreite ist durch verstellbare „Umlenkrohre“ variabel einstellbar (Abb. 1). Der Sohlaufbau besteht aus einer Rollkiesschüttung (16/32), auf die eine PE-Wirrgelegematte aufgebracht und mittels Sohlhalbschalen ( $d \approx 10\text{-}14\text{ cm}$ ) fixiert wird (Abb. 1). Beobachtungen zeigen, dass dieser Aufbau eine aktive Benthosbesiedlung ermöglicht.



**Abb. 1:** Links: Anordnung von GfK-Halbrohren bei einem C-Typ, mittig: „Umlenkrohre“ zur Schlitzweitenregulierung, rechts: Sohlaufbau (Peters Ökofisch GmbH & Co. KG, IWD); (Fotos: Peters Ökofisch GmbH & Co. KG)

Von sehr wenigen Sonderformen abgesehen (CJ, Helix), werden im Wesentlichen die drei Ausführungsvarianten des C-, J- und H-Typs unterschieden, die vor allem in der Beckenform, der Beckenlänge sowie der Sohlneigung und dem Fließgefälle differieren (vgl. Abb. 2, Tabelle 1).



**Abb. 2:** Ausführungsvarianten, links: C-Typ, mittig: J-Typ, rechts: H-Typ; (Fotos: Peters Ökofisch GmbH & Co. KG)

**Tabelle 1: Kenndaten und Konstruktionskriterien des C-, J- und H-Typs**  
(Herstellerangaben, PETERS 2005)

| Konstruktionskriterium [SI]       | C-Typ       | J-Typ       | H-Typ       |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Fließgefälle (I) [%]              | 17 - 30     | 8 - 17      | 4 - 8       |
| Beckendurchmesser $d_B$ [m]       | 1,00 - 2,40 | ---         | ---         |
| Beckenlänge ( $l_B$ ) [m]         | ---         | 1,50 - 3,50 | 1,50 - 3,50 |
| Beckenbreite ( $b_B$ ) [m]        | ---         | 1,00 - 2,00 | 1,00 - 2,00 |
| Beckenhöhe ( $h_B$ ) [m]          | 0,75 - 3,00 | 0,75 - 3,00 | 0,75 - 3,00 |
| Dotation (Q) [l/s]                | 50 - 1.000  | 500 - 1.000 | 500 - 1.000 |
| Beckenfallhöhe ( $\Delta h$ ) [m] | 0,14 - 0,20 | 0,14 - 0,20 | 0,08 - 0,20 |

Der Typ C ist für Gefälle zwischen 17 und 30 % entworfen worden und soll v. a. den Bau von Fischaufstiegsanlagen unter beengten Platzverhältnissen ermöglichen. Die Konstruktionsvariante des Mäander<sup>®</sup>-Fischpasses Typ J ist für Gefälle zwischen 8 und 17 % geeignet. Der wesentliche Unterschied zum Typ C besteht in der Konstruktion der Becken. Die J-Form dieses Typs ergibt sich aus einer Streckung der C-förmigen Becken. Der Mäander<sup>®</sup>-Fischpass Typ H ist für Fließgefälle zwischen 4 und 8 % ausgelegt und wird als sogenannter „Halbmäander-Fischpass“ (namensgebend) bezeichnet. Er besitzt eine stark gestreckte Geometrie und somit die längsten Becken.

### 3 Aktuelle Untersuchungen

Die noch defizitäre Datenbasis sowie der noch nicht ausreichende Erkenntnisstand erfordern weitergehende Untersuchungen, die von Seiten des Instituts für Wasserbau und Technische Hydromechanik der TU Dresden (IWD) in Form von

- > Naturmessungen vor Ort,
- > physikalischen Modelluntersuchungen sowie
- > 3d-hydrnumerischen Modellierungen

vorangetrieben werden. Aktuell werden die H-Typen der FAA Rothemühle/Oker und FAA Bahnitz/Havel messtechnisch begleitet (Abb. 3). Bei der FAA Rothemühle kommt eine 3d-Vectrino-Messsonde zum Einsatz, mit der in ausgewählten Becken und Schlitzen die 3d-Verteilung der Fließgeschwindigkeiten sowie die Durchflussverhältnisse bestimmt werden. Ziel ist vorrangig die Erfassung und Visualisierung der Strömungscharakteristik sowie die Datengewinnung zu Kalibrierungszwecken von physikalischer und 3d-hydrnumerischer Modellierung. Die Untersuchungen an der FAA Bahnitz basieren auf einem ähnlichen Messkonzept, wobei primär der Einsatz von 1d-Messtechnik des Wasser- und Schiffsamts Brandenburg zum Einsatz kommt. Angestrebt wird hierbei, bei verschiedenen Abfluss- und Wasserstandsverhältnissen Aussagen über die Strömungscharakteristik in der Anlage zu erhalten. Gleichzeitig soll durch vergleichende 1d- bzw. 3d-Messung eine Qualitätsaussage getroffen werden, ob und inwiefern eine eindimensionale Messtechnik für diesen Anwendungsfall geeignet ist.



**Abb. 3:** Links: FAA Rothemühle, 3d-Strömungsmessung im Becken B4 und Schlitz S4, rechts: FAA Bahnitz 1d- und 3d-Strömungsmessung in Becken B3 (Fotos: TU Dresden, IWD)

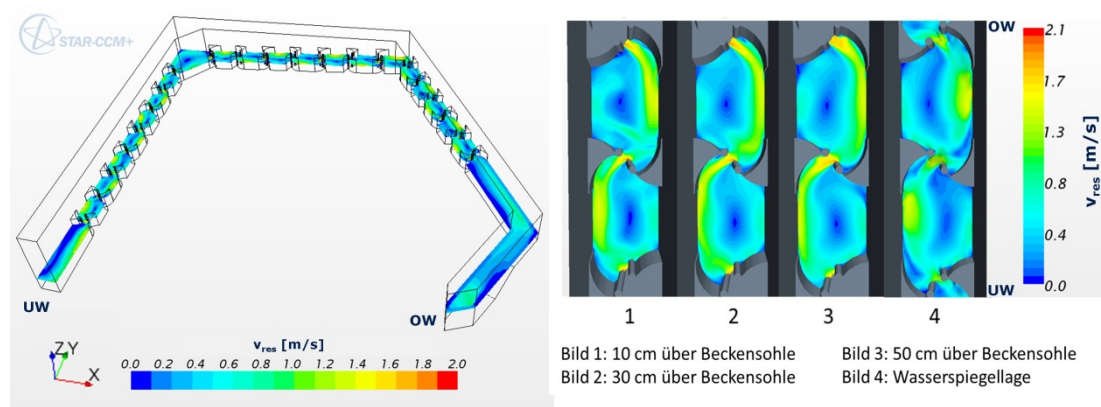
Parallel zu den Naturmessungen an den FAA Rothemühle und Bahnitz erfolgt im Hubert-Engels-Labor des IWD die Umsetzung und hydraulische Untersuchung eines Froude-Modells

(M 1:4,6; Begrenzung durch Rinnenbreite) als Teilmodell der FAA Rothemühle (5 untere Becken, Abb. 4). Bei definierten Randbedingungen werden Strömungs- und Wasserstandsmessungen vorgenommen. Ziel ist die qualitative und quantitative Bestimmung der Strömungscharakteristik im Modell sowie der Abgleich mit den erfolgten Naturmessungen und den 3d-hydrnumerischen Simulationen. Als Basis dient der in der numerischen Modellierung ermittelte Abfluss von ca.  $Q \approx 200$  l/s ( $Q_M \approx 4,26$  l/s). Zum Einsatz kommen 1d-Messflügel, Particle Image Velocimetry (PIV) sowie 3d-Vectrino-Sondentechnik.



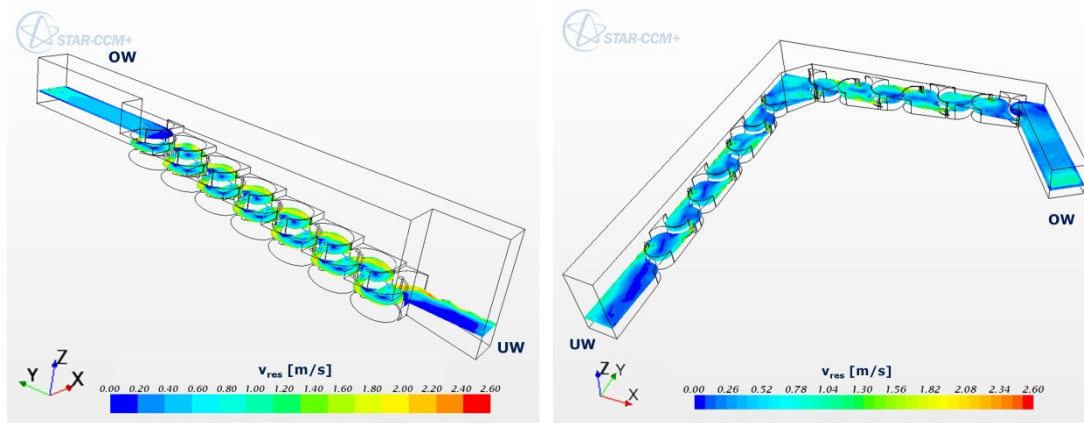
**Abb. 4:** Links: physikalisch modellierte Becken der FAA Rothemühle, mittig links bzw. mittig rechts: Froude-Modell M 1:4,6 im Labor, rechts: Geschwindigkeitsmessung Schlitz; (Fotos: TU Dresden, IWD)

Weiterhin werden für die FAA Rothemühle (Barbenregion) 3d-hydrnumerische Simulationen durchgeführt. Hierzu wird die CFD-Simulationssoftware STAR-CCM+ unter Verwendung der Reynolds-gemittelten Navier-Stokes-Gleichungen eingesetzt. Als Turbulenzmodell kommt das SST-K- $\omega$ -Modell zum Einsatz. Das SST-K- $\omega$ -Modell eignet sich besonders für die hier vorliegende Problemstellung, da es die Vorteile des K- $\epsilon$ -Modells mit denen des K- $\omega$ -Modells vereint. So liefert das K- $\epsilon$ -Modell bei Freispiegelabflüssen stabile Ergebnisse für die turbulente Kernzonenströmung, während das K- $\omega$ -Modell besonders die Strömungsvorgänge im wandnahen Bereich besser beschreibt. Zur Abbildung des Freispiegelabflusses wird ein Mehrphasenströmungsansatz (Luft- und Wasserphase) genutzt. Die Berechnung des vorhandenen Typs H (20 Becken, Länge 67,40 m,  $I = 4,44$  %,  $k_s = 0,1$  m [Sohle],  $k_s = 0,01$  m [Wände]) erfolgt im Maßstab M 1:1 als instationärer Fließzustand (Abb. 5).



**Abb. 5:** FAA Rothemühle Typ H quasistationären Zustand  $Q \approx 200$  l/s, links: 3d-hydrnumerisches Modell mit oberflächennaher, resultierender Geschwindigkeitsverteilung ( $v_{res}$  [m/s]), rechts: Geschwindigkeitsverteilung ( $v_{res}$ ) in Tiefenhorizonten

Im 3d-HN-Modell stellen sich nach ca. 410 s Simulationsdauer ein quasistationärer Zustand und ein Dotationsabfluss von ca.  $Q \approx 200$  l/s ein (Gesamtfallhöhe  $\Delta h = 2,21$  m). Dieser Abflusswert liegt höher als die Größe der Naturmessungen ( $Q \approx 138$  l/s) und der Herstellerangabe ( $Q \approx 150$  l/s). Aktuell können maximale Fließgeschwindigkeiten von bis zu  $v_{\max} \approx 2,3$  m/s in unmittelbaren Bereichen der „Umlenkrohre“ beobachtet werden. Insgesamt liegen diese in der Primärströmung bei  $v_{\max} < 1,6 - 2,0$  m/s (Abb. 5), was im oberen Grenzbereich der Angaben gemäß DWA-M 509 liegt. Ergänzend zu den hydronumerischen Untersuchungen des Typs H wird der FAA-Standort Rothemühle bei Beibehaltung der Ausgangsrandbedingungen (Gesamtfallhöhe  $\Delta h = 2,21$  m,  $k_s = 0,1$  m [Sohle],  $k_s = 0,01$  m [Wände]) ebenso als C-Typ (13 Becken, Länge 24,05 m,  $I = 14,82$  %) und als J-Typ-Anlage (13 Becken, Länge 49,05 m,  $I = 6,52$  %) simuliert. Die Modelle sind derzeit in Berechnung und befinden sich noch im instationären Fließzustand. Dabei werden im passierbaren Querschnitt partiell noch maximale Fließgeschwindigkeiten von  $v_{\max} < 2,6$  m/s erzeugt. Die Dotationsabflüsse liegen im Bereich von ca.  $Q \approx 202$  l/s. Die Berechnungen werden aktuell fortgesetzt.



**Abb. 6:** 3d-hydrnumerische Modelle mit oberflächennaher Geschwindigkeitsverteilung ( $v_{\text{res}}$  [m/s]) des Standorts FAA Rothemühle, links: als C-Typ, rechts: als J-Typ

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Aufgrund des erheblichen Datenbedarfs zur hydraulischen Charakterisierung der bereits häufig gebauten Mäanderfischpässe<sup>®</sup> werden, bestärkt durch die implizite Forderung des DWA-M 509, intensive Untersuchungen zur Hydraulik und deren Verständnis durchgeführt. Hierbei stehen Naturuntersuchungen bei bestehenden Anlagen (z. B. FAA Rothemühle, Bahnitz), physikalische Modelluntersuchungen im kleinmaßstäblichen Froude-Modell sowie 3d-hydrnumerische Simulationen mittels STAR-CCM+ im Fokus. Die typischen Strömungsmuster verschiedener Rundbeckenpässe können dabei mit numerischen Modellen gut nachempfunden werden. Perspektivisch wird angestrebt, die Untersuchungen auf eine weitere komplexe Naturuntersuchung in Kombination mit einer 3d-HN-Simulation auszudehnen sowie einen Großversuchsstand zur physikalischen, laborgestützten Modellierung aufzubauen.

## Literatur

DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2014): Merkblatt M-509: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Hennef, 334 S.

PETERS H. W. (2005): Der Mäander<sup>®</sup>-Fischpass – Die neue Dimension.

WIELAND, S. & I. NÖTHLICH (2003): Funktionskontrolle Mäanderfischpass Drakenburg/Weiser. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 2003.



**Kontakt:**

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm**

Dr.-Ing. Ulf Helbig

Technische Universität Dresden

Institut für Wasserbau und  
Technische Hydromechanik

01062 Dresden

Tel.: 0351/ 463 34397

Fax: 0351/ 463 37120

E-Mail:

[Juergen.Stamm@tu-dresden.de](mailto:Juergen.Stamm@tu-dresden.de)

Jahrgang 1963

**1982-1989**

Studium Bauingenieurwesen an der Universität  
(TH) Karlsruhe, Abschluss zum Dipl.-Ing.

**1990-1997**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität  
Karlsruhe, Institut für Hydromechanik

**1996**

Promotion zum Dr.-Ing.

**1997-2008**

Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, davon  
02/2001 – 09/2008 Leiter der Abteilung Wasserbau  
im Binnenbereich

**seit 10/2008**

Professor und Direktor des Instituts für Wasserbau  
und Technische Hydromechanik, Technische Uni-  
versität Dresden

Mitarbeit in diversen DIN- und DWA-Arbeitsgrup-  
pen, u. a. DWA AG 3.7 „Hydraulik von Fischauf-  
stiegsanlagen“



**Kontakt:**

**Dr.-Ing. Ulf Helbig**

Technische Universität Dresden

Institut für Wasserbau und  
Technische Hydromechanik

01062 Dresden

Tel.: 0351/ 463 34397

Fax: 0351/ 463 37120

E-Mail:

[Ulf.Helbig@tu-dresden.de](mailto:Ulf.Helbig@tu-dresden.de)

Jahrgang 1977

**1997-2002**

Studium Bauingenieurwesen an der Universität  
Leipzig, Abschluss zum Dipl.-Ing.

**seit 2003**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen  
Universität Dresden, Institut für Wasserbau und  
Technische Hydromechanik

**2010**

Promotion zum Dr.-Ing.

# Dimensionierung aufgelöster Rampen und praktische Erfahrungen

Michael Hengl

## 1 Einleitung

Aufgelöste Rampen in Riegelbauweise (einer stufenförmigen Abfolge von Querriegeln und Becken aus Wasserbausteinen geformt) werden seit mehreren Jahren erfolgreich für die Verbesserung der Durchgängigkeit von Fließgewässern verwendet (siehe Abb. 1). Das Gefälle bewegt sich dabei in der Größenordnung von ca. 1 bis 4 %. Durch die naturnahe Bauweise dienen aufgelöste Rampen nicht nur dem Fischaufstieg, sondern auch ganz allgemein als aquatischer Lebensraum und helfen damit oft, flussauf und flussab vorhandene morphologische Defizite zu mildern. Bei entsprechender Planung ist auch ein Sedimentkontinuum über das Bauwerk möglich. Zusammenfassend eignen sich aufgelöste Rampen überall dort, wo Höhenstufen im Gewässer auf kurzer Strecke zu überwinden sind, als Maßnahmenelement um den nach EG-Wasserrahmenrichtlinie erforderlichen guten Zustand bzw. das gute Potenzial zu erreichen. Weitere Maßnahmenelemente sind z. B. EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & EBERSTALLER (2014) zu entnehmen.



**Abb. 1:** Rampe an der Saalach ca. 2,5 Jahre nach Fertigstellung  
(Foto: Bundesamt für Wasserwirtschaft)

## 2 Grundlagen für die Dimensionierung

Um den Fischauf- und -abstieg über einen möglichst großen Teil der Gewässerbite und parallel auch den Sedimenttransport zu ermöglichen, stehen aufgelöste Rampen direkt im Gewässer und müssen damit im Gegensatz zu technischen Fischpässen auch Hochwasserereignissen standhalten. Daher gliedert sich der Dimensionierungsprozess in zwei Teilbereiche:

- (1) Bemessung der Steingrößen für die Stabilität bei Hochwasser inklusive Berechnung der Wasserspiegellagen sowie
- (2) Dimensionierung der Stufen und Becken entsprechend der zu berücksichtigenden Fischfauna.

Beide Bereiche müssen parallel abgearbeitet werden, da sich aus der Fischfauna Bedingungen für Stufenhöhen und Beckengrößen und aus den Stabilitätsbedingungen Grenzen für Wanderwege auf der Rampe ergeben. Aus den erforderlichen Steingrößen kann sich in Kombination mit den erforderlichen Beckenlängen auch eine flachere Rampe als ursprünglich geplant ergeben.

## 2.1 Dimensionierung Stabilität und Hochwasserschutz

Maßgebend für die erforderlichen Steingrößen sind im Wesentlichen der Bemessungsabfluss, die Bauwerksbreite und das Bauwerksgefälle. Für die **Dimensionierung der Riegelsteine** (üblicherweise in 3er-Reihen angeordnet) wurden mit der Gleichgewichtsbetrachtung am Einzelstein (z. B. LUBW 2006) gute Erfahrungen gemacht. Der Ansatz von KORECKY (2007) enthält einen so genannten Toleranzgrad. Beispielsweise bedeutet ein Toleranzgrad von 0,03, dass sich beim Bemessungsabfluss 3 % der Riegelsteine bewegen dürfen. Daraus ergibt sich eine sehr wirtschaftliche Dimensionierung, da Umlagerungen einzelner Steine die Gesamtstabilität des Bauwerks nicht gefährden, und es insgesamt billiger ist, kleinere Schäden nach seltenen Hochwasserereignissen zu reparieren als deutlich größere Steine zu wählen. Kleinere Steine und damit mehr Einzelsteine in einem Riegel ermöglichen auch das Anlegen mehrerer paralleler Fischwanderwege auf der Rampe.

Für die **Dimensionierung der Beckensteine** dienen die über Mittelwertshydraulik gerechneten Sohlschubspannungen. Als Bemessungswert wird ein Shields-Wert zwischen 0,065 und maximal 0,09 empfohlen. Die für die Ermittlung der Sohlschubspannungen erforderlichen mittleren Wasserspiegel sollten nicht über Strickler-Werte (z. B. VOGEL 2003), sondern über die Formwiderstände des Bauwerks (z. B. PAGLIARA & CHIAVACCINI 2006) berechnet werden.

Der Geschiebetrieb hat keinen negativen Einfluss auf die Stabilität der Steine. Bei ausreichendem Geschiebetrieb kann unter Umständen in geringer belasteten Becken die Beckensicherung reduziert werden.

Für die **Festlegung der Uferhöhen** ist der mittlere Wasserspiegel nicht ausreichend, da sich in Abhängigkeit vom Abfluss über der Rampe hohe Wellen entwickeln können. Eine einfache Abschätzung der maximalen Wasserspiegellagen kann über die Energiehöhe erfolgen. Zu den Wellenhöhen selbst ist noch Untersuchungsbedarf gegeben.

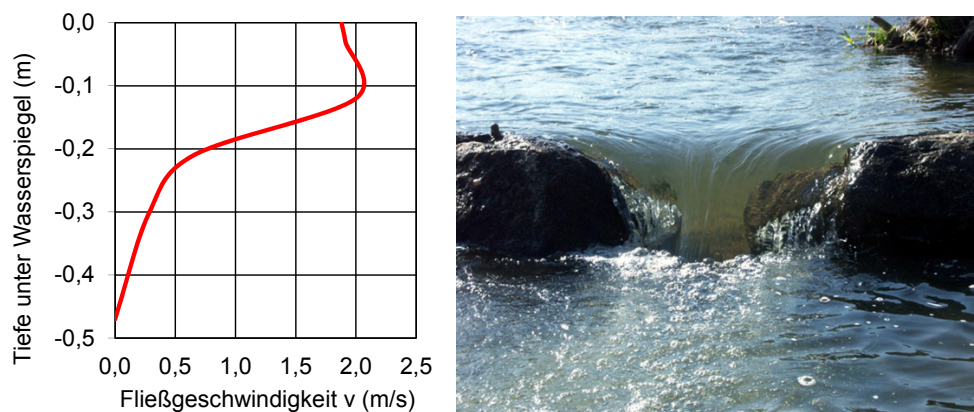
Im Anschluss an das eigentliche Rampenbauwerk ist eine **Nachbettsicherung** erforderlich. Die Nachbettsicherung begrenzt die Ausbildung von Kolken und schützt damit sowohl den Rampenfuß als auch die begleitenden Ufer. In der Praxis haben sich Nachbettsicherungen mit ca. 80 bis 150 % der Rampenlänge sowie zweilagige Steinschüttungen an den Ufern und einer 20 %-igen Belegungsdichte in der restlichen Fläche des Nachbetts bewährt. Der Nachbettkolk ist wichtig, da in ihm einerseits die Umwandlung der Restenergie bei Hochwasser erfolgt und der Kolk gleichzeitig auch Lebensraum für Fische ist.



Bei muldenförmigen Rampen oder Rampen in Flusskrümmungen ist zu beachten, dass es lokal zu höheren Belastungen kommen kann. Am einfachsten ist dieser Umstand über den lokal höheren spezifischen Abfluss zu berücksichtigen.

## 2.2 Dimensionierung zur Gewährleistung der Durchgängigkeit für Fische

Für den Fischaufstieg dienen Durchlässe von Becken zu Becken mit abgesenkten Riegelsteinen bzw. schräg gelegten Steinen, so dass breite v- bzw. trapezförmige Öffnungen in den Riegeln entstehen. Die Dimensionierung der Öffnungen, die Stufenhöhe von Becken zu Becken, die Beckentiefe und die Beckenlänge sind von der jeweils maßgebenden Fischfauna abhängig. Diesbezüglich wird auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen (z. B. AG-FAH 2012). Wichtig ist, dass der untere Teil des Durchlasses am Riegel vom nachfolgenden Becken her eingestaut ist. Damit ergeben sich in den tiefen Zonen des Durchlasses niedere Fließgeschwindigkeiten, die auch schwimmschwächeren Fischen den Aufstieg ermöglichen (siehe Abb. 2). Weiters ergibt sich eine weitgehend durchgängige Gewässersohle, die für bodennah lebende Arten wichtig ist.



**Abb. 2:** Beispiel für eine gemessene vertikale Geschwindigkeitsverteilung (links) an einem Durchlass (rechts) (Foto: Bundesamt für Wasserwirtschaft)

Ob in einem Becken ausreichend Ruhezone vorhanden sind, lässt sich optisch relativ einfach prüfen. Je höher der Weißwasseranteil in den Becken, desto größer der Lufteintrag und damit auch die Turbulenz im Becken. Ein geringer Weißwasseranteil im Becken ist somit ein Gütekriterium betreffend beruhigte Strömung.

## 3 Praktische Erfahrungen

In Österreich wurden in den letzten Jahren (ca. ab 2005) zahlreiche aufgelöste Rampen errichtet. Ein fischökologisches Monitoring nach Errichtung der Bauwerke wurde bisher allerdings nur selten ausgeführt. Das bisher umfassendste Monitoring hat an Rampen am Innbach und Leitenbach in Oberösterreich stattgefunden (ULLMANN et al. 2009). In diesen gekoppelten hydraulischen und ökologischen Untersuchungen sowohl in der Natur als auch im Labor konnten wertvolle Erkenntnisse betreffend Konstruktion, Bau und der Durchgängigkeit für Fische gewonnen werden. Wie bereits erwähnt werden aufgelöste Rampen von Fischen nicht nur einfach durchwandert, sondern dienen auch als wertvoller Lebensraum.

An einer aufgelösten Rampe an der Salzach (Fluss-km 51,9) wurde kurz nach Fertigstellung vom Herbst 2010 bis November 2011 von der Universität für Bodenkultur in Wien ein fisch-ökologisches Monitoring durchgeführt. Dazu wurden flussauf und flussab möglichst Fische ab ca. 10 cm Länge markiert. Insgesamt wurden 904 Fische markiert (davon wurden nur 64 bzw. ca. 7 % wieder gefangen). Auch war die vorhandene Fischbiomasse mit 27,2 kg/ha insgesamt sehr gering (für den guten Zustand wären laut Österreichischer Richtlinie mindestens 50 kg/ha erforderlich). Die meisten Wiederfänge fanden im Bereich der ursprünglichen Fangorte statt. Sechs unterstrom der Rampe markierte Fische (drei Arten) wurden stromauf wieder gefangen und haben demnach die Rampe flussauf passiert. Eine Wanderung stromab konnte im Zuge des Monitorings nicht nachgewiesen werden.

Bezüglich Bauwerksstabilität wurden bisher sehr gute Erfahrungen gemacht. Rampen an der Saalach und Salzach haben im Juni 2013 jeweils einem mehr als hundertjährigen Hochwasser standgehalten. Aus den Becken wird in der ablaufenden Hochwasserwelle das Geschiebe ausgespült und das Beckenvolumen bleibt damit nachhaltig bestehen. Durch die muldenförmige Ausformung der Rampen mit zu den Ufern hin hochgezogenen Riegeln ergibt sich bei Hochwasser eine Abflusskonzentration in Flussmitte. Damit entstehen im Uferbereich strömungsberuhigte Rückzugszonen für Fische. Flussab konzentriert sich der Kolk in Flussmitte. Im Anschluss an den Kolk entsteht, ebenfalls in Flussmitte, eine gewässerökologisch wertvolle Kiesbank. Damit wirken aufgelöste Rampen nicht nur lokal, sondern auch weiter flussab positiv für die Gewässerökologie. Im Fall der Salzach wird die Abströmung von der Rampe genutzt, um flussab Geschiebe über eigendynamische Uferentwicklung zu mobilisieren.

## Literatur

- AG-FAH (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAH), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Wien.  
[http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/plan\\_gewaesser\\_ngp/massnahmenprogramme/leitfaden\\_fah.html](http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/plan_gewaesser_ngp/massnahmenprogramme/leitfaden_fah.html) (letzter Zugriff 21.08.2014)
- EBERSTALLER-FLEISCHANDERL, D. & J. EBERSTALLER (2014): Flussbau und Ökologie. Flussbauliche Maßnahmen zur Erreichung des gewässerökologischen Zielzustandes, Amt der NÖ LR u. BMLFUW, Wien. [http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/fluesse-und-seen/aktuelle\\_projekte/flussbau\\_u\\_oekolog.html](http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/fluesse-und-seen/aktuelle_projekte/flussbau_u_oekolog.html) (letzter Zugriff 21.08.2014)
- KORECKY, N. (2007): Flach geneigte Riegelrampen: Bauwerksbemessung sowie konstruktive Ausführung des Ufer- und Nachbetschutzes, Band 28 der Schriftenreihe des Bundesamts für Wasserwirtschaft, Wien.
- LUBW (2006): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern. Leitfaden Teil 2 - Umgebungsgewässer und fischpassierbare Querbauwerke. Landesanstalt für Umweltschutz, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg.
- PAGLIARA, S., P. CHIAVACCINI (2006): Flow Resistance of Rock Chutes with Protruding Boulders, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.132, No.6, 545-552.
- ULLMANN, M. et al. (2009): Modellversuch Aufgelöste Rampen - Ökologie und Hydraulik, Endbericht, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung. [http://www2.land-oberoesterreich.gv.at/internetpub/Start.jsp?SessionID=SID-60AD2F90-5213C551&xmlid=was\\_internethydro\\_DEU\\_HTML.htm&pbNr=1534&dest=ooe](http://www2.land-oberoesterreich.gv.at/internetpub/Start.jsp?SessionID=SID-60AD2F90-5213C551&xmlid=was_internethydro_DEU_HTML.htm&pbNr=1534&dest=ooe) (letzter Zugriff 21.08.2014)
- VOGEL, S. (2003): Ansätze zur Bemessung rauher Rampen in aufgelöster Bauweise, Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, Band 88.



**Kontakt:**

**Dipl.-Ing. Dr. Michael Hengl**  
Bundesamt für Wasserwirtschaft  
Institut für Wasserbau und  
hydrometrische Prüfung  
Severingasse 7  
1090 Wien  
Österreich  
Tel.: +43 1 402 68 02-0  
Fax: +43 1 402 68 02-30  
E-Mail: michael.hengl@baw.at

**1982-1992**

Studium Bauingenieurwesen an der Technischen  
Universität Wien (Diplom- und Doktorat)

**1986-1992**

2 Jahre Studienassistent und 4 Jahre Universitätsas-  
sistent am Institut für Hydraulik, Gewässerkunde  
und Wasserwirtschaft der TU Wien.

**seit 1992**

Mitarbeiter am Institut für Wasserbau und hydro-  
metrische Prüfung im Bundesamt für Wasserwirt-  
schaft in Wien

**seit 1997**

Leiter des Instituts

**Fachliche Schwerpunkte:**

Entwicklung von Lösungen zur Sanierung von Fließ-  
gewässern unter den Aspekten Gewässerschutz,  
Hochwasserschutz, Wirtschaftlichkeit und  
Akzeptanz.

Morphologische Entwicklung von Fließgewässern,  
Feststofftransport.

# Ergebnisse des bundesweiten Forums Fischschutz und Fischabstieg

Stephan Naumann und Ulf Stein

## 1 Einleitung

Das Thema Fischschutz und Fischabstieg ist Gegenstand umweltpolitischer, umweltrechtlicher und fachlicher Diskussionen, deren Intensität in den letzten Jahren durch den Umsetzungsprozess der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) und der damit in Zusammenhang stehenden Änderungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zugenommen hat. Die genannten Rechtsvorschriften sind mit einzuhaltenden Fristen versehen, wodurch ein nicht zu vernachlässigender Handlungsdruck für die Umsetzung von Maßnahmen für den Fischschutz und den Fischabstieg entsteht. Diese Maßnahmen können an Querbauwerken, Wasserentnahmebauwerken, Wasserkraftanlagen und Pump- und Schöpfwerken notwendig werden und eine Herausforderung für deren wirtschaftlichen Betrieb darstellen, da sie mit Investitions- und Betriebskosten und Energieverlusten (Wasserkraftanlagen) einhergehen. In Bezug auf die Rechts- und Investitionssicherheit des Maßnahmenträgers und im Interesse des Erreichens der wasserwirtschaftlichen, naturschutzfachlichen oder fischereilichen Ziele ist die ökologische Wirksamkeit der Maßnahme daher von unmittelbarem Belang. Gegenwärtig gibt es jedoch nicht für alle Gewässergrößen, Standortbedingungen und für das gesamte Fischartenspektrum in allen Entwicklungsstadien Lösungen, die wirtschaftlich und wissenschaftlich hinreichend validiert sind. Zu dem konstatierten Umsetzungsdruck gesellen sich daher Unsicherheiten, die sich u. a. auf die Bereitschaft zur Umsetzung von Maßnahmen auswirken. Das Thema Fischschutz und Fischabstieg wird daher nicht nur unter fachlichen sondern auch unter umweltpolitischen Gesichtspunkten zwischen den und innerhalb der einzelnen Fachdisziplinen und Zuständigkeiten intensiv bis kontrovers diskutiert. Dies war Veranlassung zur Gründung des Forums „Fischschutz und Fischabstieg“. Das Forum wird im Rahmen eines F+E-Vorhabens des Umweltforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) durch das Umweltbundesamt ausgerichtet. Ziel ist es, Interessen übergreifend ein gemeinsames Verständnis über den gegenwärtig anzulegenden Stand des Wissens und der Technik, offene Fragen und den Handlungsbedarf zum Thema Fischschutz und Fischabstieg zu erarbeiten. Diese Veröffentlichung fasst ausgewählte Ergebnisse des Forums zusammen.

## 2 Forum Fischschutz und Fischabstieg

Das Forum ist eine Veranstaltungsreihe, die sich bestimmten Themen des Fischschutzes und Fischabstiegs widmet. Diese Kernthemen wurden im Rahmen der Auftaktveranstaltung und durch eine Onlineumfrage ermittelt (Tabelle 1). Als besonders maßgeblich wurde das Thema

der technischen Maßnahmen für den Fischschutz und Fischabstieg angesehen. Den Kern des Forums bilden fünf zweitägige Workshops, die als Kombination von Plenarveranstaltung und moderierter Gruppenarbeit (drei parallele Arbeitsgruppen) durchgeführt werden und auf denen die Kernthemen anhand von Diskussionspapieren vertiefend diskutiert werden (Abb. 1). Die Diskussionsergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen werden protokolliert, dem Plenum vorgestellt und nachfolgend zu Ergebnispapieren zusammengefügt, die vor der Veröffentlichung von den Teilnehmern auf ihre sachliche Richtigkeit geprüft werden. An den Veranstaltungen des Forums nehmen regelmäßig, aber in Abhängigkeit von der Thematik in unterschiedlicher Stärke, Vertreter der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes der Länder und des Bundes, der Bundeswasserstraßenverwaltung, der Energiewirtschaft, des Ingenieurwesens und der Fischereibiologie, der Naturschutz-, Angler- und Fischereiverbände und der universitären Forschung teil (Abb. 2).

**Tabelle 1:**

Gewählte Kernthemen des Forums.

| Kernthema  | Workshop   |
|--|--|
| Umweltpolitische Rahmenbedingungen und Erfahrungen in der Umsetzung des WHG          | 1.Workshop (Bonn)                                |
| Strategische und flussgebietsbezogene Aspekte  | 1.Workshop (Bonn)<br>3.Workshop (Koblenz)        |
| Technische Maßnahmen für den Fischschutz und den Fischabstieg                        | 2.Workshop (Karlsruhe)<br>4. Workshop (Augsburg) |
| Angewandte Verhaltens- und Populationsbiologie                                       | 2.Workshop (Karlsruhe)<br>3.Workshop (Koblenz)   |
| Effizienz- und Funktionskontrolle von Maßnahmen für den Fischschutz und Fischabstieg | 2.Workshop (Karlsruhe)<br>4. Workshop (Augsburg) |

Dem Forum ist eine Lenkungsgruppe (Abb. 1) zur Seite gestellt, die die inhaltliche Vorbereitung und Durchführung der Veranstaltungen und Verantwortung bei der Vergabe der Gutachten übernimmt. Die Zusammensetzung der Lenkungsgruppe spiegelt die Interessenvertretung im Forum grundsätzlich wider. Alle Informationen zum Forum, zur Lenkungsgruppe, zu den gehaltenen Vorträgen, zu Veranstaltungs- und Literaturhinweisen sowie die Diskussions- und Ergebnisprotokolle sind auf der Internetseite des Forums zugänglich ([www.forum-fischschutz.de](http://www.forum-fischschutz.de)).

### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Forums sind Ausdruck der geführten Diskussion und beschränken sich auf die angesprochenen Inhalte in den jeweiligen Arbeitsgruppen. Sie repräsentieren daher nur einen Ausschnitt der komplexen umweltpolitischen, rechtlichen und fachlichen Rahmenbedingungen und Inhalte des Themenfelds Fischschutz und Fischabstieg und erheben keinen Anspruch auf inhaltliche Vollständigkeit. Basis der nachfolgend wiedergegebenen Ergebnisse bilden ausschließlich die von Teilnehmern der Workshops erarbeiteten Ergebnisprotokolle

(Forum Fischschutz und Fischabstieg 2012, 2013, 2014), wobei ausdrücklich darauf hinzuweisen ist, dass an dieser Stelle nur ein Auszug der Ergebnisse vorgestellt wird. Die Ergebnisse werden im Wortlaut wiedergegeben, sofern es die Lesbarkeit des Textes zulässt.

### **3.1 Umweltpolitische und umweltrechtliche Rahmenbedingungen**

Insbesondere auf dem 1. Workshop des Forums stand die Frage im Mittelpunkt, inwieweit die Teilnehmer die eingesetzten Strategien und Instrumente, die für das Erreichen der verschiedenen umweltpolitischen Ziele relevant sind, als richtig, einander ergänzend, vollständig und wirkungsvoll einschätzen. Grundsätzlich haben sich die Teilnehmer darauf verständigt, dass die umweltpolitischen Ziele für den Klimaschutz denen des Natur- und Gewässerschutzes gleichgestellt sind. Im Interesse des Allgemeinwohls sollte zwischen dem Ausbau und der Modernisierung der Wasserkraft und dem Erreichen der Umweltziele auf verschiedenen Ebenen abgewogen werden, wobei es Konsens war, dass hierfür Instrumente entwickelt werden müssen. Als Kriterien für die Abwägung sollten die Bedeutung der Wasserkraftanlage für die Energieerzeugung und ihr Klimaschutzbeitrag, der Erhalt der Biodiversität, die fischereiliche Bedeutung und ökologische Wertstellung des Gewässers eingehen. Als Resultat der Abwägung wurde von den Teilnehmern eine differenzierte Beurteilung über die Genehmigungsfähigkeit, die Förderwürdigkeit oder den Rückbau von Anlagen vorgeschlagen, wobei der Rückbau aus Sicht der Energiewirtschaft nicht konsensfähig ist.

In Bezug auf die EG-Wasserrahmenrichtlinie wurde auf allen Veranstaltungen des Forums deutlich, dass die Umsetzung der Richtlinie in der Praxis angekommen ist. Im Hinblick auf die Zielerreichung der WRRL wurde in Bezug auf die Durchgängigkeit festgestellt, dass der Abbau von Querbauwerken ohne Energiegewinnung oder andere Nutzung grundsätzlich anzustreben und zielführend für eine ökologische Aufwertung ist. Die Fachworkshops zeigen, dass der flussgebietsbezogene Ansatz der Richtlinie und das gesamte von den Ländern, Kommunen und Nutzern aufgewendete Maßnahmenspektrum zur Etablierung und zum Erhalt von Fischpopulationen schwierig zu vermitteln ist und Informationsdefizite vorhanden sind. Maßnahmen und deren Bedeutung sollten daher aus Gründen der Akzeptanzbildung in den Kontext der gesamten Flussgebietsbewirtschaftung gestellt und dem Maßnahmenträger in diesem Sinne erläutert werden. Gleiches gilt für die Vermittlung der Ursachen der Zielverfehlung im Gewässerschutz. Die vielfältigen Initiativen, die die Bundesländer zur Öffentlichkeitsbeteiligung ergriffen haben, sollten daher konsequent weiter betrieben werden.

In Bezug auf die fachlichen Anforderungen, die sich aus dem Wasserhaushaltsgesetz ergeben, wurde von den Teilnehmern darauf hingewiesen, dass insbesondere die §§ 34 und 35 WHG einer einheitlichen und weiteren fachlichen Konkretisierung bedürfen.

Die Wirkung des EEG wurde von den Teilnehmern differenziert beurteilt. Insbesondere die Förderung des Anlagenneubaus wird aus fischereilicher und gewässerökologischer Sicht größtenteils kritisch gesehen. Allgemein wurde es als wichtig herausgestellt, dass für die Höhervergütung nach EEG klar definierte, ökologisch wirksame Verbesserungsmaßnahmen zur Anwendung kommen müssen, die eng an die Bewirtschaftungsplanung und die Maßnahmenprogramme der EG-WRRL angelehnt sind. Die ökologische Eignung von Maßnahmen und anlagenspezifische ökonomische Angemessenheit sollte vor der Umsetzung von Maßnahmen klar sein. Es wurde darauf hingewiesen, dass das EEG kein Instrument ist, um ökologisch nötige Maßnahmen in jedem Fall ökonomisch umsetzbar zu machen. Die ökologische

Lenkwirkung des EEG gestaltet sich daher bei der Modernisierung um so schlechter, je geringer der Leistungsertrag der Anlage gegenüber den nötigen Aufwendungen zur Minimierung der Umweltwirkung am Gewässer ist. Aus Sicht der Energiewirtschaft entfiel mit dem EEG 2012 die Lenkwirkung für die ökologische Modernisierung der Wasserkraft, da die kumulativen Anforderungen des WHG (§§ 33-35) nicht über das EEG finanzierbar sind und zudem konkretisierungsbedürftige Formulierungen des § 35 WHG in den Fördertatbestand des EEG übertragen wurden, was zur Rechtsunsicherheit führt.

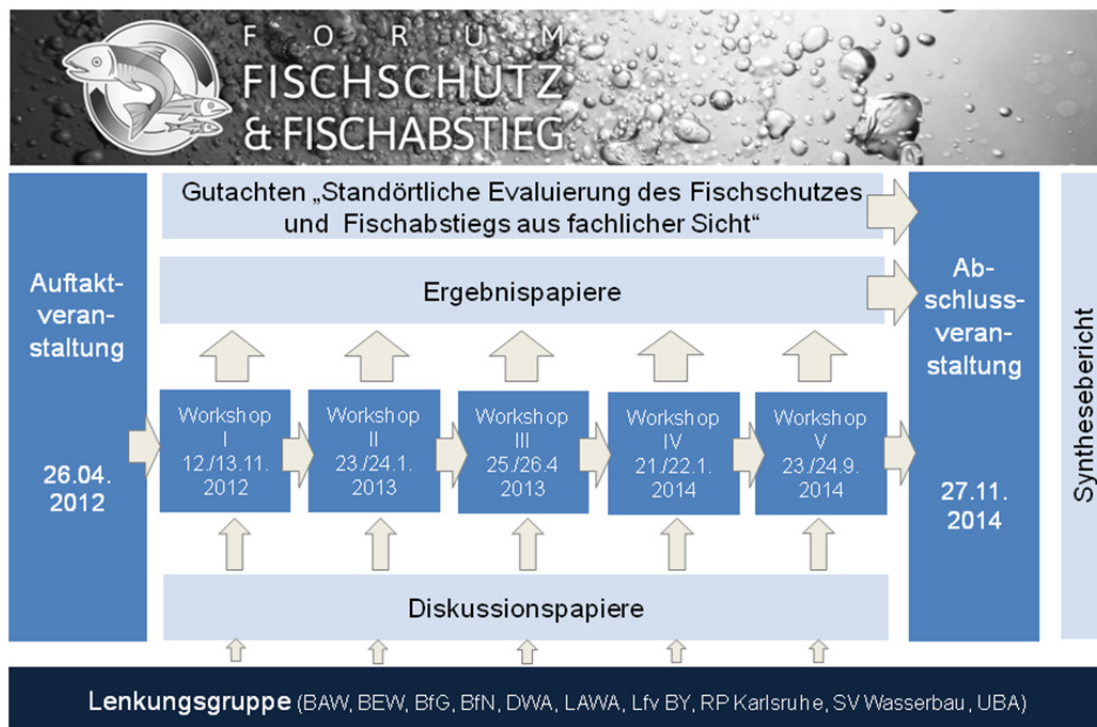


Abb. 1: Struktur des Forums Fischschutz und Fischabstieg

### 3.2 Ziele für den Schutz von Fischpopulationen und Fischschutz- und Fischabstiegsmaßnahmen

Die Fachworkshops des Forums haben deutlich gemacht, dass insbesondere die unterschiedlich motivierten Zielvorstellungen, die mit dem Fischschutz und Fischabstieg verknüpft werden, zu Kontroversen führen. Der Zieldiskussion kommt daher grundlegende Bedeutung zu. Angesprochen sind die Ebenen der grundsätzlichen Ziele für Populationen, des Individualschutzes, der strategischen und der standörtlichen Ziele und der zu Grunde zu legenden Zielarten.

#### 3.2.1 Ziele für den grundsätzlichen Schutz von Fischpopulationen

Der grundsätzliche Schutz von Fischpopulationen beschränkt sich aus dem Blickwinkel des Gewässernutzers nicht allein auf Schutz- und Abstiegsmaßnahmen an einzelnen Anlagen. In diesem Sinne wird auch der §35 WHG von der Energiewirtschaft ausgelegt. Die Länderstrategien zur Flussgebietsbewirtschaftung i. S. der Wasserrahmenrichtlinie fokussieren auf die wesentlichen Belastungen und auf die daraus hergeleiteten Wasserbewirtschaftungsfragen.

Wesentliche Ziele, die auch für den Populationsschutz relevant sind, bestehen in der Reduzierung stofflicher Belastungen, der gewässerverträglicheren Nutzung in der Fläche, der Verbesserung der Hydromorphologie und der Herstellung der Durchgängigkeit. Die wichtigsten Instrumente für das Erreichen dieser Ziele sind die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme.

### **3.2.2 Individuenschutz und Populationsschutz**

Kontrovers wird diskutiert, ob sich neben den Anforderungen des WHG zum Populationsschutz (§35) Anforderungen an den Individualschutz nach Tierschutzgesetz ergeben. Aus Sicht des Deutschen Angelfischerverband e. V. ist bei besonders geschützten Arten nach § 44 BNatSchG möglicherweise der Individualschutz artenschutzrechtlich relevant und umzusetzen. Aus Sicht der Energiewirtschaft ist der Individualschutz im Zusammenhang mit Wasserkraftanlagen rechtlich nicht herleitbar und nicht umsetzbar.

### **3.2.3 Strategische und gewässersystemare Ziele für die stromabwärts gerichteten Fischwanderungen zum Schutz von Fischpopulationen**

Für die Entwicklung selbst erhaltender Fischpopulationen ist es entscheidend, dass die Habitatbedingungen für alle Entwicklungsstadien der jeweiligen Art in allen benötigten Gewässern und Gewässerkompartimenten einen Fortbestand der Art ermöglichen. Diese Habitate müssen für die Population erreichbar sein. Als übergeordnetes strategisches Ziel sollen daher Gesamterreichbarkeits- und Gesamtüberlebensraten festgelegt werden, die die Überlebensfähigkeit der Population gewährleisten. Da die Umsetzung des §35 WHG die Zulassung der Wasserkraftnutzung vom Ergreifen geeigneter Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulation abhängig macht, kommt der Bestimmung der Höhe dieser Raten Bedeutung zu. Diesbezüglich gelangten die Teilnehmer zu dem Schluss, dass diese Raten für einige diadrome Arten bestimmt werden können, es für viele potamodrome Arten jedoch Wissensdefizite gibt. Konkrete Beispiele für die Höhe der Raten wurden nicht genannt.

### **3.2.4 Standortbezogene Ziele für die stromabwärts gerichteten Fischwanderungen zum Schutz von Fischpopulationen**

Zur Verknüpfung der übergeordneten strategischen Ziele mit den standortbezogenen Zielen wurde festgestellt, dass letztgenannte erst definiert werden sollten, wenn die übergeordneten strategischen Anforderungen geklärt und gegeneinander abgewogen sind. Sollte diese übergeordnete Zielsetzung fachlich schwierig oder noch nicht in aller Tiefe formuliert sein (z. B. noch nicht auf Artniveau heruntergebrochen), können standörtliche Ziele vorab für den Einzelfall verbindlich sein (z. B. auf Zeit). Konkrete Beispiele wurden bisher nicht diskutiert.

Da der Bedarf für Maßnahmen zum Fischschutz und Fischabstieg trotz der bestehenden Kenntnislücken gegeben ist, sollten nach Auffassung der Workshopteilnehmer realistische Ziele transparent und für den Einzelfall mit konkreten Kriterien für die Erfolgskontrolle festgelegt werden, um die Multikausalität zu reduzieren. Dabei sind die nötige Rechts- und Investitionssicherheit und die Belange der Verhältnismäßigkeit für den Maßnahmenträger zu beachten.

In Bezug auf den Fischschutz wurde grundsätzlich festgestellt, dass ein vollumfänglicher Schutz (100 %, alle Alters- und Lebensstadien) an Neubau- und insbesondere an bestehenden Anlagen derzeit nicht bzw. nur eingeschränkt möglich und rechtlich auch nicht gefordert ist. Der konkreten Zielbestimmung kommt daher eine ausschlaggebende Bedeutung zu.



### 3.2.5 Zielfischarten

Es wurde deutlich, dass es in Bezug auf die festzulegenden Zielfischarten, z. B. in Abhängigkeit vom jeweiligen Bewirtschaftungsziel im Wasserkörper, Unsicherheiten und Informationsdefizite gibt. Die Teilnehmer schätzen die gewässerbezogene Festlegung von Zielarten und -stadien und ihrer Abwanderzeiträume kurz- bis mittelfristig als zwingend erforderlich ein, damit Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen standörtlich bemessen werden können. Für die Definition von Zielarten für Standort bezogene Fischschutz- und Fischabstiegsmaßnahmen wurden folgende Grundlagen als wesentlich benannt:

- > gewässertypspezifische Referenz der Fischfauna nach Wasserrahmenrichtlinie
- > Fischereigesetze und Verordnungen der Länder
- > schützenswerte Arten nach FFH-Richtlinie (Anhang II)
- > Europäische Verordnung zur Wiederauffüllung des Bestandes des Europäischen Aals
- > sowie weitere rechtliche Bestimmungen

Als für die Festlegung von Zielfischarten ungeeignet wird das fischbasierte Bewertungssystem für die Fischfauna (fiBS) angesehen.

### 3.3 Verhaltens- und populationsbiologische Grundlagen für den Fischschutz und Fischabstieg

Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen sollen Fischen einen effektiven Schutz vor Schädigungen und die Möglichkeit der Passage einer Stauanlage bieten. Für die Wirksamkeit dieser Anlagen ist das Verständnis des artspezifischen Verhaltens und der Populationsbiologie relevant. Es wurde deutlich, dass das konkrete in der ingenieurbiologischen Praxis anwendbare Wissen nicht für alle Arten hinreichend bekannt ist. Dies führt in der wasserwirtschaftlichen Praxis zu Schwierigkeiten bei der Planung, Bemessung und Anordnung wie auch bei der Beurteilung der Effizienz von Fischschutz- und Fischabstiegseinrichtungen. Übereinstimmend wurde festgehalten, dass der Aufbau und Erhalt selbstreproduzierender Fischpopulationen nur mit Maßnahmen an Wasserkraftanlagen allein nicht zu gewährleisten ist, sondern kombinierte Maßnahmen nötig sind. Dafür ist die Information über bestehende flussgebietsbezogene Strategien dringend nötig (funktionsfähige Areale, Zielgebiet für Wanderrouten in Kombination mit Wehrkatastern). Ausführlich wurde diskutiert, inwiefern sich Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit und zur Verbesserung der Habitatqualität ergänzen oder u. U. ersetzen. Es wurde festgehalten, dass der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial nur in Verbindung der beiden Maßnahmengruppen erreicht werden kann, und dass Maßnahmen zur Verbesserung der Struktur Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit nicht ersetzen (und andersherum). Beide Maßnahmengruppen sollen sich zudem auf den gesamten Lebenszyklus aller gewässertypspezifischen Arten richten, die für das Erreichen des Bewirtschaftungsziels (EG-WRRL) nötig sind.

Da das WHG in §35 die Zulassung der Wasserkraftnutzung vom Ergreifen geeigneter Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulation abhängig macht, hat sich die Erläuterung und die nach Möglichkeit populationsbiologische Hinterlegung dieser Anforderung zum Mittelpunkt der Diskussion um den Fischschutz und Fischabstieg entwickelt. Für den Populationserhalt potamodromer und diadromer Arten werden der Stellenwert der Fischabwanderung gegenüber anderen Etappen im Lebenszyklus der jeweiligen Art und der Stellenwert der Mortalitätsrate an Wasserkraftanlagen, Wasserentnahmebauwerken etc. im Vergleich zu anderen Mortalitätsursachen während der Abwanderung als relevant eingestuft.

Auf den Veranstaltungen des Forums wurde diesbezüglich nicht nur der Anspruch formuliert, die genannten Stellenwerte qualitativ zu beschreiben, sondern auch mit konkreten Zahlen zu hinterlegen, um beispielsweise Überlebensraten ableiten zu können. An die Festlegung der Raten schließt sich die Frage an, mit welchen Fischschutz- und Fischabstiegstechniken diese Raten nachweislich erreicht werden könnten. An dieser Stelle kommt es daher zur Abwägung zwischen dem fachlich Nötigen und dem derzeit technisch Möglichen. Ob sich diese in sich geschlossene Schrittfolge tatsächlich praxisnah realisieren lässt, ist Gegenstand der Diskussionen im Forum. Dazu wird eingeschätzt, dass das Wissen um die qualitativen Zusammenhänge vorhanden ist, aber die Quantifizierung für Fragen der Bewirtschaftung nur schwer möglich sein wird, da sich Fischpopulationen innerhalb von hochdynamischen, chaotischen und offenen Systemen entwickeln. Die Wissenschaft wird daher auf absehbare Zeit keine befriedigenden, umfassenden Antworten „in letzter mathematischer Konsequenz“ geben können. Es gilt daher realistische und überprüfbare Ziele festzulegen.

Generell wurde von den Teilnehmern sowohl in Bezug auf die Verhaltens- als auch auf die Populationsbiologie betont, dass es einen hohen Forschungsbedarf gibt. In Bezug auf die Populationsbiologie stehen Fragen zur Quantifizierbarkeit des Einflusses verschiedener Nutzungen und Maßnahmen auf die Population, von Erreichbarkeits- und Überlebensraten, Populationsmindestgrößen und deren Belastbarkeiten im Vordergrund des Forschungsinteresses. Insbesondere der Forschungsbedarf zu den potamodromen Arten wurde mehrfach hervorgehoben. Hier werden auch grundlegende Problemstellungen, wie die Auswirkungen einer mangelnden Durchgängigkeit auf die Populationen im Vergleich zur Habitatverfügbarkeit, als klärungsbedürftig angesehen.

Von den Teilnehmern wurden im Zusammenhang mit den bestehenden Wissensdefiziten auch Lösungsansätze angesprochen. Diese werden gegenwärtig in der Anwendung von Analogieschlüssen zwischen verschieden gut erforschten Arten und zukünftig vor allem in einem fachlich gut konzipierten Monitoring gesehen. Hierzu wurde insbesondere eine koordinierte, transparente und vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Anlagenbetreibern, Fachbüros/ Universitäten und Fach- und Genehmigungsbehörden gefordert, damit Einrichtungen für den Fischschutz und Abstieg mit einem aussagekräftigen Monitoringansatz überprüft werden können. Transdisziplinarität ist dabei zu gewährleisten (z. B. Aspekte der Ethohydraulik). Die transparente Darstellung der Ergebnisse und deren Zugänglichkeit für die Fachöffentlichkeit wurden betont.

### **3.4 Technische Maßnahmen für den Fischschutz und Fischabstieg**

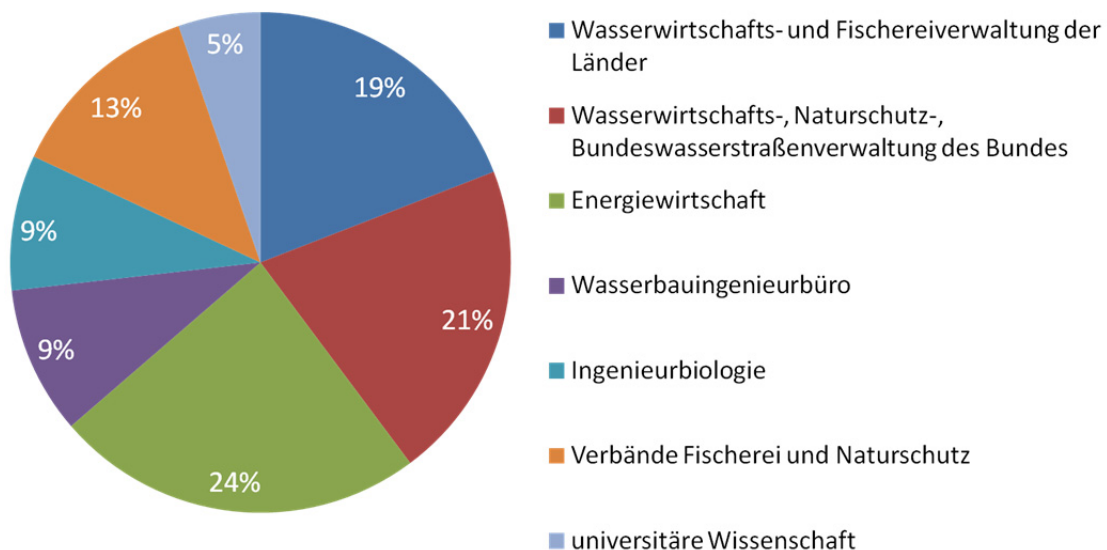
Angesprochen wurde das Schädigungspotenzial an wasserbaulich genutzten Standorten (Wasserentnahmebauwerke, Wasserkraftwerke, Siel- und Schöpfbauwerke). Grundsätzlich wurde übereinstimmend festgehalten, dass für die Bewertung der Schädigungsrate einer Zielart bzw. ihrer Population eine Betrachtung aller Wanderwege des gesamten Standorts erforderlich ist. Dass Schädigungen an o. g. Standorten auftreten, ist unbestritten und grundsätzlich für Fische > 10 cm ausreichend dokumentiert.

In Bezug auf die Machbarkeit von Fischschutz- und Fischabstiegsmaßnahmen wurde die technische Machbarkeit des Abstiegs als unproblematischer angesehen, wobei jeder Standort mit seinen Abstiegswegen gesondert zu betrachten ist. Die Frage, welche Technik einen

ausreichenden Fischschutz (i. S. einer hohen Schutzrate) gewährleistet, wurde nicht in allen Belangen konsensual beantwortet. Einerseits wurde konstatiert, dass hohe Schutzraten (Verhinderung des Eindringens in die Turbine) nur mit physisch impermeablen Barrieren, die die Passage von Organismen durch kleine lichte Weiten verhindern, realisiert werden können. Die Energiewirtschaft plädiert andererseits für ein jeweils anlagenspezifisches Gesamtschutzsystem mit kombinierten Lösungen aus Verhaltensbarrieren, ggf. notwendigen mechanischen Barrieren und darauf abgestimmten Betriebsweisen einschließlich Frühwarnsystemen und Fang- und Transportmaßnahmen. Prinzipiell wird dabei auf die technische Machbarkeit und die Wahrung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes hingewiesen.

Konsens war, dass es für Wasserkraftanlagen bis zu einem bestimmten Ausbaudurchfluss (Vertikalrechen ca. bis 30 m<sup>3</sup>/s, Horizontalrechen bis ca. 50 m<sup>3</sup>/s je Recheneinheit) gegenwärtig einen Stand des Wissens und der Technik gibt, mit dem funktionsfähige, mechanische Fischschutz- und Abstiegsanlagen einschließlich der erforderlichen Reinigungstechnik realisiert werden können.

Jenseits dieser Durchflusshöhe sind Methoden eines fischfreundlichen Betriebsmanagements in Kombination mit Frühwarnsystemen einsetzbar, wobei die Effizienz dieser Systeme noch nicht hinreichend erwiesen ist. Darüber hinaus können fischfreundlichere Laufräder zur Anwendung kommen. Hier fehlt es nach Auffassung der Teilnehmer insbesondere an der Nachfrage und der Bereitschaft, entsprechende Investitionen zu tätigen. Bypässe können den Anteil der Fische, die die Turbinen passieren würden, ebenfalls reduzieren. Fang- und Transportmaßnahmen sollten nach Auffassung der Teilnehmer als Übergangslösung und ggf. ergänzende Maßnahme aufgefasst werden.



**Abb. 2:** Durchschnittliche Verteilung der Zuständigkeiten und Interessen im Teilnehmerkreis des Forums

### **3.5 Funktionskontrolle von Maßnahmen für den Fischschutz und Fischabstieg**

Monitoring und Funktionskontrolle sind wichtige Grundvoraussetzungen zur Überprüfung der Wirksamkeit umgesetzter Maßnahmen und von großer Bedeutung für die Optimierung des Standes des Wissens und der Technik. In Bezug auf die Notwendigkeit von Funktionskontrollen an Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen stellten die Teilnehmer fest, dass derzeit eine biologische Funktionskontrolle nötig ist. Zukünftig kann eine Kategorisierung von Anlagensystemen i. S. einer Typzulassung für einen definierten Geltungsbereich der Gewässerparameter erfolgen oder eine Qualitätssicherung der Bauausführung durch technisch-hydraulische Funktionskontrollen die biologische Funktionskontrolle ergänzen oder ablösen. Das ist gegenwärtig jedoch nicht möglich. Wesentlich ist die gemeinsam getroffene Feststellung, dass im Rahmen einer Funktionskontrolle immer der Gesamtstandort mit allen Wanderkorridoren betrachtet werden muss.

In Bezug auf die Finanzierung von Funktionskontrollen ist nach den bestehenden Rechtsgrundlagen der Betreiber/Nutzer an Neu- und Bestandsanlagen verpflichtet, Funktionskontrollen durchzuführen. Zu beachten ist grundsätzlich, dass Funktionskontrollen an Kleinanlagen zwar technisch einfacher zu realisieren, aber schwerer zu finanzieren sind als an Großanlagen. Als Auswege bieten sich u. U. strategische Funktionskontrollen für Anlagen- und Gewässertypen an. Es wurde vorgeschlagen, neue Finanzierungsmöglichkeiten zu schaffen (z. B. staatliche Förderanreize, Fondmodell für Pilotanlagen, Co-Finanzierung oder Clustering von (Partner)Kraftwerken, Nutzungsentgelte für Wasserkraft).

Grundsätzlich sehen alle Teilnehmer einen dringenden Bedarf, allgemeingültige und übertragbare Kriterien für die Konzeption, Durchführung und Auswertung von Funktionskontrollen zu entwickeln und zu veröffentlichen. Aus diesem Grund wurde im Auftrag des Forums ein Gutachten zur „ständörtlichen Evaluierung von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen aus fachlicher Sicht“ beauftragt.

## **4 Resümee und Ausblick**

Grundsätzlich ist festzustellen, dass das Wissen und der Stand der Technik für die Bemessung von Fischaufstiegsanlagen sich wesentlich besser darstellen als für Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen. Es existieren aber für alle Anlagengrößen technische oder anderweitige Lösungsansätze, Schädigungen während der stromabwärts gerichteten Fischwanderung zu reduzieren.

Wissensdefizite bestehen vor allem in der Entwicklung und Umsetzung von Fischschutz- und Fischabstiegsmaßnahmen in großen Gewässern, die nicht auf ausgewählte Zielarten in bestimmten Entwicklungsstadien begrenzt sind, in verhaltensbiologischen Grundlagen für die Bemessung und Anordnung technischer Schutz- und Abstiegsvorrichtungen sowie der Einordnung der populationsbiologischen Relevanz und der nötigen Höhe von Schutzraten in den Lebenszyklus der relevanten Arten. Der Wissenstand wird im Vergleich zu einigen diadromen Populationen grundsätzlich bei den potamodromen Populationen als geringer eingeschätzt. Ausschlaggebend für die Handlungsfähigkeit der Wasserwirtschaftsverwaltung, aber auch der Energiewirtschaft ist es, welche Konsequenzen aus den bestehenden Wissenslücken resultieren. Je nach Blickwinkel werden diesbezüglich unvereinbar gegensätzliche Moratorien für die Genehmigung von Anlagen und für die Festlegung von Umweltauflagen gefordert.

Im Interesse der Handlungsfähigkeit überwiegt jedoch die Auffassung, dass das bestehende Wissen und die verfügbare Technik zum Fischschutz und Fischabstieg auch dann umgesetzt werden sollen, wenn derzeit noch keine absolute Gewissheit über die ausreichende Funktionsfähigkeit dieser Maßnahmen besteht. Damit dies sowohl aus Verwaltungssicht als auch aus Sicht des Maßnahmenträgers tragfähig ist, müssen eindeutige Regeln gefunden werden, wie verfahren wird, wenn Fischschutz und Fischabstiegsmaßnahmen, die nach dem vorliegenden Stand des Wissens und der Technik umgesetzt wurden, sich als nicht oder nur teilweise funktionstüchtig herausstellen. An dieser Stelle besteht daher Handlungsbedarf für Behörden und Maßnahmenträger.

Eine weitere Aussage zur Gestaltung des weiteren Vorgehens besteht darin, parallel zur Maßnahmenumsetzung den bestehenden Forschungsbedarf anzugehen und die Standards durch wissenschaftliche Untersuchungen (Monitoring, Laboruntersuchungen, Funktionskontrollen, Modellentwicklungen etc.) fortlaufend zu verbessern. Insbesondere Funktionskontrollen bestehender Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen dienen der Generierung von Wissen. Zudem schafft Öffentlichkeit in der Fachwelt Transparenz und damit Qualitätssicherung. Demzufolge sollte der Lösung von Problemen, die zur Vermeidung sowohl von Funktionskontrollen als auch der Veröffentlichung ihrer Ergebnisse führen, besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Dies betrifft die Verhältnismäßigkeit von Funktionskontrollen. Intensiv wurde diesbezüglich der durchzuführende Untersuchungsumfang und der Nachbesserungsbedarf diskutiert, der anfällt, wenn die im Genehmigungsbescheid festgelegten Ziele mit den umgesetzten Fischschutz- und Fischabstiegseinrichtungen nicht erreicht werden. Die Anlagenbetreiber sehen den Auflagenvorbehalt in der Genehmigung problematisch, da keine Rechtssicherheit und eine „Endlosspirale“ bei Nachbesserungen drohen. Dem steht die fischereiliche und behördliche Auffassung gegenüber, dass nach dem Verursacherprinzip gehandelt werden muss, wonach der Verursacher für die Minimierung bzw. Abstellung der Belastung Sorge trägt. Es wurde festgestellt, dass es im Interesse aller Beteiligten ist, im Genehmigungsbescheid resp. vor Fertigstellung der Anlage exakt zu definieren, wie verfahren wird, wenn Ziele nicht erreicht werden. Des Weiteren wurde vorgeschlagen, den technischen und wissenschaftlichen Fortschrittsprozess als iterativen Prozess „von Anlage zu Anlage“ aufzufassen, wobei die Umsetzung von Fischschutz- und Fischabstiegsmaßnahmen immer nach dem aktuell „besten fachlichen Wissen“ erfolgen soll. Weitere Möglichkeiten bestehen in der Anonymisierung, der vertraglichen Regelung der Veröffentlichung der Daten als Auflage durch die Behörden oder der obligatorischen Veröffentlichung bei Co-Förderung mit öffentlichen Mitteln.

Des Weiteren wird es als notwendig erachtet, die Forschungs- und Entwicklungsarbeit zum Thema Fischschutz und Fischabstieg und zur Funktionskontrolle bundesweit zusammenzuführen (z. B. durch ein Gremium, eine Institution oder eine Informationsplattform, eine zentrale Datenbank). Vorteile werden in einer besseren Finanzierbarkeit, der Erschließung von Synergien und der Abstimmung und Durchführung von strategischen Funktionskontrollen und der Festlegung von Pilotstandorten gesehen.

Mit Blick auf die bisherigen Veranstaltungen des Forums wird klar, dass es ein hohes Interesse an einem ernsthaften, sachlichen und fachlich fundierten Erfahrungs- und Informationsaustausch und an der Wiedergabe und Verteidigung von Positionen und Auffassungen zum Thema Fischschutz und Fischabstieg gibt. Das Forum wird dafür intensiv genutzt und zwar Zuständigkeiten und Interessen übergreifend. Durch die Veranstaltungen ergibt sich die Mög-

lichkeit des Perspektivwechsels und der Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses. Die kommenden Veranstaltungen des Forums sollen der Synthese der Ergebnisse und der Priorisierung des Forschungs- und Handlungsbedarfs dienen.

An dieser Stelle sei ausdrücklich allen gedankt, die ihr Wissen und ihr Engagement in die Veranstaltungen des Forums, in deren Vor- und Nachbereitung eingebracht und das Forum als Gast in ihren Häusern empfangen haben.

Über das Forum, gemeinsame Projekte des Forums und über die Ergebnisse der Workshops wird fortlaufend informiert: [www.forum-fischschutz.de](http://www.forum-fischschutz.de).

## Literatur

Forum Fischschutz und Fischabstieg: Ergebnisse des 1. Workshops „Umweltpolitik und rechtliche Rahmenbedingungen - Wasserrahmenrichtlinie, Durchgängigkeit und Wassernutzungen“ 12.-13. November 2012, Bonn. Januar 2013.

Forum Fischschutz und Fischabstieg: Ergebnisse des 2. Workshops „Fischschutz & Fischabstieg an wasserbaulichen Anlagen – Was ist nötig?“ 23.-24. Januar 2013, Karlsruhe. April 2013.

Forum Fischschutz und Fischabstieg: Ergebnisse des 3. Workshops „Schutz und Erhalt von Fischpopulationen – Was ist nötig?“ 25.-26. April 2013, Koblenz. Juni 2013.

Forum Fischschutz und Fischabstieg: Ergebnisse des 4. Workshops „Fischschutz und Fischabstieg – Ziele, Maßnahmen und Funktionskontrolle“. 21.-22. Januar 2014, Augsburg. März 2014.



**Kontakt:**

**Stephan Naumann**

Umweltbundesamt

Fachgebiet Binnengewässer II 2.4

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau

Tel.: 0340/ 2103 2486

Fax: 0340/ 2104 2486

E-Mail: [stephan.naumann@uba.de](mailto:stephan.naumann@uba.de)

Jahrgang: 1969

**1990-1995**

Studium Diplom-Geographie an der Humboldt-Universität Berlin

**1995-1999**

DfG Forschungsprojekt „Spät- und Postglaziale Landschaftsentwicklung in der NW-Mongolei“. Wiss. Angestellter an der Freien Universität Berlin.

**1999-2002**

BMBF Forschungsprojekt „Bedeutung des Feststoffhaushalts der Nebenflüsse für die Elbe“. Wiss. Angestellter an der Bundesanstalt für Gewässerkunde.

**seit 2002**

Wissenschaftlicher Angestellter am Umweltbundesamt

Schwerpunkt: Schutz der Binnengewässer



**Kontakt:**

**Ulf Stein**

Ecologic Institut

Pfalzburger Str. 43/44

10717 Berlin

Tel.: 030/ 86880 276

Fax: 030/ 86880 100

E-Mail: [ulf.stein@ecologic.eu](mailto:ulf.stein@ecologic.eu)

Jahrgang: 1973

**1993-2000**

Studium Landschafts- und Freiraumplanung an der Universität Hannover

**2000-2006**

Projektleiter im Landschaftsplanungsbüro *faktorgruen* in Freiburg

**2006-2011**

Wissenschaftlicher Angestellter an der Universität Kassel, Fachgebiet Gewässerökologie/ Gewässerentwicklung

**seit 2011**

Fellow und Koordinator des Wasserteams am Ecologic Institut, Berlin

Schwerpunkte: Wasserpolitik der Europäischen Union, Fließgewässerentwicklung

# Numerische Untersuchungen zu den Strömungsverhältnissen beim Fischabstieg über Schlauchwehre

Michael Gebhardt, Tobias Rudolph, Wolfgang Kampke und  
Norbert Eisenhauer

## 1 Einleitung

Beim stromabwärts gerichteten Wandern orientieren sich Fische nach derzeitigem Kenntnisstand an der Hauptströmung und nutzen daher, je nach Abfluss, Wasserkraftanlage, Wehr oder Fischabstiegshilfen, sofern sie vorhanden sind. Während die Passage über das Wehr im Vergleich zur Turbinenpassage vergleichsweise sicher erscheint, gibt es auch hier eine Reihe von Gefährdungsfaktoren, die vom Verschlusstyp, der Über- und Unterströmung, dem Vorhandensein von Tosbeckeneinbauten und der Entwicklung der Unterwasserstände abhängen.

Je nach Unterwasserstand und Abfluss gibt es dabei Zustände, bei denen der Überfallstrahl auf die Wehrschwelle bzw. den Ablagetisch mit einem geringen Wasserpolster fällt (Abb. 1, links), woraus u. U. ein erhöhtes Verletzungsrisiko für absteigende Fische entsteht. Ziel ist es, die Überströmung von Schlauchwehren qualitativ und quantitativ zu charakterisieren, um damit die Schädigungsgefahr für Fische besser einschätzen zu können.



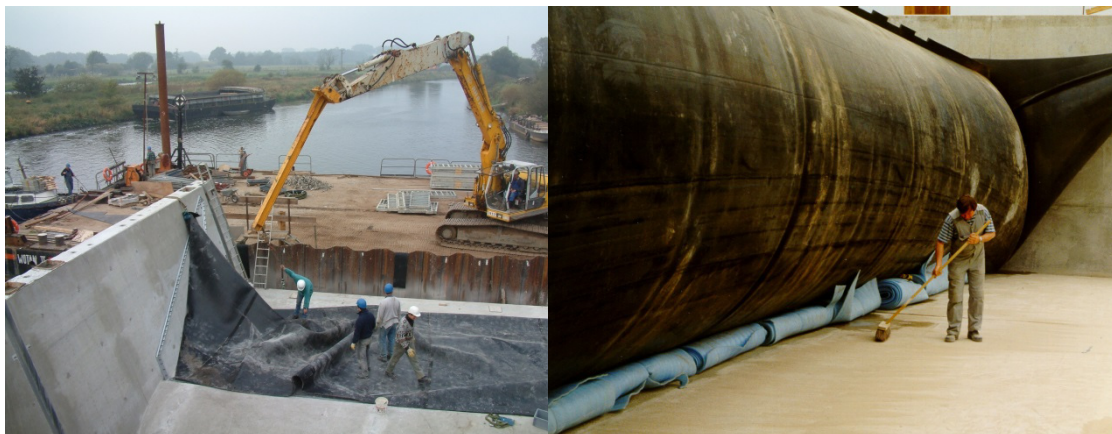
**Abb. 1:** Überströmtes Schlauchwehr mit geringem (links) und erhöhtem Unterwasserstand (rechts) (Fotos: BAW)



## 2 Die Geometrie der Wehrschwelle beim Schlauchwehr

Wie bei allen Verschlussstypen wird auch beim Schlauchwehr versucht, die Verschlusshöhe durch eine Jambor-Schwelle zu reduzieren. Jambor-Schwellen haben den Vorteil, dass sie auf Grund ihrer hydraulisch optimierten Form einen geringeren Aufstau nach Oberwasser erzeugen als herkömmliche Wehrschwellen. Bei nahezu gleichbleibender hydraulischer Leistungsfähigkeit können damit die Bauhöhen der beweglichen Verschlüsse und die Kosten reduziert werden (GEBHARDT et al. 2011). Die von JAMBOR (1959) entwickelte Schwellenform wurde in der Vergangenheit bei den verschiedensten Wehrtypen wie Sektor-, Klappen- oder Segmentwehren realisiert. In Laboruntersuchungen wurde dabei auch die Sedimentdurchgängigkeit für Sieblinien bis 110 mm nachgewiesen.

Schlauchwehre benötigen im abgelegten Zustand eine Ablagetischlänge, die bei Wasserfüllung mindestens der 2,3-fachen Verschlusshöhe entspricht. Im Hinblick auf die Arbeitssicherheit bei der Unterhaltung ist es durchaus sinnvoll, die Schwelle um etwa 1,0 bis 1,5 m länger auszubilden, um einerseits den Revisionsverschluss auf den Ablagetisch abstellen zu können. Andererseits ermöglicht der Arbeitsraum die Montage der Membran oder die Inspektion und Reinigung des Ablagetisches (Abb. 2) von Treibgut, damit die Schlauchmembran beim Ablegen nicht beschädigt wird. Eine Schwelle hat zusätzlich den Vorteil, dass der Ablagetisch häufiger eine trockene Begehung und Unterhaltung erlaubt, ohne dass ein Revisionsverschluss im Unterwasser gesetzt werden muss.



**Abb. 2:** Montage einer Schlauchmembran beim Wehr Marklendorf/Aller (links) und Reinigung des Ablagetisches beim Wehr Kiebingen/Neckar (rechts) (Fotos: BAW)

## 3 Methodik

Die Berechnungen mit der Software OpenFOAM wurden zur Minimierung des Rechenaufwandes an einem Ausschnittsmodell durchgeführt, dessen Abmessungen in der Länge einem bestehenden Labormodell entsprachen. Der Querschnitt eines Schlauchwehres und die Schlauchhöhe  $h_d$  ändern sich über das Abflussspektrum in Abhängigkeit von Innendruck, Ober- und Unterwasserstand. Da die Schlauchgeometrie für die Berechnung eine feste Strömungsberandung darstellt, muss diese für die numerisch zu untersuchenden Zustände bekannt sein.

Für die numerischen Modelluntersuchungen ergeben sich somit zwölf verschiedene Geometrien mit Schlauchhöhen  $h_d$  von 0,08 bis 0,22 m. Die Schwellenhöhe  $w$  beträgt konstant 0,06 m, wobei sich die Wehrschwelle aus der Jambor-Schwelle und einem Ablagetisch zusammensetzt, dessen Länge der abgelegten Membran zzgl. einem Arbeitsraum von etwa 0,06 m entspricht. Diese Ausgangsgeometrie wird im Folgenden als „Standard-Ablagetisch“ bezeichnet.

Für die zu untersuchenden Abflusszustände wurde ein konstanter Unterwasserstand  $h_2$  gewählt, der unterhalb der Oberkante der Wehrschwelle liegt ( $h_2 > w$ ) und damit die Empfehlungen der DWA (2005) deutlich unterschreitet. Der Abfluss  $Q$  wurde bei konstantem Oberwasserstand  $h_1 = 0,26$  m von 0,025 bis 0,300 m<sup>3</sup>/s variiert, sodass sich insgesamt zwölf Abflusszustände mit dimensionslosen Schlauchhöhen zwischen  $h_d/h_1 = 0,29$  und  $h_d/h_1 = 0,86$  ergaben.

## 4 Ergebnisse mit dem Standard-Ablagetisch

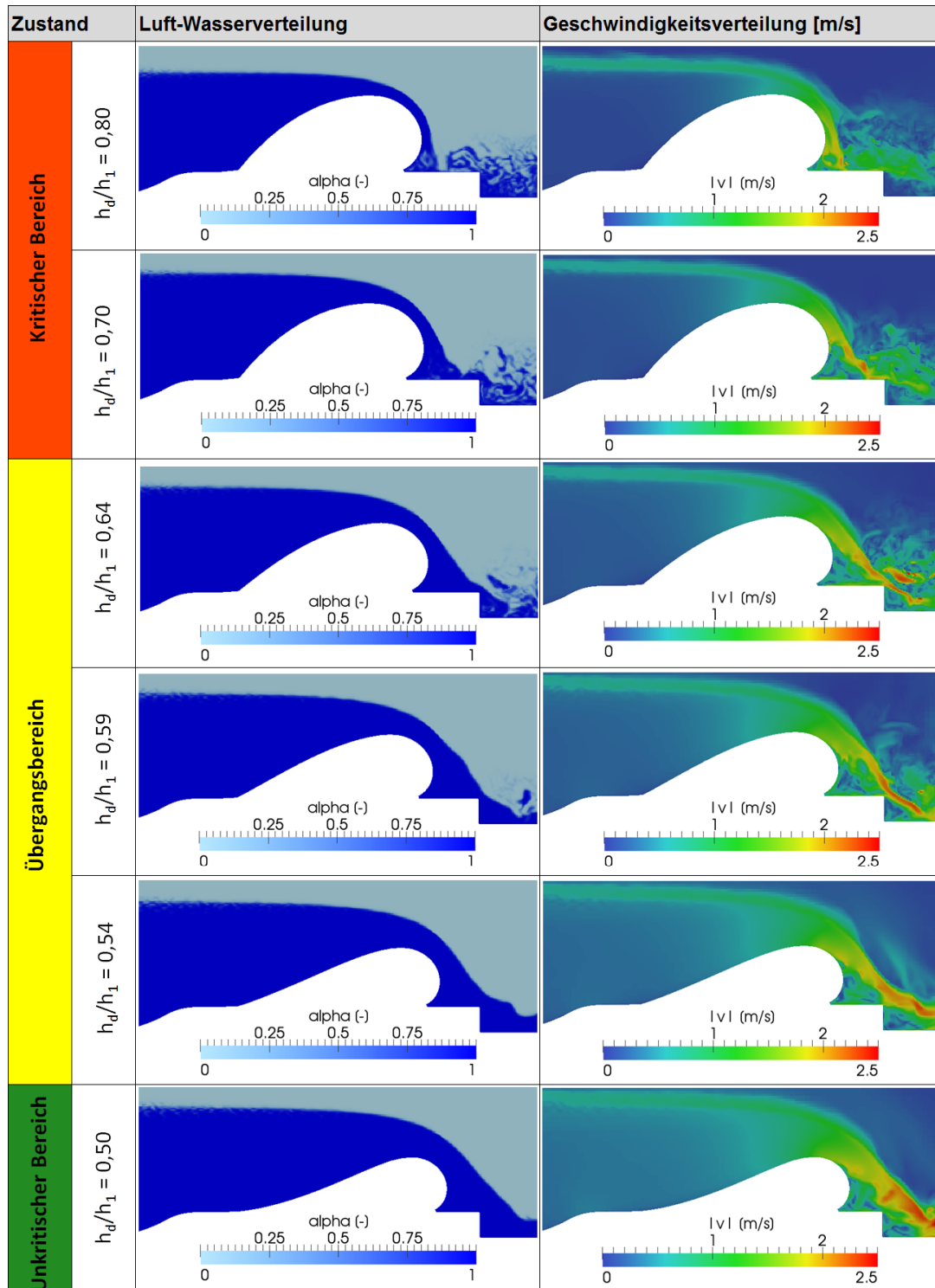
### 4.1 Charakteristik des Wehrüberfalls

In einem ersten Schritt wurde der Wehrüberfall in Abhängigkeit des Abflusses charakterisiert. Hierbei lag der Fokus auf Auftreffpunkt, -winkel und -geschwindigkeit des Überfallstrahls, wobei jeweils die Strahlunterseite betrachtet wurde. In Abb. 3 sind die Simulationsergebnisse für sechs Abflusszustände repräsentativ für drei unterschiedliche Bereiche gegenübergestellt. Dargestellt ist die Luft-Wasser-Verteilung (Abb. 3, links), wobei  $\alpha = 0$  (Luft) und  $\alpha = 1$  (Wasser) bedeutet. In Abb. 3 (rechts) ist die Geschwindigkeitsverteilung in Luft und Wasser zu erkennen. Unter den zwölf Abflusszuständen konnten somit drei Bereiche identifiziert werden:

*Kritischer Bereich:* Bis  $h_d/h_1 = 0,80$  trifft der Überfallstrahl vollständig und mit steilem Winkel auf die Wehrschwelle. Aufgrund der Ablenkung an den Störkörpern liegt der Auftreffpunkt der zweiten Störkörperreihe weiter unterstrom mit einer Art Wechselsprung auf bzw. im Anschluss an die Wehrschwelle. Im Gegensatz dazu erfährt der Strahlenteil hinter der ersten Reihe eine Ablenkung schräg nach oben, wobei durch die Strahlversprühung ein hoher Lufteintrag zu beobachten ist. Ein kleiner Abflussanteil, nach rückwärts auf das Schlauchwehr gerichtet, führt hinter dem Überfallstrahl zu einem Rückstau und einem Wasserstand, der höher ist als im Unterwasser. Mit steigendem Abfluss bildet sich unterhalb des Überfallstrahls eine Walze aus, und der Auftreffwinkel wird flacher. Ab  $h_d/h_1 = 0,70$  ist zu beobachten, dass der Strahl abgelenkt wird, und horizontal über die Wehrschwelle hinauschießt.

*Übergangsbereich:* Der Auftreffpunkt des Überfallstrahls erreicht das Ende der Wehrschwelle und der Strahl fällt in großen Teilen ohne Umlenkung ins Unterwasser. Der Lufteintrag auf der Wehrschwelle ist deutlich niedriger. Ab  $h_d/h_1 = 0,59$  ist zu beobachten, dass der Strahl die Tosbeckensohle erreicht und dort die größten Fließgeschwindigkeiten auftreten. Im Tosbecken bildet sich ein Wechselsprung mit einer Deckwalze aus.

*Unkritischer Bereich:* Ab  $h_d/h_1 = 0,46$  fällt der Überfallstrahl in voller Strahlstärke und mit flachem Auftreffwinkel ins Unterwasser. Zwischen Strahl und Wehrschwelle bildet sich eine Walze aus, die aber mit weiter abgelegtem Schlauch immer kleiner wird. Über der Wehrschwelle liegt schießender Abfluss vor und der Strahl ist praktisch unbeeinflusst von der Wehrschwelle.



**Abb. 3:** Simulationsergebnisse für die Abflusszustände  $h_d/h_1 = 0,80$  bis  $h_d/h_1 = 0,50$ : Luft-Wasser-Verteilung (links) und Geschwindigkeitsverteilung in Luft und Wasser (rechts)

## 4.2 Übertragung vom Modell in die Natur

Mit Hilfe der Froude'schen Ähnlichkeit können die oben angegebenen Größen auf eine beliebige geometrisch ähnliche Anlage in der Natur umgerechnet werden. In Tabelle 1 sind die maßgeblichen Strömungsparameter für vier ausgewählte Verschlusshöhen zwischen 2,0 m

und 5,0 m angegeben. Aus dem spezifischen Abfluss  $q$  kann der Gesamtabfluss für beliebige Wehrfeldbreiten ermittelt werden.

**Tabelle 1**

Maßgebende Strömungsparameter für das numerische Modell und für ausgewählte Schlauchhöhen in der Natur

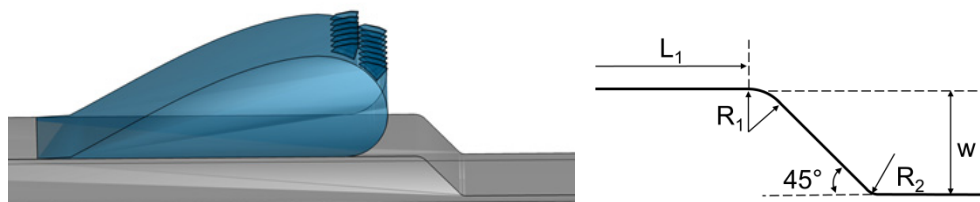
|               | $h_1$ | $v_{\max}$ | $\Delta P$ | kritischer Bereich |                           | Übergangsbereich |                           |
|---------------|-------|------------|------------|--------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|
|               | [m]   | [m/s]      | [Pa]       | $> h_d$ [m]        | $< q$ [m <sup>2</sup> /s] | $> h_d$ [m]      | $< q$ [m <sup>2</sup> /s] |
| <i>Modell</i> | 0,25  | 1,91       | 541        | 0,17               | 0,05                      | 0,14             | 0,07                      |
| <i>Natur</i>  | 2,0   | 5,40       | 4.330      | 1,36               | 8,9                       | 1,12             | 13,3                      |
|               | 3,0   | 6,61       | 6.494      | 2,04               | 24,6                      | 1,68             | 36,6                      |
|               | 4,0   | 7,64       | 8.659      | 2,72               | 50,4                      | 2,24             | 75,2                      |
|               | 5,0   | 8,54       | 10.824     | 3,40               | 88,0                      | 2,80             | 131,4                     |

## 5 Modifizierte Wehrschwellen

Im Weiteren wurden modifizierte Schwellengeometrien untersucht und deren Einfluss auf die Charakteristik des Wehrüberfalls analysiert. Neben einer Abschrägung bzw. Ausrundung des Schwellenendes wurde auch eine Aufkantung auf dem Ablagetisch betrachtet mit dem Ziel, bei kleinen Abflüssen ein Wasserpolster zu generieren. Aufgrund der hydraulischen Nachteile (reduzierte Abflussleistung, Schwingungsgefahr) wurde diese Möglichkeit aber nicht weiter verfolgt.

Im günstigsten Fall kann der Ablagetisch um die Breite des Arbeitsraumes verkürzt werden. Die Berechnungsergebnisse für diese Variante zeigen, dass durch die Verkürzung der kritische Bereich von  $h_d/h_1 \geq 0,64$  auf  $h_d/h_1 \geq 0,70$  verkleinert werden kann. Das bedeutet, der Überfallstrahl fällt bereits bei kleineren Abflüssen direkt ins Unterwasser.

Neben der Verkürzung des Ablagetisches kann der Übergang in das Tosbecken durch eine Rampe erfolgen. Diese Neigung ist zwar hydrodynamisch nicht zwingend erforderlich, da sich in diesem Bereich ohnehin eine Ablösezone bildet. Allerdings rotiert dort auch mitgeführtes Geschiebe und führt u. U. zu Schäden an der Betonoberfläche. Im vorliegenden Fall wird eine Neigung von  $45^\circ$  vorgeschlagen, was in etwa dem Auftreffwinkel des Überfallstrahls entspricht. Die Ecken sind mit  $R_1/w = 0,40$  bzw.  $R_2/w = 0,40$  ausgerundet, um das Verletzungsrisiko für abwandernde Fische zu minimieren. In Abb. 4 ist dieser Ausführungsvorschlag dargestellt.



**Abb. 4:** Ausführungsvorschlag für ein Schlauchwehr mit modifizierter Wehrschwelle

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Bei überströmten Verschlüssen gibt es je nach Unterwasserstand und Abfluss Zustände, bei denen der Überfallstrahl auf die Wehrschwelle mit einem geringen Wasserpolster fällt, woraus u. U. ein erhöhtes Verletzungsrisiko für absteigende Fische entstehen kann. Die Untersuchungen zeigen, dass der Überfallstrahl bei einem Schlauchwehr mit Standard-Ablagetisch und Schlauchhöhen größer als  $h_d/h_1 = 0,64$  auf den Ablagetisch trifft und dabei äußere und innere Verletzungen bei Fischen nicht auszuschließen sind. Hierzu ist allerdings anzumerken, dass gegenwärtig unklar ist, ab welcher Überströmungshöhe die Abwanderungsmöglichkeit von Fischen wahrgenommen wird und diese dann tatsächlich über den Verschluss absteigen.

Mit einer verkürzten Wehrschwelle kann der kritische Bereich zwar minimiert werden, allerdings hat diese Verkürzung auch Nachteile, da weniger Arbeitsraum bei der Montage und der Unterhaltung des Schlauchwehres zur Verfügung steht. Eine weitere Reduzierung des kritischen Bereiches könnte durch eine Änderung des Wehrfahrplans erfolgen, wenn anstelle eines Parallelbetriebs die Abflusssteuerung zunächst über einen Verschluss erfolgt, bis der Unterwasserstand soweit angestiegen ist, dass ein ausreichend hohes Wasserpolster über der Wehrschwelle vorliegt. Bei der Entscheidung über bauliche und betriebliche Maßnahmen sollten aber zunächst die Anlagenteile einer Stauanlage identifiziert werden, die signifikant zum Fischabstieg beitragen. Eine Methode wird von SCHMITT-HEIDERICH et al. (2013) beschrieben.

Abschließend bleibt anzumerken, dass Schlauchwehre unter den gängigen Verschlusstypen im Hinblick auf die bekannten Gefährdungsfaktoren beim Fischabstieg grundsätzlich positiv zu bewerten sind, da dieser Verschlusstyp bei geringeren Fallhöhen, bis etwa 5,0 m, eingesetzt wird, woraus sich moderate Druckänderungen, geringe Aufprallgeschwindigkeiten und ein geringer Lufteintrag ergeben. Daneben besteht aufgrund der Elastizität des Verschlusses ein sehr geringes Verletzungsrisiko für die Fische. Aufgrund des Querschnitts und der gleichmäßigen Beschleunigung der Strömung stellen Schlauchwehre zudem ein geringeres Wanderhindernis dar als beispielsweise Schütze, also im hydraulischen Sinne scharfkantige Wehre (FERGUSON et al. 1998). Untersuchungen an einem luftgefüllten Schlauchwehr zeigen, dass die Passage über den teilweise abgesenkten Verschluss von Lachssmolts gut angenommen wurde (MANNING et al. 2005).

Dieser Beitrag ist in wesentlichen Teilen eine Zweitveröffentlichung eines Beitrages in der Fachzeitschrift Wasserwirtschaft (GEBHARDT et al. 2014) und entstand mit fachlicher Unterstützung von Dr. Matthias Scholten und Dipl.-Biol. Christian von Landwüst von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Koblenz.

## Literatur

- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2005): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung und Funktionskontrolle. ATV-DVWK.
- FERGUSON, J. W., T. P. POE and T. J. CARLSON (1998): Surface-oriented bypass systems for juvenile salmonids on the Columbia River, USA. In: Jungwirth, M., Schmutz, S. and Weiss, S. Editors, Fish migration and fish bypass. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, S. 281-299.

- GEBHARDT, M., U. PFROMMER, F. BELZNER, N. EISENHAUER (2011): 68 Jahre nach Jambor: Untersuchungen zum Einfluss einer Wehrschwelle. Wasserwirtschaft, Heft 9, S. 14-19.
- GEBHARDT, M., T. RUDOLPH, W. KAMPKE, N. EISENHAUER (2014): Fischabstieg über Schlauchwehre: Untersuchungen der Strömungsverhältnisse und Identifizierung der Abflussbereiche mit erhöhtem Verletzungsrisiko. Wasserwirtschaft, Heft 7/8, S. 48-53.
- JAMBOR, F. (1959): Mögliche Erhöhung der festen Wehrschwelle sowie Gestaltung der damit verbundenen Wehrkonstruktionen, im Besonderen des Sektorwehrs. Die Bautechnik, Heft 6 und 8, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, S. 221-228 u. S. 297-300.
- MANNING, D. J., J. M. MANN, K. W. WHITE, S. D. CHASE and R. C. BENKERT (2005): Steel-head Emigration in a Seasonal Impoundment Created by an Inflatable Rubber Dam. North American Journal of Fisheries Management 25, S. 1239-1255.
- SCHMITT-HEIDERICH, P., M. GEBHARDT, R. WEICHERT (2013): Klassifizierung der Wanderwege für den Fischabstieg. BAWBrief 02/2013.



**Kontakt:**

**Dr.-Ing. Michael Gebhardt**

Bundesanstalt für Wasserbau

Abteilung Wasserbau im Binnenbereich

Referat Wasserbauwerke (W3)

Kußmaulstraße 17

76187 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 9726 3410

Fax: 0721/ 9726 4540

E-Mail: michael.gebhardt@baw.de

**1988-1994**

Studium Bauingenieurwesen an der Technischen Hochschule Darmstadt und der Universität Stuttgart

**1994-1999**

Projektleiter und -bearbeiter im Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH im Bereich Wasserwirtschaft, Hochwasserschutz, Wehr- und Wasserkraftanlagenbau

**seit 2000**

Wissenschaftlicher Angestellter in der Bundesanstalt für Wasserbau mit den Aufgabenschwerpunkten Strömungsmechanik von Wasserbauwerken, Bemessung von Schlauchwehren, Automatisierung und Wasserbewirtschaftung

**Projektbearbeitung:**

2001-2013: Projektleiter von FuE-Vorhaben 'Einsatz von Schlauchwehren an Bundeswasserstraßen', 'Bemessung und Konstruktion von Schlauchwehren'

seit 2001: Mitglied in verschiedenen WSV-Projektgruppen zur 'Automatisierten Abfluss- und Stauzielregelung'

seit 2003: Mitglied im Technischen Ausschuss 'Abflussmanagement' der Moselkommission

seit 2012: Mitglied in der BMVI-Expertengruppe 'Wehre und Sperrtore'



seit 2013: Chairman der PIANC InCom Working Group 166 'Inflatable Structures in Hydraulic Engineering'

**2001-2006**

Promotion zum Dr.-Ing. an der Universität (TH) Karlsruhe, Institut für Wasser- und Gewässerentwicklung

# Optionen der VLH-Turbine für den Fischabstieg und den Fischschutz

Lutz Juhrig





## Überblick

---

● ○ ○ ○ ○ ●

- Hintergrund
- VLH Turbine
- Fischfreundlichkeitskriterien
- Optimierung der Fischverträglichkeit
- Fischversuche
- Ergebnisse der Fischversuche

09.10.2014VLH-Turbine1



## Hintergrund

---

● ○ ○ ○ ○ ●

- Standorte mit mittleren bis großen Fallhöhen sind in vielen Ländern bereits ausgebaut
- Potenzial im Bereich < 2 m steht aber auch in diesen Ländern noch in großer Zahl zur Verfügung
- kein Hersteller bietet Turbinen an, die für kleine Fallhöhen (< 2 m) ausgelegt wurden
- viele Standorte mit kleiner Fallhöhe werden nicht genutzt, weil Maschinen mit klassischem Design keine kostendeckende Nutzung erlauben

**Die VLH-Turbine wurde speziell für diese Anwendung entwickelt!**

- Fallhöhe zwischen 1,4 und 3,4 m
- Auslegungswassermenge zwischen 10 und 30 m<sup>3</sup>/s

09.10.2014VLH-Turbine2



MJ2 technologies  
vhl-turbine.com

STELBA  
Hydro

## VLH-Turbine

●●●●●●●●

Bauarbeiten sind ausschlaggebend für Rentabilität

vertikale Kaplan-Turbine

Rohr-/Bulb-Turbine, vollständig unter Wasser

Very Low Head Turbine

Kosten für Bauarbeiten sind 5 mal höher bei H=1,5 m als bei H=3 m!

09.10.2014 VLH-Turbine 3

MJ2 technologies  
vhl-turbine.com

STELBA  
Hydro

## VLH-Turbine

●●●●●●●●

**Hauptmerkmale**

- drastisch reduzierter Bauaufwand
- integrierter direktgetriebener permanent-Magnet Generator
- Drehzahlregulierung – sehr gut geeignet für deutliche Fallhöhenchwankungen
- integrierter Rechenreiniger
- komplett überspült → optisch unauffällig, einfach, zuverlässig und geräuscharm
- integrierte Leistungselektronik (Frequenzumrichter, Elektrik) sowie Hydraulikaggregate können in einem separaten kleinen Gebäude abseits vom Wasser untergebracht werden
- standardisierte Produktpaletten ermöglichen attraktive Preise und schnelle Lieferzeiten (12-14 Monate)
- fischfreundlich
- ausgelegt zum Betrieb eines Inselnetzes (Tests 2013-2014)

09.10.2014 VLH-Turbine 4

MJ2 technologies  
vhl-turbine.com

STELBA  
Hydro

## VLH-Turbine

●●●●●●●●

Schnitt VLH-Turbine DN 4000

**Produktpalette**

- 5 Durchmesser (3150, 3550, 4000, 4500 und 5000 mm)


**Bruttofallhöhe**

- Standard: 1,4 – 3,4 m
- Optional: verstärkt bis 4,5 m (nur DN 3150, 3550 und 4000)

**Wassermenge** von 10 – 30 m<sup>3</sup>/s


**Leistung** von 100 – 500 kW (an der Generatorklemme)


VLH-Turbine 5




**MJ2 technologies**  
win-turbine.com

## Fischverträglichkeits- Kriterien








Idaho National Engineering and Environmental Laboratory

### Biological Design Criteria and Final Model Results for the DOE Fish-Friendly Turbine Prototype

| Biological Design Criteria              | Design Value   | Comments  | Final Results  |
|---|--|---|--|
| Hydraulic Parameters                    | Flow = 1,000 cfs (28 cms)<br>Head = 75 – 100 ft. (23 – 30 m) | Representative averages for U. S. installed hydro projects  | Flow = 1,000 cfs (28.3 cms)<br>Head = 40 ft. & 80 ft. (12 & 24 m)  |
| Turbine Efficiency                      | > 80% (Conservative)   | Most presently installed US turbines: 90% - 95%   | ~ 90%  |
| Blade Tip Speed                         | 20 – 40 fps (6 – 12 mps)                                     | Reduces Strike Injury & Minimizes Shear Stresses / Vortices Between Moving & Stationary Parts   | ~ 68 fps (~21 mps)   |
| Minimum Exposure Pressure               | 10 psia (69 kPa)   | Downstream migrating fish typically acclimated @ 30 psia (219 kPa)  | 8.6 psia (60 kPa) (affects 0-500% of total water flow volume)  |
| Pressure Rate of Change                 | < 80 psia/sec (< 550 kPa/sec) (Conservative)                 | NOTE: Exposure Pressure/Acceleration Pressure @ Injury of Sensitive Fish Indicated to Occur in Kaplan Turbines @ 160 psia/sec (1,100 kPa/sec) (less sensitive salmon and American shad have survived rates of change as high as 500 psia/sec (3,450 kPa/sec)) | 1% of total volume of flow passages < 80 psia/sec (550 kPa) (small percentage of this 1% up to 500 psia/sec (3,450 kPa/sec)) |
| Shear Stress Indicator (Rate of Strain) | < 15 lps/in (~1.8 mps/in)                                    | Tests of fragile Alewives noted no injury @ 15 lps/in (5 mps)   | < 2 lps/in (~0.24 mps/in)  |
| Length / Number of Blades               | Minimize   | Reduce probability of strike compared to current turbines; presently, Kaplan turbines have 2 – 6 blades.  | 13 ft. (4 m) runner dia. 3 blades  |
| Blade / Housing Clearance               | < 2 mm   | 3mm typical of new Kaplan turbines  | < 2 mm   |
| Flow Passage Opening                    | Maximize   | More water volume around fish within turbine passageway should reduce abrasion to passing fish  | 36 in (91 cm)  |
| Fish Survival                           | 90%+   | Existing field study results show an average 90% survival in the Columbia River Basin for present Kaplan design*  | 90% - 98% range**  |


\* 15 separate studies of Salmon passing through present generation Kaplan turbines at Lower Granite and Wanapum dams.  
\*\* Studies conducted over two years with 40,000 fish of 6 different species.


09.10.2014
VLH-Turbine
6



**MJ2 technologies**  
win-turbine.com

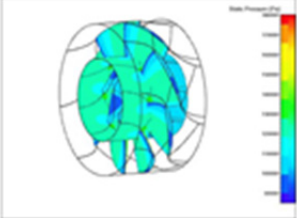
## Fischverträglichkeits- Kriterien



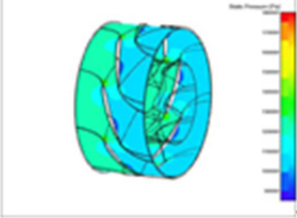


CFD Berechnungen zeigen, dass die VLH die wesentlichen Fischfreundlichkeits-Kriterien erfüllt



| Kriterium  | akzeptabler Bereich | VLH         |
|--|---------------------|-------------|
| Geschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit   | 6 – 12 m/s          | 4,5 – 8 m/s |
| minimaler Druck  | 69 kPa              | 94 kPa      |
| maximale Druckschwankungen   | < 550 kPa/s         | 80 kPa/s    |
| Geschwindigkeitsgradient   | < 180 m/s/m         | 10 m/s/m    |
| Spalt zw. Laufrad und Mantel<br>Dieses Kriterium ist nicht erfüllt, aber es wird angenommen, dass sehr kleine durchschnittliche Geschwindigkeiten (< 2 m/s) den Fischen ermöglichen, sich von den äußeren Zonen fernzuhalten | < 2,0 mm            | 4,5 mm      |




Druckverteilung auf dem Laufrad, der Nabe und dem Laufradmantel





09.10.2014
VLH Turbine
7


 **Fischverträglichkeits-  
Kriterien** 



- kleine Drehzahl (30 – 50 U/min) und Umfangsgeschwindigkeit
- kleine Wassergeschwindigkeit im Bereich von 1,5 – 2,5 m/s
- dicke Schaufelprofile mit abgerundeten Kanten
- geringe Druckschwankungen
- keine veränderlichen Spalte, keine Abscherung
- Fischaufstieg für sichere Wanderung stromaufwärts



09.10.2014 VLH-Turbine 8


 **Optimierung der  
Fischverträglichkeit** 



- 2007/2008, Lachs-Smolts & Aale in Troussy  
1. Test in der historischen Pumpstation in Troussy  
VLH-Prototyp
- Einbeziehung von Behörden zur Definition der  
Untersuchungsprotokolle und Begleitung der Versuche
- Einführung der 3. Generation VLH-Turbine mit neu designtem  
Laufradmantel und Schaufelprofil
- 2010, Aale in Frouard mit neuem fischverträglichem  
Laufradmantel und Schaufelprofil

09.10.2014 VLH-Turbine 9

 **Optimierung  
der Fischverträglichkeit** 





- 2. Test, 200 Silberaale, hervorragendes Ergebnis (100 %  
Überlebensrate)
- 4. Generation der VLH mit neu designter innerer Kontur,  
kugelige Nabe
- 2011/2012: Studie zum Verhalten aufsteigender Lachse
- 2013, Mai-Juni: Salmoniden und Cypriniden  
Tests im Lastbereich 50 %-100 % Laufradöffnung in Millau  
(VLH DN 5000)

09.10.2014 VLH-Turbine 10

MJ2 technologies  
vlh-turbine.com**Fischversuche**STEUBA  
Hydro

●●●●●●

- Fische wurden vor Ort gebracht und in Wasserbecken an die lokalen Bedingungen gewöhnt, dann vor dem Test untersucht



09.10.2014VLH-Turbine11

MJ2 technologies  
vlh-turbine.com**Fischversuche**STEUBA  
Hydro

●●●●●●

Zuführungseinrichtung: Rohre, die kontinuierlich durchspült werden, für eine problemlose Zuführung der lebenden Fische in die VLH-Turbine

2013 Zuführungseinrichtung – große Individuen



09.10.2014VLH-Turbine12

MJ2 technologies  
vlh-turbine.com**Fischversuche**STEUBA  
Hydro

●●●●●●

- Die jüngsten Tests betrachteten 3 Zuführungspunkte und 3 Laufradöffnungen (100 %, 75 %, 50 %), also insgesamt 9 Zuführungen pro Durchgangstest der Fische

Zuführungspunkt #1:  
„außen“



Zuführungspunkt #2:  
„innen“



Zuführungspunkt #3:  
„Mitte“



09.10.2014VLH-Turbine13

MJ2 technologies  
vth-turbine.com

## Fischversuche

STEUBA  
Hydro

Die Fische wurden im Unterwasser aufgefangen, Absperrung des Unterwassers mit einem Fangnetz



komplett montierte  
Auffangeinrichtung

schwimmende Plattform und  
Fischbecken, verbunden mit  
dem untergetauchtem Netz

09.10.2014 VUH-Turbine 14

MJ2 technologies  
vth-turbine.com

## Fischversuche

STEUBA  
Hydro

Die Fische werden gefangen und sofort untersucht. Nach einer Verweilzeit von 48 Stunden werden sie erneut untersucht, um zeitlich verzögerte Effekte zu erkennen (z. B. aufgrund von inneren Verletzungen).

Jüngste Versuche umfassten auch eine Röntgenuntersuchung sowohl von zufällig ausgewählten Fischen als auch von Fischen mit sichtbaren Beeinträchtigungen.

09.10.2014 VUH-Turbine 15

MJ2 technologies  
vth-turbine.com

## Ergebnisse


STEUBA  
Hydro

Tests mit lebenden Aalen mit VLH-Prototyp in Troussy (2007 & 2008)

- 2007: 92,7% Überlebensrate
- 2008: 98,0% Überlebensrate


Test mit lebenden Aalen mit der 3. Generation der VLH in Frouard (2010)

- 100% Überlebensrate




Zuführungseinrichtung Rückfangnetz und schwimmende Plattform Fang der Aale im Unterwasser


09.10.2014 VUH-Turbine 16




## Ergebnisse



- Test mit lebenden Salmoniden und Cypriniden mit der VLH der 4. Generation (2013)



große Forelle




großer Karpfen


**VLH: gesamte Sterblichkeitsrate für alle 3 Zuführungspunkte**


| Öffnung [%] | große FRT | kleine FRT | große Karpfen und Schleien | kleine Karpfen und Schleien |
|-------------|-----------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| 100         | 1,1 %     | 0,0 %      | 0,0 %                      | 0,0 %                       |
| 75          | 1,1 %     | 0,0 %      | 0,0 %                      | 0,0 %                       |
| 50          | 4,4 %     | 0,0 %      | 0,0 %                      | 1,1 %                       |

09.10.2014
VLH-Turbine
17




## Ergebnisse







Forelle #1: Quetschung an der Seite



Nahaufnahme der Quetschung auf der Seite, mit Entfärbung



Forelle #2: Quetschung an der Seite



Nahaufnahme der Quetschung auf der Seite, mit Entfärbung

09.10.2014
VLH-Turbine
18



## Ergebnisse





Forelle #3, Quetschung, mit Verformung des Brustkorbs



sichtbare Verformung des Brustkorbs, Ansicht von oben



Röntgenaufnahme von Forelle #3

09.10.2014
VLH-Turbine
19




**VLH – fischverträgliche  
Steigerung von Effizienz  
und Rentabilität für  
Kleinwasserkraftprojekte  
mit geringer Fallhöhe**

Stelba Hydro GmbH & Co KG  
Lutz Juhrig  
Eiffelstr. 4  
89542 Herbrechtingen  
+49 7324 9680 19  
[l.juhrig@stellba-hydro.de](mailto:l.juhrig@stellba-hydro.de)  
[www.stellba.de](http://www.stellba.de)

# Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen. Zusammenfassung und Fazit

Roman Weichert und Matthias Scholten



## Zusammenfassung und Fazit


FuE Themen und Vorgehen


- Forschungsbedarf auch bei aktuellem DWA Merkblatt
- BfG/BAW-Ansatz - vier Themenbereiche (Fischökologie)
- Entwicklung deterministischer Modelle zur
  - Klärung grundsätzlicher Fragestellungen (Bedarf Fisch-Hydraulik-Interaktion)
  - Unterstützung der Planung
- Pilotanlagen zur empirisch-biologischen Untersuchungen;

**Feedback:**

- Bedarf an FuE zur Sedimentdurchgängigkeit
- Bedarf an FuE zur Fisch-Hydraulik-Interaktion
- biologische Anforderungen (nachvollziehbarer herleiten und begründen)
- Übertragbarkeit und Auswahl Pilotanlagen darlegen

---

BAW/BfG-Kolloquium 9./10.07.2014, Koblenz 



## Zusammenfassung und Fazit


Grundlagen und Systemverständnis

- Bewertung der Durchgängigkeit: Entwicklung einheitliches Vorgehen durch die LAWA
- Bewertungsvorgaben durch Quoten
- Maifisch Rückkehrer im Rheinsystem:
  - erste Rückmeldungen ggf. natürlicher Reproduktion
  - Schließung von Erkenntnislücken (Wanderungsanforderungen; Jungfischhabitate)
- Automat. Fischzähler kann Reusenbefischung z. Zt nicht komplett ersetzen
- Perspektive: sinnvolle Ergänzung bei der Erfassung von Aufstiegsgeschehen; weitere technische Optimierungen geplant


**Feedback:**

- Vergleich und Berücksichtigung unterschiedlicher Methoden notwendig!

---

BAW/BfG-Kolloquium 9./10.07.2014, Koblenz 






## Zusammenfassung und Fazit


### Auffindbarkeit von FAA

- Randbedingungen vorort generieren unterschiedliche planerische Einstiegslösungen.
- Hydraulische Modellierung und ethohydraulische Bewertung ermöglichen erste Bewertung der Einstiegsgestaltung.
- Charakteristika der Kraftwerksunterwasser liefern das Grundgerüst für
  - Verständnis der hydraulischen Prozesse -> Eingang für num. Modellierung
  - Grundlage für Übertragbarkeiten
- PIT-Untersuchungen Gamsheim:
  - bevorzugte Nutzung kraftwerksnaher Einstiege (potamodromer, anadromer Arten)
  - artspezifische Unterschiede in den Passagezeiten (< 1 T)
  - Passierbarkeitsraten 60 bis 80 %

**Feedback:**  
➤ *Untersuchung abgerückter Einstiege, wenn KW-naher Einstieg geschlossen?*

---

BAW/BfG-Kolloquium 9./10.07.2014, Koblenz 




## Zusammenfassung und Fazit


### Passierbarkeit von FAA

- hydraulische Untersuchungen der Strömungsmuster in Schlitzpässen
  - numerische und gegenständliche Modellierung
  - Existenz untersch. Strömungsmuster ist Gefälle- und Geometrie-abhängig
  - Einstau von Becken verändern Strömungsmuster – ggf. Maßnahmen erforderlich
- PIT-Untersuchungen Koblenz:
  - Passagezeiten mittel 60 bis 70 Minuten (Plätze/Rotaue)
  - Unterschiede in Passagezeiten zw. Sektionen
  - Wendebecken verlangsamen Passagezeiten
  - Einstiege wurden zw. Jahren (hydraulischen Bedingungen) unterschiedlich genutzt

**Feedback:**  
➤ *Bedarf an FuE für Fischverhalten an den Einstiegen: Gründe für Umkehrungsprozesse identifizieren!*

---

BAW/BfG-Kolloquium 9./10.07.2014, Koblenz 




## Zusammenfassung und Fazit

### Passierbarkeit von FAA

- Rundbeckenfischpass – hydraulische Erfassung – Ableitung Bemessungsregeln
  - erste Ergebnisse der Feldmessungen und num. Modellierung
  - Feldmessungen und physik.-numerische Modellierung in Arbeit
- Dimensionierung aufgelöster Rampen/Sohlgleiten
  - Kernpunkte: Dimensionierung Stabilität der Rampe, Steingrößen und Wasserspiegellagen, Bemessung Fischdurchgängigkeit über dh
  - sohlnahe Abnahme der Geschwindigkeiten im Schlitz erlaubt schwimmschwachen Arten
  - alternativ: Rückbau Anlagen, Lauflänge vergrößern
  - Bedarf biologisches Monitoring

**Feedback:**  
➤ *Naturnahe Gerinne können gute Lösungsansätze sein.*  
➤ *Bedarf für FuE bei der hydraulischen Bemessung!*  
➤ *Stabilitätsverhalten bei Sedimentdurchgängigkeit analysieren!*

---

BAW/BfG-Kolloquium 9./10.07.2014, Koblenz 

## Zusammenfassung und Fazit



### Fischabstieg

- Forum Fischschutz
  - Diskussion: mechanische Einrichtungen vs. Gesamtschutzsystem
  - Fischschutz bei kleineren Anlagen durch mechan. Einrichtungen möglich
  - Umgang mit Wissensdefiziten
- Fischabstieg an Schlauchwehren
  - Schlauchwehre als ein Standardtyp an BWaStr
  - Wirkung auf Fischabstieg f(UW-Stand)
  - hydraul. Einteilung kritische/unkritische Bereiche
  - moderate Druckänderungen und Aufprallgeschwindigkeiten
  - betriebl./geometr. Anforderungen vs. Kollisionsgefahr mit Ablagetisch

### Feedback:

- Grenzen der Umsetzbarkeit mechanischer Schutzanlagen analysieren?
- FuE Bedarf zum Einfluss Störkörper, z. B. am Schlauchwehr auf Verletzungsrisiko?

BAW/BfG-Kolloquium 9./10.07.2014, Koblenz



## Zusammenfassung und Fazit



### Fischabstieg

- ethohydr. Untersuchungen zur Akzeptanz von Bypassöffnungen
  - Untersuchung der Akzeptanz untersch. Bypass/Rechenkonstellationen
  - erste Ergebnisse mit Smolts
- VLH-Turbinen
  - Fallhöhen 1,4-3,4 m,  $Q=10-30 \text{ m}^3/\text{s}$ , Leistung 100-500 kW,
  - Fischfreundlichkeit, CFD-Berechnungen
  - 30/50 U/min, kleine Wassergeschw. von 1,5-2,5 m/s
  - Tests mit Fischen in F, Re-Design der Anlage

### Feedback:

- FuE-Bedarf:
  - zur Wirkung der Beschleunigung vor dem Bypass?
  - zum Verhalten der Fische vor der Turbine?
  - Modelllaufbau vs. Situation an Bestandsanlagen
- Genehmigung der VLH-Turbine ohne zus. Fischschutzeinrichtungen?

BAW/BfG-Kolloquium 9./10.07.2014, Koblenz



## Fazit



- Gute fachliche Grundlagen – aber FuE-Bedarf ist insbesondere im Verständnis der Fisch-Hydraulik-Interaktion notwendig.
- Erste Ergebnisse generieren spannende Einblicke.
  - Verständnis zur Passierbarkeit und Auffindbarkeit
  - Bedarf Abgleich strategische Vorgaben – reale Daten (Raten)
- Innovation an Methoden (biol. Erfassung)
- Generierung neuer Ideen
  - Bedeutung Saugschlauchdecke;
  - Vergleich von biolog. Daten im int. Austausch
  - fischorientierte Weiterentwicklung von Turbinen
- Ermöglichen des bilateralen Fachaustausch (WSV; Ländervertreter; Verbände; Ingenieurbüros)

BAW/BfG-Kolloquium 9./10.07.2014, Koblenz





**Kontakt:**

**Dr. Roman Weichert** (links im Bild)

Bundesanstalt für Wasserbau

Kußmaulstraße 17

76187 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 9726 2660

E-Mail:

roman.weichert@baw.de

**Dr. Matthias Scholten** (rechts im Bild)

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel: 0261/ 1306 5937

E-Mail: scholten@bafg.de

Jahrgang: 1973

**1994-2001**

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

**2001-2007**

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

**2007-2009**

Projektleiter bei Fichtner Water & Transportation GmbH

**seit 2009**

Referatsleitung W1 „Bundeswasserstraße und Umwelt“ in der Bundesanstalt für Wasserbau

Jahrgang: 1966

**1988-1996**

Studium Biologie (Diplom), Bodenkunde und Geographie an der Universität Bonn

**1997-2002**

Wiss. Angestellter an der Universität Hamburg, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft. Promotion zur Modellierung von Fischhabitaten in der Elbe.

**2002-2004**

Wiss. Mitarbeiter der Projektgruppe Elbe-Ökologie in der BfG, Außenstelle Berlin

**2004-2009**

Wiss. Mitarbeiter der Geschäftsstelle der Flussgebietsgemeinschaft Weser in Hildesheim. Entwicklung der „Gesamtstrategie Wanderfische“ der FGG Weser im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung WRRL

**Seit 2009**

Mitarbeiter im Referat U4 Tierökologie der BfG und seit 2012 Leiter des Aufgabenbereichs Ökologische Durchgängigkeit im Referat U4

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

- 1/2008 Neue Wege der Schadstoffbekämpfung
- 2/2008 Ultraschall in der Hydrometrie: neue Technik – neuer Nutzen?
- 3/2008 Effektive und qualitätsgesicherte Abwicklung von Sediment-/Baggergutuntersuchungen in der WSV
- 4/2008 Saisonale Vorhersagesysteme in Meteorologie und Hydrologie
- 5/2008 Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen
- 6/2008 Wasserbewirtschaftung und Niedrigwasser
  
- 1/2009 Wasserstandsinformationsdienste der BfG für die Bundeswasserstraßen
- 2/2009 Sediment Contact Tests. Reference conditions, control sediments, toxicity thresholds
- 3/2009 Sedimentologische Prozesse – Analyse, Beschreibung, Modellierung
- 4/2009 Ingenieurvermessung im Bauwesen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
- 5/2009 Verfahren der ökotoxikologischen (Risiko-) Bewertung in der Umweltsicherung
- 6/2009 Softwarelösungen für ein integriertes Hochwassermanagement
- 7/2009 Aspekte des Schadstoffmonitorings an Schwebstoffen und Sedimenten in der aquatischen Umwelt
  
- 1/2010 Flusssysteme in Raum und Zeit
- 2/2010 Berücksichtigung verkehrs- und bautechnischer Emissionen und Immissionen in Umweltverträglichkeitsprüfungen
- 3/2010 Pathogene Vibrionen in der marinen Umwelt
- 4/2010 Riskobewertung stofflicher Belastungen
- 5/2010 Screeningverfahren zur Erfassung endokriner Wirkungen in der aquatischen Umwelt
  
- 1/2011 Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustands in Wasserstraßen
- 2/2011 Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen
- 3/2011 Zeitgemäße Erfassung und Bereitstellung von Geobasisdaten für die WSV
- 4/2011 EurAqua Symposium Impact of climate change on water resources – 200 years hydrology in Europe – a European perspective in a changing world
- 5/2011 Schadstoffdynamik in Flussgebieten – Ursachen, Wirkungen und Konsequenzen stofflicher Veränderungen in Raum und Zeit
  
- 1/2012 Partikuläre Stoffströme in Flusseinzugsgebieten
- 2/2012 Überregionale Wasserbewirtschaftung – Entwicklung und Einsatz eines Informationssystems und verschiedener Modelle
- 3/2012 Dynamik des Sedimenthaushaltes von Wasserstraßen
- 4/2012 Pathogenic *Vibrio* spp. in Northern European Waters
- 5/2012 Baumaterialien und Oberflächengewässer
- 6/2012 Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen
- 7/2012 Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen. 2. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen
  
- 1/2013 Wissen was war ... – Rückblick auf hydrologische Extreme
- 2/2013 Die Bundeswasserstraßen im Blickfeld ökologischer Zielsetzungen gemäß WRRL – Erreichtes und Erreichbares
- 3/2013 Geomorphologische Prozesse unserer Flussgebiete
- 4/2013 FLYS goes WEB: Eröffnung eines neuen hydrologischen Fachdienstes in der BfG
- 5/2013 Neue Entwicklungen in der Gewässervermessung
- 6/2013 Die Zukunft des Wasserhaushaltes im Elbeinzugsgebiet / Budoucnost vod-ního režimu v povodí Labe
- 7/2013 Bioakkumulation in aquatischen Systemen: Methoden, Monitoring, Bewertung
- 8/2013 Geodätische Arbeiten für Bundeswasserstraßen
  
- 1/2014 Artenschutz in der Praxis – Erfahrungen mit Ersatzquartieren und der Umsiedlung von streng geschützten Arten
- 2/2014 Ästuare und Küstengewässer der Nordsee
- 3/2014 Schadstoffe in Bundeswasserstraßen – Nutzergerechte Verfügbarkeit von Informationen