

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Fiedler, Gerrit; Mahl, Lena

Dimensionierung von Dotationssystemen für Fischaufstiegsanlagen

Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität
Darmstadt

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/108284>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Fiedler, Gerrit; Mahl, Lena (2018): Dimensionierung von Dotationssystemen für Fischaufstiegsanlagen. In: Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Darmstadt (Hg.): Tagungsband zum 20. Treffen junger WissenschaftlerInnen deutschsprachiger Wasserbauinstitute vom 29. bis 31. August 2018 in Darmstadt. Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Darmstadt 156. Darmstadt: TU Darmstadt. S. 12-17.

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.

Verwertungsrechte: Alle Rechte vorbehalten

Dimensionierung von Dotationssystemen für Fischaufstiegsanlagen

GERRIT FIEDLER¹, LENA MAHL¹

¹ *Bundesanstalt für Wasserbau, gerrit.fiedler@baw.de*

Schlagwörter: ÖKOLOGISCHE DURCHGÄNGIGKEIT, ENERGIEUMWANDLUNG,
STRÖMUNGSVERGLEICHMÄßIGUNG, AUFFINDBARKEIT, PASSIERBARKEIT

1. Einleitung

Für die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit werden an zahlreichen Staustufen Fischaufstiegsanlagen (FAA) errichtet. Sie ermöglichen die stromaufwärtsgerichtete Wanderung von Fischen an Fließgewässerabschnitten, wo Querbauwerke wie Wehre und Wasserkraftanlagen Fischwanderungen zu Laichhabitaten, Überwinterungsquartieren oder Gebieten mit saisonalem Nahrungsvorkommen verhindern. Damit eine FAA ihren Zweck erfüllt, müssen zwei übergeordnete Aufgaben erfüllt sein. Erstens muss der Einstieg der FAA von den Fischen gefunden werden können und zweitens muss die FAA selbst von den Fischen passiert werden können. Stand der Wissenschaft ist, dass bei großen Flüssen die Auffindbarkeit eine wichtige Rolle spielt [1] und die Ausströmung der FAA hinsichtlich des Durchflusses entsprechend angepasst werden muss. Aus diesem Grund sind bei großen Flüssen je nach Strömungssituation am Querbauwerk häufig Durchflüsse notwendig, die größer sind als der Durchfluss einer kostengünstigen FAA. Um trotz dessen gut auffindbare und kostengünstige FAA an großen Flüssen zu bauen, wird in das Einstiegsbecken einer FAA zusätzliches Wasser eingeleitet. Diese Einleitung wird Dotation genannt und erhöht zunächst den Durchfluss innerhalb der FAA, wodurch auch für die Ausströmung der FAA mehr Wasser zur Verfügung steht. Die technische Umsetzung der Dotation bedarf einer hydraulischen Anlage, welche größere Wassermengen aus dem Oberwasser der Staustufe entnimmt, zum Einstiegsbecken transportiert und mit einer langsamen und turbulenzarmen Strömung in das Einstiegsbecken einleitet. In aktueller Literatur über den Bau von FAA (z. B. [2]) werden derzeit keine konkreten Dimensionierungsempfehlungen für solche Bauwerke beschrieben.

Der vorliegende Artikel beschäftigt sich mit der Entwicklung von Dimensionierungsansätzen für Dotationssysteme an den Bundeswasserstraßen, stellt zu berücksichtigende Einflussfaktoren sowie vorhandenes Wissen dar und zeigt wo Weiterentwicklungen notwendig sind.

2. Dotationssystemen

Das für die Dotation notwendige Wasser wird in der Regel aus dem Oberwasser der Staustufe mit einem Entnahgebauwerk entnommen. An das Entnahgebauwerk schließt eine Transportleitung an, welche das Wasser vom Oberwasser Richtung Unterwasser transportiert. Aufgrund des Höhenunterschiedes zwischen Ober- und Unterwasser liegt im hydraulischen System überschüssige hydraulische Energie vor. Um zu vermeiden, dass sich diese in Form von kinetischer Energie -also hohen Strömungsgeschwindigkeiten- im Bereich des Einstiegsbeckens entlädt, ist ein Energieumwandlungsbauwerk zwischen Entnahme und Einleitung vorzusehen. Nach der Energieumwandlung kann das beruhigte Wasser zum Einstiegsbecken geleitet werden. Je nachdem ob die Transportleitung als Rohr oder Kanal mit großem oder kleinem Querschnitt sowie gerader oder kurviger Linienführung ausgeführt ist, ist die Strömung aus der Transportleitung im Dotationsbecken zu vergleichmäßigen und zu verlangsamen, um den oben beschriebenen gewünschten Charakter der Einleitungsströmung zu erreichen. Dieser Prozess wird in Dotationsbecken umgesetzt, welche dementsprechend das Verbindungsglied zwischen der Transportleitung und dem Einstiegsbecken darstellen. Dotationsbecken sind in der Regel durch einen Rechen vom Einstiegsbecken abgegrenzt, um zu verhindern, dass Fische in das Dotationssystem schwimmen und sich dort verirren. Abbildung 1 stellt die eine typische Anordnung einer FAA mit Dotation an einer Staustufe mit Wasserkraftanlage schematisch dar.

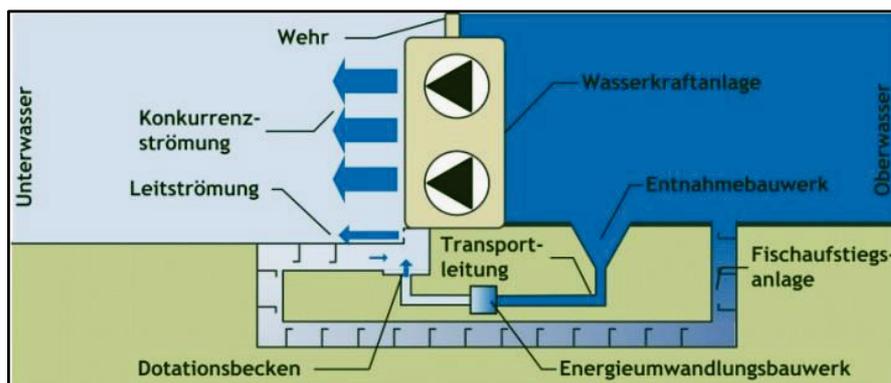


Abbildung 1: Schematische Anordnung einer FAA mit Dotation an einer Staustufe mit Wasserkraftanlage.

3. Einflussfaktoren für die Bemessung von Dotationssystemen

Die wesentlichen Einflussfaktoren für Bemessung eines Dotationssystems, können in fischbiologische, standortspezifische und FAA-Layout-bezogene Kategorien zusammengefasst werden.

Zu den fischbiologischen Einflussfaktoren zählen die Geschwindigkeitsgrenzwerte für die Entnahme und Einleitung des Dotationswassers. Die hierfür empfohlenen Strömungsgeschwindigkeiten legen die Fläche der Entnahme- bzw. Einleitung fest und haben somit Einfluss auf die Beckenabmessungen beider Bauwerkskomponenten. Die standortspezifischen Einflussfaktoren umfassen beispielsweise Durchfluss, Fallhöhe und Platzangebot an der Staustufe. Der aktuelle Wissensstand zur Bestimmung des notwendigen Dotationsdurchflusses beruht darauf, dass die Ausströmung der FAA bei UW_{330} 5 % des Ausbaudurchflusses der FAA-nahen Turbine betragen soll [1]. In Bezug auf die Bundeswasserstraßen sind auf Basis dieser Empfehlung am häufigsten Dotationssysteme für etwa $2-5 \text{ m}^3/\text{s}$ zu errichten (Abbildung 2 links), welche bei einem angenommenen FAA-Durchfluss von $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ eine 2,7 - 6,7-fache Durchfluss-erhöhung im Einstiegsbecken umsetzen müssen.

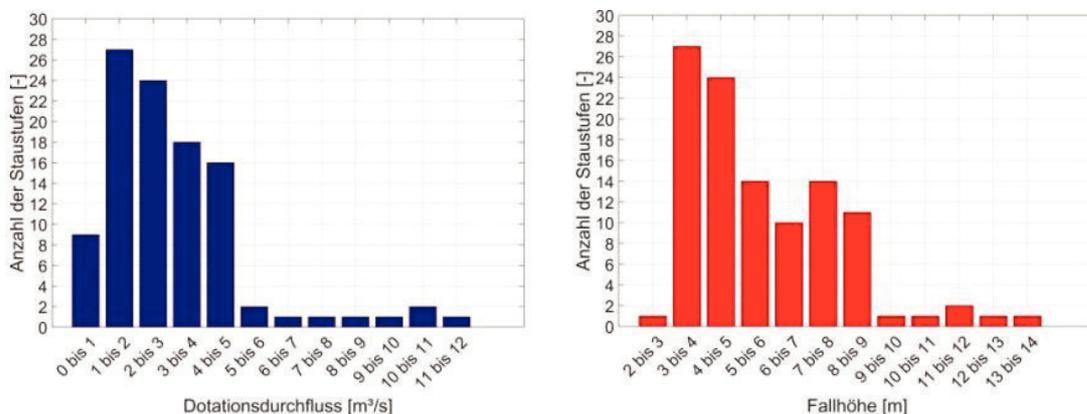


Abbildung 2: Bedarf an Dotationsdurchflüssen und vorkommende Fallhöhen an Staustufen der Bundeswasserstraßen (Anmerkung: die Diagramme beschreiben etwa zwei Drittel der Staustufen mit Wasserkraftanlage an den Bundeswasserstraßen, der Dotationsdurchfluss wurde anhand der 5%-Regel bestimmt s. o.).

Aus dieser Abschätzung wird deutlich, dass die Abmessungen von Einstiegsbecken maßgeblich durch Dotationsbecken beeinflusst werden und kompakte Dotationsbeckendesigns für platzbeengte Standorte zwingend notwendig sind. Ein weiterer standortspezifischer Einflussfaktor ist die Fallhöhe zwischen Ober- und Unterwasser. Aus dieser resultiert die überschüssige hydraulische Energie, welche umgewandelt werden muss. Sie beträgt bei den Bundeswasserstraßen am häufigsten 3 - 9 m (Abbildung 2 rechts). Wie in Kapitel 4 noch näher erläutert wird, ist zum Beispiel bei einem Überfall mit einer Fallhöhe

von 3,5 m ein Beruhigungsbecken mit über 10 m Länge notwendig um die Strömung vor der Einleitung zu beruhigen. Auch hier wird deutlich, dass die Anlagenkomponenten von Dotationssystemen z. T. große Abmessungen benötigen und kompakte Bauweisen deutliche Platzeinsparungen ermöglichen können. Wie wichtig dieser Aspekt ist, geht aus Abbildung 3 hervor. Dargestellt sind exemplarisch zwei Standorte aus dem urbanen und ländlichen Bereich, welche aufgrund der umliegenden Infrastruktur stark eingeengt sind.



Abbildung 3: Die Standorte Mühlendamm links (gelegen im urbanen Raum unter einer Brücke) und Lahnstein rechts (seitlich eingeengt durch angrenzende Straße) [3].

Zu den FAA-Layout-bezogenen Einflussfaktoren gehören Zwangspunkte die sich aus dem Anlagenkonzept der gesamten FAA ergeben. So spielt beispielsweise die Linienführung eine Rolle. Üblicherweise wird die Transportleitung der Dotation unter der FAA verlegt um dieselbe Baugrube nutzen zu können. Wenn die FAA im Bereich des Einstiegsbeckens schon relativ hoch gelegen ist ergibt sich für die Transportleitung häufig Freispiegelbedingung. Hat die FAA hier hingegen erst wenig Höhe gewonnen, ergibt sich für die Transportleitung häufig Druckbedingung. Dieser Sachverhalt hat Auswirkung auf das gesamte Design des Dotationssystems, da die Bauwerkskomponenten für Rohre bzw. Kanäle ausgelegt werden müssen.

4. Designkonzepte für die Energieumwandlung

Das Ziel ist, die Passierbarkeit der FAA für Fische durch die Einleitung des Dotationswassers nicht zu beeinträchtigen. Aus diesem Grund ist es für die Dimensionierung notwendig zu wissen, wo die Prozesse der Energiedissipation abgeschlossen sind. Abbildung 4 zeigt ein einfaches Design einer Energieumwandlungsanlage in Form eines Absturzes in einem Kanal. Die Abnahme der maximalen Strömungsgeschwindigkeit indem hierbei auftretenden ‚getauchten Wechselsprung‘ kann auf Basis bestehender Veröffentlichungen [4] für die Dimensionierung genutzt werden. Wie links in der Abbildung dargestellt, beträgt bei dieser Energieumwandlungsanlage die maximale Geschwindigkeit

15 m unterhalb des Absturzes noch ca. 1,5 m/s, was oberhalb der zulässigen Einleitungsgeschwindigkeit liegt.

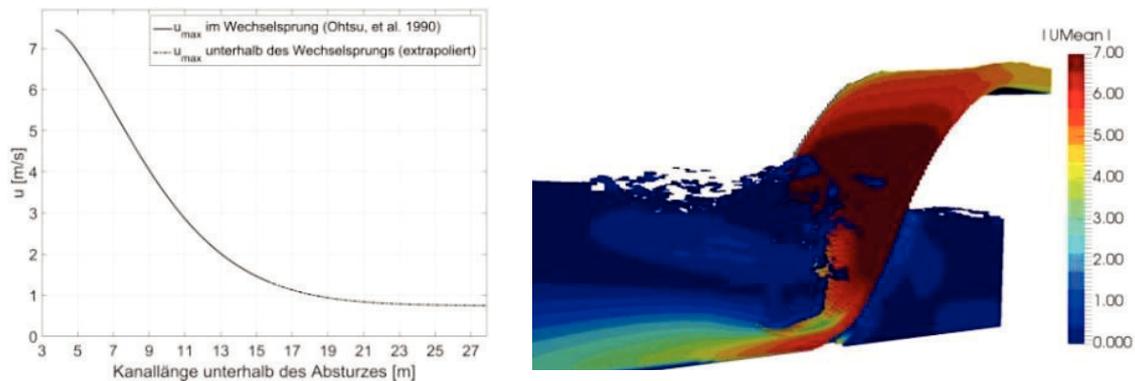


Abbildung 4: Abnahme der maximalen Geschwindigkeit in einem getauchten Wechselsprung unterhalb eines Absturzes für etwa 3,5 m Fallhöhe und 4 m³/s Durchfluss (links: berechnet nach [4]; rechts: simuliert mit OpenFOAM®)

Zwar gibt es Optimierungen solcher Tosbecken, welche hinsichtlich der Minimierung von Sedimentausspülungen entwickelt wurden, doch ist z. B. derzeit nicht klar, inwiefern sich die benötigte Strecke für eine ausreichende Abnahme der maximalen Geschwindigkeit im Detail verkürzen lässt. Ähnliches gilt für Tosbecken die den Übergang eines Rohrsystems zu einem Kanal umsetzen.

5. Designkonzepte für Dotationsbecken

Wie in Kapitel 2 bereits beschrieben wurde, erfolgt nach der Energieumwandlung die Einleitung des Dotationswassers in das Einstiegsbecken. Somit stellt das Dotationsbecken das Verbindungsglied zwischen Transportleitung und Einleitung dar. In der ersten Zeile von Abbildung 5 ist dargestellt, wie eine 180°-Kurve zwischen Transportkanal und Einleitung die Strömung negativ beeinflussen kann: aufgrund der Strömungsablösung treten hohe Geschwindigkeiten bei der Einleitung auf. In der zweiten Zeile ist abgebildet, wie anhand von Leitblechen nach [5] eine verbesserte Strömung im Dotationsbecken erreicht wird. Neben Kurven treten auch häufig Querschnittsänderungen zwischen Transportsystem und Dotationsbecken auf. In diesen Fällen müssen – wiederum möglichst kompakte - Strömungsaufweitungen umgesetzt werden. Zur Dimensionierung von geeigneten Becken sind beispielsweise Ansätze der Strahlausbreitung und Konzepte von Prallpfeileranordnungen nutzbar. Allerdings fehlen aktuell ein sinnvolles Abstimmen von Randbedingungen und notwendiger Konzepte sowie deren theoretische Beschreibung.

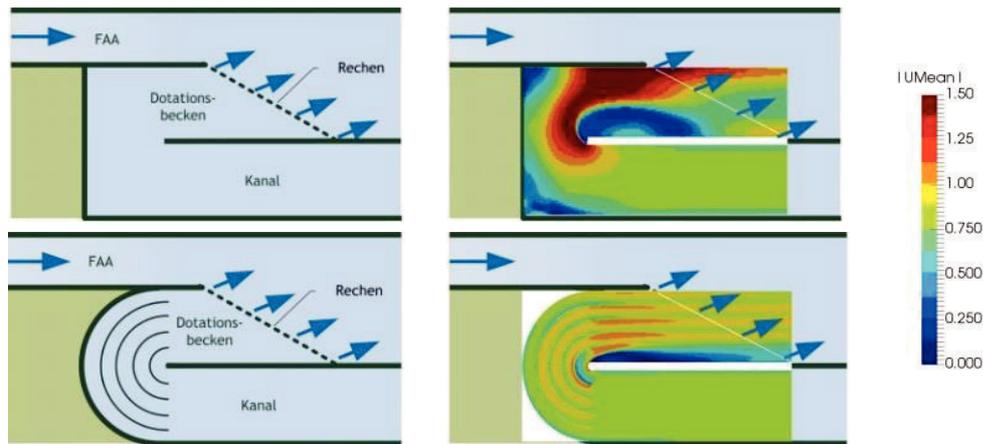


Abbildung 5: Optimierung der Strömung in einem Dotationsbecken mit 180°-Kurve durch Leitbleche.

6. Fazit

Die Dimensionierung von Dotationssystemen hängt wie beschrieben von fischbiologischen, standortspezifischen und FAA-Layout-bezogenen Einflussgrößen ab. Die benötigten Anlagenkomponenten wie Transportleitung, Energieumwandlungsanlage und Dotationsbecken müssen an diese angepasst werden und erreichen unter derzeit bekannten Dimensionierungsansätzen z. T. große Abmessungen. Standortbedingt bieten jedoch kompakte Designs in der Regel deutliche Vorteile. Um Anlagenplanungen hinsichtlich dieses Aspektes zu vereinfachen, bedarf es an weiterer Forschungsarbeit.

Referenzen

- [1] Weichert, R.; Kampke, W.; Deutsch, L.; Scholten, M., (2013). Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern, *Wasserwirtschaft* 103 (1/2), 33–38.
- [2] DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509, Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.“ Hennef.
- [3] WSV (2018): GeoPortal der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, online entnommen am 20.06.2018 unter <https://geoportal.wsv.res.bund>, Ilmenau.
- [4] Ohtsu, I.; Yasuda, Y.; Awazu, S. (1990): Free and Submerged Hydraulic Jumps in Rectangular Channels, *Research Institute of Science and Technology, Nihon Universität*: 1-50
- [5] Idelchick, I. (2008): *Handbook of Hydraulic Resistance*, Begell House Inc., New York