

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Fladung, Erik; Nijssen, David**

## **Entwicklung einer Standardreue zur biologischen Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106440>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Fladung, Erik; Nijssen, David (2019): Entwicklung einer Standardreue zur biologischen Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.): Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen – Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen. 6. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 6./7. Juni 2018 in Koblenz - BfG-Veranstaltungen 1/2019. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde. S. 60-67.

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

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

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



# Entwicklung einer Standardreuse zur biologischen Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen

Erik Fladung und David Nijssen

## 1 Einleitung

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

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

## 2 Methodische Vorgehensweise

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

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

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

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

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

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

### **3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

#### **Grundsätze beim Einsatz von Reusen für Funktionskontrollen in FAA**

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

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

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

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

**Tabelle 1**  
Größe eingesetzter Kastenreusen

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

Auf Basis der maximalen Tagesfänge in ganzjährigen Untersuchungen an den Fischauftiegsanlagen in Koblenz (2012-16) und Drakenburg (2002-03) (WIELAND & NÖTHLICH 2003), konnten ähnliche Dimensionen berechnet werden: 4,9 - 9,4 m<sup>3</sup> mit 15 l/kg Fisch (nach TRAVADE & LARINIER 1992) oder 7,1 - 14 m<sup>3</sup> mit 5 l/Fisch (nach TVT 2010). Für Bundeswasserstraßen orientiert sich das nutzbare Volumen der Standardreuse deshalb an den mittelgroßen Reusen.

### **Eckparameter für die Dimensionierung der Standardreuse**

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

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

### **Konstruktionsmerkmale der Standardreuse (Prototyp)**

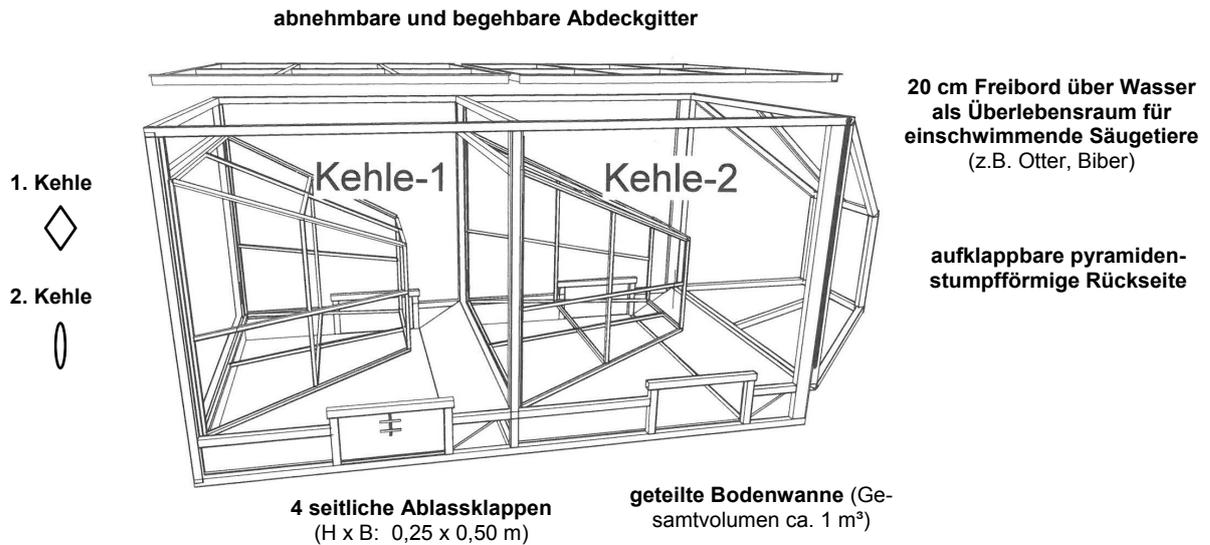
Der Prototyp der Standardreuse (Abb. 1) wurde so konzipiert, dass ein flexibler Einsatz bei unterschiedlichen Standortbedingungen sowohl im Oberwasser als auch innerhalb einer FAA möglich ist. Die Reusenwanne wurde ohne Neigung ausgeführt, um eine links- und rechtsseitige Leerung (abhängig vom Einsatzort)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

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

**Tabelle 2**

Übersicht der Eckparameter für die Dimensionierung der Standardreuse und Entscheidungskriterien

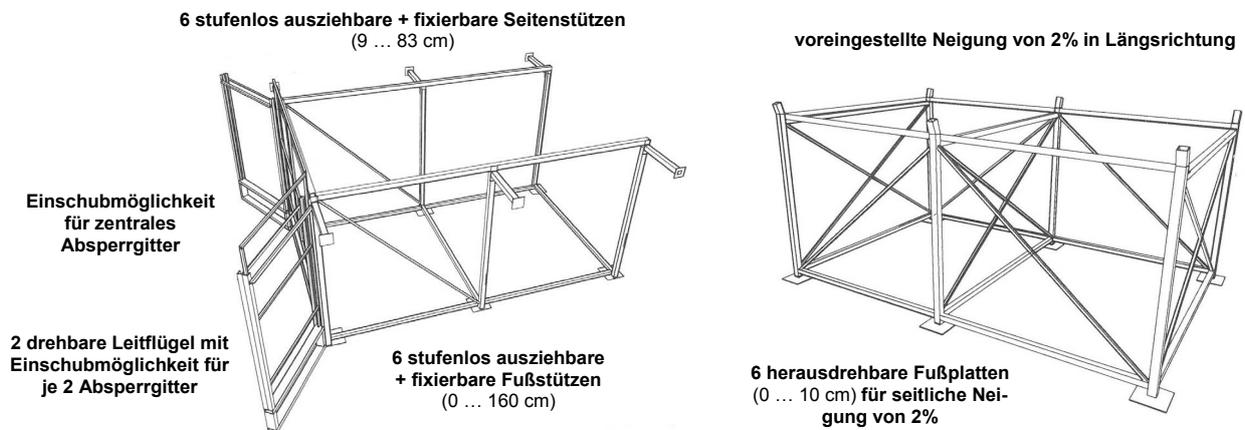
Parameter	Wert	Entscheidungskriterien
<b>Reusengröße</b>		
Breite (m)	1,80	Einsetzbarkeit in allen geplanten Fischaufstiegsanlagen in Bundeswasserstraßen
Höhe (m)	1,60	max. Wassertiefe in geplanten FAA von 1,20 m (ausgelegt auf Maifisch) + 20 cm Bodenwanne + 20 cm Säugetierschutz
Wendeplatz (m)	1,65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



**Abb. 1:** Konstruktionszeichnung der Standardreuse mit weiteren konstruktiven Details

### Konstruktionsmerkmale wichtiger Zusatzelemente (Führungsrahmen, Absetzgestell)

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



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

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

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

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

### Untersuchungs- und Testphase

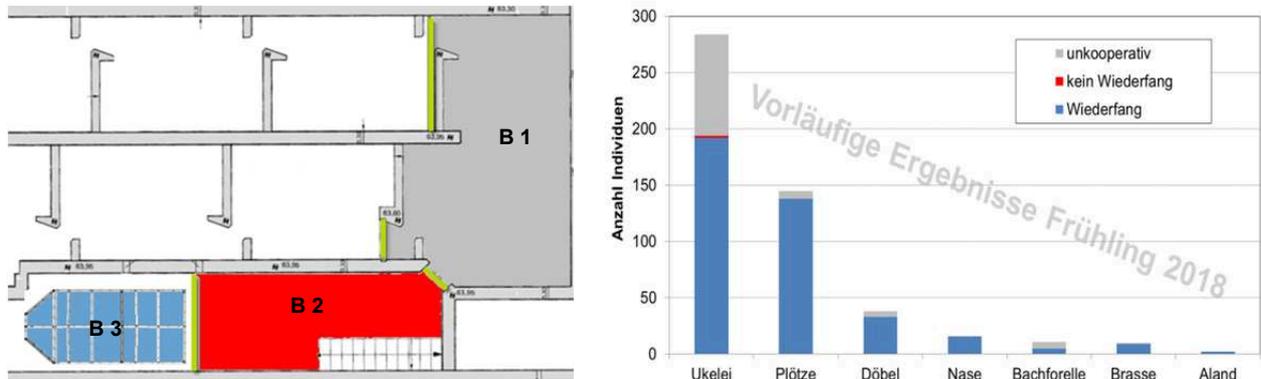
Nach Fertigstellung im März 2018 wird derzeit die Fängigkeit des Prototyps der Standardreuse in einer FAA in Koblenz ermittelt (Abb. 3).



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

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

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



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

## Literatur

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



**Kontakt:**

**Erik Fladung**

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

Jahrgang: 1966

**1988-1993**

Studium Fischereibiologie an der Humboldt-Universität Berlin (HUB)

**seit 1994**

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

derzeitige Arbeitsschwerpunkte:

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



**Kontakt:**

**Dr. David Nijssen**

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

Jahrgang: 1972

**1992-1994**

Studium Biologie an der Universität Antwerpen (UA)

**2007-2013**

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

**seit 2014**

Wissenschaftlicher Angestellter der Bundesanstalt für Gewässerkunde

derzeitige Arbeitsschwerpunkte:

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