

Diskussionsbeitrag zur Abströmung einer Wasserkraftanlage und deren Interaktion mit der Leitströmung aus einer Fischaufstiegsanlage

Im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen wird auf den Aspekt der Auffindbarkeit des Einstiegs in eine Fischaufstiegsanlage in direkter Nachbarschaft der Turbinenabströmung einer Wasserkraftanlage sowie deren Interaktion eingegangen. Es werden dabei unterschiedliche Möglichkeiten der Anbindung der Fischaufstiegsanlage mit einer durchgehenden Sohle über eine Berme unterschiedlicher Neigung und Ausgestaltung zur Verringerung bzw. Vermeidung eines Sackgasseneffektes diskutiert, deren Einflüsse auf die Leitströmung aufgezeigt und Lösungsmöglichkeiten erörtert.

Stephan Heimerl und Elena Staber

1 Untersuchungsgegenstand

1.1 Beispielstandort

Im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen wird auf den Aspekt der Auffindbarkeit des Einstiegs in eine Fischaufstiegsanlage (FAA) in direkter Nachbarschaft der Turbinenabströmung einer Wasserkraftanlage (WKA) sowie deren Interaktion eingegangen [4]. Als exemplarisches Beispiel wurde dabei der Standort Wallstadt/Main herangezogen, wobei sich die Fragestellungen im Grunde auf viele andere Standorte übertragen lassen.

Die Staustufe Wallstadt am Main südlich von Aschaffenburg, bestehend aus Wehranlage, Schleusen und einer bestehenden FAA, ist im Eigentum der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), die die Staustufe betreibt. An dieser Staustufe betreibt die Uniper eine WKA am rechten Ufer auf Basis eines Betriebsführungsvertrags, Eigentümer ist die Rhein-Main-Donau AG. Die bestehende linksufrige FAA entspricht aufgrund ihrer Lage fernab der durch das Kraftwerk verlaufenden Hauptströmung (Auffindbarkeit)

und unzureichenden Dimensionierung (Passierbarkeit) nicht den aktuellen Regeln der Technik und ist in ihrer Funktion wesentlich eingeschränkt [1].

Zur Verbesserung der ökologischen Situation und zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit ist im Rahmen des bundesweiten Konzepts „Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen“ [2] der Neubau und Betrieb mehrerer FAA geplant. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) sind vom zuständigen Bundesministerium beauftragt worden, die Planungen zu begleiten und wissenschaftlich zu unterstützen. Mit der Planung der FAA Wallstadt wurde 2013 die ARGE Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT) und Arcadis Deutschland GmbH beauftragt, bei der FWT federführend ist.

Das Konzept der Pilotstandorte von BAW und BfG basiert auf der Erkenntnis, dass trotz vorhandener Regeln der Technik in Form des DWA-Merkblattes M 509 [3] offene Fragen vor allem für die Verhältnisse an großen Fließgewässern einschließlich der Bundeswasserstraßen existieren. Diese offenen Fragestellungen sollen an ausgewählten Standorten untersucht und analysiert werden, um in einem folgenden Schritt die erarbeiteten Erkenntnisse auf eine möglichst große Anzahl weiterer Anlagen übertragen zu können.

An der Staustufe Wallstadt plant die WSV die Errichtung einer solchen FAA-Pilotanlage, mittels derer u. a. die Themenbereiche der Anzahl und Anordnung verschiedener Einstiege und deren Gestaltung sowie die Dotationsmengen zur Abgrenzung geeigneter Strömungskorridore bzw. der Einfluss der Dotationsmenge in Konkurrenz zur Kraftwerksströmung auf die Auffindbarkeit der Einstiege untersucht werden sollen [1].

Kompakt

- Die Auffindbarkeit des Einstiegs in eine Fischaufstiegsanlage in direkter Nachbarschaft der Turbinenabströmung einer Wasserkraftanlage sowie deren Interaktion wird diskutiert.
- Mögliche Anbindungsoptionen der Fischaufstiegsanlage an die Sohle über unterschiedliche Bermen zur Verringerung bzw. Vermeidung eines Sackgasseneffektes werden erörtert.

1.2 Ausgangssituation

Ausgangspunkt der Überlegungen war die geforderte Anordnung des turbinennahen Einstieges E1 am rechten Ufer so nah wie möglich am Saugrohrauslauf zur Vermeidung von Sackgaseneffekten. Die Sohlenanbindung sollte dabei ebenfalls relativ kurz sein, was zur Wahl der max. zulässigen Neigung der Berme von 1:2 gemäß DWA-Merkblatt M 509 [3] führte.

Unter Sackgassen im Zusammenhang mit der aufwärtsgerichteten Wanderung von Fischen werden Gewässerabschnitte verstanden, in die Fische durch eine Strömung geleitet werden und aus denen heraus diese keinen fortführenden Wanderkorridor finden. Derartige Sackgassen treten beispielsweise bei schräg angeordneten und überströmten Wehren im spitzen Winkel auf, sofern dort keine FAA angeordnet ist.

Auch der Turbinenauslaufbereich wird vielfach als Sackgasse angesehen. So werden Fische durch die Turbinenabströmung in Richtung des Turbinenauslaufs bzw. der Saugrohre geleitet. Die hohe Abströmgeschwindigkeit, die am Saugrohrende i. d. R. ca. 1 m/s beträgt, in Verbindung mit der hohen Turbulenz führt dazu, dass Fische je nach ihrem Schwimmvermögen im Bereich der Turbinenabströmung bis maximal hin zum Saugrohrende nach einem fortführenden Wanderkorridor suchen. Wird kein derartiger Wanderkorridor angeboten, so muss auch dieser Bereich als Sackgasse eingeordnet werden.

Diese Anforderungen in Verbindung mit dem Bestandsbauwerk führten in Wallstadt zur Entwicklung einer speziellen Einstiegsanordnung mit einer 180°-Umlenkung und einer zusätzlichen Dotation im direkten Einstiegsbereich durch die ARGE [5], [6]. Die Anordnung und Ausgestaltung der Dotationszugabe und die grundsätzliche Funktion der 180°-Umlenkung wurden von der BAW im Rahmen eines physikalischen Modells im Maßstab 1:5 sowie ergänzenden numerischen Untersuchungen im Grunde bestätigt und noch weiter optimiert [7], [8].

Darauf aufbauend wurden die hydraulischen Verhältnisse in der 180°-Umlenkung und vor allem die Interaktion der aus dem FAA-Einstieg kommenden Leitströmung mit der Abströmung aus der Turbine im Zusammenwirken mit der Bermenneigung zur Sohlenanbindung näher untersucht, um weitere Erkenntnisse für die Ausgestaltung dieser Bauelemente zu erhalten [4].

2 Modellaufbau

Bei der Modellierung des Krafthausunterwassers mit FAA-Einstieg wurde auf den komplexen Erfahrungen in der numerischen Modellierung am Institut für Strömungsmechanik und Hydraulische Strömungsmaschinen (IHS) der Universität Stuttgart und z. T. auf die dort entwickelten Bausteine v. a. der komplexen Turbinenabströmung zurückgegriffen.

Die blockstrukturierte Vernetzung des Untersuchungsgebietes erfolgte mit der Software ICEM CFX 18.0. Für den Modellaufbau wurde das Programm CFX-Pre 18.0 verwendet, um die notwendigen Randbedingungen für die Simulation festzulegen. Für den Wasserspiegel wurde eine reibungsfreie Wand als Randbedingung gewählt. Die Zuströmbedingung der Saugrohre wurde über ein skaliertes Geschwindigkeits- und Turbulenzprofil einer Modellmaschine festgelegt. Die Simulation wurde sta-

tionär mit einem über die Dauer der Simulation geringer werdenden Zeitschritt gerechnet. Hierdurch konnte die Simulationszeit verringert werden.

3 Ergebnisse

Neben der neu entwickelten 180°-Umlenkung sind vom Planer im Einstiegsquerschnitt jeweils doppelflügelige Tore zur Anpassung der Abströmung in Abhängigkeit der Dotation (im turbinennahen Einstieg E1 bis zu 6,8 m³/s Gesamtabfluss) und dem schwankenden Unterwasserstand vorgesehen.

Der Einfluss verschiedener weiterer Parameter, wie Leitelemente im Bereich der Wendung, Anstellung des linken Torflügels, unterschiedliche Durchflusssituationen durch die zwei Turbinen sowie die FAA-Einstiege wurde durch verschiedene Szenarien zunächst an einem Teilmodell der FAA und anschließend für den gesamten Modellraum untersucht. Dieser Modellraum wurde auf den direkten Unterwasserbereich der Turbinen mit geeigneten Randbedingungen begrenzt.

3.1 Teilmodell der 180°-Umlenkung

Das Teilmodell der 180°-Umlenkung ist in **Bild 1** dargestellt. Zudem ist beispielhaft eine Anstellung des linken Tores um $\alpha_1 = 30^\circ$ (blaue Linie) sowie die Position des Einstiegs ohne Anstellung des Tores (rote Linie) eingezeichnet. Der Pfeil symbolisiert die Fließrichtung.

Um das Strömungsfeld in der Draufsicht gut beurteilen zu können, wird eine Schnittebene 0,6 m über der Sohle betrachtet. Diese liegt beim niedrigsten untersuchten Wasserstand $UW_{30} = 112,75$ m ü. NN in der Mitte zwischen Sohle und Wasseroberfläche in einer Höhe von 112,15 m ü. NN.

Durch die 180°-Umlenkung kommt es zu einer Ablösung der Strömung am Mittelpfeiler und damit zu einer Beschleunigung der Strömung an der Außenwand. Dadurch ergibt sich bei hohen Abflüssen eine für Fische schwer zu passierende Stelle, da die Strömung mit hohen Geschwindigkeiten den gesamten Einstiegsquerschnitt quert. Um dem entgegenzuwirken und die Geschwindigkeiten am Einstieg zu senken, wurden Leitelemente, verschiedene Anstellwinkel des linken Tores und unterschiedliche Durchflüsse untersucht.

Durch die Anpassung der Pfeilergeometrie sowie die Einbringung von Leitelementen im Bereich der Umlenkung kann die Geschwindigkeit am Einstieg von maximal 1,7 m/s (Bild 1a) auf 1,3 m/s (Bild 1b) reduziert werden. Zudem kann eine Verkleinerung des Totwassergebietes am Mittelpfeiler um 0,3 m auf 1,3 m nach der Umlenkung erreicht werden. Durch einen Anstellwinkel des Tores im Einstieg von 30° kann das Ablösegebiet weiterhin auf ca. 0,6 m reduziert werden (Bild 1c). Die maximal am Einstieg auftretende Geschwindigkeit reduziert sich bei diesem Anstellwinkel auf 1,2 m/s. Mit einer Erhöhung des Abflusses auf 4,80 m³/s, um rechnerisch eine mittlere Geschwindigkeit von 1,6 m/s am Einstieg zu erhalten, ergeben sich maximale Geschwindigkeiten über 2,0 m/s (Bild 1d). Mit einem Durchfluss von 3,65 m³/s wird rechnerisch eine mittlere Geschwindigkeit von 1,6 m/s nur für den hydraulisch wirksamen Teil des Einstiegs mit Vernachlässigung der Fläche des Totwassergebietes

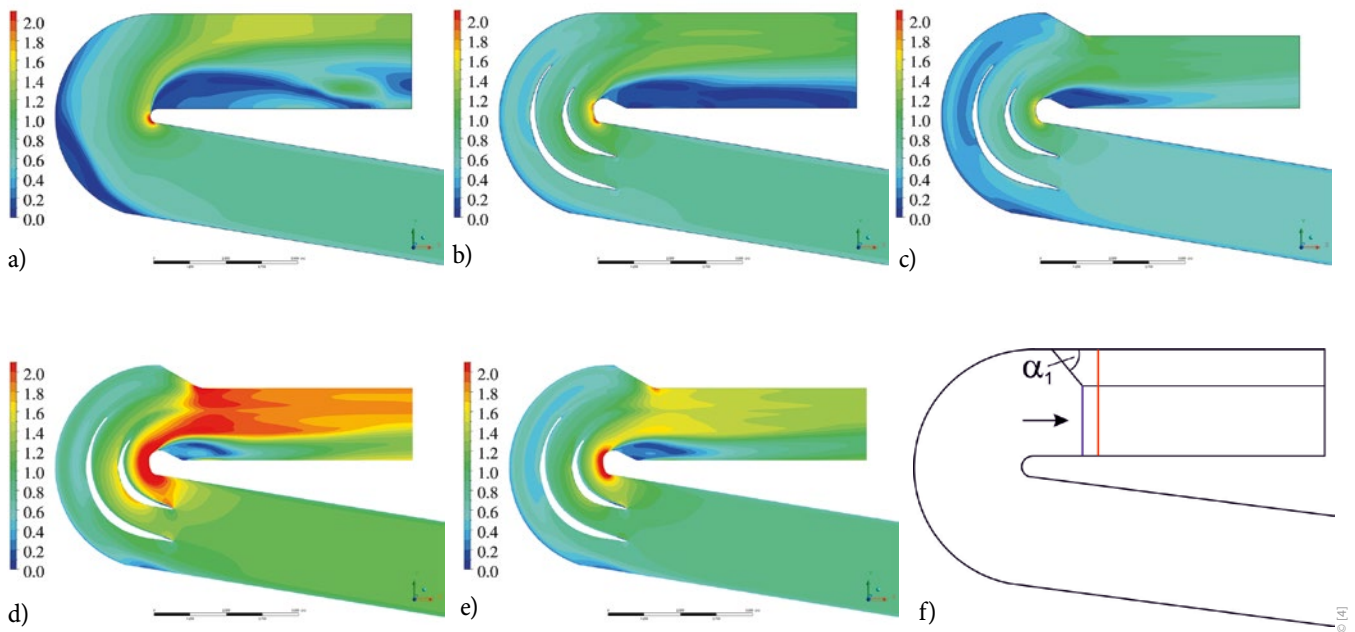


Bild 1: Untersuchungen am Teilmodell der FAA, Darstellung der Geschwindigkeiten: a) Ausgangssituation; b) Leitelemente; c) Toranstellwinkel $\alpha_1 = 30^\circ$; d) Geschwindigkeit im Einstieg $u_{\text{ein}} = 1,6 \text{ m/s}$; e) hydraulisch wirksame Geschwindigkeit im Einstieg $u_{\text{ein,hydr}} = 1,6 \text{ m/s}$; f) schematische Darstellung des Teilmodells der FAA mit unterschiedlichen Anstellwinkeln α_1 (Rot: $\alpha_1 = 0^\circ$, blau: $\alpha_1 = 30^\circ$)

erreicht. Dies resultiert in einer maximalen Geschwindigkeit am Einstieg von 1,7 m/s (Bild 1e).

Bei diesen Untersuchungen zeigte sich auch der grundsätzliche Vorteil eines doppelflügeligen Tors, indem die Torflügel unterschiedlich angestellt werden können und so z. B. bei gleicher Schlitzbreite unterschiedliche Abströmssituationen erzeugt werden können, die sich im Sinne einer Leitströmung je nach Turbinenabströmung verschieden intensiv ins Unterwasser fortsetzen.

3.2 Gesamtes Untersuchungsgebiet

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Parameter auf die Strömungsbildung im gesamten Untersuchungsgebiet beurteilen zu können, wurde ein Referenzszenario definiert. Dabei wurde die Konfiguration gewählt, die im entsprechenden Teilmodell die besten Ergebnisse gezeigt hat und die folgende Parameter aufweist:

- Mittlerer Unterwasserstand: $UW_{\text{mit}} = 112,9 \text{ m ü. NN}$
- Durchfluss WKA-Turbine 1 und 2: $Q_{T1} = Q_{T2} = 67,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Bermenneigung zur Sohlenanbindung: 1:2 bzw. $S = 50 \%$
- Mittlere Geschwindigkeit am Einstieg im hydraulisch wirksamen Bereich: $u_{\text{ein,hydr}} = 1,6 \text{ m/s}$
- Durchfluss FAA: $Q_{\text{FAA}} = 4,1 \text{ m}^3/\text{s}$
- Anstellwinkel des linken Tores: $\alpha_1 = 30^\circ$
- Drehrichtung D der Turbinen: rechts

Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass auf jeden Fall eine qualitative Beurteilung der Einflüsse der verschiedenen Parameter möglich ist, da davon ausgegangen wird, dass aufgrund der Komplexität des Modells und den daraus resultierenden Unsicherheiten eindeutige quantitative Aussagen trotz Kalibrierung nicht möglich sein dürften.

Die Auswertung der Geschwindigkeiten erfolgt in einer Ebene in derselben Höhe wie bei dem Teilmodell der FAA, d. h. etwa mittig zwischen Wasserspiegel und Sohle der FAA. In **Bild 2a** ist das Ergebnis für das Referenzszenario dargestellt. Die Schnittebene liegt mit einer Höhe von 112,15 m ü. NN oberhalb der Turbinenauslässe. Deshalb sind die Geschwindigkeiten erst etwas stromab der Auslässe auf dieser Ebene größer als 2 m/s, da die Strömung durch den ansteigenden Nachboden nach oben geführt wird. Die Wassertiefe sinkt entsprechend stetig von den Saugrohranslässen bis zum Nachbodenende am Trennmolende (links). Es erfolgt daher eine Beschleunigung der Strömung, was durch eine Verbreiterung des Bereichs mit hohen Geschwindigkeiten (rot) sichtbar wird. Am links neben dem Kraftwerk angeordneten Wehrfeld bildet sich ein großes Rückströmungsgebiet mit kleinen Geschwindigkeiten von ca. 0,6 m/s aus.

Die Leitströmung aus der FAA (rechts, im Anschluss an die 180°-Umlenkung) verläuft nach dem Eintrittsquerschnitt nach rechts an die Uferwand und ist gut 20 m noch erkennbar. Die Breite der Strömung verringert sich mit zunehmender Fließstrecke auf ca. 0,4 m. Ebenso sinken die Fließgeschwindigkeiten von 1,6 m/s auf 1,0 m/s.

Da das Wasserdargebot zur Stromgenerierung durch die Turbinen schwankt, wird im **Bild 2b** nur Turbine 2 (uferfern) beaufschlagt. Die Strömung der Turbine breitet sich wie im Referenzszenario in Richtung der linken Begrenzung des Modells aus. Die Breite der Strömung mit höheren Geschwindigkeiten ist dabei geringer als im Vergleich zu einer Beaufschlagung beider Turbinen.

Im Anschluss wird die Drehrichtung der Turbinen auf links geändert. Das Geschwindigkeitsfeld ist in **Bild 2c** zu sehen. Durch

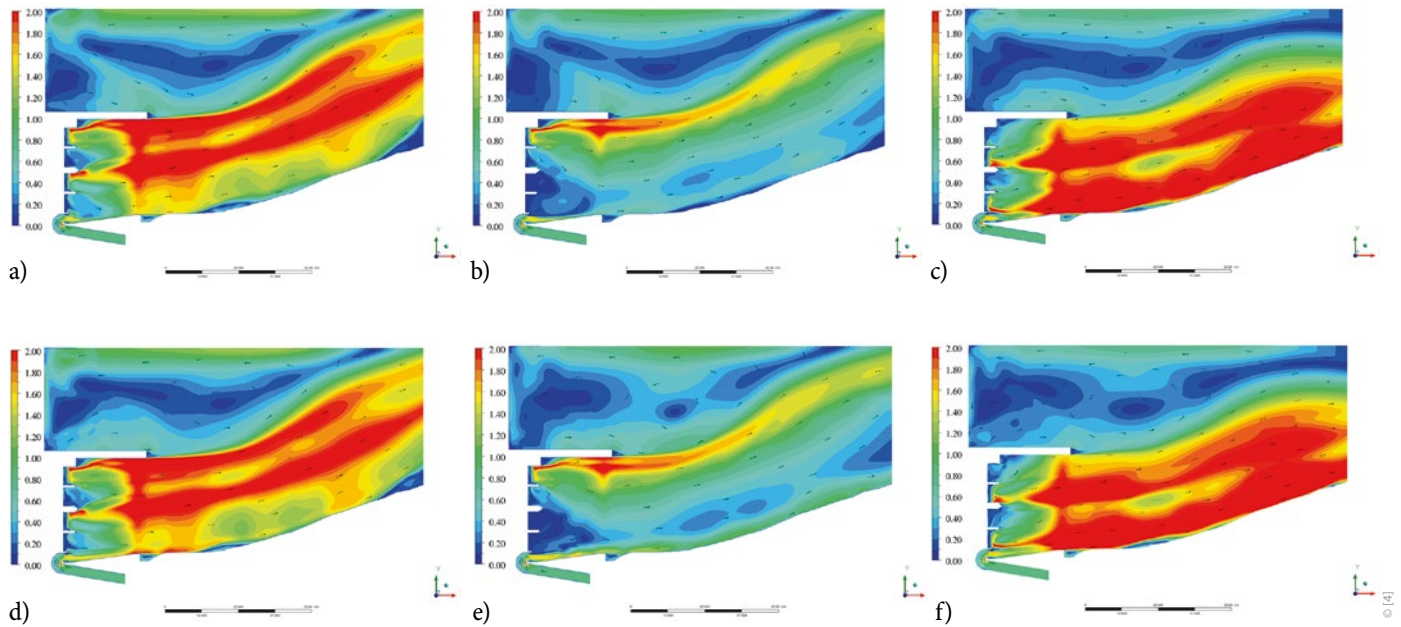


Bild 2: Variation verschiedener Parameter am Gesamtmodell, Darstellung der Geschwindigkeiten, Fließrichtung von links nach rechts: a) Referenzzustand, b) $Q_{T1} = 0$, c) D: links, d) $S = 2\%$, e) $Q_{T1} = 0$ und $S = 2\%$, f) D: links und $S = 2\%$

die geänderte Drehrichtung wird jeweils der rechte Teil der Saugrohre vermehrt beaufschlagt. Dadurch ergibt sich ein Bereich von Geschwindigkeiten >2 m/s am Ufer. Die Leitströmung ist nur bis ca. 7 m unterhalb des FAA-Einstiegs erkennbar.

Eine wichtige Rolle spielt auch die Sohlenanbindung des FAA-Einstiegs. In **Bild 3** sind die beiden untersuchten Anbindungen schematisch dargestellt. Die durchgezogene Linie symbolisiert die Sohlenanbindung mit einer Bermenneigung von 1:2 ($S = 50\%$) der Berme bis zum Nachboden, wie dies im DWA-Merkblatt M 509 als maximal zulässige Neigung prinzipiell gefordert wird. Im Gegensatz dazu zeigt die gestrichelte Linie die Sohlenanbindung mit einer Neigung von 1:50 ($S = 2\%$), wodurch die FAA-Sohle direkt an die Gewässersohle am Nachbodenende angebunden wird.

Die Ergebnisse bei geänderter Bermenneigung 1:50 sind in **Bild 2d** dargestellt. Die auftretenden Unterschiede zeigen sich vor allem in der Intensität und der Länge der sichtbaren Leitströmung. Die Geschwindigkeiten sind von 1,0 m/s (Referenzszenario) auf 1,5 m/s unterhalb des Einstiegs angestiegen. Zudem ist die Leitströmung noch ca. 30 m unterhalb des Einstiegs getrennt von der Abströmung der WKA sichtbar.

Beim nächsten Szenario ($Q_{T1} = 0$, $S = 2\%$) liegen die Geschwindigkeiten der Leitströmung auch 15 m unterhalb des Einstiegs noch bei ca. 1,6 m/s (**Bild 2e**). Anschließend sinkt die Geschwindigkeit der Leitströmung auf 0,5-1,0 m/s und ist am Abströmrand des Modells immer noch erkennbar.

Die Ausbildung der Abströmung der WKA zeigt bei geänderter Drehrichtung und flacher Sohlenanbindung von $S = 2\%$ keinen erkennbaren Unterschied im Vergleich zu der ursprünglichen Sohlenanbindung (**Bild 2f**). Die Leitströmung ist jedoch mit Geschwindigkeiten von über 1,5 m/s doppelt so weit sichtbar.

4 Zusammenfassung und weitergehende Überlegungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass bei größeren Höhenunterschieden zwischen Saugrohrsohlenende und der Sohle im FAA Einstieg (im Fall Wallstadt knapp 5 m) und einer daraus resultierende relativ lange Berme zur Sohlenanbindung mit einer 1:2-Neigung dazu führt, dass die FAA-Ausströmung zu einem großen Teil abtaucht und damit deren Leitwirkung verkürzt wird.

Als einen Kompromiss der vielfach gegenläufigen Ansprüche - Minimierung des Sackgasseneffektes und möglichst flache Bermenneigung zur Sohlenanbindung - sind prinzipiell mehrere Lösungen denkbar, wie beispielsweise:

- Teilung der Berme in einen ufernahen flachen Teil, im Fall Wallstadt 1:50, sowie einen Teil mit der max. zulässigen Neigung von 1:2 gemäß DWA-Merkblatt M 509 [3] (**Bild 4a**).

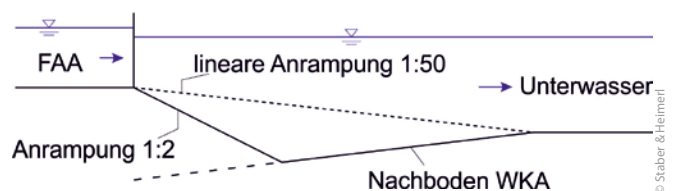


Bild 3: Sohlenanbindung des FAA-Einstiegs an die tieferliegende Gewässersohle durch Anrampung mit einer Bermenneigung von 1:2 und alternative Anbindung mit einer Neigung von 1:50 (gestrichelte Linie)

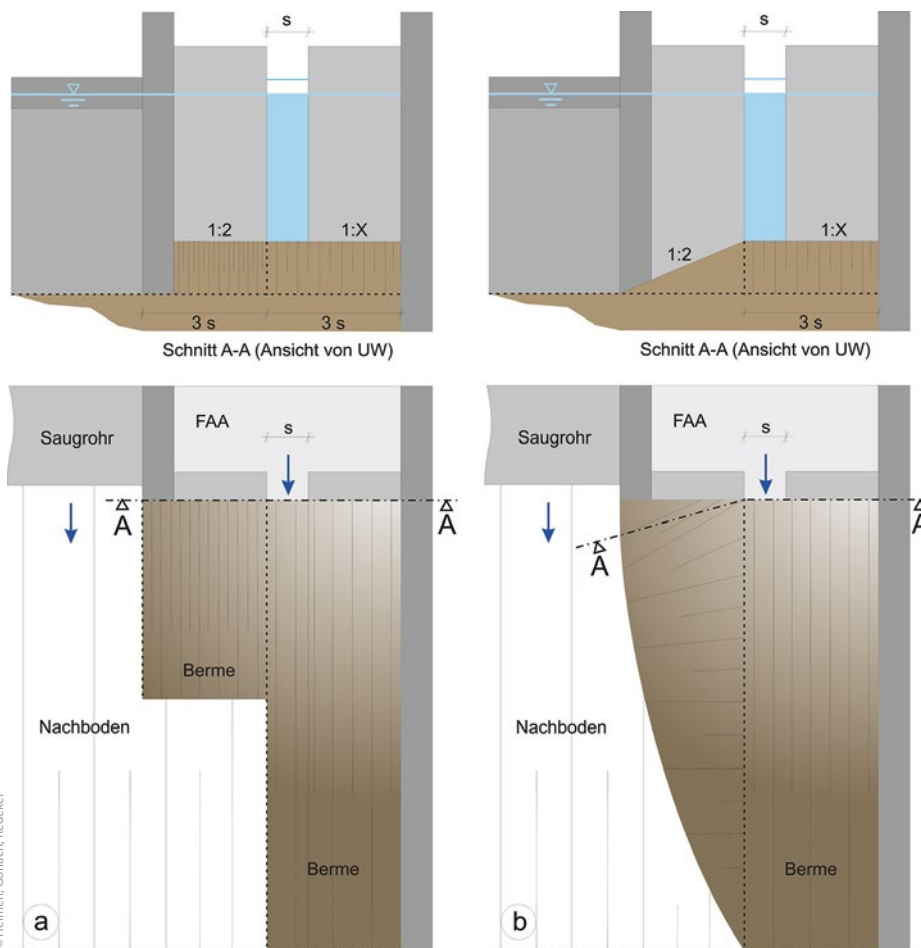


Bild 4: Bermenanordnungsmöglichkeiten (Prinzipiskizze): a) Teilung der Berme in einen ufernahen flachen Teil sowie einen Teil mit der max. zulässigen Neigung von 1:2; b) Ausbildung einer ufernahen flachen Berme und einer 1:2-Anböschung hin zum Turbinennachboden

- Ausbildung einer ufernahen flachen Berme (Wallstadt 1:50) und einer 1:2-Anböschung hin zum Turbinennachboden (Bild 4b).

Die Bermenbreite ist hier jeweils mit der dreifachen Schlitzweite s vorgeschlagen. Dies gibt auch den derzeitigen Diskussionsstand zur Bermenbreite in der DWA-Arbeitsgruppe WW-8.3 bei der Fortschreibung des DWA-Merkblattes M 509 wieder, da sich diese Breite als eine sinnvolle Größe bei etlichen ausgeführten FAA erwiesen hat. Auch wird davon ausgegangen, dass bei einer Berme mit seitlicher 1:2-Anböschung kein Sackgasseneffekt vorhanden ist.

Damit im Zusammenhang muss festgehalten werden, dass bei einer Berme mit seitlicher 1:2-Anböschung (Bild 4b) und größeren Höhenunterschieden zwischen FAA-Einstiegssohle und Saugrohrsohle die Anböschung relativ breit wird, was zu einem seitlich weit abgesetzten Einstieg führt (im Fall von Wallstadt ca. 9,50 m). Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass seitlich weit abgesetzte Einstiege nicht zielführend sind und damit wieder ein unerwünschter Sackgasseneffekt eintritt.

Generell muss abschließend darauf hingewiesen werden, dass bisher nur wenige Kenntnisse darüber vorliegen, inwie-

weit Fische tatsächlich zielgerichtet in die häufig hochturbulente, entsprechend der Turbinendrehzahl und Schaufelanzahl pulsierende Abströmung einer Turbine bis in die Saugrohrendebene einschwimmen, sich dort noch orientieren können und aktiv zu einem seitlich angeordneten FAA-Einstieg schwimmen. In der Folge ist es dann auch fraglich, ob es tatsächlich angebracht ist, diesen Bereich als Wanderkorridor einzuordnen und damit auch über potenzielle Sackgassen zu sprechen.

Unbenommen davon wird es Bereiche im WKA-Unterwasser geben, in die die Fische nach deren Einschwimmen in die Turbinenabströmung durch die turbulente Strömung gelangen, wie beispielsweise beruhigte Zonen auf der Saugrohrdecke oder seitliche Kehrström-

mungsbereiche hinter Pfeilern o. ä. Aus diesen Zonen ist dann den Fischen zweifelsohne eine Aufstiegsmöglichkeit durch eine entsprechende FAA-Einstiegsanordnung, wie z. B. seitlichen turbinennahen Einstieg oder eine Collection Gallery, anzubieten. Auch dürfte eine seitliche Berme zur Sohlenanbindung einen Beitrag hierzu leisten, da diese auch eine Zone mit geringeren Turbulenzen und einer z. T. gerichteten Strömung erzeugt, die Fischen eine Orientierung erleichtert.

Stephan Heimerl and Elena Staber

Contribution to the discussion on the downstream flow of a hydropower plant and its interaction with the attraction flow from a fish passage structure

In the context of the presented investigations the aspect of the attraction of the entrance into a fish passage structure in direct neighbourhood of the turbine outflow of a hydropower plant as well as their interaction is dealt with. Different possibilities of connecting the fish passage structure with a continuous bed of a berm of different inclination and design to reduce or avoid a dead-end effect will be discussed. The influences of the berm on the attraction flow will be shown and possible solutions will be pointed out.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl
Fichtner Water & Transportation GmbH
Sarweystr. 3
70191 Stuttgart
Stephan.Heimerl@fwt.fichtner.de

Elena Staber, M. Sc.

Lange Furche
770736 Fellbach
elena.staber@t-online.de

Literatur

- [1] Heimerl, S.; Kienast, J.; Ommen, T.; Wilde, S.; Zahn, M.: Errichtung einer Fischaufstiegsanlage an der Staustufe Wallstadt/Main. In: Tagungsband des HTG-Kongresses 2017, Duisburg, S. 102-110.
- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.). Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen. Erläuterungsbericht zu Handlungskonzeption und Priorisierungskonzept des BMVBS, Berlin, 2012.
- [3] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. In: DWA-Merkblätter (2014), M 509.
- [4] Staber, M.: Numerische Simulation der Abströmung einer Wasserkraftanlage und deren Interaktion mit der Leitströmung einer Fischaufstiegsanlage. Masterarbeit an der Universität Stuttgart, 2018 (unveröffentlicht).
- [5] Heimerl, S.; Redeker, M.; Weichert, R.: Überlegungen zur Gestaltung von Einstiegen in Fischaufstiegsanlagen. In: Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen (2015), Heft 50, S. 521-530.
- [6] Redeker, M.; Heimerl, S.: Improved Fish Pass Entrance Design Involving Surplus Attraction Flow. In: 7th International Symposium on Hydraulic Structures, Aachen, 2018.
- [7] Fiedler, G.: Bauweisen für die beruhigte und gleichmäßig verteilte Durchströmung eines spitzwinkligen Dotationsbeckens. In: BAW; BfG (Hrsg.): Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen. Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen - Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg, Karlsruhe, 2016, S. 77-83.
- [8] Fiedler, G.; Mahl, L.; Weichert, R.: Design of auxiliary water systems for fishways. In: 7th International Symposium on Hydraulic Structures, Aachen, 2018.



SpringerProfessional.de

Fischaufstiegsanlagen



Tuhtan A.; et al.: Ein Fisch ist kein Punkt: Analyse von Strömungssignaturen in Fischaufstiegsanlagen mit einem Seitenlinien Sensor. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 2-3/2018. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2018.
www.springerprofessional.de/link/15499164

Mader, H.; et al.: FishCam - Videomonitoring zur Funktionsanalyse von Fischaufstiegsanlagen. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 2-3/2017. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.
www.springerprofessional.de/link/12114406



Als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ schafft und vermittelt das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Wissen für Gesellschaft und Umwelt. Ziel ist es, zu den globalen Herausforderungen maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information zu leisten. Daran arbeiten am KIT rund 9.300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einer breiten disziplinären Basis in Forschung, Lehre und Innovation zusammen.

Im Bereich IV – Natürliche und Gebaute Umwelt – an der KIT-Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, ist zum 1. April 2021 die

W3-Professur für Wasserbau und Wasserwirtschaft

wiederzubesetzen, die mit der kollegialen Leitung des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung verbunden ist. Der Professur ist auch die Leitung des Theodor-Rehbock-Flussbaulaboratoriums zugeordnet.

Als zu berufende Persönlichkeit werden Sie mit Ihrem Team das ingenieurwissenschaftlich ausgerichtete Gebiet „Wasserbau und Wasserwirtschaft“ in seiner ganzen Breite in Forschung und Lehre vertreten und über moderne Methoden und innovative Forschungs- und Entwicklungsvorhaben das Forschungsprofil weiterentwickeln. Grundlage hierfür sind Ihre ausgezeichneten didaktischen Fähigkeiten, Ihre wissenschaftlichen Leistungen, nachgewiesen durch einschlägige Publikationen sowie Ihre Expertise, Grundlagen und Ingenieur-anwendung kreativ zu verbinden. Ihre fundierten Kenntnisse und praktischen Erfahrungen bringen Sie in die Ausbildung von Studierenden und des wissenschaftlichen Nachwuchses ein. In der Lehre vertreten Sie Ihren Fachbereich in Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen, mit Schwerpunkt in den Studiengängen des Bauingenieurwesens (B.Sc./M.Sc.) sowie dem internationalen Master-Studiengang „Water Science and Engineering“. Wir erwarten ferner Ihre Bereitschaft zur interdisziplinären Zusammenarbeit im Bereich IV und in der Fakultät sowie Ihr Interesse an Aufbau und Pflege einer gemeinsamen Forschungsinfrastruktur, insbesondere mit den Feldern der Hydrologie, Siedlungswasserwirtschaft, Hydromechanik, Fluss- und Auenökologie und den Geowissenschaften.

Im Rahmen Ihrer Forschungs- und Projektaktivität nutzen Sie das Potenzial des KIT mit seiner ausgezeichneten Infrastruktur durch fachübergreifende Zusammenarbeit und setzen so Ihren Schwerpunkt. Dies eröffnet Ihnen Möglichkeiten, Ihre Themen mit neuesten theoretischen und experimentellen Ansätzen zu entwickeln und auf unterschiedliche aktuelle Fragestellungen im Wasserbau und in der Wasserwirtschaft anzuwenden. Hierzu bieten Ihnen z. B. die KIT-Zentren „Klima und Umwelt“ und „Energie“ sowie die außeruniversitären Forschungseinrichtungen hervorragende Plattformen. Die Mitwirkung in der akademischen Selbstverwaltung gehört ebenso zum Selbstverständnis des Kollegiums am KIT wie die Einwerbung von Drittmitteln, um Forschung und Innovation zu stärken.

Vorausgesetzt werden eine Habilitation oder eine gleichwertige Qualifikation, die auch außerhalb der Universität erworben sein kann, sowie ausgewiesene didaktische Fähigkeiten und Lehrerfahrung.

Das KIT strebt die Erhöhung des Anteils von Professorinnen an und begrüßt deshalb die Bewerbung von Frauen. Schwerbehinderte Menschen werden bei gleicher Eignung bevorzugt berücksichtigt. Es gelten die Einstellungs-voraussetzungen gemäß § 47 LHG.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen in schriftlicher und elektronischer Form unter Benennung der fünf wichtigsten Publikationen sind bis zum **30. September 2019** zu richten an das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Dekan der KIT-Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, Prof. Dr. Frank Schilling, Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe, E-Mail: dekanat@bgu.kit.edu, der Ihnen gerne unter dieser Adresse für Detailinformationen zur Verfügung steht.



KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft