



Ethohydraulische Untersuchungen zur Verbesserung des Fischschutzes an Wasserkraftanlagen

Boris Lehmann, Beate Adam, Oliver Engler, Veronika Hecht und Katharina Schneider

Naturschutz und Biologische Vielfalt
Heft 151

Ethohydraulische Untersuchungen zur Verbesserung des Fisch- schutzes an Wasserkraftanlagen

Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3513 85 0300)
des Bundesamtes für Naturschutz

Boris Lehmann
Beate Adam
Oliver Engler
Veronika Hecht
Katharina Schneider

Bundesamt für Naturschutz
Bonn - Bad Godesberg 2016

Titelfotos: oben links: Aal beim Abstieg in einer Bypassöffnung (Institut für angewandte Ökologie);
unten links: Strömungssignatur durch eine Bypassöffnung (TU Darmstadt);
oben rechts: Versuchsanordnung Schrägrechen mit Bypass (TU Darmstadt);
unten rechts: Lachssmolts vor einer Abwanderbarriere (Institut für angewandte Ökologie)

Adressen der Autorinnen und Autoren:

Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Lehmann	Technische Universität Darmstadt
Dipl.-Ing. Veronika Hecht	Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
M. Sc. Katharina Schneider	Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik
	Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt
Dr. Beate Adam	Institut für angewandte Ökologie (IfÖ)
Dipl.-Geogr. Oliver Engler	Neustädter Weg 25, 36320 Kirtorf-Wahlen

Fachbetreuung im BfN:

Dipl.-Ing. Stefan Hintersatz	Fachgebiet II 3.2 „Binnengewässer, Auenökosysteme und Wasserhaushalt“
Dipl.-Biol. Bernd Neukirchen	

Die vorliegende Veröffentlichung fasst die Ergebnisse des F+E-Vorhabens „Untersuchungen zum Orientierungs- und Suchverhalten abwandernder Fische zur Verbesserung der Dimensionierung und Anordnung von Fischschutzeinrichtungen vor Wasserkraftanlagen“ zusammen.

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank DNL-online (www.dnl-online.de).

Institutioneller Herausgeber : Bundesamt für Naturschutz (BfN)
Konstantinstr. 110, 53179 Bonn
URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des institutionellen Herausgebers unzulässig und strafbar.

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN

Druck: Griebisch & Rochol Druck GmbH & Co. KG, Hamm

Bezug über: BfN-Schriftenvertrieb – Leserservice –
im Landwirtschaftsverlag GmbH
48084 Münster
Tel.: 0 25 01/8 01-3 00, Fax: 0 25 01/8 01-3 51

oder im Internet:
www.buchweltshop.de/bfn

ISBN 978-3-7843-9171-7

DOI 10.19213/973151

Gedruckt auf „Circle Silk Premium White“, hergestellt aus 100% Recyclingmaterial, FSC® zertifiziert und mit dem EU Ecolabel ausgezeichnet.

Bonn - Bad Godesberg 2016

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	11
Vorwort	13
1 Einleitung.....	15
1.1 Veranlassung und Ziele des F+E-Vorhabens	15
1.2 Methodischer Ansatz und Vorgehensweise	18
1.3 Aufbau des Berichts	20
2 Stand des Wissens über Bypässe.....	22
3 Ethohydraulischer Untersuchungsansatz	31
3.1 Rechtliche Voraussetzungen für die Durchführung ethohydraulischer Untersuchungen.....	31
3.2 Ethohydraulischer Versuchsstand im Wasserbaulabor der TU Darmstadt	32
3.2.1 Laborrinne	32
3.2.2 Steuer- und Regeltechnik.....	35
3.2.3 Messtechnik.....	35
3.2.4 Beobachtungstechnik.....	37
3.3 Modulare Einbauten und Setups in der Laborrinne.....	38
3.3.1 Öffnungskonturen.....	42
3.3.2 Öffnungskubaturen	43
3.3.3 Position der Öffnungen.....	43
3.3.4 Recheneinbauten.....	46
3.4 Hälterung der Fische	46
3.5 Behandlung der Fische während der ethohydraulischen Tests	48
3.6 Beschaffung der Fische	49
4 Aufbau und Ablauf eines ethohydraulischen Tests.....	53
4.1 Vorbereiten des Setups.....	53
4.2 Einsetzen und Eingewöhnen der Fische	53
4.3 Dokumentation eines ethohydraulischen Tests	54
4.3.1 Hydrometrische Messungen und numerische Strömungssimulationen	54
4.3.2 Erstellen ethohydraulischer Signaturen	57
4.3.3 Transdisziplinäres Ableiten von Befunden.....	62
5 Freilanduntersuchung zur Nutzung der Abwanderkorridore und Bypässe am Wasserkraftstandort „Auer Kotten“	64
5.1 Potentielle Abwanderkorridore am „Auer Kotten“	65
5.2 Untersuchung der hydraulischen Signaturen am „Auer Kotten“	68

5.2.1	Hydrometrische Messkampagne	68
5.2.2	Hydrodynamisch-numerische Strömungsberechnungen	74
5.3	Freilanduntersuchung mit HDX-Technologie am „Auer Kotten“	81
5.4	Ergebnisse der Freilanduntersuchung zum Fischabstieg über Wanderkorridore und Bypässe am „Auer Kotten“	84
6	Befunde der ethohydraulischen Tests	86
6.1	Grundsätzliche Erkenntnisse zum Fischverhalten	90
6.1.1	Schwimmen in Strömung	91
6.1.2	Verharren und Gieren	92
6.1.3	Reaktionsräume	97
6.1.4	Soziale Interaktionen	101
6.1.5	Lerneffekte	105
6.2	Position einer Bypassöffnung in der Wassersäule	107
6.2.1	Aale	107
6.2.2	Lachs-Smolts	108
6.2.3	Potamodrome	110
6.3	Kontur und Kubatur einer Bypassöffnung	112
6.3.1	Aale	112
6.3.2	Lachs-Smolts	113
6.3.3	Potamodrome	114
6.3.4	Diskussion der Befunde	116
6.4	Anströmung einer Bypassöffnung	122
6.4.1	Aale	122
6.4.2	Lachs-Smolts	124
6.4.3	Potamodrome	127
6.4.4	Diskussion der Befunde	128
6.5	Kombinationen von Abwanderbarriere und Bypass	131
6.5.1	Aale	131
6.5.2	Lachs-Smolts	135
6.5.3	Potamodrome	141
6.5.4	Diskussion der Befunde	144
7	Zusammenfassende Empfehlungen	146
8	Literaturverzeichnis	148
	Glossar	152

Inhalt der Anhangs-CD:

Messprotokolle der Fischhälterung
ad libitum-Protokolle

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Bestand an Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen in Deutschland nach Recherchen des Instituts für angewandte Ökologie (Stand 2015).....	17
Abb. 2:	Verknüpfung von Literaturstudium sowie ethohydraulischen Labor- und Felduntersuchungen im Rahmen des F+E-Vorhabens	19
Abb. 3:	Der Kraftwerkseinlauf des „Auer Kotten“ (Wupper) mit seinem Feinrechen zum Schutz abwandernder Fische und diversen Abwanderkorridoren	22
Abb. 4:	Vertikales und horizontales Suchverhaltens eines telemetrisch besenderten Amerikanischen Aals (<i>Anguilla rostrata</i>).....	24
Abb. 5:	In ethohydraulischen Tests an der TU Darmstadt im Jahr 1999 untersuchte Anordnungen von Bypässen	24
Abb. 6:	Prinzipskizzen ausgeführter Abwanderbarrieren mit Bypass.....	25
Abb. 7:	Umlaufender Lochblechrechen vor einer Wasserkraftanlage an der Kinzig in Baden-Württemberg mit geöffnetem Bypass und Wasserkraftanlage Unkelmühle an der Sieg.....	27
Abb. 8:	Ethohydraulische Untersuchungen an der TU Darmstadt: Durch Impingement hilflos an die Rechenfläche gepresster Aal	28
Abb. 9:	Zick-Zack Rohr als Bypasslösung für Blankaale	28
Abb. 10:	Laborrinne (oben) vom Einlauf aus gesehen; Rinnenabschnitt mit seitlichem Abzweig zum Nebenkompartment (links unten); modulare Einbauten (rechts unten)	33
Abb. 11:	Fluchtsperre mit Deckel am Einlauf in die Laborrinne.....	33
Abb. 12:	Einbauten in der Laborrinne	34
Abb. 13:	Mit einer Fadenharfe wird der Strömungsverlauf vor einer Bypassöffnung sichtbar.....	36
Abb. 14:	Hydrometrische Messgeräte zur Erfassung von punktuellen Fließgeschwindigkeiten und -richtungen	36
Abb. 15:	Exemplarische Darstellung eines Messrasters mit etwa 700 Messpunkten	37
Abb. 16:	Beobachtungsstand, von dem aus das Verhalten der Fische in der Laborrinne direkt beobachtet, fotografiert und gefilmt wurde	38
Abb. 17:	Realisierte Setup-Komplexe für die ethohydraulischen Tests	40
Abb. 18:	Vorbild für das Setupkomplex „Vertikalrechen“ ist das Wasserkraftwerk Pointis an der Garonne (Frankreich).....	41
Abb. 19:	Ethohydraulisch getestete Bypassöffnungen.....	42
Abb. 20:	Kubatur im Anschluss an die Öffnungsblende eines Bypasses.....	43
Abb. 21:	Getestete Positionen von Bypassöffnungen	44

Abb. 22: Anschluss des Nebenkompiments zur Untersuchung der Auffindbarkeit und Akzeptanz seitlich abzweigender Bypassöffnungen	45
Abb. 23: Modifikation des Setup-Komplex „Vertikalrechen“ mittels Nebenkompiment.....	45
Abb. 24: Aufbau der verwendeten Vertikal- und Horizontalrechen	46
Abb. 25: Hälterbecken mit zwei aufgeklappten Deckeln sowie für eine Reinigung entnommener Zwischenwände aus Lochblech.....	47
Abb. 26: Kapitaler Blankaal	49
Abb. 27: Silbrig umgefärbter Lachs-Smolt.....	50
Abb. 28: Potamodromer Wels (<i>Silurus glanis</i>) aus der Lahn im ethohydraulischen Versuch	51
Abb. 29: Zwei potamodrome Hechte (<i>Esox lucius</i>).....	51
Abb. 30: Startkäfig mit Lachs-Smolts in der Laborrinne.....	54
Abb. 31: Das strukturierte Berechnungsgitter als Grundlage der hydrodynamisch-numerischen Strömungssimulation	55
Abb. 32: Vergleich zwischen gemessener Situation (oben) und mit dem kalibrierten HN-Modell berechneter Situation (unten)	57
Abb. 33: Exemplarische Darstellung eines Isotachen- (oben), Vektor- (Mitte) und Stromliniendiagramms (unten)	59
Abb. 34: Darstellung ethohydraulischer Signaturen für ein gegebenes Setup	61
Abb. 35: Zugehöriges Stromlinienbild für das Setup aus Abbildung 34	62
Abb. 36: Schema der Position von Abwanderkorridoren und Bypässen am Kraftwerksstandort „Auer Kotten“	65
Abb. 37: Raugerinne-Beckenpass am Ausleitungswehr „Auer Kotten“	66
Abb. 38: Unterwassergraben des Kraftwerks mit danebenliegendem Einstieg in den neu erbauten Schlitzpass	67
Abb. 39: Einlaufbauwerk der Wasserkraftanlage in gelenztem Zustand	67
Abb. 40: Lage der Messraster beim Smoltbypass (oben) und Vektordarstellung des charakteristischen Strömungsverlaufs (unten)	71
Abb. 41: Lage der Messraster beim oberflächennahen Bypass (oben) und Vektordarstellung des Strömungsverhaltens in den gemessenen Ebenen (unten).....	72
Abb. 42: Lage der Messraster beim Einlauf Schlitzpass (oben) und Vektordarstellung des Strömungsverhaltens in den gemessenen Ebenen (unten).....	73
Abb. 43: Ablauf einer hydrodynamisch-numerischen Modellierung	74
Abb. 44: Das dreidimensionale HN-Modell „Auer Kotten“	75

Abb. 45: Berechnete Fließgeschwindigkeiten als Isotachendiagramm (oben) und Stromliniendarstellung der Strömungsverläufe (unten) im kalibrierten HN-Modell „Auer Kotten“	76
Abb. 46: Stromliniendarstellung im Nahfeld des Smoltbypass. Im gelb umkreisten Bereich (unten) ist deutlich der Wiederaustritt eines Teils der Strömung aus dem Smoltbypass zu erkennen	77
Abb. 47: Stromliniendarstellung im Nahfeld der oberflächennahen Bypassöffnung.....	78
Abb. 48: Stromliniendarstellung im Nahfeld des Einstiegs in den Schlitzpass	78
Abb. 49: Isotachendarstellung der berechneten Fließgeschwindigkeiten (oben) und Stromliniendarstellung der Strömungsverläufe (unten) für die Variante „Spülschütz offen“	80
Abb. 50: Stromliniendarstellung für die Variante „Smoltbypass geschlossen“	81
Abb. 51: Stromliniendarstellung für die Variante „oberflächennaher Bypass geschlossen“	81
Abb. 52: Funktionsprinzip der HDX-Technologie	82
Abb. 53: HDX-Transponder zur individuellen Markierung von Fischen	82
Abb. 54: Am Gewässergrund des Mutterbettes vom „Auer Kotten“ fixierte „schwimm drüber“-Antenne (links) und Montage der 6 x 4 m großen „schwimm durch“-Rahmenantenne im Auslauf des Krafthauses (rechts).....	83
Abb. 55: Intraabdominale Transpondierung eines Aals.....	83
Abb. 56: Setup mit Wand und seitlich davon sohlen- und oberflächennah angeordneten rechteckigen Bypassöffnungen	88
Abb. 57: Setup mit Vertikalrechen und seitlich davon sohlen- und oberflächennah angeordneten rechteckförmigen Bypassöffnungen	88
Abb. 58: Setup mit Schrägrechen und abstrom anschließendem sohlennahem rechteckigem Bypass	89
Abb. 59: Setup mit Schrägrechen und abstrom anschließendem, orthogonal aus der Laborrinne abzweigendem sohlennahem Bypass mit kreisförmiger Öffnung	89
Abb. 60: Kreisförmige Bypassöffnung mit anschließender röhrenförmiger Kubatur aus Plexiglas.....	90
Abb. 61: Wertebereiche der Fließgeschwindigkeit bezüglich der positiven Rheotaxis	91
Abb. 62: Schematische Verteilung von Reaktionsräumen im Versuchsstand, in denen die Probanden ein bestimmtes Verhalten zeigten	92
Abb. 63: Definition von Längs-, Quer- und Hochachse im Schiffsbau (oben) und Prinzip einer Gierfähre, die ohne Motorkraft einen Fluss überquert (unten)	94
Abb. 64: Scherbrett mit einem Fangsack, dem so genannten Hamen	95

Abb. 65: Schwimmkörper des Scherbretthamens des Fischereibetriebs Gebr. Dobberschütz an der Weser	95
Abb. 66: Hochachse eines Fisches und Gierbewegung	96
Abb. 67: Fische vor einer schräg zur Anströmung stehenden Abwanderbarriere.....	96
Abb. 68: Mit einer Fadenharfe sichtbar gemachter Verlauf von Stromlinien.....	97
Abb. 69: Schematische Verteilung von Reaktionsräumen im Versuchsstand, in denen die Probanden ein bestimmtes Verhalten zeigten	97
Abb. 70: Reaktionsraum vor einer Bypassöffnung	100
Abb. 71: Skizze zur Definition der Reaktionsraumlänge R_c	101
Abb. 72: Der Hecht ist ein Einzelgänger	102
Abb. 73: Gemischtartenverband aus Barben und Döbeln annähernd gleicher Größe.....	103
Abb. 74: Schwarmverband von Lachs-Smolts.....	104
Abb. 75: Ein Wächter verteidigt die Bypassöffnung gegen Artgenossen.....	104
Abb. 76: Einfluss von Territorialverhalten bei Lachs-Smolts auf die Anzahl der Passagen einer Bypassöffnung.....	105
Abb. 77: Kumulationskurve von Passagen für den Vergleich der Aktivität derselben Gruppe von Lachs-Smolts an zwei aufeinander folgenden Versuchstagen unter gleichen Versuchsbedingungen	106
Abb. 78: Mit dem Kopf voran mit der Strömung auf die Abwanderbarriere zuschwimmende und -driftende Aale	107
Abb. 79: Vergleich der Passagehäufigkeit einer oberflächennahen und einer sohlennahen Bypassöffnung beim Setup-Komplex „Wand“ (links) und beim Komplex „Vertikalrechen“ (rechts) für Aale.....	108
Abb. 80: Vergleich der Passagezahlen durch eine oberflächen- und eine sohlennahe Bypassöffnung durch Lachs-Smolts	109
Abb. 81: Die Auslenkung der Fäden einer Fadenharfe zeigen, dass der Lachs-Smolt einer Teilströmung folgt, die eine oberflächennahe Bypassöffnung anströmt.....	110
Abb. 82: Vergleich der Annahme einer oberflächen- und einer sohlennahen Bypassöffnung durch potamodrome Arten	111
Abb. 83: Von Aalen präferierte Kontur einer Bypassöffnung in Abhängigkeit vom Typ der Abwanderbarriere	112
Abb. 84: Von Lachs-Smolts präferierte Kontur einer Bypassöffnung in Abhängigkeit von der Abwanderbarriere	113
Abb. 85: Von Lachs-Smolts präferierte Kubatur einer Bypassöffnung	114
Abb. 86: Bewegungsstudie der rückwärtigen Passage eines Karpfens durch eine rechteckige Bypassöffnung.....	114

Abb. 87: Von der Gruppe potamodromer Arten präferierte Bypasskontur	115
Abb. 88: Auswirkung einer massereichen Hauptströmung auf den Teilabfluss eines Bypasses.....	117
Abb. 89: Einschnürung der Strömung hinter einer durchflossenen Öffnung infolge der Strömungsumlenkung an den Öffnungskanten	118
Abb. 90: Vergleich der Strömungseinschnürung hinter einer kreisförmigen Bypassöffnung (links) und einer nahezu flächengleichen quadratischen Bypassöffnung (rechts)	119
Abb. 91: Vergleich der Geschwindigkeitsprofile innerhalb einer röhrenförmigen (links) und einer eckigen (rechts) Kubatur hinter Bypassöffnungen	120
Abb. 92: Numerische Analyse der Strömungssignaturen innerhalb von Konfusoren für verschiedene Bypassöffnungskonturen.....	121
Abb. 93: Der Einstieg in den Schlitzpass und der Querschnitt des Spülschützes stellen am Kraftwerk „Auer Kotten“ aufgrund ihrer großflächigen Öffnungen attraktive Abwanderkorridore dar	122
Abb. 94: Durchschnittliche Anzahl von Passagen eines Bypasses von Aalen in Abhängigkeit von der Anströmgeschwindigkeit der Bypassöffnung.....	123
Abb. 95: Scheureaktion eines Aals mit Kehrtwende in einer Bypassöffnung.....	123
Abb. 96: Kumulierte Darstellung der Abfolge von Passagen von Aalen in einen Bypass hinein bei unterschiedlicher Anströmung seiner Öffnung	124
Abb. 97: Durchschnittliche Anzahl von Passagen eines Bypasses von Lachs-Smolts in Abhängigkeit von der Anströmgeschwindigkeit der Bypassöffnung.....	125
Abb. 98: Durchschnittliche Anzahl von Passagen eines Bypasses von Lachs-Smolts in Abhängigkeit von Barrieretyp und Anströmgeschwindigkeit der Bypassöffnung	125
Abb. 99: Kumulierte Darstellung der Abfolge der Passagen von Lachs-Smolts in einen Bypass hinein bei unterschiedlicher Anströmung der Öffnung	126
Abb. 100: Auffindbarkeit eines Bypasses für Lachs-Smolts in Abhängigkeit von der Anströmung eines Schrägrechens	127
Abb. 101: Anzahl von Passagen eines Bypasses von Potamodromen in Abhängigkeit von der Anströmgeschwindigkeit der Bypassöffnung und der Rechenanströmung.....	128
Abb. 102: Isometrische Darstellung von Strömungsmessdaten aus dem Setup-Komplex „Vertikalrechen“ mit runder Bypassöffnung für unterschiedliche Anströmgeschwindigkeiten.....	130
Abb. 103: Phasen des Umkehrverhaltens von Aalen	132
Abb. 104: Umkehr- und Fluchtverhalten von Aalen an einem Vertikalrechen mit in Hauptfließrichtung angeordneten Bypassen.....	133

Abb. 105: Umkehr- und Fluchtverhalten von Aalen an einem Schrägrechen mit einem 90° zur Fließrichtung angeordneten Bypass	133
Abb. 106: Anteile verschiedener Verhaltensweisen von Aalen bei der Annäherung an eine Rechen-Bypass-Konstellation	134
Abb. 107: Verhalten von Lachs-Smolts vor einer Wand mit zwei seitlich angeordneten Bypassöffnungen	135
Abb. 108: Ein Schwarm Lachs-Smolts hält deutlichen Abstand zu einer angeströmten Wand.....	135
Abb. 109: Verhalten von Lachs-Smolts vor einem Vertikalrechen mit zwei seitlich angeordneten Bypassöffnungen	136
Abb. 110: Lachs-Smolts im Reaktionsraum vor einem Bypass seitlich des Vertikalrechens	137
Abb. 111: Stromabwärts entlang eines Schrägrechens auf den am abstromigen Ende positionierten Bypass zu gierende Lachs-Smolts.....	138
Abb. 112: Konzentration von Lachs-Smolts vor dem Bypass am abstromigen Ende eines Schrägrechens.....	138
Abb. 113: Reaktion der Lachs-Smolts auf einen orthogonal zur Strömungsrichtung angeordneten Bypass	139
Abb. 114: Lachs-Smolts unmittelbar vor der 90° Bypassöffnung orthogonal zur Anströmung des Schrägrechens.....	139
Abb. 115: „Abtauchen“ der Nahfeldströmungen vor der Bypassöffnung.....	140
Abb. 116: Vergleich der Akzeptanz von Lachs-Smolts bei unterschiedlich zur Fließrichtung an unterschiedlichen Abwanderbarrieren angeordneten Bypässen	141
Abb. 117: Scheu- und Fluchtreaktion eines Welses vor einer Bypassöffnung	142
Abb. 118: Wels, der bei einer Anströmgeschwindigkeit $v_{\text{Rechen}} = 0,8 \text{ m/s}$ an den Vertikalrechen angepresst wird.....	142
Abb. 119: Auch potamodrome Arten zeigten wenig Interesse an einem orthogonal zur Hauptströmung angeordneten Bypass.....	143
Abb. 120: Vergleich der Akzeptanz von 0° und 90° zur Fließrichtung an unterschiedlichen Abwanderbarrieren angeordneter Bypässe für Potamodrome.....	144

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Zeitfenster der ethohydraulischen Tests mit Lachs-Smolts, verschiedenen potamodromen Arten und Aalen an der TU Darmstadt	20
Tab. 2:	Verfügbare Bemessungskriterien für Bypässe in Deutschland	29
Tab. 3:	Artspektrum, Anzahl und Länge der Probanden	52
Tab. 4:	Transdisziplinäre Verschneidung biologischer und ingenieurspezifischer Arbeiten im Rahmen des BfN-Projekts.....	63
Tab. 5:	Abwanderkorridore und Bypässe am „Auer Kotten“	66
Tab. 6:	Aufteilung der abgewanderten Aale und Lachs-Smolts auf die einzelnen Wanderkorridore und Bypässe am „Auer Kotten“ (Untersuchungszeitraum Oktober 2013 bis Oktober 2015).....	84
Tab. 7:	Übersicht der baulichen und hydraulischen Parameter, Einstellungen und Zielarten, mit denen ethohydraulische Tests durchgeführt wurden	87
Tab. 8:	Günstige Anströmgeschwindigkeiten vor einer Abwanderbarriere in Kombination mit einer Bypassöffnung	131
Tab. 9:	Aus dem vorliegenden F+E-Vorhaben ergänzt um andere Quellen resultierende Erkenntnisse und Empfehlungen für Abwanderbarrieren mit Bypässen sowie fischrelevante hydraulische Grenzwerte für deren Betrieb.....	147

Vorwort

Anthropogene Einflüsse haben die aquatischen Lebensräume von Pflanzen und Tieren stark verändert. Der Ausbau der Fließgewässer hat in den vergangenen Jahrzehnten dazu geführt, dass die Durchgängigkeit für die Lebewesen in vielen Gewässern in Deutschland durch Querbauwerke, wie Staustufen oder Wasserkraftanlagen, eingeschränkt bzw. vollständig unterbrochen ist. Artspezifische Wanderbewegungen sind nur noch begrenzt möglich. Bei den Fischen betrifft dies sowohl den Auf- als auch den Abstieg in den Fließgewässern.

Eine möglichst uneingeschränkte Durchwanderbarkeit vom Meer bis zu den Laichhabitaten in den Flussoberläufen (diadrome Fischarten) sowie innerhalb des Fließgewässersystems (potamodrome Fischarten) ist deshalb ein zentrales Ziel von Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern. Die Europäische Aalverordnung (VO EG Nr. 1100/2007), die EG-Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG), die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (RL 92/43/EWG) und das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) stecken den gesetzlichen Rahmen dafür ab.

Anlagen für den Fischaufstieg sind bereits gut untersucht und die fundierten Erkenntnisse sind bereits in ein praxisorientiertes Regelwerk zur Gestaltung, Bemessung und Qualitätssicherung umgesetzt (DWA-M 509). Es fehlen aber noch wesentliche Grundlagen für den Bau von Anlagen für den Fischabstieg. Die Entwicklung von funktionsfähigen Abstiegseinrichtungen, welche an kleinen und großen Wasserkraftanlagen die abwärts gerichtete Wanderbewegung für alle Fischarten und alle Altersstufen zuverlässig ermöglichen, ist aber eine weitere, zwingend notwendige Voraussetzung für den langfristigen Erhalt und den Wiederaufbau einer stabilen Fischfauna.

Mit diesem Vorhaben wurden wichtige Erkenntnisse zum Orientierungs- und Suchverhalten abwandernder Fische im Nahbereich von Bypassöffnungen und Fischschutzeinrichtungen gewonnen. Darüber hinaus konnte aufgezeigt werden, dass die Kombination von Freiland- und Laboruntersuchungen die Aussagekraft der Ergebnisse zum Verhalten von Fischen deutlich verbessert. Diesen Kenntnisstand gilt es kontinuierlich weiter zu verbessern, um möglichst zügig zu naturschutzfachlich sinnvollen und rechtssicheren Lösungen für den Fischabstieg zu kommen.

Prof. Dr. Beate Jessel
Präsidentin des Bundesamtes für Naturschutz (BfN)

1 Einleitung

1.1 Veranlassung und Ziele des F+E-Vorhabens

Die Wiederherstellung der stromauf- und stromabwärts gerichteten Durchgängigkeit von Fließgewässern für die aquatische Flora und Fauna ist als ein wichtiger Faktor zur Verbesserung des ökologischen Zustands dieser Ökosysteme und damit als Lebensgrundlage für den Menschen erkannt und als gesellschaftspolitisches Ziel weitgehend akzeptiert (Richtlinie 2000/60/EG, WRRL). Infolge der Novellierung des Wasserhaltungsgesetzes sind nach § 35 an Wasserkraftanlagen daher geeignete Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulationen zu ergreifen. Nach dem derzeitigen Stand von Wissen und Technik bedeutet dies konkret, dass Fischen sowohl eine auffindbare Passagemöglichkeit zur stromauf- und -abwärts gerichteten Wanderung, als auch ein Schutz zur Verhinderung ihrer Schädigung in für sie gefährlichen Bereichen, wie Einlaufrechen oder Turbinen ergriffen werden muss.

Die Europäische Aalverordnung (VO EG Nr. 1100/2007), die EG-Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG) und die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (RL 92/43/EWG) machen ebenfalls Maßnahmen zum Schutz wandernder Fische und für den Erhalt von Fischarten notwendig. Zudem ist die Inanspruchnahme einer erhöhten Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) an die Umsetzung ökologischer Verbesserungen am Standort der Wasserkraftanlage gebunden. Im Gegensatz zu den Funktionszusammenhängen beim Fischaufstieg fehlen für den Fischabstieg noch wesentliche Grundlagen. Die Entwicklung von funktionsfähigen Fischabstiegseinrichtungen, welche die abwärts gerichtete Durchgängigkeit beim Betrieb kleiner und großer Wasserkraftanlagen zuverlässig und mit einem hohen Wirkungsgrad gewährleisten, ist jedoch eine wesentliche Voraussetzung für die Erreichung des „guten ökologischen Zustandes“ bzw. des „guten ökologischen Potenzials“ gemäß WRRL. Es gibt erste Kenntnisse zum Verhalten von Fischen vor den Fischschutzeinrichtungen von Wasserkraftanlagen wonach die derzeit zugrunde gelegten geometrischen und hydraulischen Bemessungswerte für den Bau der Schutzeinrichtungen nicht ausreichend scheinen, um die abwärtsgerichtete Durchgängigkeit sicherzustellen.

Bezüglich auffindbarer und passierbarer Fischaufstiegsanlagen hat sich aufgrund langjähriger Erfahrungen aus Feldversuchen und ethohydraulischen Laboruntersuchungen ein Stand der Technik ergeben, welcher Grenz- und Richtwerte definiert und konkrete Konstruktions- und Bemessungsempfehlungen gibt (DWA 2014). Damit lassen sich an Aufwanderhindernissen funktionsfähige Fischaufstiegsanlagen unterschiedlichen Typs errichten.

Stromabwärts wandernde Fische unterliegen hingegen bei der Überwindung von Wasserkraftanlagen und Wasserausleitungsbauwerken nach wie vor einem hohen Risiko, verletzt oder sogar getötet zu werden. Abhilfe könnten wirksame Fischschutzanlagen in Kombination mit alternativen Abwanderkorridoren – die auch als Bypässe bezeichnet werden – schaffen, von denen allerdings in Deutschland bisher nur wenige installiert

sind. Zudem wurden solche Anlagen bisher nur in Einzelfällen einer belastbaren Überprüfung ihrer Wirksamkeit unterzogen und wenn, erwies sich die überwiegende Mehrzahl als bestenfalls unbefriedigend funktionstüchtig (Abb. 1).

Ein wesentlicher Grund für fehlende Funktionskontrollen besteht unter anderem darin, dass es mit konventionellen fischereilichen Methoden kaum möglich ist, alle an einem Standort vorhandenen potentiellen Wanderkorridore zeitgleich rund ums Jahr zu kontrollieren, um Erkenntnisse über präferierte Abwanderkorridore zu erhalten. Diese fehlenden Kenntnisse über das Verhalten abwandernder Fische bei der Annäherung an ein Wanderhindernis (mit und ohne Wasserkraftanlage) und der Faktoren, die über die Auffindbarkeit und Akzeptanz alternativer Abwanderkorridor entscheiden, verhindern letztlich die Entwicklung wirksamer Schutz- und Bypasssysteme für abwandernde Fische.