

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Müller, Andreas; Pereira Ziesmann, Larissa Ortrun

Morphologische Versuche zur Ableitung einer hydraulischen und geometrischen Definition von Lenkbuhnen

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106533>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Müller, Andreas; Pereira Ziesmann, Larissa Ortrun (2019): Morphologische Versuche zur Ableitung einer hydraulischen und geometrischen Definition von Lenkbuhnen. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): 21. Treffen junger WissenschaftlerInnen. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 89-94.

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.



Morphologische Versuche zur Ableitung einer hydraulischen und geometrischen Definition von Lenkbuhnen

Andreas Müller, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Larissa Ortrun Pereira Ziesmann, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung

Motivation und Zielsetzung

Bei Lenkbuhnen, einer Maßnahme des Instream River Trainings, handelt es sich um bereits bei Niedrigwasser überströmte, flache Einbauten innerhalb der benetzten Gewässersohle. Durch die Lenkbuhnen wird eine Sekundärströmung induziert, die zur Verlagerung des Stromstrichs und des Talwegs in Richtung Gewässermittle führt und so die Ufer bei Hochwasser entlastet (vgl. Mende und Sindelar 2010). Sie unterscheiden sich von klassischen Buhnen vor allem dadurch, dass sie dauerhaft überströmt sind und in inklinanter Bauweise errichtet werden. Darüber hinaus existiert aber keine deutliche Abgrenzung zwischen den beiden Bauweisen. Da Lenkbuhnen neben dem Uferschutz (vgl. Mende 2015) auch mögliche Vorteile in der Gewässerstrukturierung bieten, wird diese derzeit am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am KIT erforscht. Im Zuge dessen ist eine genaue Definition der Bauweise notwendig.

Experimentelles Versuchssetup

Die in der Literatur zu Lenkbuhnen vorhandenen Laboruntersuchungen konzentrieren sich auf den Uferschutz und beschränken sich auf Versuche mit fester Sohle (Mende 2015, Zaid 2018). Daher wurden hydraulische Modellversuche mit beweglicher Sohle in einer 18 m langen und 1 m breiten Acrylglasrinne im Theodor-Rehbock-Wasserbaulaboratorium am KIT entworfen.

Die Randbedingungen des Versuchs wurden einem Referenzprojekt an der Alb nahe dem Karlsruher Rheinhafen entnommen. Dort wurden Lenkbuhnen aus langen Granitsteinen mit eckigem Querschnitt zum Uferschutz und zur Gewässerstrukturierung eingebaut. Das HQ_{100} beträgt in diesem Bereich 77,42 m^3/s (BAW 1986). Aufgrund umfangreicher Umgestaltungen der Alb im innerstädtischen Bereich Karlsruhes während der letzten Jahrzehnte wurde der dazugehörige Wasserstand mithilfe eines eindimensionalen HEC-RAS-Modells neu berechnet und beträgt in der Natur 3,38 m. Das Gefälle im betrachteten Abschnitt beläuft sich auf 0,9 ‰. Der Maßstab der Laborversuche beträgt 1:15.

Grundlage der Parametervariationen ist die in der Alb eingebaute Referenzbuhne, die nach Mende (2015) dimensioniert wurde, und im Labor aus Holz gebaut wurde (Bild 1). Sie besitzt im Labormaßstab einen Inklinationswinkel α von 60° , eine projizierte Länge l_p von 66,7 cm d.h. $2/3$ der Sohlbreite b_{so} , eine Breite von 7 cm und eine Höhe von 2,3 cm, also relative Höhe H von $0,1 \cdot h_{HQ100}$. Die Kopfform ist in Anlehnung an die Buhnen in der Alb eckig ausgebildet. Die Buhnen werden seriell in der Rinne eingebaut. Da sich durch die Einbauten die hervorgerufene Sekundärströmung erwartungsgemäß erst nach 3 Buhnen voll ausbildet und sich dementsprechend auch die ufernahe Fließgeschwindigkeit verringert, wurde der Messbereich um die 3. Buhne eingerichtet (Mende 2015). Er erstreckt sich von der Buhnenwurzel aus 2,25 m nach Oberstrom und 1,75 m nach Unterstrom.

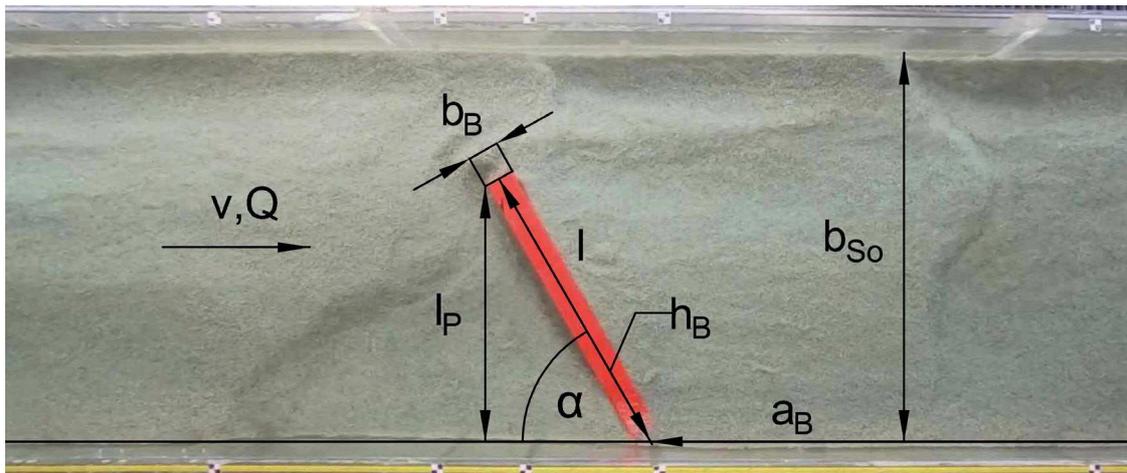


Bild 1: Referenz-Lenkbuhne mit Bemessungsgrößen in Anlehnung an Mende (2015)

In den Versuchen werden die Parameter Inklinationswinkel α , projizierte Länge l_p , Breite b_B , Höhe h_B , der Abstand zur nächsten Buhne a_B und die Kopfform der Buhnen variiert und deren Einfluss auf das Strömungsfeld und die Funktionsweise der Lenkbuhnen untersucht (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Zusammenstellung der Versuchsparameter zur Ableitung der Definition

Parameter	Variable	Werte				
Breite Buhne	b_B	d_m n. Mende (2015)		$3 \cdot d_m$ n. Mende (2015)		
Höhe Buhne	h_B	$1/10 \cdot H$			$2/5 \cdot H$	
projizierte Länge	l_p	$1/3 \cdot b_{So}$		$1/2 \cdot b_{So}$		$2/3 \cdot b_{So}$
Inklinationswinkel	α	15°	30°	45°	60°	75°
Abstand	a_B	$3 \cdot l_p$		$6 \cdot l_p$		$9 \cdot l_p$

Das Sediment im Versuchsstand wurde passend zum natürlichen Substrat aus dem Referenzprojekt gewählt. Im betroffenen Abschnitt der Alb besteht die Sohle hauptsächlich aus kiesig-sandigem Material mit großen Schlammablagerungen in den strömungsberuhigten Bereichen an den Innenufern. Als Sohlsubstrat in der Laborrinne wurde ein PVC-Einkornmaterial mit einer Dichte von 1.300 kg/m^3 und einem Korndurchmesser von 3,1 mm gewählt (siehe Bild 1). Das Granulat repräsentiert auf die Natur übertragen einen sedimentologischen Korndurchmesser von 1,8 mm und entspricht von seinem Verhalten damit Grobsand. Das Sohlsubstrat wird am Einlauf des Versuchsstands kontrolliert über ein Förderband zugegeben und am Auslauf des Versuchsstandes wieder aufgefangen. Dort wird es durch eine Schmutzwasserpumpe mit Wasser zurück in den Einlaufbereich gepumpt und vor der Zugabe auf das Förderband wird es mithilfe eines Siebes entwässert und in einem Behälter gespeichert.

Die Messungen im Versuchsstand werden bei zwei fest definierten Zuständen unter stationären Bedingungen durchgeführt und die morphologischen Veränderungen werden während des Versuchs fortlaufend fotografisch dokumentiert (vgl. Bild 2). Die Sohlmorphologie und die Wasserspiegellage wurden mit Ultraschallsonden der Firma Seatek aufgenommen. Der Abstand zwischen den Profilen beträgt von Rinnenmeter 9,7 bis 11,7 jeweils 5 cm und in den Randbereichen 10 cm. In jedem Profil werden an 29 Punkten die Sohlhöhe und an 3 Punkten der Wasserspiegel gemessen. Zur Messung der

Sohlhöhen wird die Rinne bei den zwei Zuständen direkt nach den Geschwindigkeitsmessungen bei minimalem Durchfluss ohne Sohlumlagerungen betrieben und vermessen.

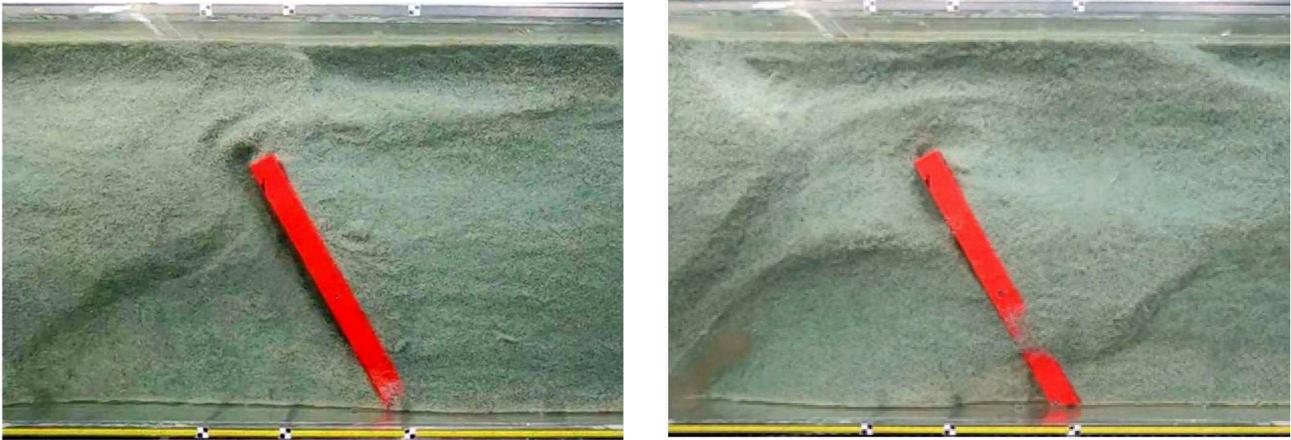


Bild 2: Darstellung der beiden Messzustände; Zustand 1(links) – Düne befindet sich genau zwischen den Lenkbuhnen und Zustand 2 (rechts)– Düne bedeckt die Lenkbuhne

Die Fließgeschwindigkeit wird flächig mit Oberflächen-PIV ermittelt. Als Tracer kommen Bügelperlen aus Polyethylen (PE) der Firma Hama in der Größe von 5 mm zum Einsatz. Die Partikel werden mithilfe eines Zugabebehälters über eine Welle flächig über den gesamten Fließquerschnitt verteilt. Die Kameraaufnahme erfolgt mit einer GoPro HERO7 BLACK. Nach der Aufbereitung der Einzelbilder erfolgt die Auswertung mit Hilfe des MATLAB-Programms PIVlab (Thielcke und Stamhuis 2014).

Ergebnisse

wurden aufbauend auf Angaben aus der Literatur folgende Bewertungskriterien zur hydraulischen Definition einer Lenkbuhne aufgestellt:

- visuelle Dokumentation der Sekundärströmung
- Reduktion der ufernahen Oberflächengeschwindigkeit am gleichen Ufer bei HQ_{100}
- Zunahme der ufernahen Geschwindigkeit am gegenüberliegenden Ufer bei HQ_{100}
- keine Kolkbildung nahe der Ufer

Erste Versuchsergebnisse konnten bereits den starken Einfluss der Buhnen auf die Gewässersohle dokumentieren. Wie in Bild 3 dargestellt ist, entwickeln sich direkt oberstrom der Buhne und stromabwärts des Buhnenkopfes Kolke, wohingegen es in den ufernahen Bereichen zur Sedimentation kommt. Gegenüber dem Nullversuch, ohne Lenkbuhnen, ist das Gewässerbett also deutlich strukturierter. Diese Beobachtungen decken sich gut mit den Ergebnissen der Versuche von Möws und Koll (2014).

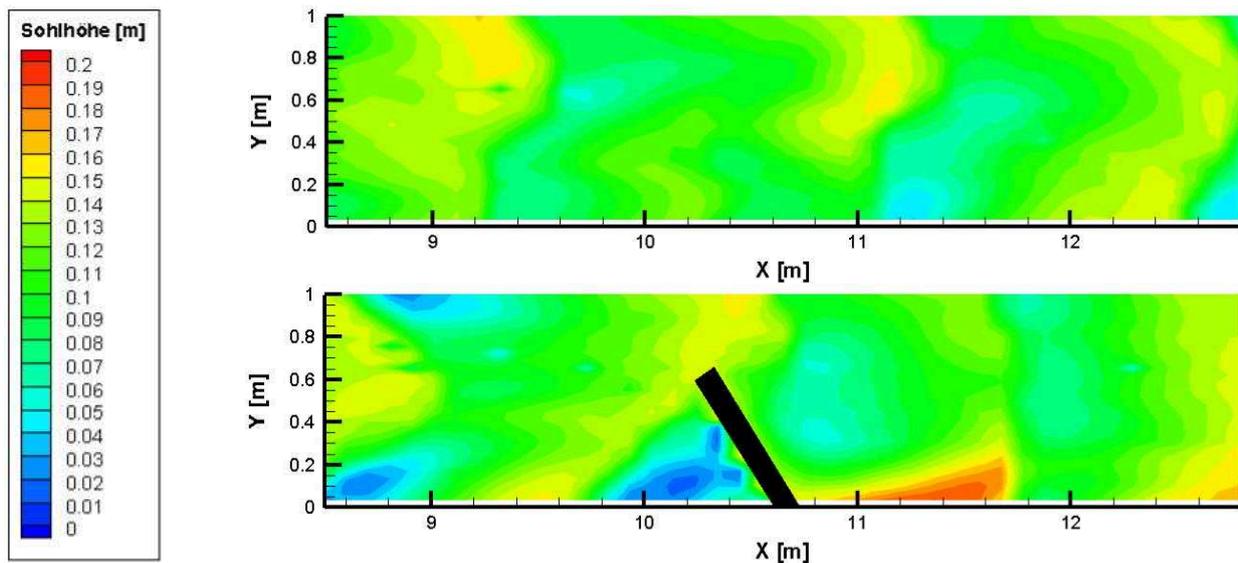


Bild 3: Vergleich der Sohlhöhen im Nullversuch ohne Buhnen (oben) und nach Einbau der Referenzbuhne (unten) für den Zustand 1

Auch die Geschwindigkeitsverteilung im Messbereich wird trotz der geringen Höhe der Einbauten stark von den Buhnen beeinflusst, wie sich in Bild 4 erkennen lässt. Im vorliegenden Beispiel sinkt die ufernahe Oberflächengeschwindigkeit unterstrom der eingebauten Lenkbuhne um 13 % gegenüber der Nullvariante ab. Am gegenüberliegenden Ufer ist hingegen keine Erhöhung der Geschwindigkeit messbar. Die Geschwindigkeitsverteilung bestätigt damit die Erkenntnisse der Sohlvermessung: Am strömungsberuhigten Ufer direkt unterstrom der Buhne findet Anlandung statt, während sich in den Bereichen mit hoher Fließgeschwindigkeit direkt oberhalb der Buhne und nahe des Buhnenkopfes Erosion einstellt.

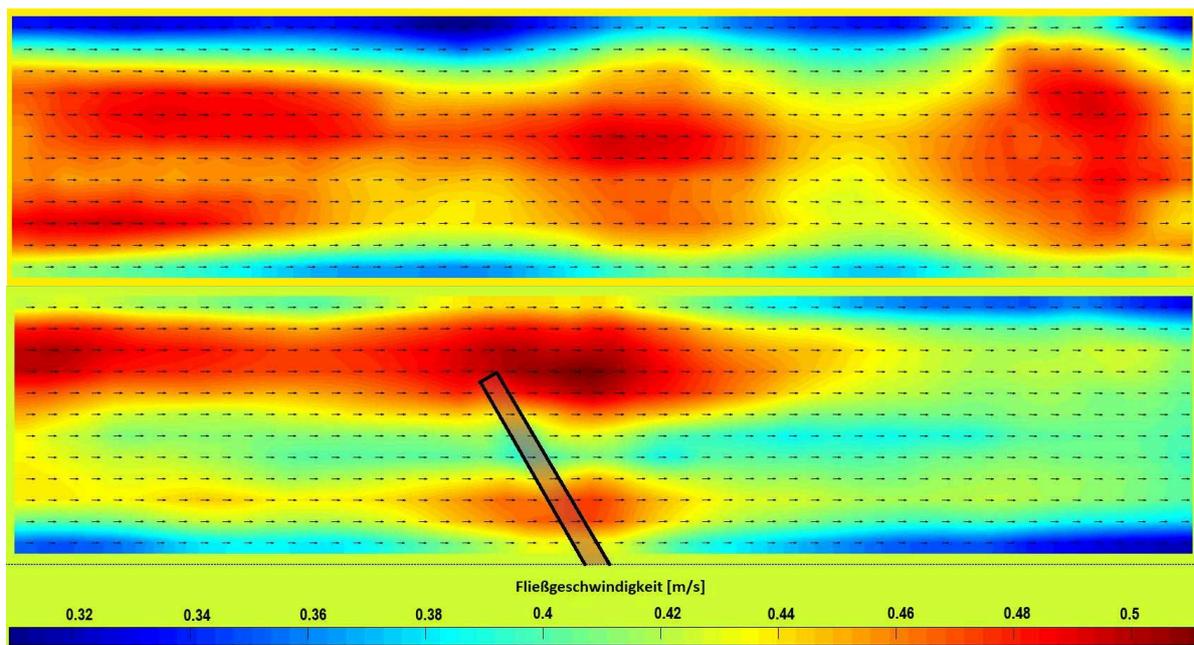


Bild 4: Vergleich der Oberflächengeschwindigkeiten für den Nullversuch ohne Buhnen (oben) und nach Einbau der Referenzbuhne (unten) für den Zustand 1

Fazit und Ausblick

Mit den Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Lenkbuhnen einen großen Einfluss auf die Geschwindigkeitsverteilung ausüben. Die durch die Buhne hervorgerufene Änderung wirkt sich auch unmittelbar auf die Sohltopographie im Umfeld der Buhnen aus. Auch die in der Literatur (Mende 2015) gezeigte Verringerung der ufernahen Fließgeschwindigkeit konnte nachgewiesen werden. Bei der Fortführung der Versuche werden die Auswirkungen der geänderten Parameter auf die Hydraulik und die sohlmorphologischen Prozesse weitergehend untersucht werden. Aufbauend auf den festgesetzten Kriterien, wie z.B. der Reduktion der ufernahen Oberflächengeschwindigkeit, kann eine Lenkbuhne eindeutig beschrieben werden. Am Ende der Versuchsreihe wird eine hydraulische und geometrische Definition von Lenkbuhnen stehen und die Bauweise so klar von klassischen Buhnen abgrenzen.

Die vorliegende Untersuchung ist Teil eines größeren von der Hector Fellow Academy finanzierten Projekts zur Erforschung der Gewässerstrukturierung durch Lenkbuhnen. Ausgehend von den Ergebnissen der Versuchsreihe werden Kombinationen von Bemessungsparametern zur Optimierung der Bauweise für anschließende Untersuchungen im Labor und im Freiland ausgewählt. Auch wenn die Optimierung des Lenkbuhnenlayouts mit hydraulischen Versuchen durchgeführt wird, soll durch den Vergleich mit Messdaten, die aus dem Naturversuch gewonnen wurden, die Übertragbarkeit auf das Freiland validiert werden. Ziel des Projekts ist die Ableitung von Bemessungsdiagrammen für den planenden Ingenieur.

Literatur

- Bundesanstalt für Wasserbau (1986): Gutachten zum Hochwasserschutz Alb/Knielingen-Grünwinkel – Hydraulische Berechnung der Alb.
- Mende, M. (2015): Naturnaher Uferschutz mit Lenkbuhnen – Grundlagen, Analytik und Bemessung. Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig Nr. 162, Braunschweig.
- Mende, M.; Sindelar, C. (2010): Instream River Training - Lenkbuhnen und Pendelrampen. Beitrag zum 15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München, TU Graz und ETH Zürich vom 1.-3. Juli 2010 in Wallgau, Oberbayern, S. 35 – 44.
- Möws, R.; Koll, K. (2014): Influence of a single submerged groyne on the bed morphology and the flow field. Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics, RIVER FLOW 2014. 10.1201/b17133-193.
- Thielicke, W.; Stamhuis, E.J. (2014): PIVlab – Towards User-friendly, Affordable and Accurate Digital Particle Image Velocimetry in MATLAB. Journal of Open Research Software 2(1):e30, DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/jors.bl>
- Zaid, Bahaeldeen A. (2018): Development of Design Guidelines for Shallow Groynes. Universitätsbibliothek Braunschweig. Online unter: https://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00065666.