

Einfluss künstlicher Einbauten auf die Stabilität von Flusssohlen am Beispiel der Donau

Effects of Anthropogenous Morphological Changes to the Stability of River Beds using the Example of the Danube River

Von Norbert Krouzecky, Boris Huber und Michael Hengl, Wien

Mit 7 Abbildungen



Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing.
Dr. Norbert Krouzecky



Dipl.-Ing.
Dr. Boris Huber



Dipl.-Ing.
Dr. Michael Hengl

Kurzfassung

Im Rahmen der von der via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH. beauftragten Modelluntersuchungen für das Flussbauliche Gesamtprojekt an der Donau östlich von Wien (siehe ÖIAZ Heft 1-6/2009) wurden im Wasserbaulabor der TU Wien im Flächenmodell auch Untersuchungen mit einer buhnenähnlichen Struktur als Strömungsteiler stromauf eines Inselbereiches durchgeführt. Die Versuche zeigten, dass dieser Einbau – im Gegensatz zu den Ergebnissen der numerischen Berechnungen und der Resultate aus dem Rinnenmodell – einen großflächigen Einfluss auf die Stabilität der Flusssohle ausübt.

Abstract

The hydraulic model tests of the granulometric bed improvement, delegated by the Austrian waterway company via donau (see ÖIAZ magazine 1-6/2009) for the Danube river to the east of Vienna were carried out at the hydraulic laboratory of the Vienna University of Technology. In one experiment of the full-model-tests a special groyne-like structure was used to divide the mean flow upstream of an island. The results showed that – against the results of the numerical simulations and from the investigations in the flume model – the locally produced turbulence has an influence on the stability of large areas of the river bed.

1. Einleitung

Die Donau östlich von Wien unterliegt seit Jahrzehnten einer kontinuierlichen Eintiefung der Flusssohle. Dies hat neben den negativen Folgen für die Schifffahrt durch die einhergehende Absenkung der Grundwasserspiegellagen auch negative Auswirkungen auf die Ökologie und den Nationalpark Donau-Auen. Um möglichst alle daraus folgenden Ansprüche gleichberechtigt zu erfüllen wurde für den Bereich der freien Fließstrecke vom Kraftwerk Freudenu bis zur Staatsgrenze vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie das sogenannte Flussbauliche Gesamtprojekt initiiert, welches durch die via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH. umgesetzt wird. Ziel dieses Projektes ist es, auf der Projekt-

strecke von rund 48 km die vorhandene Erosion der Donausohle zu stoppen und die Sohle in ihrer mittleren Höhenlage zu stabilisieren (Klasz et al., 2009). Die wesentlichsten Maßnahmen umfassen die sogenannte Granulometrische Sohlverbesserung – GSV (dynamische Stabilisierung der Donausohle durch Geschiebevergrößerung mittels Aufbringung eines 20–30 cm Grobkiesbelages der Körnung 40/70 mm) – siehe Abb. 1, die Optimierung von Buhnen hinsichtlich Lage, Form und Länge, stellenweiser Uferrückbau und Durchführung von Maßnahmen zur Gewässervernetzung.

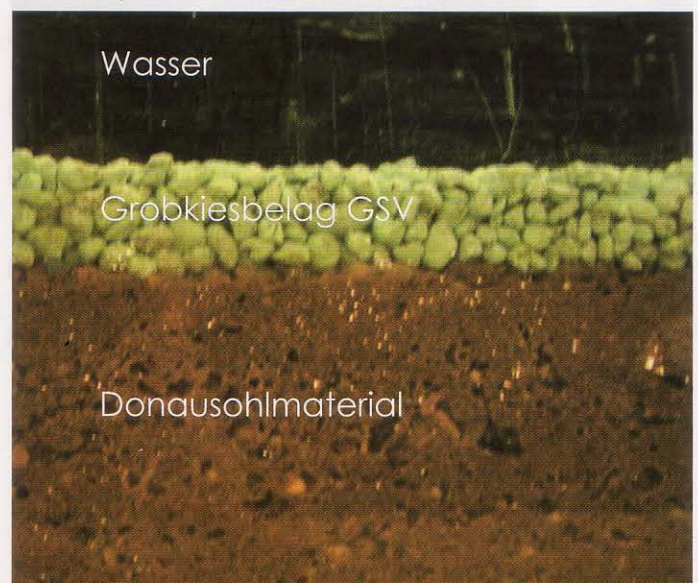


Abb. 1. Schnitt durch die Donausohle mit aufgebrachtem Grobkiesbelag (Granulometrische Sohlverbesserung, Modell im Maßstab 1:10)
Fig. 1. Section through the River bed of the Danube river with application of gravel-layer (granulometric bed improvement, model scale 1:10)

2. Modelle

Da mit der Methode der Granulometrischen Sohlverbesserung technisches Neuland beschritten wird, wurden das Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie der Technischen Universität Wien und das Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft von der via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH. damit beauftragt, die offenen Fragen dieser Methode mittels wasserbaulicher Modellversuche zu klären.

2.1. Schnittmodell

Die Versuche am Schnittmodell wurden in einer rund 30 m langen und 2 m breiten, einseitig verglasten Rinne im Maßstab 1:10 mit einem Maximaldurchfluss von 2.500 l/s (entspricht einem Durchfluss in der Natur von 790 m³/s) durchgeführt (siehe Abb. 2).



Abb. 2. Gesamtansicht des Schnittmodells, M 1:10, Blick Richtung Oberwasser

Fig. 2. Total view of the section model scale 1:10, view upstream

Die durchgeführten Modellversuche zeigten, dass es durch die Aufbringung der Grobkiesauflage gelingt den Erosionsprozess bis zu einer Sohlbelastung von 40–45 N/m² (Naturwert), welche im Projektgebiet stellenweise bei einem Donaudurchfluss entsprechend HW100 auftritt, weitgehend zu unterbinden (Krouzicky et al., 2009).

2.2. Flächenmodell

Nach der Klärung der grundsätzlichen Machbarkeit der Granulometrischen Sohlverbesserung im Schnittmodell, fanden zur Beurteilung der Auswirkungen der dreidimensionalen Strömungen Modelluntersuchungen in einem Vollmodell, dem sogenannten Flächenmodell mit beweglicher Sohle im Maßstab 1:33⅓ statt (Huber et al., 2009). Abb. 3 zeigt die verwendeten Sieblinien im Modellmaßstab.

Inhalt eines speziellen Versuches im Flächenmodell war die Anordnung eines strömunglenkenden Bauwerks aus groben

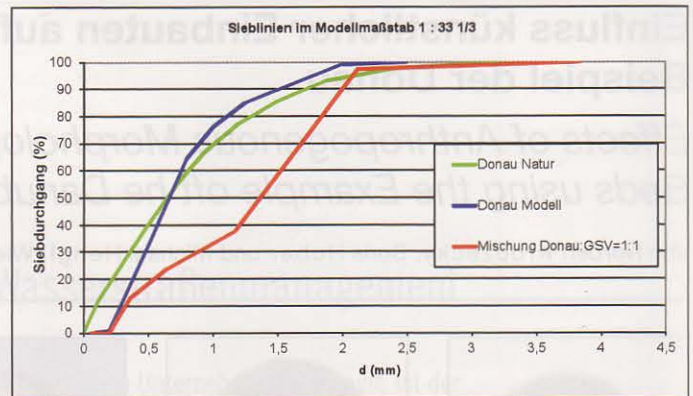


Abb. 3. Charakteristische Sieblinien im Flächenmodell

Fig. 3. Characteristic sieve curves in full model

Steinen stromauf einer im Modell nachgebildeten Insel (siehe Abb. 4). Dieser künstlich eingebaute Strömungsteiler diente dazu, den Nebenarm links von der Insel stärker zu aktivieren und dadurch die dort eintretende Verlandung zu reduzieren. Dieses buhnenähnliche Bauwerk war im Grundriss hakenförmig gekrümmt und die Oberkante lag ca. 1 m (Naturmaß) über MW.

Der Einbau dieser künstlichen Struktur führte großflächig zu einer Abnahme der Stabilität der Granulometrischen Sohlverbesserung stromab des Strömungsteilers. Dies erstaunte insofern, als durch den Strömungsteiler der Abfluss vermehrt in den Teil links der Insel gelenkt werden sollte. Auf die mittleren hydraulischen Parameter war aufgrund der geringen Größe des Strömungsteilers eigentlich kein nennenswerter Einfluss zu erwarten.

Diesen, wie sich heraus stellte, falschen Eindruck, bestätigten auch parallel zum physikalischen Modellversuch durchgeführte numerische 2d-Simulationen. Dort zeigte sich lediglich eine geringfügige Zunahme der Sohl Schubspannungen stromab des Strömungsteilers (siehe Abb. 6). Aus diesen Sohl Schubspannungen und den Beobachtungen bei den Modellversuchen in der Rinne waren maximal örtliche Umlagerungen der Sohle aber kein Geschiebetransport der Granulometrischen Sohlverbesserung zu erwarten.



Abb. 4. Gesamtansicht des Flächenmodells im Maßstab 1: 33⅓, Blick stromab

Fig. 4. Total view of the full model scale 1:33.33, view downstream



Abb. 5. Sohle im Bereich des Strömungsteilers nach einer rund 12-tägigen (Natur) Belastung (entsprechend HSW), Blick stromab

Fig. 5. River bed in the area of the flow splitter after a load corresponding to the highest navigable water level for 12 days (nature)

Als Ursache für die reduzierte Stabilität der Granulometrischen Sohlverbesserung stellte sich die durch den Einbau zunehmende Turbulenzbildung heraus.

3. Ergebnisse

Die speziell mit dem Strömungsteiler durchgeführten Modellversuche zeigten, dass selbst kleinräumige, lokale künstliche Maßnahmen einen großräumigen Einfluss auf den Geschiebetransport, die Sohlstabilität und die sich bildenden Kolke und Anlandungen aufweisen können (siehe Abb. 7).

Die lokal aufgrund des künstlichen Einbaus entstehende zusätzliche Turbulenz überlagert sich mit der bereits im Fluss vorhandenen und kann dadurch stromab über große Bereiche der Flusssohle Auswirkungen auf den Geschiebetransport und eventuell vorhandene Deckschichten aufweisen. Dies betrifft speziell Abflussphasen die im Bereich des Bewegungsbeginns des Sohlmaterials liegen.

Zusätzlich zeigten die durchgeführten numerischen 2d-Simulationen, dass es mittels numerische Methoden, welche auf Mit-

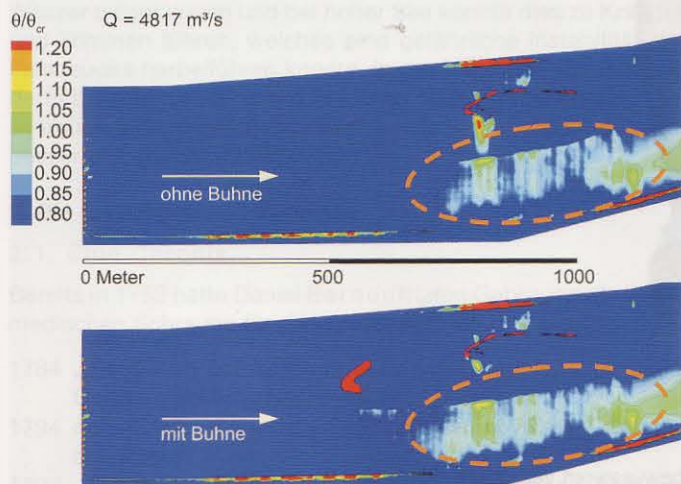


Abb. 6. Prognostizierte Flussbettbelastung ausgedrückt durch das Verhältnis Shieldswert/kritischen Shieldswert als Ergebnis einer numerischen 2d-Simulationsrechnung – oben Zustand ohne, unten Zustand mit buhnenähnlicher Struktur

Fig. 6. Predicted load on the river bed (Shields value divided by critical Shields value), without and with groyne like structure, from a 2d-numerical simulation.

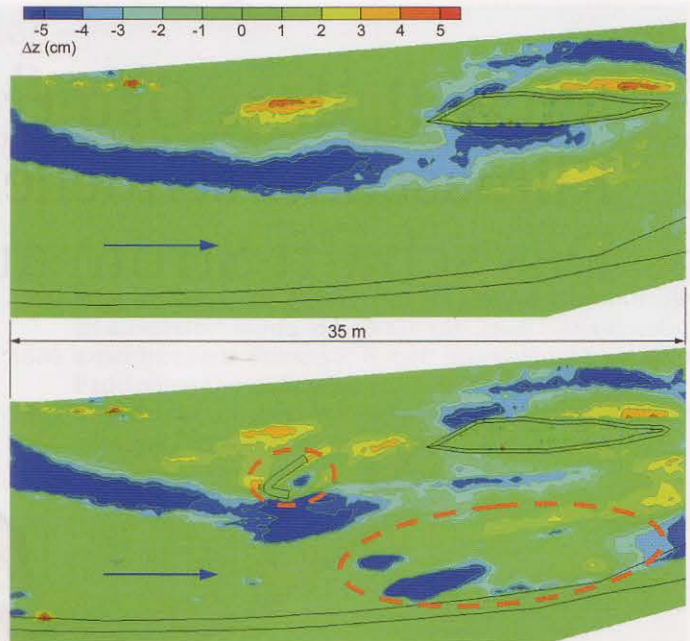


Abb. 7. Tatsächliche Änderung der Sohlagen nach einer 23-tägigen Belastung mit 4817m³/s (Naturwerte) im Flächenmodell 1:33^{1/3} – oben Zustand ohne, unten Zustand mit künstlichem Einbau

Fig. 7. River bed change, without and with anthropogenous structure, from the full model, scale 1:33.33, after 23 days with 4817 m³/s

telwerte sowohl bei Fließ-, als auch Turbulenzwerten zurückgreifen, nicht gelingt, solche dreidimensionalen Erscheinungen im entsprechenden Ausmaß nachzubilden (Huber et al., 2011). Hinsichtlich der physikalischen Modellbildung bedeuten diese Erkenntnisse, dass bei gewissen Untersuchungen auch als oberwasserseitige Randbedingung ein der Natur entsprechender Turbulenzgrad zu berücksichtigen ist und nicht immer mit einheitlichen Normalabflussbedingungen das Auslangen gefunden werden kann (Hengl et al., 2011)

4. Literatur

- [1] Klasz G., Schmalfuß R., Zottl H., Reckendorfer W.: Das Flussbauliche Gesamtprojekt (FGP) für die österreichische Donau östlich von Wien, ÖIAZ, 154. Jahrgang, Heft 1-6, S. 19-30, Wien, 2009
- [2] Krouzecky N., Hengl M., Huber B.: Schnittmodellversuche betreffend die grundsätzliche Umsetzbarkeit der granulometrischen Sohlverbesserung, ÖIAZ, 154. Jahrgang, Heft 1-6, S. 157-163, Wien, 2009
- [3] Huber B., Krouzecky N., Hengl M., Balzhieva D.: Flächenmodellversuche im Zusammenhang mit morphologischen Strukturen und daraus folgender ungleichförmiger Strömung, ÖIAZ, 154. Jahrgang, Heft 1-6, S. 157-163, Wien, 2009
- [4] Huber B., Hengl M., Krouzecky N.: Effects of Anthropogenous Morphological Changes to the Bed Stability of the Danube River, 28th Danubia Adria Symposium, Siofok, Hungary, 2011
- [5] Hengl M., Huber B., Krouzecky N.: Influence of Local Turbulence Production on River Bed Stability, International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers, Vienna, 2011

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Norbert Krouzecky
Dipl.-Ing. Dr. Boris Huber
Technische Universität Wien
Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie/
Abteilung Wasserbau
Karlsplatz 13/222, 1040 Wien

Dipl.-Ing. Dr. Michael Hengl
Bundesamt für Wasserwirtschaft
Institut für Wasserbau und hydrometrische Überprüfung
Severingasse 7, 1090 Wien