

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Sokoray-Varga, Béla; Weichert, Roman; Lehmann, Boris; Nestmann, Franz

Hydraulische Untersuchungen zur Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen

Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/100869>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Sokoray-Varga, Béla; Weichert, Roman; Lehmann, Boris; Nestmann, Franz (2013):
Hydraulische Untersuchungen zur Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen an
Bundeswasserstraßen. In: TU München (Hg.): Ökohydraulik : Leben im, am und mit dem
Fluss ; Beiträge zur Fachtagung am 27. und 28. Juni 2013 in Obernach. Berichte des
Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen
Universität München 128. München: TU München. S. 77-84.

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.



Hydraulische Untersuchungen zur Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen

Béla Sokoray-Varga, Roman Weichert, Boris Lehmann, Franz Nestmann

Abstract

Ein maßgebender Faktor bei der Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen ist die Strömungssituation innerhalb der Anlage. In diesem Beitrag werden die laufenden Untersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) am KIT zur Turbulenz innerhalb von Schlitzpässen vorgestellt. Im Fokus der Arbeit stehen PIV-Messungen anhand derer die Auswirkungen der Beckengeometrie auf die Eigenschaften der Turbulenz untersucht werden.

1 Einleitung

Die Strömungsverhältnisse innerhalb von Fischaufstiegsanlagen spielen bei der Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit eine maßgebende Rolle, da sie bestimmen, ob es Fische aufgrund ihrer gegebenen Schwimmleistung schaffen können, eine Anlage zu passieren. Aus diesem Grund ist das Wissen von großer Bedeutung, wie die Geometrie der Einbauten einer Fischaufstiegsanlage die Strömung beeinflussen wird.

Eine der weltweit am häufigsten eingesetzten Bautypen von Fischaufstiegsanlagen ist der sogenannte Schlitzpass. Die Strömung innerhalb des Schlitzpasses war bereits Gegenstand zahlreicher Laborexperimente und Naturmessungen (z.B. Rajaratnam et al., 1992; Wu et al., 1999; Puertas et al., 2004; Liu et al., 2006; Tarrade et al., 2008). Diese Studien haben gezeigt, dass die geometrischen Parameter des Schlitzpasses die mittleren Fließgeschwindigkeiten und deren Verteilung innerhalb der Becken beeinflussen. Darüber hinaus wird anhand der genannten Studien auch deutlich, dass die Strömung innerhalb solcher Anlagen stark turbulent ist. Die Eigenschaften der Turbulenz in Schlitzpässen sind jedoch kaum bekannt.

Auch hinsichtlich der Schwimmleistung der Fische existiert umfangreiche Literatur, die vorwiegend auf Fischverhaltensexperimenten basiert (z.B. Bainbridge, 1960; Beamish, 1978; Blake, 1983). Für die Schwimmleistung eines Fisches gegen die mittlere Fließgeschwindigkeit konnte beispielsweise ein klarer Zusammenhang zwischen Schwimmgeschwindigkeit, der Fischgröße und der Ausdauer der Fische

nachgewiesen werden. Vorhandene Untersuchungen zum Einfluss von Turbulenz auf die Schwimmleistung haben hingegen bislang keinen eindeutigen Zusammenhang ableiten können. Die Studien lassen jedoch vermuten, dass neben dem Energieinhalt der Turbulenz (bekannt als turbulente kinetische Energie) weitere Eigenschaften der Turbulenz für die Schwimmleistung maßgebend sein müssen. Dementsprechend fokussieren mehrere neuere Studien auf die Auswirkungen von Wirbelgrößen auf die Schwimmleistung der Fische unterschiedlicher Größen (z.B. Smith et al., 2005; Liao, 2007; Tritico et al., 2010; Pryzbilla et al., 2010).

Aus den genannten Zusammenhängen lässt sich schlussfolgern, dass es für eine verbesserte Dimensionierung von Fischaufstiegsanlagen wesentlich ist, die Wirbelgrößen innerhalb der Anlage zu kennen und in Abhängigkeit der Geometrie der Fischaufstiegsanlage beschreibbar zu machen.

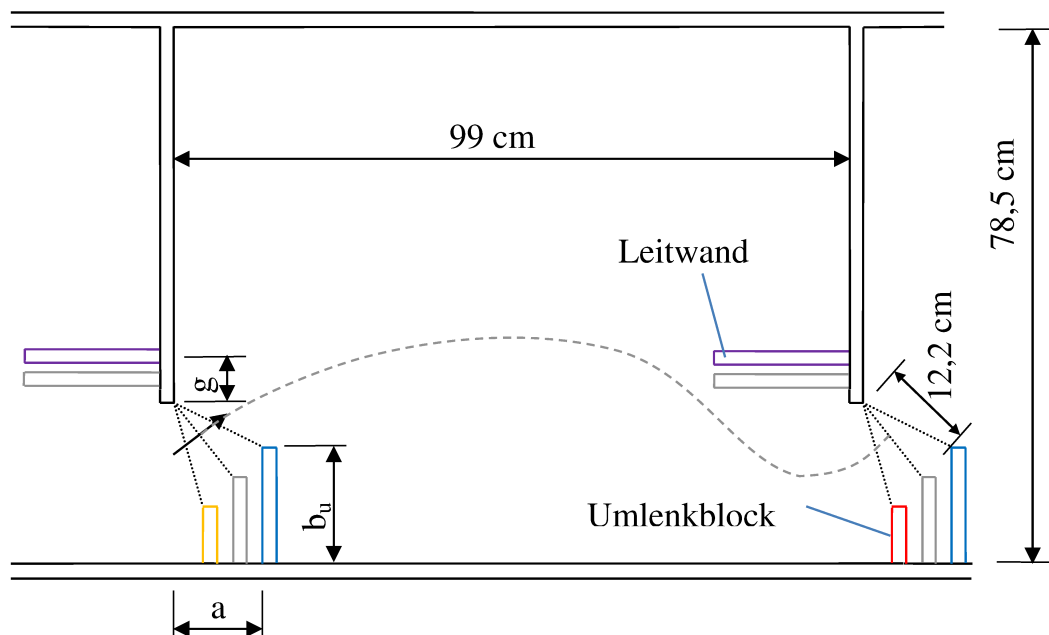


Abb. 1 Draufsicht eines Beckens im physikalischen Modell. Zu erkennen sind die flexibel gestaltbaren Beckeneinbauten.

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes beschäftigen sich das Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am KIT (IWG) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) mit der detaillierten Untersuchung der Turbulenz in Schlitzpässen. Durch die systematische Analyse eines Schlitzpassmodells im Labor soll gezeigt werden, welche Eigenschaften die Turbulenz in den Becken hat und ob sich diese durch geometrische Veränderungen in den Becken beeinflussen lassen. Des Weiteren soll untersucht werden, ob sich Zonen mit ähnlichen Turbulenzeigenschaften in den Becken ausbilden, und ob die Lage solcher Zonen beeinflusst werden kann.

2 Versuchsanordnung und Messmethode

Das physikalische Modell eines Schlitzpasses mit neun aufeinander folgenden Becken wurde im Labor der BAW aufgebaut. Die Sohlneigung des Modells ist auf 2,8% fixiert, die Beckendimensionen sind 78,5 cm x 99,0 cm, die Einbauten sind flexibel anpassbar (Abb. 1). Das Modell entspricht mit diesen Dimensionen einem Maßstab von ca. 1:4 in Bezug auf die Verhältnisse der geplanten Fischaufstiegsanlagen am Neckar.

Die Eigenschaften der Turbulenz, insbesondere die Größen der turbulenten Wirbel werden bei unterschiedlichen geometrischen Varianten der Beckeneinbauten gemessen. Dabei werden die geometrischen Abmessungen der Beckenbauteile zunächst innerhalb der empfohlenen Intervalle der DWA Richtlinie (DWA, 2010) variiert (Abb. 1). Die Varianten entstehen durch die Veränderung der Breite des Umlenkblockes (b_u), des Versatzmaßes (a), und des Abstands (g) von Leitwand zu Schlitz (vgl. Abb. 1). Darüber hinaus soll die Auswirkung kleinerer geometrischer Veränderungen (z.B. Abrundungen von Kanten) untersucht werden.

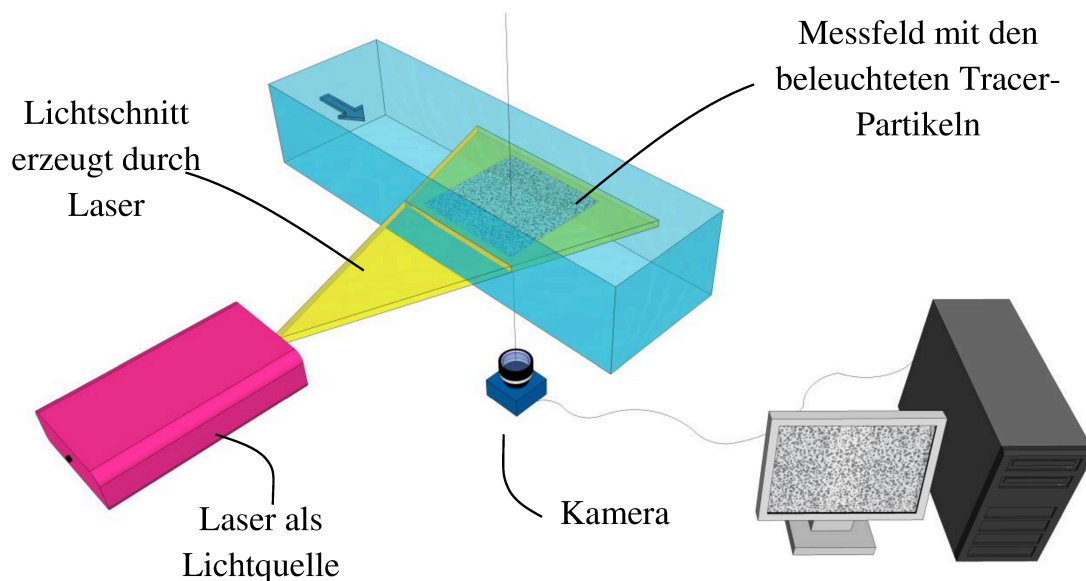


Abb. 2 Schematischer Aufbau des PIV-System

Zur Messung wird das Ganzfeldmessverfahren Particle Image Velocimetry (PIV) eingesetzt, das die Erfassung der Fließgeschwindigkeiten in einem Messfeld von ca. 45 cm x 40 cm und mit einer Messfrequenz von 200 Hz ermöglicht.

PIV ist ein optisches Messverfahren, welches die Fließgeschwindigkeiten durch die optisch beobachtete Verschiebung von Tracer-Partikeln bestimmt, die der Strömung zugegeben worden sind. Die Tracer-Partikel werden mit einer intensiven Lichtquelle, z.B. einem Laser, beleuchtet und durch Kameras auf Bildfolgen aufgezeichnet. Da die Tracer-Partikel der Strömung folgen, ergibt ihr Versatz in

zwei aufeinanderfolgenden Bildern Verschiebungsvektoren und kombiniert mit dem zeitlichen Abstand zwischen den Bildern Geschwindigkeitsvektoren. Damit resultiert aus jedem Bildpaar ein Geschwindigkeitsfeld und das Verfahren erlaubt die simultane Messung der Fließgeschwindigkeiten im ganzen Sichtfeld der Kamera.

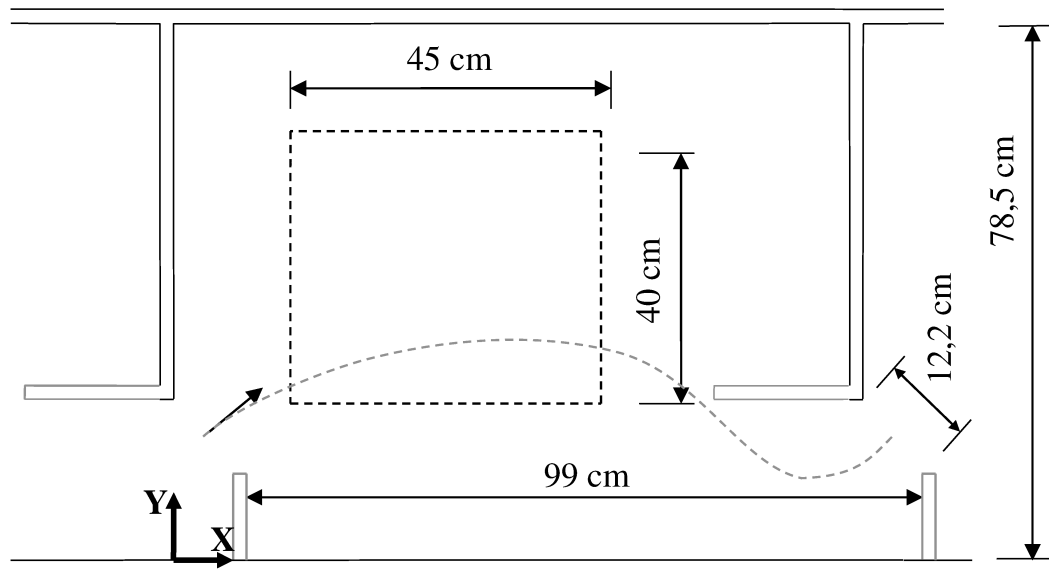


Abb. 3 Draufsicht eines Beckens im physikalischen Modell. Das gestrichelte Rechteck ist die Position des Messfelds bei den PIV-Messungen

Turbulente Wirbel können über die räumliche Verteilung der momentanen Geschwindigkeitsvektoren erkannt werden. Eine besondere Schwierigkeit ist dabei, dass sich die turbulenten Wirbel unterschiedlicher Skalen im Geschwindigkeitsfeld überlagern, wodurch viele Wirbel unterschiedlicher Skalen im selben Punkt gleichzeitig präsent sind. Um einzelne Wirbel zu erkennen, müssen daher die Skalen zunächst getrennt werden. Die hier präsentierten Ergebnisse wurden dabei mit der in Sokoray-Varga et al. (2012) beschriebenen Methodik erstellt. Hierbei wurden zuerst die Zeitreihen mittels frequenzbasierten Filtern gefiltert und dann in einem zweiten Schritt die Wirbelerkennung mittels Swirling Strength Analyse (Adrian et al., 2000) durchgeführt.

Da sich Turbulenz an Geschwindigkeitsgradienten bildet und sich die von der Beckeneinbauten verursachten Geschwindigkeitsgradienten hauptsächlich in Ebenen befinden, die parallel zur Sohle sind, werden die PIV-Messungen in Ebenen dieser Ausrichtung durchgeführt. Das Messfeld wird dabei durch die Glaswand der Rinne mit Hilfe eines Laserlichtschnitts beleuchtet, die PIV-Aufnahmen werden von der Kamera durch den Glasboden des Modells gemacht (vgl. Abb. 2).

3 Erste Messungen

Erste Messungen mit dem aufgebauten PIV-System fanden in dem in Abb. 3 dargestellten Messfeld statt. Die mit nur einer Kamera durchgeführten Messungen haben zweidimensionale Geschwindigkeitsfelder geliefert, die Geschwindigkeitsvektoren wurden entlang eines Gitters von 0,5 cm x 0,5 cm ermittelt.

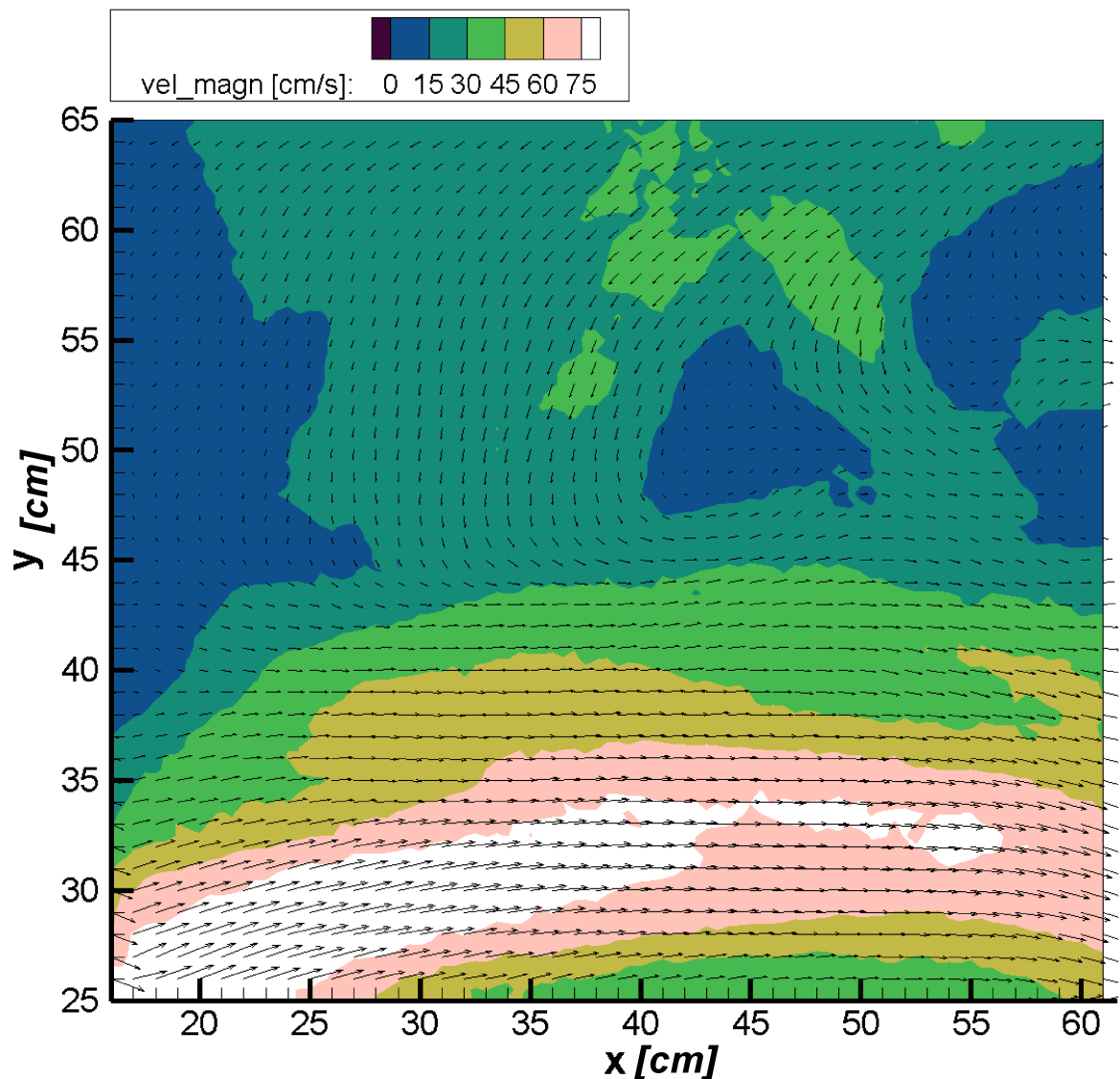


Abb. 4 Über eine Dauer von 1 s gemittelttes Geschwindigkeitsfeld

Abb. 4 zeigt ein über eine Dauer von 1 s gemittelttes Geschwindigkeitsfeld. In dem Geschwindigkeitsfeld lässt sich die Hauptströmung innerhalb des Beckens erkennen. Die größten Geschwindigkeitsgradienten bilden sich entlang der Hauptströmung aus; die größte Turbulenzproduktion ist in dieser Zone zu erwarten.

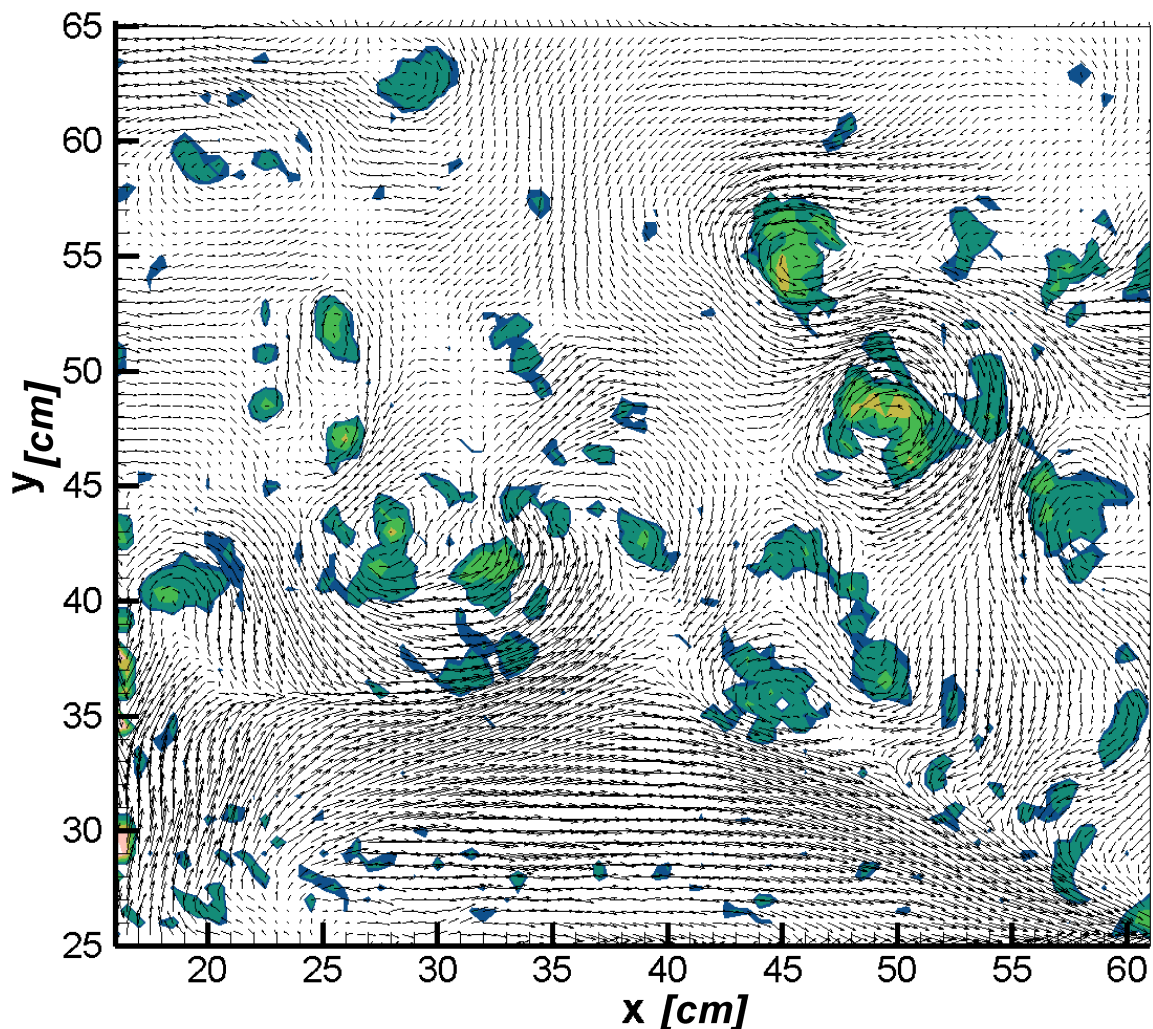


Abb. 5 Wirbelerkennung im gefilterten Geschwindigkeitsfeld.

Die gewählte Gitterauflösung von 0,5 cm x 0,5 cm erlaubt die Erfassung von Wirbeln größer als 1 cm. Da große turbulente Wirbel eine niedrige Frequenz besitzen, wurden zum Zweck der früher beschriebenen Skalentrennung die Zeitreihen der Geschwindigkeitsfelder vor der Wirbelerkennung mit einem 2,5 Hz Tiefpass Filter gefiltert, um nur die Schwankungen der großskaligen Wirbel in dem Geschwindigkeitsfeld zu erhalten. Abb. 5 zeigt das Ergebnis der so durchgeführten Wirbelerkennung. An der Verteilung der Geschwindigkeitsvektoren um die Wirbelzentren kann die rotierende Bewegung beobachtet werden. Die Erkennung von kleineren Wirbeln bedarf einer größeren Gitterauflösung des Geschwindigkeitsfeldes und die Anwendung eines Filters mit angepassten Grenzfrequenzen.

Die erste Analyse zeigt, dass die Erkennung von turbulenten Wirbeln in dem Fischpassmodell möglich ist. Die Ränder der Wirbel zeigen momentan jedoch

Unregelmäßigkeiten auf (vgl. Abb. 5). Es wird daher momentan geprüft ob, dieser nicht ein Mangel des Messverfahrens ist (z.B. Fehler in der Optik, fehlende vertikale Geschwindigkeitskomponenten).

4 Fazit

Die ersten Messungen zeigen, dass die gewählte zeitliche und räumliche Auflösung des PIV-Systems die Erfassung von turbulenten Wirbeln im Schlitzpassmodell ermöglichen. Um die Auswirkungen der Beckengeometrie auf die Eigenschaften der Turbulenz zu zeigen, muss eine systematische Variantenuntersuchung durchgeführt werden.

Als eine weitere bedeutende Quelle für Turbulenz in Fischpässen muss das Sohlsubstrat Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein.

Der vorliegende Artikel zeigt, dass Auswirkungen der Beckengeometrie auf die Eigenschaften der Turbulenz mittels hydraulischer Untersuchungen ermittelt werden können. Um jedoch aus solchen Ergebnissen belastbare Bemessungsvorgaben zur Planung von Fischaufstiegsanlagen zu erhalten, müssen die Ergebnisse aus fischbiologischer Sicht bewertet werden, damit die Einflüsse der Turbulenzeigenschaften auf Fische berücksichtigt werden.

Literatur

Adrian, R. J., Christensen, K. T. & Liu, Z.-C. (2000). Analysis and interpretation of instantaneous turbulent velocity fields. *Experiments in Fluids*, Vol. 29, pp. 275-290.

Bainbridge, R. (1960). Speed and stamina in three fish. *Journal of Experimental Biology*, Vol. 37, pp. 129–153.

Beamish, F. W. H. (1978). Swimming capacity. In: Hoar, W. S. & D. J. Randall (Hrsg.): *Fish physiology*, Vol. VII., New York Academic Press.

Blake, R. W. (1983). *Fish Locomotion*, Cambridge University Press.

DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) (2010). *Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung – Entwurf*, DWA-M 509, DWA.

Liao, J.C. (2007). A review of fish swimming mechanics and behaviour in altered flows. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, Vol. 362, pp. 1973-1993.

Liu, M., Rajaratnam, N., und Zhu, D.Z. (2006). Mean flow and turbulence structure in vertical slot fishways. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 132, pp. 765-777.

Przybilla, A., Kunze, S., Rudert, A., Bleckmann, H., und Brucker, C. (2010). Entraining in trout: a behavioural and hydrodynamic analysis. *Journal of Experimental Biology*, Vol. 213, pp. 2976-2986.

Puertas, J., Pena, L., und Teijeiro, T. (2004). Experimental approach to the hydraulics of vertical slot fishways. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 130, pp. 10-23.

Rajaratnam, N., Katopodis C., und Solanski S. (1992). New designs for vertical slot fishways. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 19 (3), pp. 402-414.

Tarrade, L., Texier, A., David, L., und Larinier, M. (2008). Topologies and measurements of turbulent flow in vertical slot fishways. *Hydrobiologia*, Vol. 609, pp. 177–188.

Tritico, H.M., und Cotel, A.J. (2010). The effects of turbulent eddies on the stability and critical swimming speed of creek chub (*Semotilus atromaculatus*). *Journal of Experimental Biology*, Vol. 213(13), pp. 2284-2293.

Smith, D.L., Brannon, E.L., und Odeh, M. (2005). Response of Juvenile Rainbow Trout to Turbulence Produced by Prismatic Shapes. *Transactions of the American Fisheries Society*, Vol. 134(3), pp. 741-753.

Sokoray-Varga, B., Weichert, R., Lehmann, B., und Nestmann, F. (2012). Detecting turbulent eddies by means of time-resolved PIV measurements in a vertical-slot fish pass. *Proceedings of the 2nd European IAHR Congress*.

Wu, S., Rajaratnam, N., und Katopodis, C. (1999). Structure of flow in a vertical slot fishway. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 125 (4), pp. 351-359.

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Béla Sokoray-Varga
Dr.-Ing. Boris Lehmann
Prof. Dr.-Ing. Franz Nestmann
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
E-mail: bela.sokoray-varga@kit.edu
<http://iwk.iwg.kit.edu/>

Dr. sc. techn. Roman Weichert
Abteilung Wasserbau im Binnenbereich
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17.
76187 Karlsruhe
E-mail: roman.weichert@baw.de
<http://www.baw.de/>