

Christine Sindelar und Matthias Mende

# Lenkbuhnen zur Strukturierung und Stabilisierung von Fließgewässern

Seit Anfang der 1990er Jahre wurden in der Steiermark sohlennahe Gewässereinbauten zur Stabilisierung und Strukturierung von Fließgewässern umgesetzt. Bei den Einbauten handelt es sich um Lenkbuhnen. Als wesentliches Kennzeichen induzieren sie bei starker Überströmung eine Spiralströmung, mit der der Geschiebetransport und die Geschwindigkeitsverteilung beeinflusst werden. Naturuntersuchungen an der Mur zeigen, dass mit Lenkbuhnen die Strömungsvielfalt und die Tiefenvarianz deutlich vergrößert werden können.

## 1 Einleitung

Ufererosion, lokale Kolkbildungen und Auflandungen sind in gewissen Grenzen natürliche Prozesse, die aus ökologischer Sicht durchaus erwünscht sind. Häufig stehen sie jedoch im Konflikt mit den Nutzungsansprüchen des Menschen. Mit dem Bau ufernaher Infrastruktureinrichtungen und Bauwerke wurden Werte geschaffen, die heute vor allem durch Längsverbauungen geschützt werden.

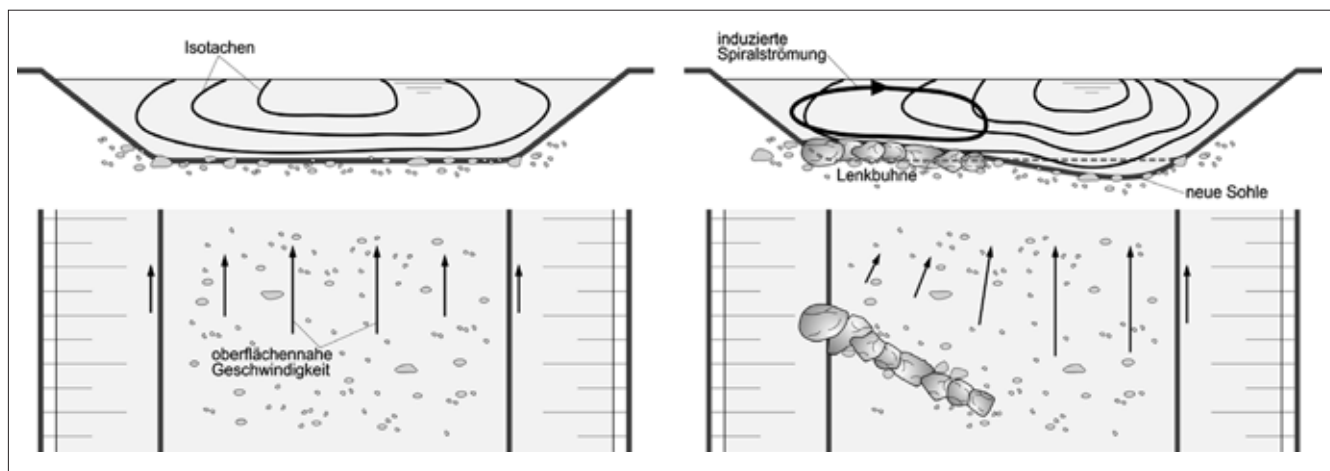
Der den Längsbauwerken zugrunde liegende Ansatz zur Vermeidung von Ufererosion beinhaltet die Anpassung der Ufer an den maximalen Strömungsangriff, d. h. sie schützen vor der Wirkung des Wassers. Ein grundlegend anderer Lösungsansatz ist es, Ufererosion durch eine Verringerung des Strömungsangriffs auf das Ufer zu vermeiden, also die Ursache zu beeinflussen.

Nach dem letztgenannten Ansatz wirken Lenkbuhnen. Im Gegensatz zu linearen und glatten Längsbauwerken ermöglichen Lenkbuhnen Gewässerstabilisierung und -strukturierung miteinander zu kombinieren, und so den Konflikt zwischen Ökologie und menschlichen Nutzungsansprüchen abzumindern. Darüber hinaus lassen sie sich auch zur reinen Strukturierung einsetzen.

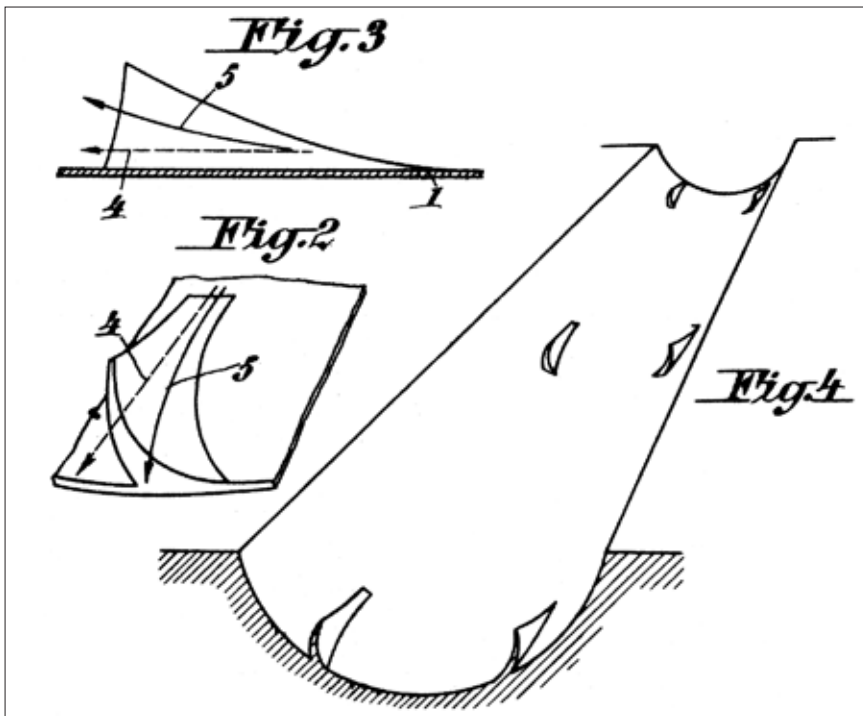
Eine besondere Lenkbuhnenanordnung ist der so genannte „Strömungstrichter“. Seit 2004 wurden je zwei Trichter in der Mur bei St. Stefan ob Leoben (Ö) und in der Wiese in Lörrach (D) und je ein Trichter in der Kainach bei Dobl (Ö) und in der Salza bei Gusswerk (Ö) eingebaut, deren Wirkung im Rahmen begleitender Monitoring-Maßnahmen untersucht wurde. Von einem der in der Mur umgesetzten Strömungstrichter liegen bereits umfangreiche Ergebnisse vor, die in diesem Beitrag vorgestellt werden.

## 2 Lenkbuhnen

Von der Baubezirksleitung Bruck a. d. Mur, Steiermark, wurden seit Anfang der 1990er Jahre naturnahe Sohleneinbauten zur Strukturierung und Stabilisierung entwickelt sowie an Gewässern mit bis zu 40 m Sohlenbreite umgesetzt. Bei den Bauweisen, die nach Grober [3] je nach Anordnung und Geometrie als Sohlgrundbuhnen, Sichelbuhnen, Wasserschnecke oder Strömungstrichter bezeichnet werden, handelt es sich um einzelne Buhnen oder Buhnengruppen, die entsprechend dem Einsatzbereich angepasst wurden. Sie werden im Folgenden als „Lenkbuhnen“ bezeichnet, da sie sich in Bau- und Funktionsweise von klassischen Buhnen unterscheiden. Inzwischen wurden auch in weiteren Teilen Österreichs, in Deutschland und in der Schweiz Lenkbuhnen gebaut.



**Bild 1:** Schematische Isotachendarstellung eines geraden Gewässerabschnitts ohne (links) und mit Lenkbuhnen (rechts)



**Bild 2:** Darstellung von Leitelementen aus dem Österreichischen Patent Nr. 134543 [10] (modifiziert)

### 2.1 Begriffsdefinition

Die Lenkbuhne ist eine Buhnenbauweise, die bereits bei Niedrigwasserabfluss vollständig überströmt wird. Als wesentliches Merkmal induziert sie bei größeren Abflüssen eine Spiralströmung um eine Längsachse in Fließrichtung und beeinflusst damit die Geschwindigkeitsverteilung und den Geschiebetransport (**Bild 1**).

### 2.2 Stand des Wissens

Die Induzierung von Spiralströmungen durch Buhnen wurde in der Literatur bisher noch nicht beschrieben. Bei Modellversuchen im Leichtweiß-Institut für Wasserbau der TU Braunschweig konnte die Induzierung einer Spiralströmung durch Lenkbuhnen nun erstmals nachgewiesen werden [7].

Es ist anzunehmen, dass auch stark überströmte Buhnenbauweisen, wie Rock Vanes, s. z. B. [4], oder Stream Barbs, s. z. B. [1], in Teilbereichen wie Lenkbuhnen wirken. Beide genannten Bauweisen sind durch einen geradlinig von der Sohle zur Böschungsoberkante hin ansteigenden Rücken gekennzeichnet. Sie werden also im buhnenkopfnahen Bereich ähnlich wie Lenkbuhnen ständig überströmt, im ufernahen Bereich jedoch erst, wenn der Fluss ausufert. In der Literatur über Rock Vanes und Stream Barbs wird jedoch nicht auf das mögliche Auftreten einer Spiralströmung eingegangen.

Die einzigen Bauweisen, bei denen die In-

duzierung einer solchen Strömung bekannt ist, sind Leitelemente (engl. Vanes oder Iowa Vanes). Ein Patent für Leitelemente wurde bereits 1933 an V. Schaubberger erteilt, der sie zur Vermeidung von Sedimentationen in der Gewässermitte einsetzte, indem er mit ihnen eine „voreilende Bewegung des Wassers im Kern gegenüber der Wasserführung in den



**Bild 3:** Deklinanter Strömungstrichter aus Lenkbuhnen in der Salza, Steiermark, mit ausgeprägter Substratsortierung (Foto: Glüh, 2005)

Randzonen“ [10] bewirkte (**Bild 2**). Erst ab den 1980er Jahren erfolgten an der Universität Iowa systematische Untersuchungen zur Optimierung der Anordnung und konstruktiven Gestaltung der Elemente sowie die Herleitung eines theoretischen Modells (z. B. [9]).

### 2.3 Hydraulik von Lenkbuhnen

Bei niedrigen Abflüssen wirken Lenkbuhnen hydraulisch ähnlich wie Dammüberfälle, so dass sich unterstrom Walzen mit buhnenparalleler Achse ausbilden.

Bei größeren Abflüssen werden Lenkbuhnen so stark überströmt, dass kein Fließwechsel mehr stattfindet. Die bei diesem Zustand auftretende Spiralströmung (s. Abschnitt 2.1) führt bei inklinanter Anordnung in geraden Strecken zu Anlandungen im Bereich der Lenkbuhnen und Eintiefungen außerhalb. Diese Wirkung wird dadurch verstärkt, dass die induzierte Strömung sohlennah langsam fließendes Wasser in den Bereich der Einbauten lenkt. Schnell fließendes oberflächennahes Wasser wird dagegen heraus transportiert. Dieser Massen- und Impulsaustausch bewirkt eine deutliche Verringerung der Fließgeschwindigkeit, wodurch die Ablagerung des eingetragenen Sediments begünstigt und das Ufer entlastet wird. Außerhalb der Einbauten steigt die Fließgeschwindigkeit an, was in Wechselwirkung mit dem quer zur Hauptströmung gerichteten Geschiebetransport Eintiefungen zur Folge hat (**Bild 1**).

### 2.4 Konstruktive Ausbildung

Unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten in der Gebirgsregion Steiermark wurden Lenkbuhnen bisher vor allem aus Blocksteinen gebaut. Die Bemessung der Steine erfolgte anhand von Erfahrungswissen, üblicherweise liegt das Steinvolumen zwischen 1,5 und 3,0 m<sup>3</sup> [3]. Je nach Strömungsangriff werden die Blocksteine zusätzlich durch Stützsteine gesichert, außerdem wird die Einbindung ins Ufer mit Blocksteinen verstärkt.

Bei einem Naturversuch an der Brookbäke im Landkreis Oldenburg wurden erstmals Lenkbuhnen aus Totholz umgesetzt. Die Ergebnisse machen deutlich, dass auch andere Materialien zum Bau von Lenkbuhnen grundsätzlich geeignet sind [8] und somit die Materialwahl dem Gewässertyp entsprechend angepasst werden kann. Damit stellen Lenkbuhnen eine naturnahe Alternative zu den ähnlich wirkenden Leitelementen dar, die sich als rein technische Gewässereinfaltungen nie in Europa etablieren konnten.

### 2.5 Anwendungsgebiete

Lenkbuhnen werden bisher in den Bereichen Uferschutz, Geschieberegulierung und Gewässerstrukturierung eingesetzt.

Schwerpunkt des Uferschutzes bildet die Sicherung von Prallufeln, wo Lenkbuhnen einseitig eingebaut werden, um den Stromstrich und den Talweg in Richtung Innenufer zu verlagern, s. z. B. [3], [5], [6]. Üblicherweise werden die Lenkbuhnen dazu in Gruppen angeordnet.

Ein weiteres Einsatzgebiet bildet die Regulierung des Geschiebetransports unterstrom von Flusskraftwerken. Die hier häufig auftretenden Auflandungen führen zu einer Anhebung des Unterwasserstands und damit zu einer Verringerung der energetisch nutzbaren Fallhöhe [12]. Durch den Einbau

von Lenkbuhnen und die damit einhergehenden lokalen Sohleneintiefungen kann der Unterwasserstand signifikant gesenkt und auf Räumungen verzichtet werden [2].

Die Gewässerstrukturierung stellt ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet dar. So werden einseitig angeordnete Lenkbuhnen auch zur Initialisierung gezielter Laufverlagerungen unter Ausbildung krümmungsähnlicher Prall- und Gleitgangstrukturen eingebaut. Die diesbezüglichen Erfahrungen sind zwar noch gering, die Ergebnisse des Naturversuchs im Landkreis Oldenburg (s. Abschnitt 2.3) sind aber durchaus positiv [8].

Zur Strukturierung weitgehend geradliniger Gewässerabschnitte werden vor allem beidseitig angeordnete Lenkbuhnen verwendet, die in der Steiermark als „Strömungstrichter“ bezeichnet werden. Sie bewirken eine große Strömungsdiversität mit daraus resultierender Tiefenvarianz und Substratsortierung (Bild 3), wodurch die Lebensbedingungen insbesondere für die Fischfauna verbessert werden [3], [11]. Darüber hinaus kann mit ihnen, je nach Anordnung und Geometrie, auch der Uferschutz verbessert werden (Bild 4).

## 3 Naturversuche mit Strömungstrichtern

### 3.1 Kainach bei Dobl – Inklinante Anordnung

#### Untersuchungsgebiet

Die Kainach ist ein Zubringer der Mur und weist im Untersuchungsgebiet bei Dobl eine Sohlenbreite von 10 m, ein MQ von 10 m<sup>3</sup>/s und ein HQ<sub>1</sub> von 105 m<sup>3</sup>/s auf. Da die Kainach in diesem Gebiet reguliert sowie begradigt wurde und überdies durch

den Schwellbetrieb des KW Arnstein am Zubringerbach Teigitsch stark beeinträchtigt ist, ist der Fischbestand seit der Regulierung drastisch gesunken (Strukturgüte 3). Ziel der Maßnahme war die Erhöhung der Tiefenvarianz und der Strömungsdiversität. Der Trichter in inklinanter Anordnung wurde im Juni 2006 eingebaut.

#### Monitoring

Bis heute fanden drei Messkampagnen statt, die vom Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz durchgeführt wurden: eine im Mai 2006 vor dem Einbau und zwei im Juli bzw. August 2006 nach dem Einbau. Es wurden jeweils 15 Querprofile mittels ADCP-Boot gemessen. Die Vorgehensweise erfolgte wie in Kapitel 3.2 beschrieben.

#### Ergebnisse

Die Wasserführungen bei den Messungen vor und nach dem Einbau des Trichters differierten stark (33 m<sup>3</sup>/s, bzw. 10 m<sup>3</sup>/s und 16 m<sup>3</sup>/s). Weiters fanden seit dem Einbau noch keine bettbildenden Abflüsse statt. Die Sohle nach dem Einbau des Trichters ist daher noch von der Baumaßnahme beeinflusst. Weitere ADCP-Messungen sollen folgen.

### 3.2 Mur bei St. Stefan ob Leoben – Deklinante Anordnung

#### Untersuchungsgebiet

Im Januar 2005 wurde bei St. Stefan ob Leoben in der Steiermark ein deklinanter Strömungstrichter in der Mur bei km 178,9 eingebaut. Das MQ beträgt an dieser Stelle 70 m<sup>3</sup>/s bei einer Abflusstiefe von 170 cm. Das HQ<sub>1</sub> beträgt 320 m<sup>3</sup>/s. Die mittlere Sohlenbreite ist 41 m. Die Mur weist im Untersuchungsgebiet ein Struk-

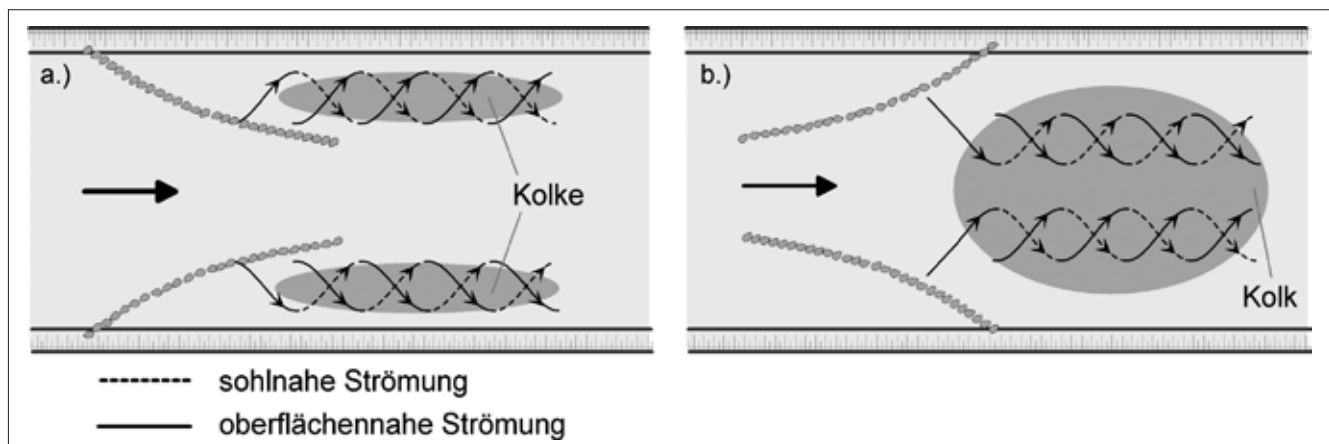


Bild 4: Hydraulik und Sohlenmorphologie bei Strömungstrichtern: a) deklinante und b) inklinante Anordnung



**Bild 5:** Mur-Strömungstrichter: Luftbild (© Bildhauer Graz) und Grundriss-Plan

turgüte von 2 auf (laut einer Bestandsaufnahme des Ministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft gemäß WRRL im Jahr 2004). Beim Einbau des Strömungstrichters zeigte sich jedoch, dass die Sohle stark verfestigt war, so dass der Bagger nicht mit dem gängigen Aushublöffel, sondern nur mit einem schmalen Steinlöffel mit langen Zähnen die Sohle aufzureißen vermochte. Ziel der Maßnahme war es, die Tiefenvarianz und die Strömungsdiversität zu erhöhen, um so wieder verbesserte Bedingungen für den dort heimischen Huchen (auch Donaulachs genannt) zu erhalten (**Bild 5**).

**Monitoring**

Vor dem Einbau des Buhnensystems Strömungstrichter wurde die Sohle in sieben Querprofilen im Abstand von 40 bis 60 m geodätisch aufgenommen. Das am weitesten flussauf liegende Querprofil 1 dient als vom Strömungstrichter unbeeinflusstes Referenzprofil. Unmittelbar nach dem

Einbau wurden die Lagen und Höhen des Buhnensystems geodätisch vermessen.

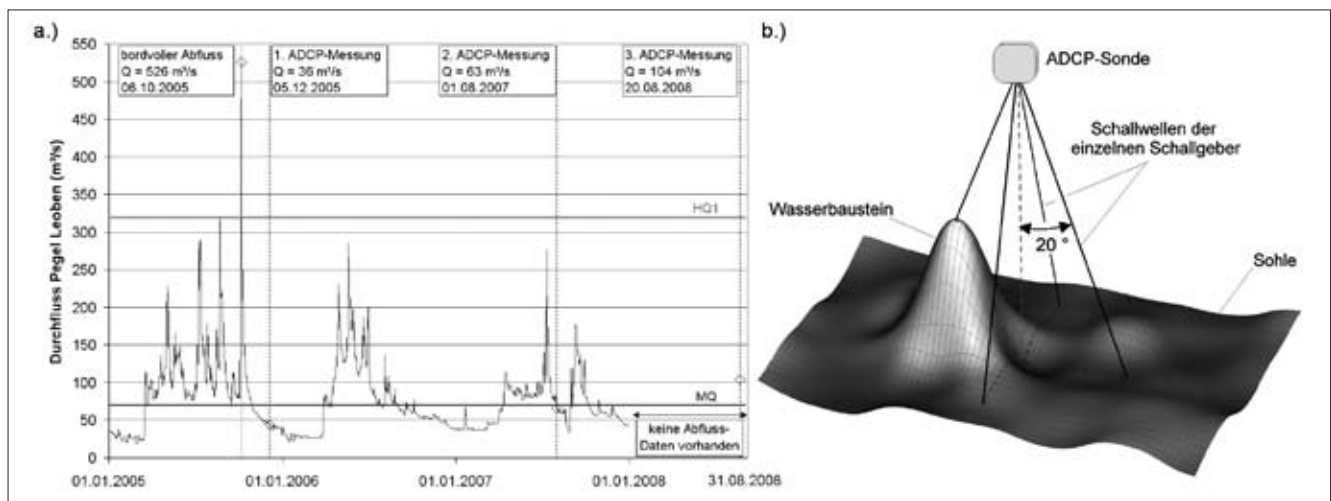
Im Oktober 2005 ereignete sich ein Hochwasser mit einem Spitzenabfluss von 526 m<sup>3</sup>/s, bei dem die Mur im Untersuchungsgebiet über die Ufer trat. Im Dezember 2005 führte das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz ADCP-Messungen durch, um die Strömungsverhältnisse und die Sohlenveränderungen nach dem Hochwasser zu messen. Es herrschte dabei ein mittlerer Durchfluss von 37 m<sup>3</sup>/s. Es wurden die Querprofile 1 bis 6 gemessen. Im August 2007 bzw. 2008 wurden erneut ADCP-Messungen bei mittleren Abflüssen von 63 m<sup>3</sup>/s bzw. 104 m<sup>3</sup>/s durchgeführt (**Bild 6a**). Dabei wurden zusätzlich zu den Profilen 1 bis 6 weitere fünf Zwischenprofile im Bereich des Trichters gemessen. Die verwendete ADCP-Sonde „Workhorse Rio Grande ZedHed 1200 kHz“ der Firma RD Instruments wurde vom Hydrographischen Dienst Steiermark (Abteilung 19A, Amt

der Steiermärkischen Landesregierung) zur Verfügung gestellt.

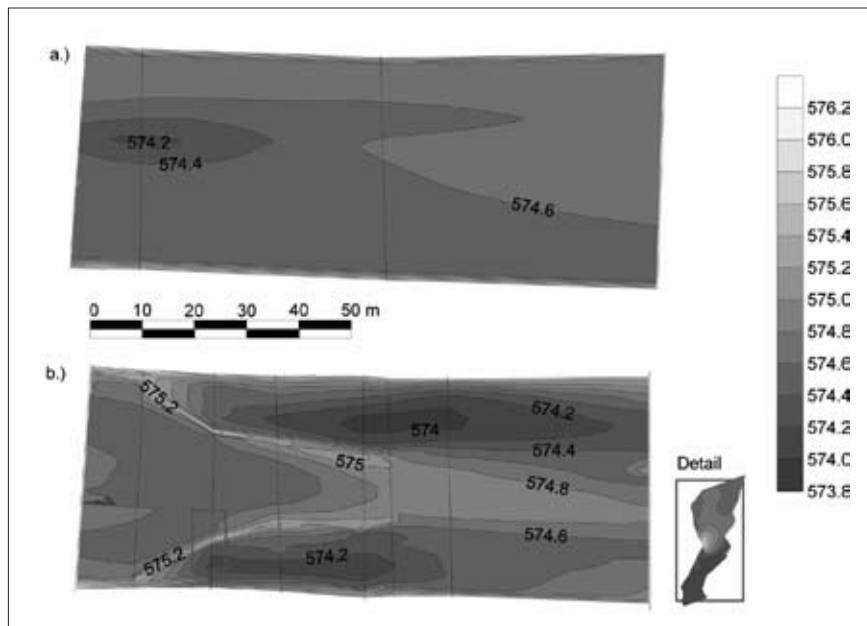
Für die ADCP-Messungen wurde über die zu messenden Querprofile jeweils ein 8 mm Kunststoff-Seil gespannt, das an jeder Uferseite an Bäumen befestigt wurde. Das ADCP-Boot wurde mittels Karabiner an dieses Fixseil gehängt, so dass sich das Boot in Quer- nicht aber in Längsrichtung bewegen ließ. Zu beiden Seiten des Ufers standen Personen, die das Messboot mit einem weiteren Seil möglichst langsam über den Querschnitt zogen.

Das ADCP-Gerät errechnet während der Messfahrt einen relativen Messweg. Dieser muss in ein absolutes Bezugssystem eingepasst werden. Daher wurde am Messboot ein prismenförmiger Reflektor montiert. Während der Messfahrt verfolgte ein am Ufer aufgestellter Theodolit automatisch den Reflektor und zeichnete so den Weg des Messbootes koordinativ auf.

Die vier Schallgeber der ADCP-Sonde messen u. a. drei Geschwindigkeitskom-



**Bild 6:** a) Abflussganglinie Pegel Leoben b) Ermittlung der Wassertiefe mittels ADCP-Sonde



**Bild 7:** Sohlenmorphologie Mur-Strömungstrichter: a) vor und b) nach dem Einbau im August 2007

ponenten, eine sog. „error velocity“ und jeweils eine Wassertiefe pro Schallgeber. Die Schallgeber sind in einem Winkel von 20° zur Vertikalen angeordnet. In der Draufsicht senden die Schallgeber der ADCP-Sonde in Richtung der vier horizontalen Koordinatenhalbachsen. Der Mittelwert der vier Wassertiefen ergibt die Wassertiefe lotrecht zur ADCP-Sonde (**Bild 6b**). Bei einer Wassertiefe von 2 m erfassen die Schallgeber Wassertiefen, die in der Lage 0,72 m von der Lotrechten entfernt sind. Üblicherweise ist diese Vorgehensweise genau genug. Wird das ADCP-Messboot jedoch über eine Buhne aus Wasserbausteinen geführt, so kann es vorkommen, dass jeweils zwei Schallgeber die Wassertiefe über einem Wasserbaustein liefern und zwei weitere die Sohle daneben. Der gebildete Mittelwert sagt dann weder etwas über die Sohlentiefe noch et-

was über die Höhe des Wasserbausteins aus. Bei den hier vorgestellten ADCP-Messungen wurde die Sohle nicht nur nach den Mittelwerten ausgewertet. Im Bereich der Buhnen wurden die Wassertiefen aller 4 Schallgeber einzeln berücksichtigt. Man kann mit dieser Vorgehensweise die genaue Lage der Wasserbausteine eruieren ebenso wie die der Kolke, die sich rundherum gebildet haben. Weiters kann man damit überprüfen, ob das Bauwerk nach größeren Hochwässern stabil geblieben ist.

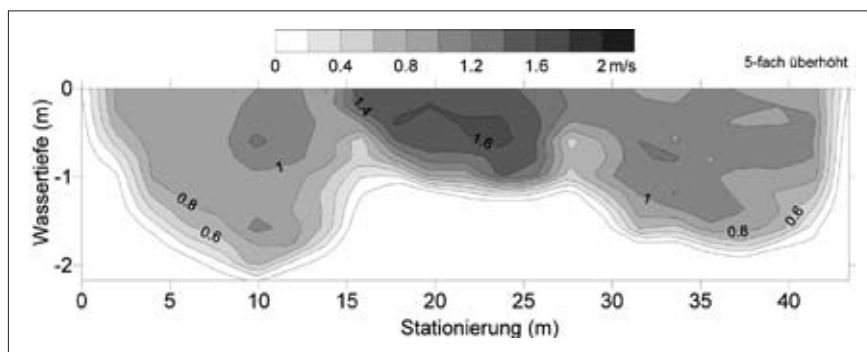
**Ergebnisse**

Die ADCP-Messungen belegen, dass sich die Kolke entsprechend dem Prinzip-Bild (**Bild 4a**) einstellen. Die Ufersicherung ist auch nach dem bordvollen Abfluss im Oktober 2005 intakt. Obwohl der Trichter symmetrisch bezüglich der Flussachse

eingebaut wurde, sind die Kolke auf der orografisch linken Seite stärker ausgeprägt als auf der rechten. Das Querprofil 1 liegt ca. 150 m oberstrom des Trichters im Auslauf einer Mänderschlinge (**Bild 5**) und weist ein typisches Kurvenprofil mit Prallufer auf der rechten und Gleitufer auf der linken Seite auf. Um das rechte Prallufer zu schützen, wurde daher ca. 80 m oberstrom des Trichters eine Niederwasser-Buhne vom rechten Ufer aus eingebaut. Es wird vermutet, dass diese Buhne die Strömung im Außenbogen so stark bremst, dass die Fließgeschwindigkeiten und damit die Kolke im Innenbogen größer sind als im Außenbogen. Insgesamt hat die Tiefenvarianz im Vergleich zum unverbauten Referenzzustand beachtlich zugenommen. Das Detail in **Bild 7** zeigt das Tiefenrelief der Sohle. Man erkennt in dieser Darstellung einen Wasserbaustein. Die Geschwindigkeiten im Bereich des Trichter-Auslaufs (Profil 5) weisen eine große Strömungsdiversität auf. Im Unterschied zu einem Kurvenprofil, weisen die Bereiche mit großen Wassertiefen die geringsten Geschwindigkeiten auf (**Bild 8**). In der Querprofilgeometrie spiegeln sich auch die beiden Spiralströmungen wider, die sich bei großer Überströmung der Buhnen einstellen (**Bild 4a**). Ob sich die Spiralströmungen auch bei mittleren Abflüssen und damit großem Verhältnis von Buhnenhöhe zu Fließtiefe einstellen, ist noch Gegenstand der Untersuchung.

Im Zuge weiterer ADCP-Messungen soll versucht werden, Spiralströmungen auch in Flüssen nachzuweisen. Die ADCP-Sonde liefert Momentangeschwindigkeiten, die vom Mittel stark abweichen können. Für das Nachweisen von Spiralströmungen ist jedoch die Kenntnis von gemittelten Werten, insbesondere für Quer- und Vertikalgeschwindigkeiten, unerlässlich. Die Software WinRiver II® von RD-Instruments bietet mit der sog. Section-by-section-Methode eine Möglichkeit, auch mittlere Geschwindigkeiten zu ermitteln. Dabei wird das Messboot an einer beliebigen Stelle im Fluss fixiert. Für eine bestimmte Dauer (z. B. 60 s) werden ca. einmal pro Sekunde entlang der Vertikalen Geschwindigkeiten gemessen, die anschließend gemittelt werden. Beim Trichter in der Mur wurden bereits erste Section-by-section-Messungen durchgeführt. Die Messdaten werden aktuell ausgewertet.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mit dem Strömungstrichter die Ziele Strömungsvielfalt, Tiefenvarianz und Ver-



**Bild 8:** Mur-Strömungstrichter: Geschwindigkeitsverteilung im Trichterauslauf (Profil 5), August 2007

Christine Sindelar and Matthias Mende

### Restoration and stabilization of rivers with Micro Groins

Since the beginning of the 1990s in Styria, Austria, near bed training structures have been installed in rivers for stabilization and structuring purposes. These training structures are so called "micro groins". A key feature is the generation of a spiral flow which has an effect on both the sediment transport as well as on the velocity distribution. Field measurements at the river Mur in Styria show that micro groins can increase flow diversity and bed elevation variance significantly.

Кристина Зинделар, Маттиас Менде

### Восстановление и стабилизация рек с помощью микро-полузапруд

С начала 1990-х гг. в Штирии (Австрия) у дна рек в целях стабилизации и структурирования были возведены русловыправительные сооружения. Эти русловыправительные сооружения называют еще «микрополузапруды». Их основная особенность – генерирование спирального потока, воздействующего на перемещение наносов и распределение скоростей. Полевые замеры на реке Мур в Штирии показывают, что микрополузапруды могут значительно увеличить разнородность поля скоростей и глубин.

besserung der Habitatqualität in vollem Umfang erreicht wurden. Zudem überstand die Ufersicherung auch ein bordvolles Abflusereignis unbeschädigt. Weitere Untersuchungen während bzw. nach Hochwasserereignissen werden angestrebt. Da Strömungstrichter darüber hinaus kostengünstig sind, stellen sie eine attraktive Maßnahme zur Gewässerstrukturierung dar.

#### Autoren

##### Mag. Dipl.-Ing. Christine Sindelar

TU Graz

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Stremayrgasse 10, AT-8010 Graz

christine.sindelar@tugraz.at

##### Dipl.-Ing. Matthias Mende

IUB Ingenieur-Unternehmung AG

Thunstrasse 2, CH-3005 Bern

matthias.mende@iub-ag.ch

#### Literatur

- [1] Fox, J. F.; Papanicolaou, A. N.; Hobbs, B.; Kramer, C.; Kjos, L.: Fluid-sediment dynamics around a barb: an experimental case study of a hydraulic structure for the Pacific Northwest. In: Canadian Journal of Civil Engineering 32 (2005), Heft 5, S. 853-867.
- [2] Friedrich, J.: Naturmessungen über die Funktionsweise von Buhnen an der Mürz. Diplomarbeit am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Graz, 2008 (unveröffentlicht).
- [3] Grober, O.: Ökologisch orientierte Gewässerinstandhaltungen mit naturnaher dynamischer Landschaftseingliederung nach Grundsätzen von V. Schauburger in der Region Mariazell an der Salza und ihren Nebenbächen. Zusammenstellung der Baubezirksleitung Bruck/Mur, 1998.
- [4] Johnson, P. A.; Hej, R. D.; Tessier, M.; Rosgen, D. L.: Use of vanes for control of scour at vertical wall abutments. In: Journal of Hydraulic Engineering 127 (2001), Heft 9, S. 772-778.
- [5] Mende, M.: Sohlnahe Querbauwerke zur naturnahen Fließgewässerregulierung. In: Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft Nr. 43 (2005), TU Graz, S. 115-120.
- [6] Mende, M.: Lenkbuhnen: Eine kostengünstige und naturnahe Methode zur Aufwertung von Fließgewässern. In: Tagungsband zum gemeinsamen Institutskolloquium der TU Braunschweig und HS Magdeburg-Stendal (FH) Kostengünstige Bausteine zur Umsetzung der EU-WRRRL, S. 22-26, 2006.
- [7] Meyenburg, I.: Einfluss der Anordnung und Geometrie von Lenkbuhnen auf ihre hydraulische Wirkung. Diplomarbeit am Leichtweiß-Institut für Wasserbau, TU Braunschweig, 2007 (unveröffentlicht).
- [8] Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer – Teil A: Fließgewässer-Hydromorphologie. Norden: Eigenverlag, 2008.

[9] Odgaard, A. J.; Wang, Y.: Sediment Management with Submerged Vanes. In: Journal of Hydraulic Engineering 117 (1991), Heft 3, S. 267-302.

[10] Österreichisches Patentamt: Patentschrift Nr. 134543 – Viktor Schauburger in Wien – Wasserführung in Rohren und Gerinnen. Angemeldet am 12. August 1931, Beginn der Patentdauer am 15. April 1933. Wien: Österreichische Staatsdruckerei, 1933.

[11] Sindelar, C.; Knoblauch, H.; Badura, H.; Grober, O.: Monitoring of a bent training structure at the River Mur. In: Proc. of the Conference Hydraulic Measurements and Experimental Methods, Lake Placid, USA, S. 118-123, 2007.

[12] Sindelar, C.; Knoblauch, H.: Modellversuch zur Aktivierung des Sedimenttransports unterhalb von Flusskraftwerken. In: VAW-Mitteilungen (2008), Heft 208, S. 859-868.

Anzeige



**Führend in Kleinwasserkraft**



Seit drei Jahrzehnten plant und baut die Abteilung Energie & Wasser von **ITECO AG** in der Schweiz und im Ausland Wasserkraftwerke, elektrifiziert isolierte Talschaften, erstellt Strategien und führt Förderprogramme durch. Optimierung ist unser Ziel. ITECO führte zudem etliche **Innovationen** erfolgreich in die Schweiz ein. [www.iteco.ch/kleinwasserkraft](http://www.iteco.ch/kleinwasserkraft)

Als **Wasserkraft-Ingenieur**

...können Sie ganzheitliches Denken mit der Praxis verbinden, ein Team führen und verfügen über **Bauerfahrungen**. Interessiert Sie die Mitarbeit in einer dynamischen Firma, so erfahren Sie mehr auf [www.iteco.ch/jobs](http://www.iteco.ch/jobs) oder bei

**ITECO Ingenieurunternehmung AG**  
Hanspeter Leutwiler, Leiter Abteilung E&W,  
[hpleutwiler@iteco.ch](mailto:hpleutwiler@iteco.ch) / [www.iteco.ch](http://www.iteco.ch)