Weichert, Roman; Kampke, Wolfgang; Deutsch, Lisa; Scholten, Matthias

Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern

Verfügbar unter / Available at:

<https://hdl.handle.net/20.500.11970/100664>

Vorgeschlagene Zitierweise / Suggested citation:

Weichert, Roman; Kampke, Wolfgang; Deutsch, Lisa; Scholten, Matthias (2013): Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern. In: Wasserwirtschaft Jg. 103 (1-2/2013). S. 33-38.

Erstveröffentlichung in WasserWirtschaft 1/2 (2013), S. 33-38.

Für eine korrekte Zitierbarkeit ist die Seitennummerierung der Originalveröffentlichung für jede Seite kenntlich gemacht.

S. 33

Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern

Roman Weichert, Wolfgang Kampke, Lisa Deutsch und Matthias Scholten

Im Spannungsfeld zwischen Ökologie und wirtschaftlicher Nutzung der Wasserkraft kommt der Fragestellung der erforderlichen Dotationswassermenge zur Gewährleistung der Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen eine hohe Relevanz zu. Im Beitrag wird über den aktuellen Stand der Technik hinsichtlich der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen, Erkenntnisse aus neueren Untersuchungen, Empfehlungen sowie aktuelle Forschungsaktivitäten berichtet.

1 Einleitung

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG) seit dem 1. März 2010 verpflichtet, die ökologische Durchgängigkeit an den Stauanlagen, die von ihr errichtet oder betrieben werden, zu erhalten oder wieder herzustellen, soweit dies für die Erreichung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erforderlich ist. Die Bundeswasserstraßen (BWaStr) werden in allen Bewirtschaftungsplänen nach WRRL als prioritäre Wanderrouten für die Fischfauna der Fließgewässer ausgewiesen und nehmen daher innerhalb der Flusseinzugsgebiete eine wichtige ökologische Funktion ein. Darüber hinaus gelten die Defizite in der ökologischen Durchgängigkeit als wesentliche Ursache für den oft mäßigen bis schlechten ökologischen Zustand der Fließgewässer.

Vor diesem Hintergrund und angesichts der zu erwartenden Kosten kommt der sorgfältigen Planung und Umsetzung der notwendigen Maßnahmen eine wesentliche Funktion zu, um die gesetzten Ziele ökologisch und ökonomisch effizient zu erreichen. Hierbei wird die WSV von den Bundesanstalten für Gewässerkunde (BfG) und Wasserbau (BAW) beraten. Diese Beratung umfasst u. a. die Analyse vorhandener Fischaufstiegsanlagen (FAA), die Sicherung der fischökologischen und hydraulisch-technischen Qualität bei der Planung und Umsetzung der Maßnahmen sowie die abschließende Bewertung der Funktionsfähigkeit der Anlagen [14].

Fragestellungen zu FAA werden generell in die Themenbereiche der Auffindbarkeit im Unterwasser des Bauwerks und der Passierbarkeit der Anlage untergliedert. Während die Passierbarkeit weitestgehend unabhängig von der Größe des Fließgewässers ist, spielt dieser Aspekt bei der Auffindbarkeit eine gewichtige Rolle. Je größer die Gewässerbreite, desto unwahrscheinlicher ist, dass der aufstiegswillige Fisch den Einstieg einer FAA verzögerungsfrei findet. In diesem Kontext kommt der sogenannten Leitströmung eine besondere Bedeutung zu. Ziel der Leitströmung ist es, im Unter-

wasser der FAA einen unterbrechungsfreien Wanderkorridor zu schaffen, der dem Fisch bereits möglichst weit im Unterwasser signalisiert, wo eine Aufstiegsmöglichkeit vorhanden ist.

Der vorliegende Artikel befasst sich mit den Grundlagen der Leitströmung, fokussiert auf die Frage der Dotationswassermenge und stellt die Untersuchungen der BAW und BfG auf diesem Gebiet vor.

2 Grundlagen der Leitströmung und Stand der Technik

2.1 Grundlagen der Leitströmung

Der Einsatz und die Bemessung einer Leitströmung zur Auffindbarkeit von FAA leiten sich aus dem Orientierungsverhalten und der Schwimmfähigkeit bzw. Schwimmleistung der Fische während der Wanderung ab. Fische orientieren sich während ihren Wanderungen an hydraulischen, morphologischen und ggf. anderen abiotischen Faktoren [21], [23], [29]. Insbesondere die Seitenlinie der Fische ist für die Wahrnehmung von hydraulischen und hydrodynamischen Gradienten ausgelegt [4]. Dieses einzigartige Organ der Fische detektiert die relative Bewegung des Tieres zum umgebenden Wasser und kann diese in unmittelbarer Umgebung zum Tier räumlich fein auflösen [4]. Sie unterstützt dabei Verhaltensprozesse wie Rheotaxis (Ausrichtung in der Strömung), Detektion von Hindernissen in der Strömung, Wahrnehmung von Turbulenzen, Bewegungen von Prädatoren oder Beutetieren (u. a. [5], [24]).

Diese sinnesphysiologische Fähigkeit der Fische führt dazu, dass hydraulische Muster und Gradienten im Unterwasser von Querbauwerken (u. a. Wasserkraftwerken) von Fischen genutzt werden können, um die Einstiege von FAA zu detektieren [25]. Zusätzlich entscheidet das Verhältnis von Strömungsgeschwindigkeit und der art- und größenabhängigen Schwimmkapazität der Fische über die Passierbarkeit des Wanderkorridors im Unterwasser der Stauanlage.

Gemäß DWA-M 509 [7] hängt die Attraktivität der Leitströmung von den folgenden Parametern ab: Dem Austrittswinkel der Strömung in das Unterwasser, den im Unterwasser herrschenden Strömungsverhältnissen, der Strömungsge-

schwindigkeit, der Dotation und dem Strömungsimpuls. Während die geometrische Ausgestaltung des Einstiegs der FAA, die dort vorhandene Austrittsgeschwindigkeit sowie der entsprechende Abfluss Bemessungsgrößen der FAA sind, werden die Strömungsverhältnisse im Unterwasser der Stauanlage durch deren bauliche und betriebliche Randbedingungen bestimmt. Häufig wird an den Stauanlagen der BWaStr die Stauhöhe zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt. Dies hat zur

Autorenfassung

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, 2013

Folge, dass bei den meisten der für den Fischaufstieg relevanten Abflusszustände der Abfluss aus der Wasserkraftanlage die Strömungssituation im Unterwasser der Stauanlage dominiert. Da der Einstieg einer FAA unmittelbar am Querbauwerk im Bereich der Hauptströmung zu platzieren ist [7], findet somit eine unmittelbare Interaktion der Abströmung aus der Wasserkraftanlage mit den Abflüssen aus der FAA statt.

Zwischen den geometrischen Abmessungen des Einstiegs (Querschnittsfläche A), der Fließgeschwindigkeit v im Einstieg der FAA sowie dem Abfluss Q aus der FAA besteht über die Kontinuitätsgleichung ein direkter Zusammenhang ($Q = v \cdot A$). Der im Unterwasser der Stauanlage wirksame Abfluss der FAA setzt sich hierbei zusammen aus dem Abfluss innerhalb der FAA sowie einer ggf. erforderlichen zusätzlichen Dotationswassermenge, die im unteren Bereich der FAA hinzugegeben wird. Ein Grund für diese insbesondere an größeren Fließgewässern erforderliche Zusatzdotationswassermenge ist, dass der Abfluss der FAA dort in der Regel nicht ausreicht, um eine im Unterwasser wahrnehmbare Leitströmung zu erzeugen. Die Aufgabe bei der Bemessung des Einstiegs der FAA besteht letztendlich darin, die Bemessungsgrößen so zu wählen, dass im Unterwasser eine für den Fisch funktionelle Leitströmung gewährleistet ist und gleichzeitig den Anforderungen des Fisches an die Gestaltung des Einstiegs Rechnung getragen wird.

So gibt es hinsichtlich der maximalen Fließgeschwindigkeit Begrenzungen, die aus der Schwimmfähigkeit der Zielfischarten resultieren. Hierzu existieren in der Literatur Angaben, die jedoch eine große Bandbreite aufweisen [10], [27]. Auch Breite und Höhe des Einstiegs sind auf die jeweils zu betrachtenden Fischarten und deren Anforderungen hinsichtlich des erforderlichen Platzbedarfs beim Einschwimmen in die Anlage anzupassen (siehe hierzu z. B. [7]). Neben den für die Funktionsfähigkeit einer FAA zwingend zu erfüllenden Anforderungen sind an Standorten mit Wasserkraftanlagen die Belange der Wasserkraftnutzung zu beachten.

2.2 Internationale Richtlinien im Vergleich

Hinsichtlich der erforderlichen Dotationswassermengen von FAA werden sowohl in deutschen als auch in internationalen Richtlinien und Standardwerken Angaben gemacht, wobei diese sich stark in ihrer Ausführlichkeit und Aussage unterscheiden [28]. Im Folgenden soll ein Überblick über die Angaben zur erforderlichen Dotationswassermenge in bestehenden Werken sowohl aus Deutschland als auch dem internationalen Raum gegeben werden. Es werden lediglich die Quellen aufgeführt, welche Angaben zu Orientierungswerten machen. Es erfolgt demnach keine vollständige Übersicht über sämtliche internationalen Regelwerke. Angaben zu kleinen Gewässern werden nicht berücksichtigt.

Deutschland

Der in Deutschland gültige Stand der Technik und des Wissens wird im Wesentlichen im DWA-Merkblatt DWA-M 509 [7] festgehalten, das Anfang 2013 in der Endfassung erscheinen soll. Dort wird gemäß Erfahrungen aus Frankreich als Orientierungswert für die Bemessung der Anteil der Leitströmung am Gesamtabfluss mit ca. 1 bis 5 % des konkurrierenden Abflusses angeführt. Des Weiteren wird Larinier [16] zitiert, der gemäß DWA-M 509 [7] für große Flüsse mit einem Mittel-

Autorenfassung

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, 2013

wasserabfluss von mehreren 100 m³/s bei der Bemessung der Leitströmung mit einem Orientierungswert von 1 bis 1,5 % der Ausbauwassermenge der Wasserkraftanlage kalkuliert.

Ein von der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie herausgegebener Bericht [30] fordert als Gesamtabfluss der FAA für Verbindungsgewässer mindestens 2 bis 5 %, für Nebengewässer 5 bis 10 % des konkurrierenden Abflusses. Dieser wird hier für ungenutzte Querbauwerke als MQ definiert, für Standorte mit Wasserkraftnutzung als Ausbaudurchfluss des Kraftwerks.

Das „Handbuch Querbauwerke“ von Dumont et al. [6] zitiert Larinier [18], wo 1 bis 5 % des konkurrierenden Abflusses für große Gewässer empfohlen werden. Der konkurrierende Abfluss wird nicht näher definiert.

Das „Praxishandbuch Fischaufstiegsanlagen in Bayern“ [20] zitiert zum Thema Leitströmung Jungwirth et al. [11], Katopodis [13], Larinier [18] und DWA [7]. Als Orientierungswert bei suboptimaler Einstiegssituation wird für den Gesamtabfluss der FAA ein Wert von 1 bis 3 % MQ, ggf. auch mehr, gefordert. Die erforderliche Wassermenge bei optimaler Einstiegsgestaltung wird nicht näher benannt.

Frankreich

Der für Frankreich gültige Stand der Technik und des Wissens zum Thema Leitströmung und Dotation wird in Larinier [18] festgehalten. Hier wird als genereller Richtwert für den Gesamtabfluss der FAA etwa 1 bis 5 % des konkurrierenden Abflusses empfohlen, wobei nicht näher definiert ist, was unter „konkurrierendem Abfluss“ zu verstehen ist. Zusätzlich zu diesen Anhaltswerten werden Erfahrungen von großen französischen Gewässern aufgeführt (s. o.). Dort scheinen als Gesamtabfluss der FAA für den geringsten Bemessungsabfluss ca. 10 % MNQ und für den höchsten Bemessungsabfluss 1 bis 1,5 % desselben ausreichend, wobei der höchste Bemessungsabfluss nach Larinier [18] i. d. R. etwa einem Wert von 2 MQ entspricht.

England und Wales

Das für England und Wales gültige „Environment Agency Fish Pass Manual V2.2“ [2] zitiert Larinier [18] sowie einen Bericht des National Marine Fisheries Service [26]. Für Gewässer in England und Wales wird allgemein ein Gesamtabfluss der FAA von 5 %, wenn möglich mehr (≥ 10 %), des mittleren Tagesabflusses empfohlen. Bei Standorten mit Wasserkraftanlagen wird empfohlen, den Gesamtabfluss der FAA auf 5 bis 10 % des maximalen Turbinendurchflusses zu regeln, wobei bei nicht optimal positioniertem Einstieg die Tendenz zum höheren Abflusswert gehen sollte.

Niederlande und Flandern

Der Standard für die Niederlande und Flandern wird in Kroes et al. [15] festgehalten. Auch hier wird auf die französischen Richtwerte verwiesen und von 10 % des Abflusses bzw. 1,0 bis 1,5 % von HQ als Gesamtabfluss für die FAA ausgegangen.

Autorenfassung

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, 2013

Österreich

In Österreich existiert die „Grundlage für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von FAH“ [1]. Zum Thema Dotationswas-

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern. WasserWirtschaft 1/2 (2013), S. 33-38.

S. 35

sermengen werden Larinier [18], [19], Dumont et al. [6], Bell [3] und Jungwirth et al. [11] zitiert. Hieraus abgeleitet wird für den Gesamtabfluss der FAA ein Wert von mindestens 1 bis 5 % des konkurrierenden Abflusses gefordert, wobei daraufhingewiesen wird, dass „in spezifischen Situationen [...] bzw. zu manchen Zeiten deutlich mehr (bis rund 10 %) notwendig sein kann“. Der konkurrierende Abfluss wird nicht näher definiert.

Schweiz

Der für die Schweiz gültige Stand der Technik ist in [8] festgehalten. Hier werden mit Verweis auf Bell [3], Larinier [18], Dumont et al. [6] und Larinier [19] für den Gesamtabfluss der FAA 1 bis 5 % der effektiv turbinierten Wassermenge gefordert.

Tschechische Republik

Für die Tschechische Republik liegt die Norm TNV 75 2321 [22] vor. Hier wird für Gewässer mit $Q_{330} > 10 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Hauptwanderzeit ein Gesamtabfluss der FAA von 1 bis 5 % des Gesamtabflusses gefordert.

USA

Ein in den USA vom National Marine Fisheries Service herausgegebener Bericht [26] fordert für Flüsse mit einem mittleren Jahresabfluss größer $\sim 28 \text{ m}^3/\text{s}$ als Gesamtabfluss für die FAA bis 10 %, unter Umständen auch $> 10 \%$, des fish passage design high flow. Dies ist der Abflusswert, der an 5 % des Zeitraums einer Migrationsperiode überschritten wird (wobei hier die Aufzeichnungen der Abflüsse der vorangegangenen 25 Jahre herangezogen werden sollen). Es ist zu beachten, dass in diesem Bericht nur Salmoniden betrachtet werden.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Vorgaben für den erforderlichen Gesamtabfluss der FAA stets im Verhältnis zu einem gegebenen standortspezifischen Abflusswert vorgegeben werden. In der Regel wird eine Spanne genannt, deren Größe mehrere Prozent beträgt. Als Bezugswert werden unterschiedliche Abflussgrößen verwendet (mittlerer Tagesabfluss, MNQ, Ausbaudurch-

fluss etc.), mehrfach wird der „konkurrierende Abfluss“ herangezogen, der jedoch lediglich in dem Bericht der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie [30] definiert wird. In allen anderen Werken bleibt der Begriff undefiniert und ist somit Auslegungssache.

Festzustellen ist zudem, dass Larinier [18] der einzige Autor ist, der das für die Bemessung relevante Abflussspektrum und somit den Einfluss der Strömungssituation im Unterwasser – wenn auch indirekt – konkret berücksichtigt.

3 Untersuchungen an BAW und BfG

Die im vorangegangenen Kapitel dargestellten Ansätze zeigen, dass klare Bemessungsregeln zur Festlegung der erforderlichen Dotationswassermenge nicht existieren. So ergibt beispielsweise die Anwendung der in DWA [7] genannten Richtwerte für den Standort Lauffen am Neckar eine Bandbreite von 0,4 bis 4,0 m³/s für den erforderlichen Gesamtabfluss in der FAA (Gesamtabfluss = FAA-Abfluss + Dotationsabfluss), je nach dem, ob für den konkurrierenden Abfluss die Ausbauwassermenge der fischpassnahen Turbine oder diejenige der gesamten Wasserkraftanlage herangezogen wird. Grund für die große Bandbreite an Richtwerten ist zum einen die große Anzahl und Komplexität der einwirkenden Parameter (z. B. Ausbauwassermenge, Turbinentyp, Drehrichtung der Turbine, Saugrohrgestaltung, Ober- und Unterwasserstand, Unterwassergeometrie) und der komplexen ökologischen Eigenschaften der Zielarten. Des Weiteren ist als Ursache der begrenzte Erfahrungsschatz mit wenigen aussagekräftigen Untersuchungen zur Wirkung der Leitströmung zu nennen. Infolge dessen ist die Anwendung pauschaler Richtwerte zwangsläufig mit Unsicherheiten behaftet.

Neben der Verwendung der Angaben aus der Literatur sind weitere Vorgehensweisen denkbar, mit denen die erforderliche Wassermenge zur Erzeugung einer Leitströmung im Unterwasser einer Stauanlage bestimmt werden kann:

- Übertragung von Erfahrungen anderer Standorte,
- Hydraulische Untersuchungen mittels numerischer oder physikalischer Modelle,
- Naturuntersuchungen am jeweiligen Standort.

Die aufgeführten Methoden unterscheiden sich im Wesentlichen hinsichtlich der verbleibenden Unsicherheiten, d. h. mit welcher Wahrscheinlichkeit der ermittelte Wert für die Dotationswassermenge mit den tatsächlichen Erfordernissen übereinstimmt. Diesem Mehr an Sicherheit bei der Bestimmung der Dotationswassermenge steht ein jeweils erhöhter Untersuchungsaufwand entgegen.

3.1 Forschungsaktivitäten von BAW und BfG

Die Forschungsaktivitäten von BAW und BfG zielen u. a. darauf ab, durch grundsätzliche hydraulische und fischbiologische Untersuchungen unter Anwendung physikalischer und numerischer Modelle sowie anhand von Naturuntersuchungen an bestehenden Anlagen die Wissensdefizite beim Thema FAA an BWaStr insbesondere zur Auffindbarkeit zu reduzieren. Ein Schwerpunkt liegt hier-

Autorenfassung

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, 2013

bei auf der konstruktiven Gestaltung des Einstiegsbereichs und der Analyse der notwendigen Dotationswassermenge. Diesen erhöhten Untersuchungsaufwand für jede neu zu errichtende FAA durchzuführen, ist nicht realistisch. Vielmehr muss es darum gehen, den Erfahrungsschatz grundsätzlich zu erweitern und Kriterien zu erarbeiten, die eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse von einem Standort auf andere Standorte ermöglichen.

Die größte Aussagekraft haben Naturuntersuchungen, d. h. hydraulische und fischbiologische Untersuchungen an Stauanlagen, an denen FAA realisiert worden sind. Diese Untersuchungen sind jedoch mit einem sehr hohen Aufwand verbunden und daher nur in Einzelfällen möglich. Seitens der BAW und BfG wurden aus diesem Grund Pilotstandorte ausgewählt, an denen offene Fragen im Themenfeld der ökologischen Durchgängigkeit insbesondere für die Verhältnisse an den BWaStr studiert und analysiert werden können, um in einem folgenden Schritt die erarbeiteten Erkenntnisse auf eine möglichst große Anzahl weiterer Anlagen übertragen zu können [12]. An diesen Standorten sollten maßgebende Randbedingungen bzw. Parameter aus den Bereichen Fischökologie, Hydraulik, Stauanlagenkonstruktion etc. repräsentativ für eine Anzahl weiterer Standorte sein. Derzeit sind unter Berücksichtigung dieser Aspekte Untersuchungen zur Auffindbarkeit und speziell zur Dotationswassermenge u. a. an den Staustufen Eddersheim und Wallstadt (Main) sowie Kochendorf und Lauffen (Neckar) in der Planung bzw. Durchführung.

Im Rahmen der Untersuchungen soll das Zusammenspiel von Leitströmung, Kraftwerks- und Wehrströmung, wechselnden Unterwasserständen, räumlicher

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge
von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern.
WasserWirtschaft 1/2 (2013), S. 33-38.

S. 36

Situation im Unterwasser der Stauanlage (Uferlinie, Fließtiefen) sowie konstruktiver Ausgestaltung des Einstiegs untersucht werden. Zur Erfassung der Strömungsparameter kommen neben Naturmessungen auch physikalische und numerische Modelluntersuchungen zum Einsatz.

Im folgenden Schritt sollen Zusammenhänge zwischen den vorherrschenden hydraulischen Parametern und dem Fischverhalten im Nahfeld der FAA untersucht werden. Hierbei sollen die Freilanduntersuchungen des Fischverhaltens im Nahfeld der Stauanlage und im Einstiegsbereich der FAA mit Techniken wie Didson-Sonar, HDX und weiteren Telemetrieverfahren durchgeführt werden. Die Auflösung des Bewegungsmusters erfolgt ein-, zwei- und ggf. dreidimensional. Die Bewegungsdaten werden dann mit hydraulischen Parametern aus Naturmessungen sowie aus begleitender physikalischer und numerischer Modellierung verschnitten. Anhand von Korrelationsanalysen der hydraulisch-abiotischen Größen mit den Bewegungsmustern sollen Schlüsselfaktoren für die Verhaltensweisen identifiziert werden, um somit weiterführende Erkenntnisse über die Charakterisierung der erforderlichen Leitströmung, der konstruktiven Ausgestaltung des Einstiegsbereichs sowie den zugehörigen Dotationswassermengen von FAA zu erlangen.

3.2 Erste Erkenntnisse und Übertragung auf andere Standorte

Auch wenn der Übertragungsprozess von Erfahrungen eines Standortes auf die Verhältnisse an einem anderen Standort momentan erst am Anfang steht, so lassen sich anhand der Modelluntersuchungen zur FAA Lauffen am Neckar doch erste Erkenntnisse zur Charakterisierung der Leitströmung darstellen. Hinsichtlich der Fließgeschwindigkeit am Einstieg zeigen die Resultate der Modellversuche, dass die in DWA [7] für FAA mit einem Einstieg empfohlene mittlere Fließgeschwindigkeit von 1 m/s nicht ausreicht, um eine klar definierte Leitströmung zu erzeugen. Es wird daher empfohlen, sich an der Bemessungsgeschwindigkeit der FAA selbst zu orientieren. Konkret würde dies bedeuten, dass die maximale Geschwindigkeit in den Engstellen der FAA, die sich aus den Anforderungen der aufsteigenden Fische bemisst, die maßgebende Größe ist, die auch für die Geschwindigkeit am Einstieg der FAA zu Grunde zu legen ist.

Einen ersten Anhaltspunkt für die Größenordnung der erforderlichen Dotationswassermenge liefern ebenfalls die Modelluntersuchungen zur geplanten FAA Lauffen am Neckar [9]. Zu betonen ist, dass es sich bei diesen Untersuchungen zwar um rein hydraulische Untersuchungen handelt, jedoch die Interpretation der hydraulischen Daten auf Basis fischbiologischer Kriterien erfolgt. Unsicherheiten bei dieser Methodik verbleiben vor allem beim Aspekt, ob diese Kriterien das tatsächliche Fischverhalten beim Aufsuchen einer FAA hinreichend beschreiben.

Die im Rahmen der Untersuchungen entwickelte Vorzugsvariante zur Erzielung eines wahrnehmbaren, auf die Leistungsfähigkeit der Fische ausgerichteten Wanderkorridors weist hierbei die in Tabelle 1 dargestellten Abflüsse der FAA auf.

Um nun eine Übertragbarkeit auf andere Standorte zu ermöglichen, ist die Definition eines Bezugs dieses im Modell ermittelten Wertes erforderlich. Hier bietet sich zunächst der von Larinier [18] genannte, jedoch dort nicht näher definierte Begriff der konkurrierenden Strömung an. In Tabelle 2 wird der Abfluss der FAA bezogen auf unterschiedliche Vergleichswerte dargestellt. Aufgrund fachlicher Überlegungen wird seitens BAW und BfG empfohlen, als Bezugsgröße des Begriffs „konkurrierende Strömung“ für den Zustand bei W_{330} bzw. Q_{330} den vorherrschenden Abfluss in der FAAnahen Turbine zu verwenden. Nach Tabelle 2 ergibt sich ein Wert von 5,3 %.

Unterschreitungsdauer Abfluss bzw. Wasser- stand	UW-Stand	Abfluss Neckar	Abfluss Wasser- kraftanlage	Abfluss FAA
30 d	161,62 m ü. NN	29,6 m ³ /s	28,5 m ³ /s	1,1 m ³ /s
227 d	161,99 m ü. NN	80,0 m ³ /s	78,6 m ³ /s	1,4 m ³ /s
330 d	162,64 m ü. NN	166,0 m ³ /s	80,0 m ³ /s	2,1 m ³ /s

Tab. 1: Erforderlicher Abfluss der FAA Lauffen (gemäß Modellversuchen)

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen der BAW und der BfG

Die Bemessung des Einstiegs einer FAA erfordert Aussagen zur Geometrie des Einstiegs, zur Anordnung und Ausgestaltung der Zusatzdotation, zur Fließgeschwindigkeit am Austrittsquerschnitt der FAA sowie zum Gesamtabfluss (Abfluss FAA plus Dotationswassermenge). Während die Mindestanforderungen zur geometrischen Auslegung des Einstiegs für den derzeit gültigen Stand der Technik in [7] klar definiert sind, gibt es hinsichtlich der Fließgeschwindigkeit und des erforderlichen Abflusses einen größeren Ermessensspielraum. Ein langfristiges Ziel von BfG und BAW ist in diesem Zusammenhang, detailliertere Bemessungsregeln aufzustellen als bislang in der Literatur verfügbar. Um dieses Ziel zu erreichen, fließen die Resultate eigener Untersuchun-

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge
von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern.
WasserWirtschaft 1/2 (2013), S. 33-38.

S. 37

gen sowie die Ergebnisse Dritter fortlaufend in die Weiterentwicklung des derzeitigen Stands der Technik ein. Auch wenn dieser Prozess momentan erst am Anfang steht, so lassen die Untersuchungen zur FAA Lauffen am Neckar folgende erste Schlüsse zu. Diese Schlüsse sind dabei gültig für Einstiege in FAA, die direkt am Querbauwerk platziert sind. Die Wassermengen, die aus zusätzlichen, weiter unterstrom gelegenen Einstiegen resultieren, interagieren mit der Leitströmung des querbauwerksnahen Einstiegs. Die erforderliche Dotation der vom Querbauwerk abgerückten Einstiege ist ebenfalls Gegenstand laufender Untersuchungen. Daher muss bis auf weiteres die erforderliche Wassermenge für diesen zusätzlichen, weiter unterstrom gelegenen Einstieg im Einzelfall entschieden werden.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen empfehlen BAW und BfG derzeit zur Bemessung der Dotationswassermenge folgendes Vorgehen:

- Der Einstiegsquerschnitt sollte so dimensioniert werden, dass der Gesamtabfluss der FAA (für den Bemessungsfall des Q_{330}) 5 % des tatsächlichen Abflusses der FAA-nahen Turbine (i. d. R. ist dies der Ausbaudurchfluss der Turbine) beträgt. Die Fließgeschwindigkeit im Einstiegsquerschnitt sollte der Bemessungsgeschwindigkeit innerhalb der FAA gemäß DWA [7] entsprechen. Hierbei ist in jedem Fall zu prüfen, ob bei der Bemessung des Einstiegsquerschnitts nicht die aus den fischökologischen Anforderungen resultierenden Mindestbreiten der FAA unterschritten werden. Dieser Fall kann insbesondere bei großen Tiefen des Einstiegsquerschnitts relevant werden. Für einen solchen Fall gilt es im Einzelfall zwischen den geometrischen Anforderungen sowie den hydraulischen Anforderungen (Fließgeschwindigkeit und Abfluss) abzuwägen.
- Auch für alle anderen relevanten Abflusszustände wird im Einstiegsquerschnitt als Fließgeschwindigkeit die Bemessungsgeschwindigkeit der FAA angesetzt. Über die zuvor festgelegte Einstiegsgeometrie (Breite der Einstiegsöffnung) kann so in Abhängigkeit des Unterwasser-

stands die durchflossene Fläche und somit der korrespondierende Gesamtabfluss der FAA für das betrachtete Bemessungsereignis bestimmt werden.

- Es wird darauf hingewiesen, dass zur Verbesserung der Auffindbarkeit, die FAA-nahe Turbine bevorzugt zu betreiben ist.
- Aufgrund der vorhandenen Unsicherheiten bei der Dimensionierung des erforderlichen Abflusses zur Erzeugung einer Leitströmung wird für die Pilotanlagen an den BWaStr empfohlen, die baulichen Elemente der Zusatzdotations (Rohrleitungen, Steuerungselemente, Beruhigungsbecken) für die Dotationswassermenge größer als im vorangehenden Abschnitt dargelegt, auszuliegen. Die Gestaltung des Einstiegsbauwerkes ist zudem so auszuführen, dass der Querschnitt am Einstiegsbauwerk variabel verändert werden kann, um bei unterschiedlichen Abflussmengen die entsprechende Fließgeschwindigkeit zu gewährleisten. Grund für dieses Vorgehen ist die erforderliche Flexibilität bei den anstehenden Untersuchungen zur Wirkung des Gesamtabflusses auf die Leitströmung und das Fischverhalten. Als Richtgröße wird hier eine Bemessung der Zusatzdotations (Rohrleitungen, Steuerungselemente, Beruhigungsbecken, Einstiegsgeometrie) auf 5 % der Ausbauwassermenge des gesamten Kraftwerks empfohlen.
- An Anlagen, an denen keine vertieften Untersuchungen zur Wirkung der Gesamtabflussmenge im Unterwasser der Stauanlage stattfinden, wird die im vorliegenden Artikel beschriebene Vorgehensweise zur Bemessung der Leitströmung empfohlen. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass sich durch eine Weiterentwicklung des Stands der Technik die erforderliche Gesamtabflussmenge im Unterwasser der Stauanlagen nach oben oder unten verändert. Für den Fall einer Erhöhung der erforderlichen Gesamtabflussmenge der FAA besteht das Risiko, dass durch nachträglich notwendige Anpassungen der Anlage beträchtliche Mehrkosten entstehen. Es wird daher empfohlen, die baulichen Elemente der Zusatzdotations (Rohrleitung, Steuerungselemente, Beruhigungsbecken, Einstiegsgeometrie) für den erhöhten Wert von 5 % der Ausbauwassermenge des gesamten Kraftwerkes planerisch mit zu führen. Inwieweit es Sinn macht, einzelne Elemente dieser auf einen höheren Wert des Gesamtabflusses ausgelegten Gestaltung der Zusatzdotations bereits heute beim Bau der FAA zu realisieren (z. B. aufgrund von geringen Mehrkosten beim Einbau einer größeren Rohrleitung), ist im Einzelfall abzuwägen.

Roman Weichert, Wolfgang Kampke, Lisa Deutsch and Matthias Scholten

Investigations Regarding Guiding Flow at Fishways on German Waterways

Within the contradictory context of ecology and cost-effective usage of hydropower the aspect of the necessary guiding flow to ensure the traceability of a fishway gained in relevance. This article reports on the state of the art regarding guiding flow, experiences from current investigations, recommendations as well as present research projects.

Autorenfassung

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, 2013

Роман Вайхерт, Вольфганг Кампке, Лиза Дойч и Маттиас Шолтен

К вопросу расхода компенсирующей воды в рыбоподъемных сооружениях на крупных проточных водоемах

В «поле напряжения» между экологией и экономическим использованием гидроэнергии большое значение имеет вопрос о необходимом объеме компенсирующей воды для находимости рыбоподъемных сооружений. В статье представлено состояние развития техники на данный момент в отношении расхода компенсирующей воды на рыбоподъемных сооружениях, информация о современной исследовательской деятельности и последних исследованиях, а также различные рекомендации.

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge
von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern.
WasserWirtschaft 1/2 (2013), S. 33-38.

S. 38

Autoren

Dr. sc. techn. Roman Weichert

Dipl.-Ing. Wolfgang Kampke

Dipl.-Ing. Lisa Deutsch

Bundesanstalt für Wasserbau

Kußmaulstr. 17

76187 Karlsruhe

roman.weichert@baw.de

wolfgang.kampke@baw.de

lisa.deutsch@baw.de

Dipl.-Biol. Matthias Scholten

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56058 Koblenz

scholten@bafg.de

Literatur

- [1] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Grundlagen für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs). Wien, 2011.
- [2] Armstrong, G. et al.: Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance Notes On The Legislation, Selection and Approval Of Fish Passes In England And Wales. Environment Agency, 2010.
- [3] Bell, M.: General considerations for upstream fish passage facilities. In: Hildebrand, S. G. (Hrsg.): Analysis of environmental issues related to small scale hydroelectric development II: design considerations for passing fish upstream around dams. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. No. 1567 (1980), S. 47-62.
- [4] Bleckmann, H.: Role of the Lateral line in fish behaviour. In: Behaviour in Teleost Fishes. 2. Auflage. London: Chapman & Hall, 1993, S. 201-246.
- [5] Bleckmann, H.; Przybilla, A.; Klein, A.; Schmitz, A.; Kunze, S.; Brücker, C.: Station holding of trout: Behavior, physiology and hydrodynamics. In: Cameron, T. (Hrsg.): Nature-Inspired Fluid Mechanics. Berlin: Springer, 2012, Volume 119, S. 161-177.
- [6] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Handbuch Querbauwerke. Aachen, 2005.
- [7] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. In: DWA-Merkblätter (2010), Nr. 509 (Entwurf).
- [8] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): Wiederherstellung der Fischauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken. Checkliste Best practice. In: Umwelt-Wissen (2010), Nr. 1210.
- [9] Heinzelmann, C.; Weichert, R.; Wassermann, S.: Hydraulische Untersuchungen zum Bau einer Fischaufstiegsanlage in Lauffen am Neckar. In: WasserWirtschaft 103 (2013), Heft 1-2, S. 26-32.
- [10] Jens, G. et al.: Fischwanderhilfen: Notwendigkeit, Gestaltung, Rechtsgrundlagen. In: Schriftenreihe des Verbands Dt. Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler (1997), Nr. 11.

Autorenfassung

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, 2013

- [11] Jungwirth, M.; Parasiewicz, P.: Fischaufstiegshilfen an Gebirgsflüssen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien, 1994.
- [12] Kampke, W.; Rüter, A.; Scholten, M.: FuE-Konzept von BfG und BAW – Projekte zur groß- und kleinräumigen Auffindbarkeit. In: BAW und BfG (Hrsg.): Herstellung der Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen: Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze. Karlsruhe: 2012.
- [13] Katopodis, C.: Introduction to fishway design. Freshwater Institute, Central and Arctic Region, Department of Fisheries and Oceans, University Crescent. Winnipeg, Canada, 1992.
- [14] Koop, J.; von Landwüst, C.; Wieland, S.; Scholten, M.: Verbesserung und Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Fische in Bundeswasserstraßen. In: WasserWirtschaft 102 (2012), Heft 5, S. 12-21.
- [15] Kroes, M. J. et al.: Vismigratie: een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AMINAL. Afdeling Water, 2005.
- [16] Larinier, M.: Implantation des Passes a Poissons. Bull. Fr. Pêche Piscic. (1992), 326-327, S. 30-44.
- [17] Larinier, M.: Dams and Fish Migration. In: Berkamp, G. et al. (Hrsg.): Dams, ecosystem functions and environmental restoration, Thematic Review II.1 prepared as an input to the World Commission on Dams. Cape Town, 2000.
- [18] Larinier, M.: Location of fishways. In: Larinier, M. et al.: Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bull. Fr. Pêche Piscic. (2002), 364 suppl., S. 39-53.
- [19] Larinier, M.: Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. In: Hydrobiologia 609 (2008), S. 97-108.
- [20] Landesfischereiverband Bayern e. V.; LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): Praxis-handbuch Fischaufstiegsanlagen in Bayern. München, 2012.
- [21] Luca, M. C.; Baras, E.: Migration of Freshwater Fishes. Oxford: Blackwell Science, 2001.
- [22] Lusk, S. et al.: Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody. Odvětvová technická norma Vodního hospodářství, Centrum technické normalizace – Hydroprojekt CZ a.s. Prag: 2011.
- [23] McElroy, B.; DeLonay, A.; Jacobson, R.: Optimum swimming pathways of fish spawning migrations in rivers. In: Ecology 93 (2012), S. 29-34.

Autorenfassung

Weichert, Kampke, Deutsch, Scholten: Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, 2013

- [24] Montgomery, J. C.; Baker, C. F.; Carton, A. G.: The lateral line can mediate rheotaxis in fish. In: *Nature* 389 (1997), S. 960-963.
- [25] Nestler, J. M.; Goodwin, A. R.; Smith, D. L.; Anderson, J. J.; Li, S.: Optimum fish passage and guidance designs are based in the hydrogeomorphology of natural rivers. In: *River Res. Applic.* 24 (2008), S. 148-168.
- [26] National Marine Fisheries Service (Hrsg.): *Anadromous Salmonid Fish Passage Facility Design*. Portland, Oregon, 2008.
- [27] Pavlov, D. S.: Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. In: *FAO Fisheries Technical Paper* 308 (1989), S. 1-97.
- [28] Redeker, M.: Anforderungen an die Auffindbarkeit nach deutschen und internationalen Regelwerken. In: BAW und BfG (Hrsg.): *Herstellung der Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen: Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze*. Karlsruhe, 2012.
- [29] Standen, E. M.; Hinch, S. G.; Rand, P. S.: Influence of river speed on path selection by migrating adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). In: *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 61 (2004), S. 905-912.
- [30] Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): *Fachliche Anforderungen zur Herstellung der Durchgängigkeit in Thüringer Fließgewässern*. 2009.