



BOKU Wasserbaulabor – von der Idee bis zur Umsetzung

H. Habersack

Angenommen: 22. Januar 2024 / Online publiziert: 6. März 2024
© The Author(s) 2024, korrigierte Publikation 2024

Zusammenfassung Der Beginn der permanent genutzten Wasserbaulabore liegt ca. 125 Jahre zurück. In dieser Zeit konnten signifikante Fortschritte im Verständnis wasserbaulicher Fragestellungen und der mathematischen Beschreibung der verschiedensten Prozesse erzielt werden. Diese dienten dann als Basis für die steigende Nutzung numerischer Modelle, sodass die Bedeutung der physikalischen Modelle zurückzugehen schien. Es zeigte sich aber auch, dass vor allem Ansätze, die in sehr kleinen Modellmaßstäben entwickelt wurden, signifikante Unterschiede zur Natur ergeben können. Damit steigt die Bedeutung von großmaßstäblichen Versuchen bis zu 1:1, welche Turbulenz, kohärente Strukturen, Sedimenttransport, Morphodynamik, aber auch Maßnahmen in den Bereichen Wasserkraft, Schifffahrt oder Hochwasserrisikomanagement naturnäher abbilden können. Auch die Interaktion der Vegetation mit der Strömung oder dem Sedimenttransport, die Auswirkung von wasserbaulichen Maßnahmen auf Fische oder die Abdriftgefährdung von Menschen bei Hochwasser sind in kleinen Maßstäben gar nicht oder nur sehr eingeschränkt untersuchbar. Das neue BOKU Wasserbaulabor ermöglicht daher Versuche bis zu 1:1 über einen Freispiegeldurchfluss von bis zu $10\text{ m}^3/\text{s}$ durch die Wasserspiegeldifferenz zwischen Donau und Donaukanal von 3 bis 3,5 m. Gemeinsam mit Modellversuchen in kleinerem Maßstab mit Klarwasser ergibt sich eine Skalenfamilie, die vertiefte Einblicke in Prozesse, aber auch deren mathematische Beschreibung erlaubt. Dieser Artikel stellt die Entwicklung des BOKU Wasserbaulabors von der Idee 2009

bis zur Umsetzung und Eröffnung 2023 dar und zeigt das Potenzial und erste Ergebnisse anhand von Beispielen auf, die in weiteren Beiträgen in diesem Heft erläutert werden.

Schlüsselwörter Wasserbau · Hydraulik · Wasserbaulabor · Modellversuche · Physikalische Modellierung · Fließgewässerforschung

BOKU River Lab - from the idea to the implementation

Abstract The beginning of permanently used hydraulic engineering laboratories dates back about 125 years. During this time, significant progress was made in the understanding of hydraulic engineering issues and the mathematical description of a wide variety of processes. These then served as the basis for an increasing use of numerical models, so that the importance of physical models seemed to be declining. However, it turned out that approaches developed at very small model scales in particular can result in significant differences to Nature. This increases the importance of large-scale experiments up to 1:1, which can depict turbulence, coherent structures, sediment transport, morphodynamics as well as measures in the areas of hydropower, navigation or flood risk management in a more natural way. The interaction of vegetation with flow or sediment transport, the impact of hydraulic engineering measures on fish or the risk of people drifting away during floods are also impossible or only possible to a limited extent at small scales. Thus, the new BOKU River Lab enables experiments to be carried out at a scale of up to 1:1, using a free-flowing discharge of up to $10\text{ m}^3/\text{s}$ through the difference in water level between the Danube and the Danube Canal of 3 to 3.5 m. Together with model tests on a smaller scale with drinking water, this results in a model family of scales that allows in depth insights into processes as well as their mathematical description. This article presents the development of the

BOKU River Lab from the idea 2009 to its implementation and opening 2023 and shows the potential and initial results using examples that are explained in detail in other articles in this issue.

Keywords Hydraulic Engineering · Hydraulics · Hydraulic Engineering Laboratory · Physical scale models · River research

1 Einleitung

Die Nutzung und der Schutz der Fließgewässer stehen zunehmend in einem Konfliktverhältnis und das Ganze findet unter dem Einfluss des Klima- und Landnutzungswandels sowie der stark steigenden Weltbevölkerung statt. Die multifunktionalen Ansprüche und deren konfliktträchtige Interaktionen sind durch jüngste rechtliche Grundlagen auf EU-Ebene belegt (z. B. Wasserrahmenrichtlinie WRRl, Hochwasserrichtlinie HWRL und Erneuerbare-Energien-Richtlinie EER).

Generell stellt Wasser eine Grundvoraussetzung für Leben dar, kann aber bei Hochwasser auch Leben zerstören. 2002, 2005, 2006, 2009 und 2013 traten in Österreich extreme Hochwässer mit über 20 Toten und einem sehr großen ökonomischen Schaden auf (allein 2002 betrug der wirtschaftliche Schaden ca. 3,2 Mrd. €, Habersack und Schober 2020).

In Österreich deckt die Wasserkraft ca. 60% des Strombedarfs ab und es sind weitere 5 TWh als Ausbauziel durch die Bundesregierung festgelegt. Im Bereich der Schifffahrt wird eine Beibehaltung bzw. Erhöhung des Transports auf der Wasserstraße angestrebt. Gleichzeitig ist in der WRRl verankert, dass der gute ökologische Zustand/das gute ökologische Potenzial der Fließgewässer bis 2027 erreicht werden soll, womit Rückbaumaßnahmen notwendig sind.

Ziel sollte sein, die Nutzung und den Schutz der Fließgewässer zu integrieren und z. B. Win2 NbS (Win-Win Nature-Based Solutions) zu entwickeln, die zumindest zwei Zielen gleichzeitig dienen. Ein Beispiel wäre

Univ.-Prof. DI Dr. Dr. h.c. H. Habersack (✉)
Department für
Wasser-Atmosphäre-Umwelt,
Institut für Wasserbau, Hydraulik
und Fließgewässerforschung,
Universität für Bodenkultur Wien, Am
Brigittenuer Sporn 3, 1200 Wien,
Österreich
helmut.habersack@boku.ac.at

die Erhaltung oder Wiederanbindung von Überflutungsflächen, wodurch sich das Hochwasserrisiko reduzieren würde (Habersack und Schober 2020). Gleichzeitig würde sich durch den Wasserrückhalt und die Grundwasseranreicherung ein Vorteil in Trockenzeiten und Dürre und auch eine Verbesserung der Biodiversität ergeben, womit sogar drei Ziele gleichzeitig erreichbar wären. Das Projekt DANUBE4all (Restoration of the Danube River Basin for ecosystems and people from mountains to coast; <https://www.danube4allproject.eu/>) strebt derartige Lösungen an und entwickelt einen „Danube River Basin Restoration Action Plan“.

Dazu bedarf es einer Erforschung und Entwicklung von Maßnahmen, die diese Ziele erreichen lassen und auch nachhaltig funktionieren.

Wissenschaftliche Erkenntnisse im Bereich Wasserbau basieren neben theoretischen Überlegungen oder Feldmessungen sowie numerischer Simulation auf Modellversuchen in verkleinertem Maßstab. Der Beginn der permanent genutzten Wasserbaulabore liegt ca. 125 Jahre zurück, wo das Hubert-Engels-Labor 1898 als erstes ständiges Flussbaulabor der Welt in Dresden gegründet wurde (Martin 1998).

Trotz der vielen grundlegenden und nach wie vor gültigen Erkenntnisse sind viele Zusammenhänge zwischen dem Transport von Wasser und Feststoffen, der Morphologie von Flüssen,

der Ökologie und den Auswirkungen flussbaulicher Maßnahmen unklar. Obwohl die Möglichkeiten gestiegen sind, mit numerischen Modellen Aussagen zu bestimmten Problemstellungen zu erhalten, gibt es viele Bereiche, die nur oder ergänzend durch physikalische Modellversuche zu bearbeiten sind (insbesondere Sedimenttransport und Flussmorphologie oder die Interaktion mit biologischen Elementen wie Fischen). Dabei spielt der Modellmaßstab eine entscheidende Rolle. Je größer dieser ist, desto realitätsnähere Ergebnisse sind zu erwarten.

2 Warum ein neues Wasserbaulabor?

Generell treten infolge von Klimawandel oder/und Landnutzungsänderung zunehmend Wasserüberschuss oder Wasserdefizit und damit extreme Hochwässer oder Dürren auf (Abb. 1, Archer et al. 2024) und neue wasserbauliche Ansätze sind gefordert. Schließlich ist der Mensch direkt über z.B. Abdrift oder ökonomische Schäden betroffen und ein Freihalten von Überflutungsflächen ist notwendig, wo z.B. die Gefahrenzonenplanung eine große Rolle spielt. Auch im Bereich des Feststoffhaushalts geht die Schere zwischen Überschuss und Defizit an Sedimenten auf, was z.B. an der Donau zu einem gestörten Feststoffregime mit entweder Sohlauflandung oder -eintiefung führt

und neuer Lösungsansätze bedarf (Habersack et al. 2023). Gletscherschwund und das Auftauen des Permafrosts bedingen eine signifikante Erhöhung des Feststoffeintrags, während in den freien Fließstrecken und im Delta ein Defizit dominiert und damit Küstenerosion auftritt. Gleichzeitig benötigen wir erneuerbare Energien, wo eine nachhaltige Wasserkraft mit Durchgängigkeit für Biota und Sedimente wesentlich ist. Bei der Schifffahrt wird durch viadonau Nachhaltigkeit über z.B. innovative Maßnahmen in der Wasserstraße wie ggf. flexible Infrastruktur angestrebt. Der Rückgang der Biodiversität stellt den Wasserbau vor eine große Herausforderung. Innovationen sind dabei essenziell, um z.B. über Rückbaumaßnahmen, basierend auf einem verbesserten Prozessverständnis, die erforderlichen und geeigneten Habitate für Fische und Benthosorganismen, aber auch die Vegetation oder Vögel zu initiieren.

Um Maßnahmen zur Verbesserung der derzeitigen Problembereiche, die sich durch Klimawandel sowie Landnutzungsänderung und die steigende Weltbevölkerung gerade verstärken, zu entwickeln, sind Innovationen und Forschung nötig.

In der Forschung kommen theoretische Überlegungen, Feldmessungen, physikalische Modelle oder numerische Simulationen zum Einsatz.



Abb. 1 Beispiele für Herausforderungen des Wasserbaus im Zeichen des Klimawandels und der Landnutzungsänderung: Überschuss (a) oder Defizit von Wasser (b), Sedimentation (c) oder Erosion (d) durch geänderten Feststoffhaushalt und ökologische Auswirkungen durch Mikroplastik (e), Verlust der Biodiversität (f)

Numerische Modelle verwenden eine Reihe von Gleichungen, um die Strömung etc. zu beschreiben, und sind daher von der Gültigkeit der zugrundeliegenden Theorie und dem Prozessverständnis abhängig, das begrenzt sein kann. Numerische Modelle können sehr große Projektgebiete und große Zeiträume simulieren. Künftig kommen verstärkt hybride Modelle als Kombination von numerischen und physikalischen Modellen zum Einsatz.

Physikalische Modelle haben gegenüber numerischen Modellen den Vorteil, dass sie eine reale Strömungssituation darstellen.

Der Nachteil physikalischer Modelle besteht darin, dass es sich in der Regel um skalierte Modelle handelt, da der Platz limitiert und die maximal verfügbare Abflussmenge eingeschränkt sind. Der Prozess der Skalierung eines realen Problems auf ein kleineres physikalisches Modell ist mit Fehlern verbunden. Um die mit der Skalierung verbundenen Probleme zu umgehen, ist ein internationaler Trend zum Bau von groß angelegten Versuchsanlagen zu beobachten.

Man kann sagen, dass es zwei wichtige Fortschritte in der Entwicklung der physikalischen Modellierung gibt (Findikakis 2016):

- Einsatz von immer ausgefeilteren zeit- und ortsaufgelösten, berührungslosen Messinstrumenten und
- Entwicklung von großmaßstäblichen Versuchsanlagen für die Untersuchung spezieller Strömungsprobleme.

Bei der Verkleinerung der Natur kommen Modellgesetze zur Skalierung zum Einsatz.

Skalierte Modelle benötigen eine Ähnlichkeit in folgenden Bereichen:

- Geometrisch: ($L_r = L_{\text{Natur}}/L_{\text{Modell}}$)
- Kinematisch: ($t_r = t_{\text{Natur}}/t_{\text{Modell}}$)
- Dynamisch: ($F_r = F_{\text{Natur}}/F_{\text{Modell}}$)

Bei der Planung und Konstruktion maßstabsgetreuer physikalischer Modelle werden diese Ähnlichkeitsgesetze angewendet, um das Modell entsprechend zu skalieren. Im Wasserbau sind die gebräuchlichsten Gesetze die Froude- und die Reynolds-Ähnlichkeit. Es ist nicht möglich, beide Ähnlichkeitsgesetze gleichzeitig zu erfüllen, wenn Wasser sowohl in der Natur als auch im Modell verwendet wird. Bei freien Oberflächenströmungen, bei denen Schwerkrafteffekte dominieren, wird

die Ähnlichkeit der Froude-Zahlen gewählt. Andererseits wird die Ähnlichkeit der Reynolds-Zahlen bevorzugt, wenn Strömungen untersucht werden sollen, bei denen die Grenzschicht dominiert.

Wenn freie Oberflächenströmungen in einem maßstabsgetreuen physikalischen Modell untersucht werden, sind die Froude-Zahlen im Modell und im Originalmaßstab gleich. Wie Sindelar et al. (2024a) darstellen, ist die Reynolds-Zahl jedoch im skalierten Modell kleiner als im Originalmaßstab (um den Faktor 1,5 der Längenskala). Sofern die skalierte Reynoldszahl einen bestimmten Wert überschreitet (ca. 10^5 , je nach Verhältnis von Korngröße zu Wassertiefe), hängt die Rauheit der Sohle nicht mehr von der Reynolds-Zahl ab, sodass Wasserstände und mittlere Fließgeschwindigkeiten im skalierten Froude-Modell sehr gut wiedergegeben werden können.

Der Umgang mit mobilen Sedimenten in skalierten physikalischen Modellen erfordert zusätzlich, dass die Reynoldszahl des Kornes Re^* und die dimensionslose Schubspannung in Form der Froude-Zahl des Kornes Fr^* im skalierten Modell und im Maßstab 1:1 gleich sind. Von beiden Parametern ist bekannt, dass sie die beginnende Bewegung von Sedimenten (Shields-Diagramm) sowie die Sedimenttransportraten steuern (Kobus 1984).

Für Sedimenttransport ist die Ähnlichkeit des Shields-Parameters θ und der Korn-Reynolds-Zahl Re^* entscheidend

$$Re^* = \frac{v^* \cdot d_s}{\nu} = \frac{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}} \cdot d_s}{\nu} \quad (1)$$

Der Shields-Parameter repräsentiert die sogenannte Froude-Zahl des Kornes.

$$\theta \equiv Fr^* = \frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{v^{*2}}{g \cdot d_s} = \frac{\tau}{g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot d_s} \quad (2)$$

Wobei v die Fließgeschwindigkeit ist, v^* die Schubspannungsgeschwindigkeit, d_s der Korndurchmesser, ρ die Dichte des Wassers, ρ_s die Dichte des Sediments, g die Erdbeschleunigung, τ die Sohlenschubspannung, ν die kinematische Viskosität.

Es ist jedoch nicht möglich, die Ähnlichkeit von Re^* und Fr^* zu erfüllen, ohne das Modell zu verzerren, was vermieden werden sollte. Eine andere Möglichkeit besteht darin, sicherzustellen, dass Re^* einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, so dass Fr^* und damit die beginnende Bewegung der Sedimente unabhängig von Re^* ist (gemäß dem Shields-Diagramm). Wenn mittelgroße oder große Flüsse in einem skalierten Modell untersucht werden, z.B. die Salzach oder die Donau, werden üblicherweise Modellmaßstäbe von 1:40 oder 1:100 verwendet. Dies hat zur Folge, dass die skalierten Sedimentgrößen sehr klein werden. Häufig wird die Re^* -Schwellenbedingung verletzt und/oder die Sedimente im skalierten Modell werden kohäsiv, während sie im Maßstab 1:1 nicht kohäsiv sind.

Bei skalierten klassischen physikalischen Modellversuchen unterscheiden

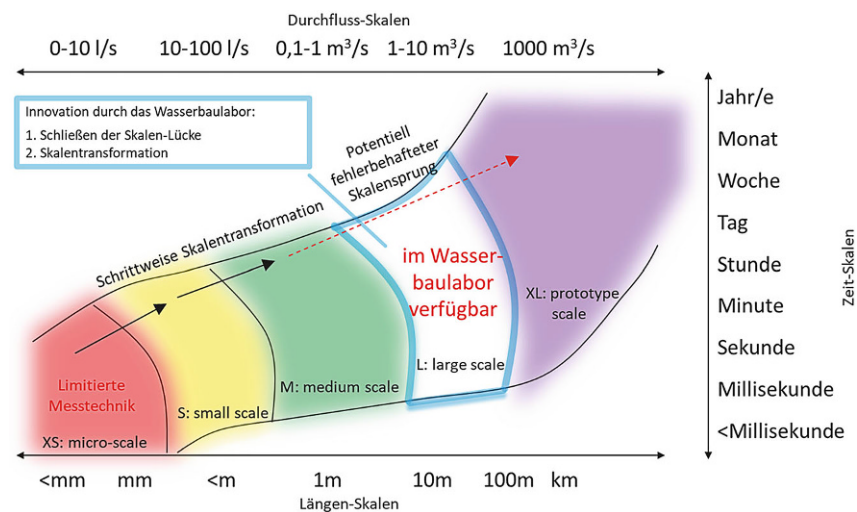


Abb. 2 Unterschiedliche Skalen bei physikalischen Modellversuchen und Skalenlücke zu Naturmessungen, die vom BOKU Wasserbaulabor geschlossen wird

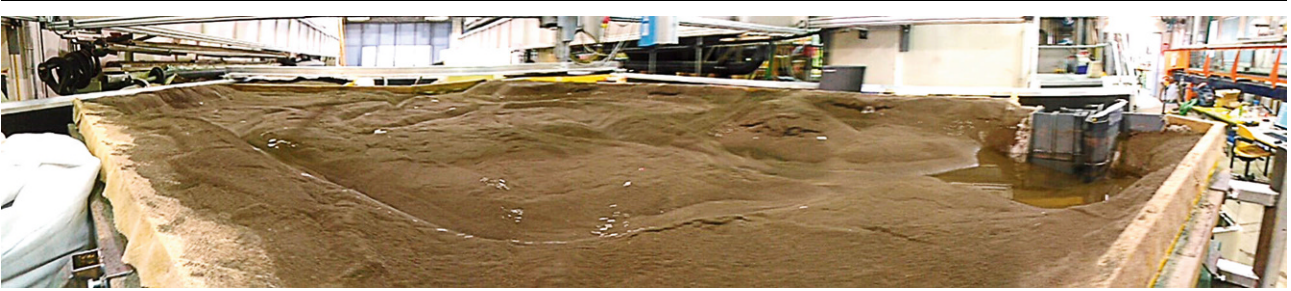


Abb. 3 Modell eines philippinischen Stauraums im Maßstab 1:1000. (Lichtneger et al. 2021)

sich die Zeit- und Längenskalen erheblich von den Prozessen im natürlichen Maßstab (Abb. 2). Durch die Anwendung der Ähnlichkeitsgesetze werden die Ergebnisse aus kleinen und mittleren Modellmaßstäben ($<50\text{ m}$, $Q < 1\text{ m}^3/\text{s}$, Versuchsdauer $<$ mehrere Tage) auf den Naturmaßstab übertragen. Da jedoch die Re^* - und Fr^* -Ähnlichkeitsbedingung in mittel- und kleinskaligen Modellen häufig verletzt werden, werden Geschiebetransport und beginnende Bewegungsprozesse nicht korrekt modelliert. Um den potenziell fehlerhaften Maßstabssprung zu überwinden, ist ein großmaßstäbliches naturähnliches Modell erforderlich, das unter kontrollierten Bedingungen betrieben werden kann (Abb. 2). Wenn großmaßstäbliche Einrichtungen zur Verfügung stehen, kann das Konzept einer Modellfamilie angewandt werden, um ein identisches Modell in verschiedenen Maßstäben aufzubauen (z.B. kleiner Maßstab, mittlerer Maßstab, großer Maßstab, Naturmaßstab, Sindelar et al. 2024a). Eine schrittweise Vergrößerung von Skalen trägt dazu bei, die Wissenslücke hinsichtlich der Quantifizierung von Skaleneffekten zu schließen.

Als Beispiel für eine räumliche Beschränkung des Maßstabs zeigt Abb. 3 den Modellversuch eines Stauraums auf den Philippinen im Maßstab 1:1000. Einerseits konnten wichtige Erkenntnisse zur Optimierung des Stauraummanagements betreffend Verlandung gewonnen werden (Lichtneger et al. 2021), die auch mit der 3D-numerischen Simulation übereinstimmten. Andererseits konnten aufgrund des kleinen Modellmaßstabs betreffend den Sedimenttransport nur qualitative Aussagen abgeleitet werden.

Gravierende Unterschiede zu Naturmessungen zeigten sich bei Berechnungen des Geschiebetransports mit empirischen Formeln. Beispielsweise tritt der Geschiebetransportbeginn an der Drau bei Dellach gemäß kritischem Shields-Para-

meter erst bei 2,4 m Wassertiefe oder ca. $250\text{ m}^3/\text{s}$ auf, während Messungen in der Natur bereits bei Wassertiefen von ca. 1 m oder ca. $60\text{ m}^3/\text{s}$ Transport ergaben (Habersack und Laronne 2002; Rindler et al. 2023). Über die Dauerlinie hat das etwa 10-fache Frachten in der Natur verglichen mit den Berechnungen zur Folge. Verbesserungen der Berechnungen ergeben sich bei Vorhandensein von Naturmessdaten, womit die empirischen Parameter angepasst werden können. Dabei ist zu beachten, dass es bei geringfügigen Änderungen des Shields-Parameters rasch von z.B. Unter- zu Überschätzungen des Transports kommt.

Ein anderes Beispiel betrifft die *Donau östlich von Wien*.

Die Maßnahme Granulometrische Sohlverbesserung (GSV), die zur Sohlstabilisierung vorgeschlagen wurde, brachte ebenfalls eine Reihe von wichtigen Erkenntnissen.

Während die GSV 40/70 mm sowohl laut ingenieurmäßigen Berechnungen, numerischen Simulationen als auch einem Modellversuch im Maßstab 1:10 bis zu einem HQ_{100} an der Donau stabil sein sollte, zeigte sich gemäß Habersack et al. (2012, 2016), dass diese speziell in strömungsexponierten Bereichen nicht ausreichend stabil ist, um die Sohleintiefung zu minimieren. Eine vergrößerte GSV (32/120 mm) leistet hingegen nennenswerte Beiträge zur Sohlstabilisierung.

Eine Hypothese dafür ist, dass die in der Natur bestehenden Turbulenzen und Wirbelbildungen sowie kohärenten Strukturen – wie oben angeführt – in kleinmaßstäblichen Versuchen nicht oder nur reduziert auftreten und daher die daraus abgeleiteten Formelansätze eine eingeschränkte Gültigkeit haben. Diese eingeschränkte Gültigkeit führt zum Bedarf an Naturmessdaten, um eine erforderliche Kalibrierung vornehmen zu können (Habersack und Laronne 2002) und zur Optimierung

von Formelansätzen über großmaßstäbliche Modellversuche.

Aber nicht nur beim Sedimenttransport sind die Skalen oft zu klein, sondern Versuche mit *Vegetation*, *Fischen* oder auch *Menschen* können auch nur mit Unsicherheiten oder gar nicht skaliert werden.

Bei der *Vegetation* geht es z.B. um den Einfluss auf den Hochwasserabfluss, wo häufig der Strickler-Beiwert gemäß Tabellen gewählt und dann anhand von Naturdaten kalibriert wird. Die Frage ist, ob bei physikalischen Modellen der *Vegetation*, wo Bäume z.B. aus Holz mit Metallästen und ev. Plastikblättern gefertigt werden, die Natur ausreichend repräsentieren (Abb. 4).

Sehr eingeschränkt bis vollkommen unmöglich sind Skalierungen von Modellen mit *Fischen*. Es ist klar, dass die Fische selbst gar nicht skaliert werden können. Wenn sie in relativ kleinen Modellen verwendet werden, stellen die skalierten Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten aber auch reduzierten Turbulenzen große Einschränkungen dar. Dazu können Probleme mit der Wasserqualität, zu geringem Sauerstoffgehalt bei zu warmem Wasser etc. kommen.

Versuche mit *Menschen* z.B. betreffend die Abdriftgefährdung bei Hochwasser ergeben ebenfalls das Grundproblem, dass eine Skalierung nicht möglich ist. Weiters schränken verringerte Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten oder Turbulenzen die Aussagekraft ein.

Die Grenzen der physikalischen Modellierung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Reynolds-getriebene Prozesse werden in Froude-skalierten Modellen nicht korrekt modelliert.
- Es ist wenig darüber bekannt, ob und wie turbulente Parameter und kohärente Strukturen hochskaliert werden können.

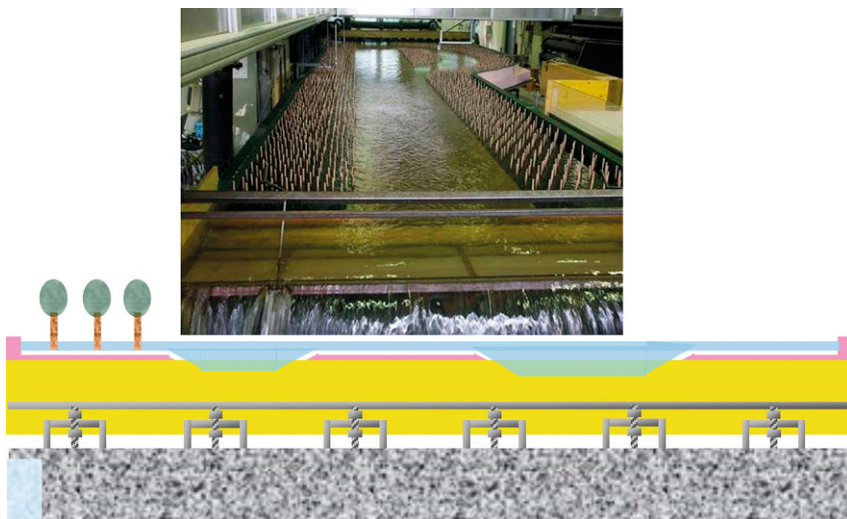


Abb. 4 Simulation des Einflusses von stark schematisierter Vegetation auf die Hochwasserspiegellagen und -retention am Kamp. (Habersack et al. 2008)

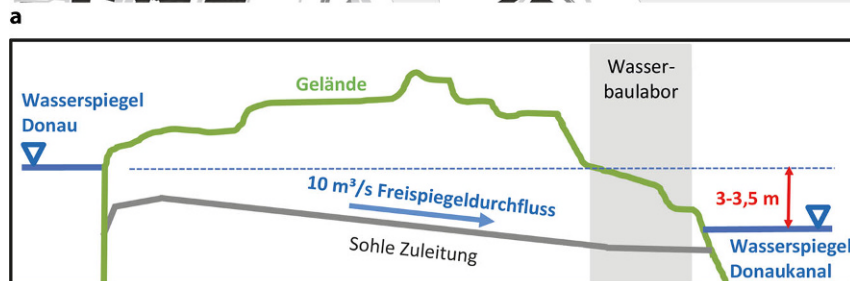
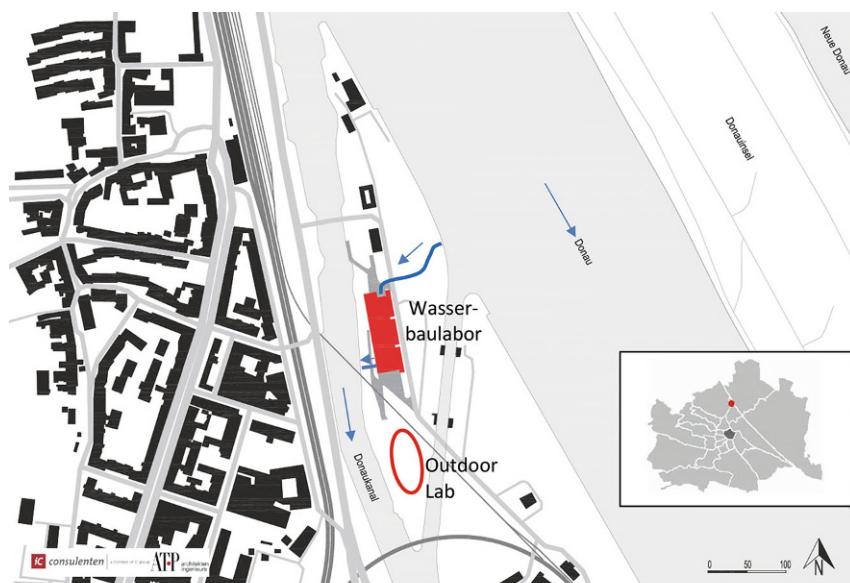


Abb. 5 Grundidee des Wasserbaulabors: Nutzung der Wasserspiegeldifferenz zwischen Donau und Donaukanal von 3 bis 3,5 m für einen Durchfluss von bis zu $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ohne Pumpen

- Geometrische und Rauigkeits-Ähnlichkeit können nicht garantiert werden.
- Sedimente werden im stark skalierten Modell kohäsiv, während sie im Originalmaßstab nicht kohäsiv sind.
- Vegetation, Fische oder Menschen können in Versuchen kaum bzw. nicht skaliert werden.
- Infrastrukturelle Lücke: Platz- und Abflussbeschränkungen erschweren den Aufbau großmaßstäblicher Experimente und die Schließung der potenziell fehlerhaften Skalierungslücke.
- Instrumentierungslücke: Hochauflösende laseroptische Messungen sind auf Klarwasserbedingungen beschränkt und können in realen trüben Strömungen (noch) nicht angewendet werden.

3 Was ist die Idee?

Um die im vorigen Kapitel erwähnten Problemstellungen zu minimieren und neue, innovative Lösungsansätze zu entwickeln, die sowohl der Grundlagenforschung als auch der anwendungsorientierten Grundlagenforschung und Auftragsforschung dienen, werden mit der Errichtung des neuen Wasserbaulabors nachstehende Ideen, Ziele und Wege zur Zielerreichung verfolgt:

- Errichtung eines modernen Wasserbaulabors in Wien mit Zuleitung aus der Donau (Forschungsgerinne, 2015 eröffnet), errichtet auf einer Insel zwischen Donau und Donaukanal am Brigittenauer Sporn, das
 - weltweit in einzigartiger Weise mit bis zu $10 \text{ m}^3/\text{s}$ den größten Freispiegel-Labordurchfluss besitzt (Entnahme ohne Pumpen aus der Donau → geringe Kosten und hoher Nutzen) und
 - den Anforderungen der geplanten Forschungsthemen entspricht (Größe, Labordurchfluss, Ausstattung, Werkstätten etc.).
- Verknüpfung von „indoor“, „outdoor“ und „virtual stream labs“ (Laborrinnen und Modelle können sowohl im Gebäude selbst als auch im Freien betrieben werden und in Wechselwirkung mit Computermodellen als Hybridmodelle fungieren). Damit ist es möglich, mit natürlichem Zufluss Versuche bis zum Maßstab 1:1 umzusetzen.
- Auf mehreren räumlichen Ebenen bilden sich verschiedene Schwerpunkte, die auch in der Größe und

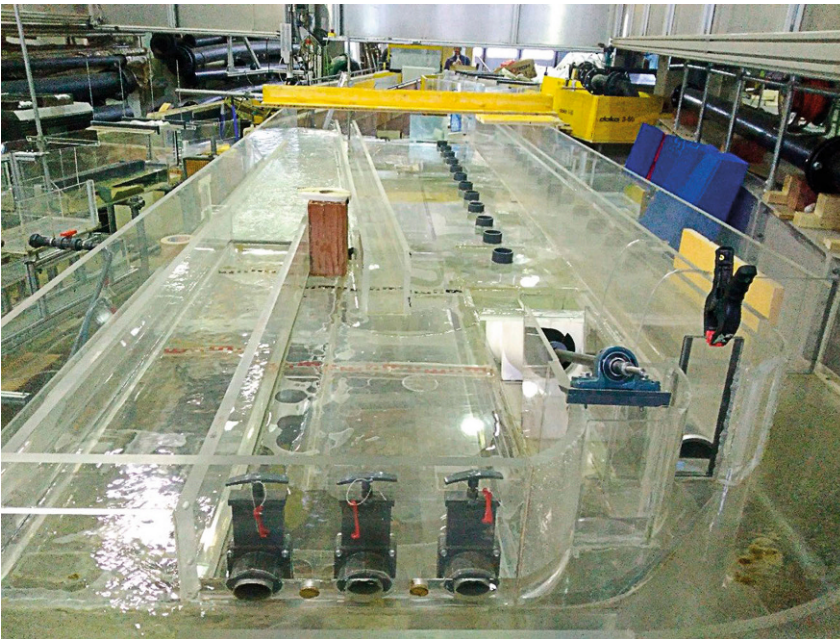


Abb. 6 Modellversuch vom neuen Wasserbaulabor am BOKU/IWA zur Überprüfung der Projektidee

Tab. 1 Eckdaten des BOKU Wasserbaulabors

<i>Laborflächen</i>	
Gesamtfläche Wasserbaulabor	12.300 m ²
Main Channel	2000 m ²
River Lab	1400 m ²
Public Lab	350 m ²
<i>Längen</i>	
Wasserbaulabor (inkl. Hörsaal und Werkstätten)	102 m
Main Channel	90 m
River Lab	60 m
<i>Breiten</i>	
Wasserbaulabor (inkl. Bürotrakt)	36 m
Main Channel	25 m
River Lab	25 m
<i>Höhen</i>	
Main Channel	14 m
River Lab	9 m

Art der Rinnen und möglichen Modellversuche unterscheidbar sind (variabler Modelldurchfluss, Feststofftransport, Breite, Tiefe, Neigung etc.).

- Durch die Verbesserung des Prozessverständnisses im Rahmen von physikalischen Modellversuchen ist die Entwicklung von numerischen Computermodellen möglich – damit ergibt sich eine sinnvolle Erweiterung der Laboraktivitäten.

3.1 Entwicklung der Idee

Die Idee für das BOKU Wasserbaulabor entstand während einer Gastprofessur des Autors 2009 in Minneapolis/Minnesota und Berkeley/California, USA. Am St. Anthony Falls Laboratory der University of Minnesota in Minneapolis wird Wasser vom Mississippi durch das Labor geleitet.

Zurück in Wien begann 2010 die Suche nach einem geeigneten Standort für das BOKU Wasserbaulabor. Als geeignet erschien die Schleuseninsel zwischen Donau, Donaukanal (knapp flussab der

Ausleitung aus der Donau) und Schleuse, wo die Wasserspiegeldifferenz zwischen Donau und Donaukanal genutzt werden kann.

Als Phase I wurde im Rahmen des EU-Projekts SEDDON 2015 das Forschungsgerinne fertiggestellt, welches auch als Zuleitung für das Wasserbaulabor dient (siehe Abb. 5).

Da zwischen Donau und Donaukanal als Folge des Aufstaus durch das Kraftwerk Freudenau eine Wasserspiegeldifferenz von ca. 3 bis 3,5 m (je nach Donaudurchfluss) besteht war es möglich, im Labor bis zu 10 m³/s Durchfluss ohne Pumpen zu erzielen; das bedeutet, dass Wasser aus der Donau entnommen und in den Donaukanal abgegeben wird. Wichtig dabei ist, dass der Donaukanal selbst zwischen 120 und 200 m³/s gesteuerten Abfluss hat (Winter- und Sommerbetrieb). Damit waren die geringfügigen lokalen Änderungen im Wasserspiegel und den Fließgeschwindigkeiten durch die zusätzliche Einleitung von 10 m³/s wasserrechtlich genehmigungsfähig. Weiters sind Hochwässer von der Donau flussauf durch die Schutzmaßnahmen beim Kleinwasserkraftwerk Nussdorf ausgeschlossen, Rückstau von flussab bei Extremereignissen durch die Donau und Wienfluss konnte im Zuge der Planung berücksichtigt werden.

Zur Überprüfung der Funktionalität wurde ein Modellversuch durch das IWA selbst und an der Universität Laibach durchgeführt (Abb. 6).

4 Wie wurde die Idee umgesetzt?

Die Forschungsinfrastruktur Wasserbaulabor setzt sich aus folgenden fachlich relevanten Teilen zusammen (sh. auch Schnitt durch das Gebäude in Abb. 7):

- Main Channel,
- River Lab,
- Public Lab und
- Outdoor Lab.

Abb. 8 zeigt Fotos von der Errichtung und dem fertiggestellten Wasserbaulabor.

In Tab. 1 sind die Eckdaten des BOKU Wasserbaulabors zusammengefasst.

Das Wasserbaulabor wurde zwischen 01.01.2020 und 31.12.2022 errichtet.

In Summe wurden ca. 12.402 m³ Beton, ca. 1764 t Stahl, ca. 310 m³ Holz verbaut, der Aushub betrug ca. 59.000 m³. Aufgrund des schwierigen Baugrunds

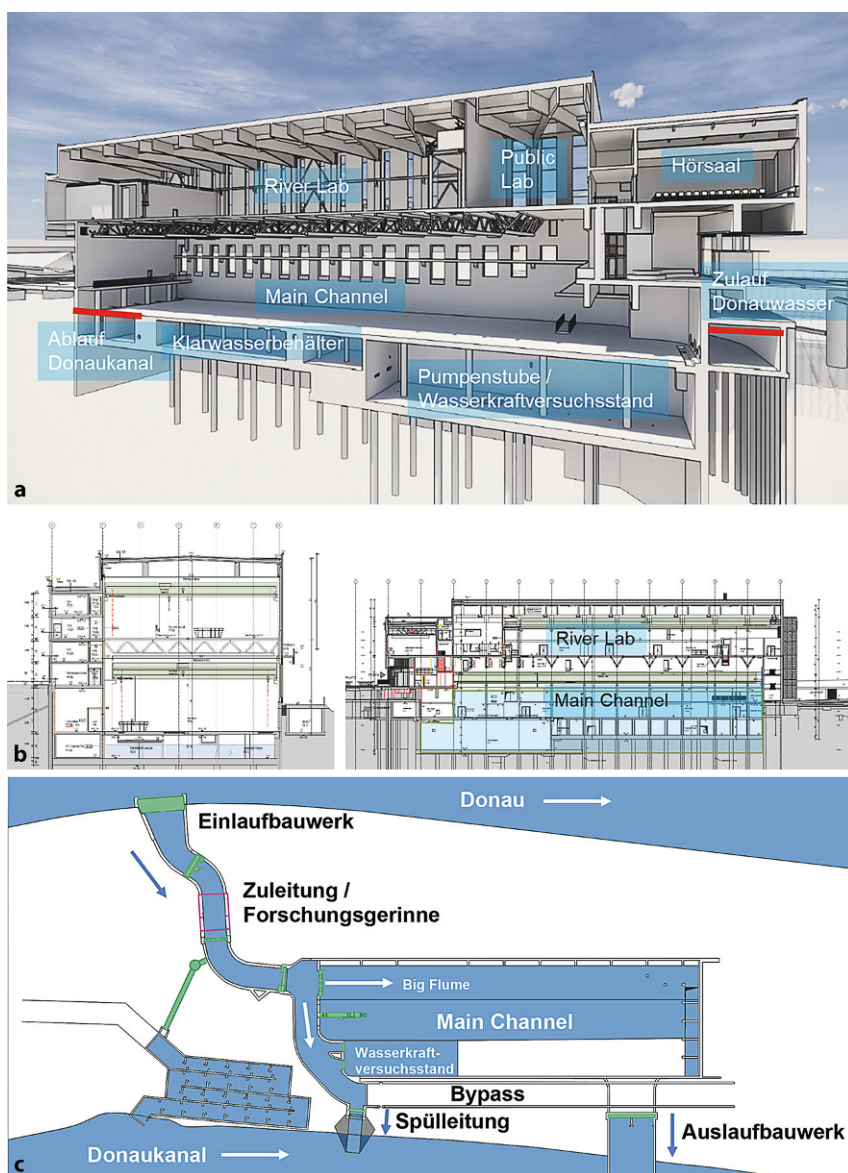


Abb. 7 Schnitt durch das Wasserbaulabor – die roten Striche zeigen die Wasserspiegeldifferenz zwischen Zulauf und Ablauf im Main Channel (mod. nach iC-ATP) (a), Längenschnitt und Querschnitt durch das Gebäude (mod. nach iC-ATP) (b), schematischer Grundriss (c)

in geschüttetem Kies und auf Tegel wurden 105 Stück Bohrpfähle, 4657 m² Schlitzwand, 127 Stück DSV, Verpressanker und 20 Bohrbrunnen eingesetzt. Insgesamt waren ca. 120 Personen am Bau beschäftigt, 11 ausführende Firmen und es fanden 128 Baubesprechungen statt. Als Beitrag zur Nachhaltigkeit ist u. a. zu erwähnen, dass das Wasserbaulabor Wärmepumpen mit Betonkernaktivierung und Pufferspeicher einsetzt (keine Klimaanlage), eine PV-Anlage mit 250 kW peak besitzt und eine Wasserkraftanlage mit einer maximalen

Leistung von 350 kW im Versuchsbetrieb vorsieht.

4.1 Funktionen der einzelnen Teile

Der *Main Channel (MC)* bildet das Herzstück des Wasserbaulabors. Der große Durchfluss (bis zu 10 m³/s ohne Pumpen) erlaubt praxisorientierte Modellversuche, da ein sehr großer Modellmaßstab bis zu 1:1 möglich ist, der gerade bei Versuchen mit Sedimenttransport, Vegetation oder Fischen entscheidend ist, um gemäß den Modellgesetzen eine Abbildung der Natur

zu erhalten (u. a. Verhinderung von kohäsivem Verhalten von Feinmaterial). Der Main Channel ist 90 m lang und 25 m breit. Im Bereich des MC ist der sogenannte „Big Flume“ integriert, der derzeit auf ca. 5 m Breite eingestellt ist, aber über eine flexible Wand auf insgesamt nahezu 25 m verbreitert werden kann. Weiters ist ein Wasserkraftversuchsstand integriert, der es ermöglicht, die Fallhöhe von 3 bis 3,5 m und den Durchfluss von 10 m³/s zu nutzen, um Entwicklungsarbeit, Optimierungen des Wirkungsgrads und ökologische Ausrichtungen von Wasserkraftanlagen vorzunehmen. Der Wasserkraftversuchsstand bietet die Möglichkeit, Turbinen (einschließlich Zu- und Abfluss, Generator usw.) verschiedener Typen zu testen und zu optimieren, wobei der bei Versuchen erzeugte Strom für den Eigenbedarf verwendet werden kann.

Der große Durchfluss im Freispiegel des MC stellt ein globales Alleinstellungsmerkmal dar. Es stehen moderne Messgeräte zur Verfügung, um dem Stand der Wissenschaft entsprechende Versuche durchführen zu können.

Im *River Lab* werden verschiedene komplexe hydraulische Modelle in variablen Maßstäben errichtet, die nach erfolgreichem Versuchsablauf ab- oder umgebaut werden können und so wieder anderen Fragestellungen zur Verfügung stehen. Diese Modelle untersuchen hydraulische Ansprüche vor der Errichtung wasserbaulicher Anlagen, die in der Regel teuer und planungsintensiv sind, unter kontrollierten Bedingungen und liefern somit die Basis für eine gute Planung. In diesen Modellversuchen werden zu Problemereichen wie bspw. Hochwasserschutz, Flussmorphologie, Sedimenttransport, Ökologie, Wasserkraftanlagen, Flussbauwerke und Schifffahrt verkleinerte Abbildungen der Natur aufgebaut. Dazu ist ein eigener Wasserkreislauf vorgesehen, der Versuche mit Klarwasser ermöglicht (der Bau ist auf 1 m³/s ausgelegt, derzeit stehen 470 l/s zur Verfügung, welche aus dem Klarwasserbehälter unter dem Main Channel gefördert werden). Diese Modelle dienen unter anderem der Untersuchung lokaler Strömungsphänomene, die durch theoretische Ansätze nicht lösbar sind. Um diese adäquat abbilden zu können, muss im Modell eine dynamische Ähnlichkeit zu den Naturvorgängen gewährleistet werden, wobei im Wasserbaulabor verschiedene Skalen für eine



Abb. 8 Fotos vom im Bau befindlichen (a) und umgesetzten BOKU Wasserbaulabor (b), Main Channel (c), Sichtfenster (d), River Lab (e). (Fotos: Habersack, Gruber, Kuball)

wissenschaftliche Fragestellung („Modellfamilien“) eingesetzt werden. Für Messungen und Versuchsdokumentation stehen verschiedene Messgeräte wie z. B. zur Messung der Fließgeschwindigkeit und des Wasserspiegels mittels halb- oder vollautomatischer Anlagen zur Verfügung (u. a. tomographic PIV).

Dem Wasserbaulabor gehört auch eine Werkstätte an, durch welche Modellgerinne mithilfe verschiedener Techniken (Holz-, Kunststoff-, Metall-, Elektrik- und Elektronikarbeiten) gebaut werden.

Zusätzlich gibt es einerseits Speziallabore für kleinmaßstäbliche Untersuchungen und einen Büro Bereich, in dem Wissenschaftler:innen und Studierende die in den Modellversuchen gewonnenen Daten analysieren, modellieren und für Publikationen vorbereiten.

Das *Public Lab* befindet sich neben einem großen Hörsaal mit Platz für bis zu 200 Personen, in dem neben der Lehre themenspezifische Veranstaltungen stattfinden und Raum und Technik für Videokonferenzen zur Verfügung stehen. Zusätzlich können Videos und Filme zum Thema Wasser und Flüsse gezeigt werden, um auch die interessierte Öffentlichkeit zu erreichen. Das *Public Lab* selbst dient künftig durch kleinmaßstäbliche physikalische Modelle und eine Ausstellung dem Wissenstransfer aus der Wasserforschung. Das *Public Lab* bietet damit die Möglichkeit für Besucher:innen und Interessierte, sich über Forschung und Prozesse in Fließgewässern informieren zu können. Dieser Bereich soll Studierenden und Schüler:innen zur Verfügung stehen und interaktiv für die Pädagog:innenweiterbildung genutzt werden.

Für Modelluntersuchungen im Freien steht ein *Outdoor Lab* zur Verfügung. Allgemein können hier die Wechselwirkungen zwischen Abfluss, Sedimenttransport und Flussmorphologie sowie die Interaktionen zwischen Abiotik und Biotik bzw. die Auswirkungen von Maßnahmen auf das Grundwasser, Fische, Makrozoobenthos und Vegetation untersucht werden.

4.2 Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Wasserwirtschaft (BAW)

Die Mitnutzung des Wasserbaulabors durch das Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung des Bundes-

amts für Wasserwirtschaft (BAW) führt zu einer Reduktion von ursprünglich drei auf zwei Wasserbaulabore in Wien. Damit werden Synergien erreicht und neue Potenziale für Kooperationen eröffnet. Hengl et al. (2024) beschreiben aus Sicht des Bundesamts für Wasserwirtschaft die Bedeutung von gegenständlichen Modellen für Fließgewässer.

5 Gibt es erste Erkenntnisse?

Die in Abb. 2 dargestellte Skalierungslücke zwischen physikalischen Modellen im mittleren Maßstab und realen Problemen im Naturmaßstab wird durch die Anwendung des Konzepts der Modellfamilien geschlossen (Sindelar et al. 2024a). Das Wasserbaulabor ermöglicht es, ein und dasselbe Experiment im mittleren, großen und naturnahen Maßstab durchzuführen. Soweit wir wissen, wurde das Konzept der Modellfamilien, das Experimente im (naturnahen) Maßstab einschließt, bisher kaum angewendet. Zur Ergänzung der experimentellen Daten kann das IWA auf eine große Anzahl von Felddaten zurückgreifen, die in den letzten dreißig Jahren gesammelt wurden.

Die Behandlung von Strömungsproblemen in größeren Naturmaßstäben erfolgt durch die Ergänzung der physikalischen Modellfamilien mit numerischen Experimenten, wodurch ein hybrider Modellierungsansatz entsteht, der die Stärken sowohl der physikalischen als auch der numerischen Modelle gleichzeitig nutzt. Dabei stützt sich das Wasserbaulabor auf die langjährige Erfahrung mit der Entwicklung numerischer Modelle, einschließlich Eigenentwicklungen in den Bereichen Hydrodynamik (2D, 3D), Sedimenttransport, Morphodynamik und Habitatbewertung (Tritthart et al. 2020, 2020; Hauer et al. 2024).

Seit der Inbetriebnahme des Forschungsergusses und neuen Wasserbaulabors gibt es bereits erste Erkenntnisse, die nachfolgend kurz angesprochen werden. Die detaillierten Ausführungen folgen nach diesem Artikel in speziellen Beiträgen in diesem Heft, auf die jeweils verwiesen wird.

5.1 Hydrodynamik

In den sogenannten Modellfamilien konnte bereits festgestellt werden, dass die Skalen eine wesentliche Rolle für die turbulente kinetische Energie spielen.

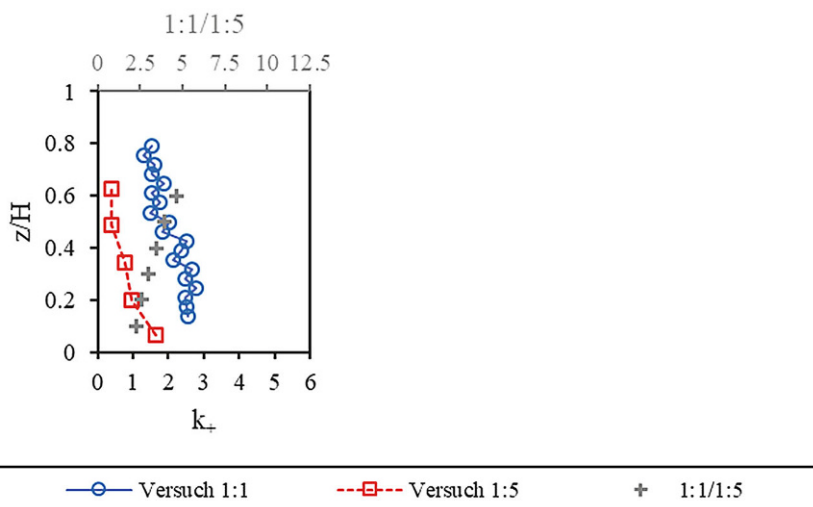


Abb. 9 Unterschied in der normierten turbulenten kinetischen Energie k_+ zwischen den Maßstäben 1:5 und 1:1, basierend auf Modellversuchen. (Glas et al. 2024; Sindelar et al. 2024a)

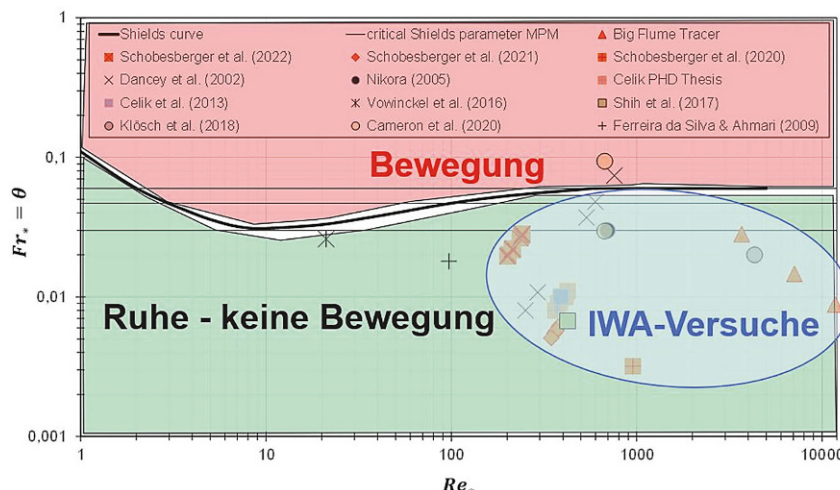


Abb. 10 Bewegungsbeginn von Sedimentpartikeln deutlich unterhalb der kritischen Werte des Shields-Diagramms im Rahmen der Versuche bis zu 1:1 im neuen Wasserbaulabor. (Sindelar et al. 2023)

Beispielsweise beträgt der Unterschied zwischen dem Maßstab 1:5 und 1:1 das 5 bis 10-Fache, in manchen Fällen sogar das 20-Fache (sh ein Beispiel in Abb. 9 für die normierte, modellierte turbulente kinetische Energie k_+). Sindelar et al. (2024a) und Glas et al. (2024) führen dazu Details aus.

5.2 Sedimenttransport

Ein Grund für die Errichtung des neuen Wasserbaulabors war, zu untersuchen, welche Prozesse z. B. maßgeblich für den Bewegungsbeginn sind und warum es Abweichungen zu Formelberechnungen gibt. Es konnte bereits

gezeigt werden, dass Sedimentpartikel schon deutlich vor dem kritischen Wert des Shields-Diagramms bewegt werden (Abb. 10, sh auch Liedermann et al., 2018, Sindelar et al. 2023, Gold et al. 2024).

Eine Erklärung dafür liegt darin, dass die Schwankung der Sohlschubspannung häufig in Formelansätzen nicht inkludiert ist und der Bewegungsbeginn nicht beim Mittelwert, sondern bei den Maximalwerten der Sohlschubspannung stattfindet (Abb. 11a).

Diese ersten Ergebnisse bestätigen die Bedeutung der großmaßstäblichen Versuche, die zur Weiterentwicklung der Formelansätze dienen werden.

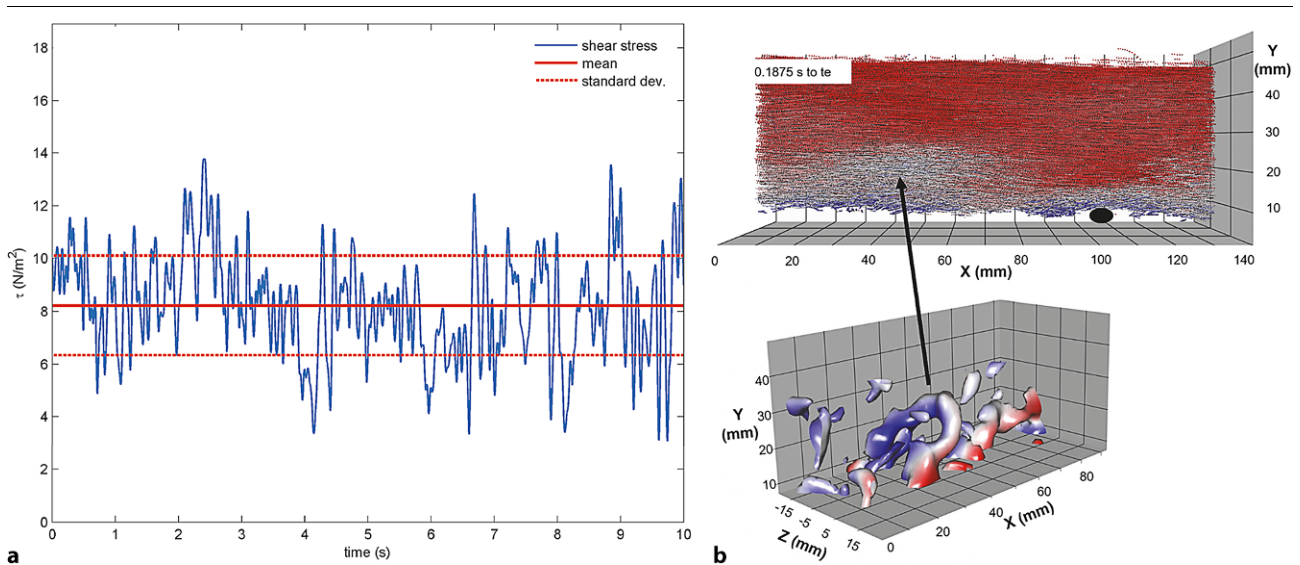


Abb. 11 Schwankung der Sohlschubspannung im Vergleich zum Mittelwert (a); Einfluss kohärenter Strukturen wie der „Hairpin Vortex“ auf den Bewegungsbeginn (b). (Schobesberger et al. 2020)

Schobesberger et al. (2020) zeigten, dass kohärente Strukturen und Wirbelbildungen (z. B. hairpin vortex) für den Bewegungsbeginn mit verantwortlich sind (Abb. 11b).

5.3 Messgerätevergleich

Einer der ersten Versuche im Big Flume des Wasserbaulabors war ein Vergleich der ADCPs der Hydrographischen Landesdienste (Abb. 12). Die Eignung des Big Flume für derartige Untersuchungen im Maßstab 1:1 konnte nachgewiesen werden. Die Auswertungen der Ergebnisse liefern wertvolle Erkenntnisse für die Praxis betreffend die Genauig-

keit der verwendeten, verschiedenen Messgeräte.

5.4 Einfluss der Vegetation auf die Hydraulik und den Sedimenttransport

Die Untersuchung der Auswirkung von Pflanzen wie Weiden auf den Wasserspiegel, die Fließgeschwindigkeiten oder den Sedimenttransport kann im Wasserbaulabor ebenfalls im Maßstab 1:1 erfolgen. Damit bleiben die dynamischen Verformungen erhalten, können die Kräfte, Biegung und Fließwiderstand direkt gemessen werden (Abb. 13). Dies ermöglicht die Ableitung neuer Ansätze zur Berechnung

des Einflusses der Vegetation auf die Hydraulik und den Sedimenttransport, Details zur Hydraulik finden sich in Klösch et al. (2024).

5.5 Funktionalität von flussbaulichen Maßnahmen für Fische

In einem Projekt mit der Stadt Wien konnte im Forschungsgerinne des neuen Wasserbaulabors nachgewiesen werden, dass Fische nach Errichtung von optimierten Buhnen im Wienfluss flussauf wandern können, wo zuvor die Wassertiefen zu gering waren und bei nicht optimalen Buhnen die zu hohe Fließgeschwindigkeit zum Problem wird. Details zu den Ergebnissen finden sich in Sindelar et al. (2024b, Abb. 14).

Zur Überprüfung von Richtwerten betreffend die Auswirkung von Schwebstoffkonzentrationen und deren Dauer auf heimische Fischarten wurden im Zuge des CD-Labors für Sedimentforschung und -management sogenannte „Sediment Impact Assessment Flumes (SIAFs)“ im Neuen Wasserbau Labor der BOKU errichtet. Diese sind seit Juni 2023 in Betrieb und haben sich bereits sehr gut bewährt (Hauer et al. 2024).

5.6 Abdriftgefährdung von Menschen bei Hochwasser

Menschen sind bei Hochwässern stark von Abdrift gefährdet, wenn sie ihr Haus verlassen müssen. Ebenso sind Rettungseinsatzorganisationen vom Abdriftisiko betroffen. Einerseits um-

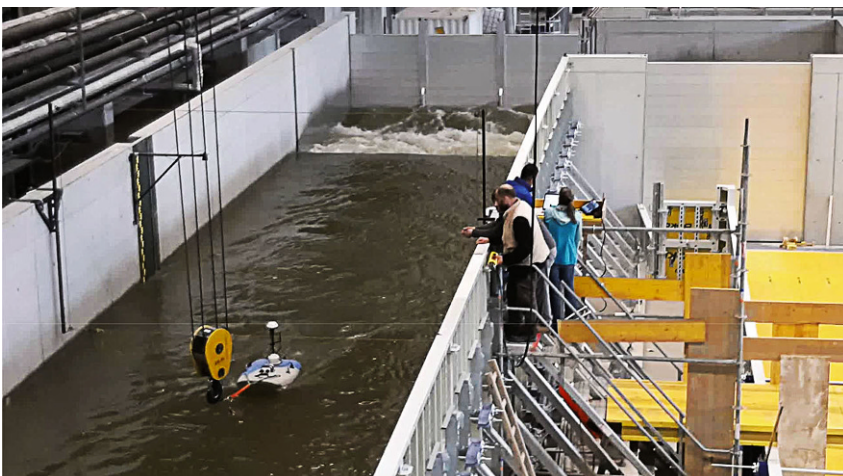


Abb. 12 Vergleich von 1:1-Messungen mit den ADCPs der Hydrographischen Landesdienste. (Foto: Marlene Haimann, BOKU/IWA)

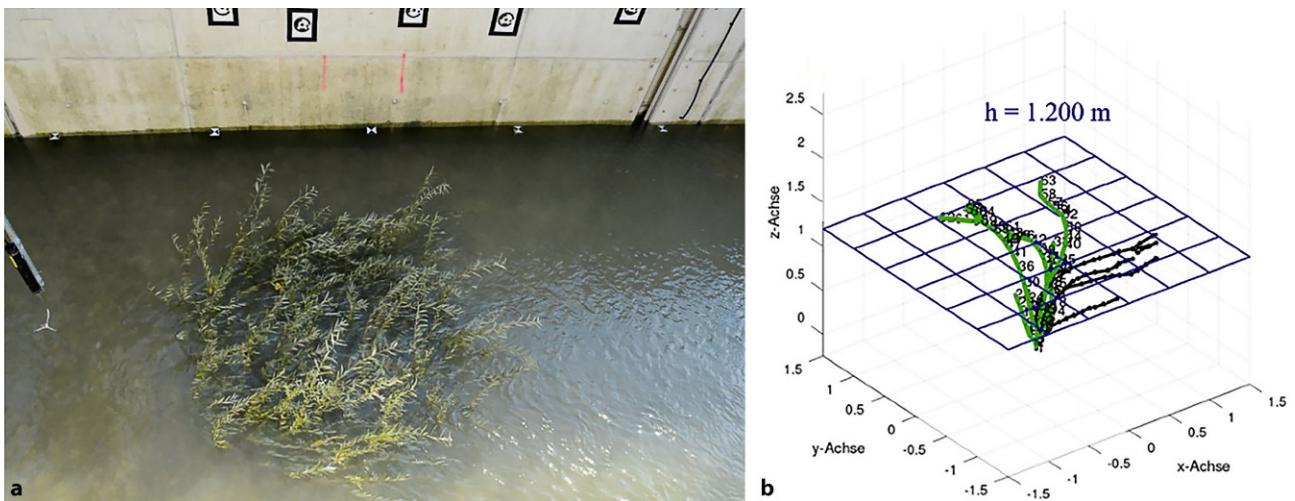


Abb. 13 Interaktion der Vegetation mit der Strömung im Maßstab 1:1: Messungen (a), Modellierung (b), (grün: Ausgangszustand, schwarz: Verformungszustand). (Klößch et al. 2024)



Abb. 14 1:1-Versuche mit Fischen zum Nachweis der Fischdurchgängigkeit im Wienfluss infolge Errichtung von optimierten Buhnen. (Sindelar et al. 2024b)

fasst dieses Thema die Gefahrenzonenplanung und die dort verwendeten Grenzwerte. Andererseits stellt sich die Frage nach optimaler Ausrüstung für Einsatzorganisationen oder auch Übungsmöglichkeiten. Erste Testmessungen zeigen die Eignung des Wasserbaulabors für derartige Zwecke, wie Buchinger et al. (2024) darstellen (Abb. 15).

5.7 Eröffnung am 12.06.2023

Am 12.06.2023 fand im Beisein von hochrangigen Vertreter:innen aus Politik und Verwaltung die feierliche Eröffnung des Wasserbaulabors statt. Zusätzlich zu den in Abb. 16 abgebildeten Personen gab es Videobotschaften von Bundesminister Norbert Totschnig und Bundesminister Martin Kocher. Mit „Wasser marsch!“ gelangte erstmals offiziell Donauwasser ohne Pumpen in den Big Flume/Main Channel des Wasserbaulabors, damit konnte die Funktionalität unter Beweis gestellt werden.



Abb. 15 Abdriftrisiko von Menschen bei Hochwasser am Beispiel einer Testperson im 1:1-Versuch. (sh auch Buchinger et al. 2024)



Abb. 16 Feierliche Eröffnung des BOKU Wasserbaulabors am 12.06.2023. (v. l.: Landeshauptfrau Johanna Mikl-Leitner, Bundesminister Martin Polaschek, BOKU-Rektorin Eva Schulev-Steindl, Initiator und Projektleiter Helmut Habersack, Bundesministerin Leonore Gewessler, Generalsekretär Günter Liebel, Bürgermeister Michael Ludwig, Vorsitzender des Universitätsrats Josef Plank, Foto: Schedl)



VIENNA WATER CONFERENCES 2023



Abb. 17 Drei internationale Wasserkonferenzen im Austria Center Vienna ACV und im Wasserbaulabor mit über 1350 Teilnehmer:innen aus 98 Ländern. (<https://rivers.boku.ac.at/>, Foto: BOKU/IWA)

5.8 Wasserkonferenzen

Vom 21.–25.08.2023 fanden im Austria Center Vienna drei internationale Wasserkonferenzen statt (<https://rivers.boku.ac.at/>): (i) 40. Weltkongress der International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), (ii) 5. International Conference on „The Status and Future of the World's Large Rivers“ und (iii) die 30. Donauländerkonferenz.

Über 1350 Expert:innen aus 98 Ländern nahmen teil (Abb. 17). Im Fokus standen Diskussionen über Nutzung und Schutz der Flüsse unter Klima- und Landnutzungsänderungen, Hochwasser und Trockenheit sowie betreffend nachhaltige Wasserkraft, Schifffahrt und Ökosystemleistungen.

Im Wasserbaulabor fanden Exkursionen und auch das Galadinner statt. In der Folge kam es bereits zu hochrangigen Besuchen aus verschiedenen Ländern, die Interesse an künftigen Kooperationen zeigten.

6 Wie geht es weiter?

Mit Jänner 2023 und Bezug des Wasserbaulabors starteten nach Abschluss von drei EU-Projekten, die auch zur Finanzierung des Wasserbaulabors beitrugen, drei neue Projekte. Mit Modellierungsbezug begannen zwei Projekte im Forschungsprogramm Earth System Sciences (ESS), ein von der ÖAW durchgeführtes Programm des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung (HyMo4us und Alplast). Weiters startete ein Projekt im Auftrag des Verbund und das FWF-Projekt Picasso_XL konnte eingeworben werden. Weitere internationale Projekte wie das EU Danube Transnational Programme DTP DanubeSediment_Q2-Projekt oder das Horizon Europe InnoSed-Projekt starten 2024. Erfreulich ist u. a. der Start einer Laufbahnstelle „Environmental Fluid Dynamics“ im Dezember 2023 sowie die Vorbereitung der Ausschreibung einer Laufbahnstelle „Nachhaltige Wasserkraft“.

Von strategischer Bedeutung ist das Horizon Europe Mission Projekt DANUBE4all (Restoration of the Danube River Basin for ecosystems and people from mountains to coast, <https://www.danube4allproject.eu/>), welches ebenfalls mit 01.01.2023 begann (Abb. 18). Das mit ca. 8,5 Mio. € dotierte EU-Projekt umfasst 48 Partner und zielt auf die Erstellung eines „Danube

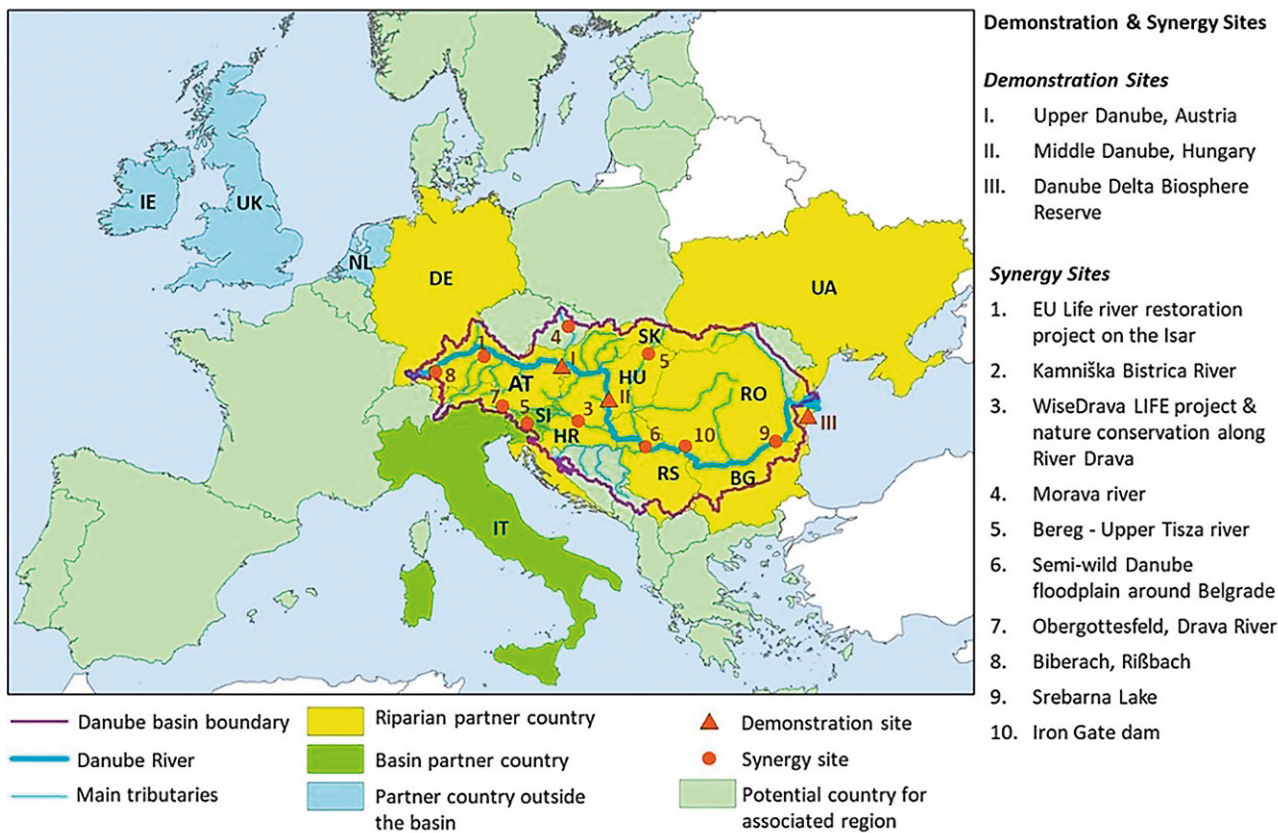


Abb. 18 Übersicht über die beteiligten Länder, Demonstration Sites und Synergy Sites des EU Horizon Europe Mission-Projekts DANUBE4all. (<https://www.danube4allproject.eu/>)

River Basin Restoration Action Plans“ mit Schwerpunkt auf Win2 Nature-Based Solutions (d. h. zwei Ziele sollten gleichzeitig erreicht werden) ab. Dieser soll unter Beteiligung der Bevölkerung über „Co-Creation, Co-Design und Citizen Science“ entwickelt werden.

6.1 Künftige Themenstellungen im Wasserbaulabor

Die Forschung im Wasserbaulabor unterliegt einem multidisziplinären Ansatz mit gesamtgesellschaftlicher Relevanz und wird u. a. folgende Fragestellungen (Auswahl) behandeln:

- *Grundlagenforschung* zur Bewegung des Wassers, der Sedimente, der Ökologie und anthropogenen Nutzung der Fließgewässer (Maßnahmen),
- *Integriertes Hochwasser- und Dürre-risikomanagement unter Klimawandel und Landnutzungsänderung* (von Überflutungsflächen, Dämmen bis zu mobilem Hochwasserschutz),
- *Fluss(rück)bau* (mit Schwerpunkt Feststoffhaushalt),

- *Erneuerbare Energien* (insbesondere nachhaltige Wasserkraft),
- *Verkehr* (Infrastruktur im Bereich Wasserstraße),
- *Ökosystem-Services, Ökohydraulik* (Fließgewässerforschung).

6.2 Internationale Rolle des Wasserbaulabors

Das Wasserbaulabor ist eine Teilumsetzung der Aktivität 1 des ersten Donauraumstrategie EUSDR-Flagship-Projekts „Danube River Research and Management“ DREAM.

Die Finanzierung der Wasserbaulabors mit ca. 49 Mio. € erfolgte über vier EU-Projekte, drei davon bilateral mit Ungarn, Slowakei und Tschechien, womit der Aufbau einer grenzüberschreitenden, nachhaltigen Partnerschaft sowohl für die DREAM-Projektpartner als auch für interessierte Besucher:innen aus den Partnerregionen forciert und künftig fortgesetzt wird.

Das Wasserbaulabor spielt auch eine zentrale Rolle in der Umsetzung der UNESCO-IHP-Flagship-Initiative

„World’s Large Rivers Initiative“, die vom BOKU UNESCO Chair „Integrated River Research and Management“ koordiniert wird. Ziel ist u. a. die Erstellung eines globalen Statusberichts über 300 große Flüsse sowie die Errichtung eines UNESCO-Zentrums „Integrated River Research and Management“ im Wasserbaulabor.

6.3 Zukunft junge Generation

Von besonderer Bedeutung ist die Einbeziehung der Öffentlichkeit und jungen Generation. Dazu wird einerseits gerade ein Konzept für das Public Lab erarbeitet, wo Pädagog:innen, aber auch Bildungsdirektionen und das Bildungsministerium einbezogen werden. Es geht um die Planung einer permanenten Ausstellung und die altersgerechte Aufbereitung der Inhalte. Ebenso soll der Zugang für die interessierte Öffentlichkeit gegeben sein. Bislang gab es schon über 60 Führungen mit mehreren tausend Teilnehmer:innen und Schüler:innen zwischen 11 und 18 Jahren, die sich sehr für das Thema Wasser



Abb. 19 Schülerinnen und Schüler der NMS Poysdorf bei der ersten Schul-Exkursion ins BOKU Wasserbaulabor, die gemeinsam mit dem BAW durchgeführt wurde. (Fotos: BOKU/IWA)

und Flüsse im Lichte von Klimawandel und Landnutzungsänderung interessieren (Abb. 19). Es ist wichtig, dass neben den negativen Schlagzeilen über die Entwicklung der Erde Lösungsansätze vermittelt werden und auch aufgezeigt wird, dass sich jeder und jede an der Verbesserung beteiligen kann.

Danksagung Das BOKU Wasserbaulabor wurde über vier EU-Interreg-Projekte (SEDDON II (ATHU10), SEDECO (ATCZ28), DREAM SKATV021, DREAM RRMV VIENNA (Wasserbaulabor) IWB) und nationale Kofinanzierungen von der Stadt Wien (unter Bürgermeister Häupl und Bürgermeister Ludwig), dem Land NÖ (unter Landeshauptmann Pröll und Landeshauptfrau Mikl-Leitner) und den vier Ministerien BMBWF, BML, BMK und BMAW (unter den jeweiligen Minister:innen) errichtet, wofür der EU (inklusive Donauraumstrategie), den Projektpartnern und den Nationalen Kofinanzierungsstellen mit deren großartigen Fachleuten ein großer Dank ausgesprochen wird (stellvertretend SCin Barbara Weitgruber, AL Christian Smolina, MRin Karolina Begusch-Pfefferkorn, SC Wilfried Schimon, SCin Maria Patek, SC Günter Liebel, AL Robert Fenz, AL Heinz Stiefelmeyer, MRin Gisela Ofenböck, ALin Ulrike Unterer, ALin Evelinde Grassegger, GL Ludwig Lutz, AL Norbert Knopf, Reg. ALin Koord. Martina Francois-Edouard Höllbacher, Pailleron, Prokuraturanwalt Viktor Klima, MR Martin Ruppacher). Bedanken möchte ich mich bei beim Bereichsleiter für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaftsstandort Franz Oberndorfer, der MA 27 der Stadt Wien unter der Leitung von Martin Pospischill für die Projektbegleitung, den Regionalkoordinator:innen Andrea Schwecherl, Adriana Bachora-Nowak, IWB-Koordinator Heinz Weber, Leiterin Dezernat EU-Förderungen –

Internationale Kooperationen Christiane Breznik, der Baudirektion der Stadt Wien (Fr. Jilka, Hr. Schuster und Kolleg:innen), der MA48 (Hr. Thon, Fr. Bischof), 20. Bezirk (Hr. Derfler), samt Kolleg:innen sowie allen weiteren Personen in den Verwaltungsbehörden, technischen Sekretariaten, FLC und SLC sowie der MA 45 der Stadt Wien unter der Leitung von Gerald Löw samt Kolleg:innen (stv. Thomas Ofenböck, Christoph Wagner) sowie bei vielen weiteren Magistratsabteilungen, dem Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, viadonau unter GF Hans-Peter Hasenbichler, Verbund unter GF Karl Heinz Gruber, EVN, Wien Energie. Großer Dank gebührt den drei während der Planung und des Baus verantwortlichen BOKU-Rektorat (unter den Rektor:innen Martin Gerzabek, Hubert Hasenauer, Eva Schulev-Steindl) für die Unterstützung des Vorhabens von Anfang an. Herzlich bedanken möchte ich mich bei Jürgen Gruber, der als Geschäftsführer der BOKU Wasserbaulabor Errichtungs- und Betriebs-Gesellschaft m.b.H. von der Planung bis zur Umsetzung maßgeblich zum Erfolg beigetragen hat. Michael Hengl, dem Leiter des Instituts für Wasserbau und hydrometrische Prüfung des Bundesamts für Wasserwirtschaft (BAW), welches gemeinsam mit der BOKU das Wasserbaulabor nutzt, möchte ich sehr für seinen ausgezeichneten Input bei der Planung des Wasserbaulabors danken. Der ehemalige WAU Departmentleiter Herwig Waidbacher motivierte und unterstützte den Autor, dafür gebührt ein großes Dankeschön, auch Rudi Pollak betreffend Förderungen und Umsetzung des Forschungsgerinnes. Besonderer Dank gebührt allen Mitarbeiter:innen des IWA, vor allem Marlene Haimann und Angelika Rieg-

ler bei der Einreichung der EU-Projekte und Begleitung der Abwicklung und Christine Sindelar für die wertvolle Mitwirkung bei der Planung und Umsetzung. Vielen Dank an Marcel Liedermann als Institutsleiter-Stellvertreter mit unzähligen Tätigkeiten für das Wasserbaulabor, Michael Tritthart u. a. für die IT-Angelegenheiten, Ferdinand Bakanic für die vielen Tätigkeiten bei der Planung und besonders der Baumsetzung, alle Raumverantwortlichen (neben den genannten Personen Christoph Hauer, Philipp Gmeiner, Marlene Haimann, Rolf Rindler, Patrick Holzapfel, Mario Klösch, Petr Lichtneger, Christina Mayer und Elisabeth Vlasak), Matthias Buchinger, Thomas Gold, Kevin Reiterer, Dominik Work betreffend Versuche und Führungen und der Werkstätte unter der Leitung von Jürgen Schobert sowie dem IWA-Sekretariat. Schließlich gebührt der BIG für die Projektsteuerung (bes. Hr. Pammer und Pauletta), den Planern aus dem Vorprojekt (DonauConsult, Schelmlberger, Hoffmann) und dem Hauptprojekt (ARGE iC-ATP, stellvertretend Hr. Sattler, Fr. Holzweber, Fr. Reiner, Hr. Reiner) samt Subauftragnehmern, der ÖBA (TDC ZT GmbH, stellvertretend Hr. Weinhandl, Hr. Schmidt) und den Baufirmen PORR (stellvertretend Hr. Kern, Hr. Weiss), Haider&Co (stellvertretend Hr. Oberheinricher), GISAqua (stellvertretend Hr. Stark) samt deren Subfirmen und weiteren Firmen ein herzlicher Dank.

Funding Open access funding provided by University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU).

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und

Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen

Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Archer, L., Hatchard, S., Devitt, L., Neal, J. C., Coxon, G., Bates, P. D., et al. (2024): Future change in urban flooding using new convection-permitting climate projections. *Water Resources Research*, 60, e2023WR035533. <https://doi.org/10.1029/2023WR035533>.
- Buchinger, M., Scheuer, S., Habersack, H. (2024): Systematische Analyse der Abdriftmechanismen von Menschen als Beitrag zur Minimierung des Hochwasserrisikos – Konzept und erste Tests, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 76(3–4), in diesem Heft.
- Glas, M., Tritthart, M., Pessenlehner, S., Sindelar, C., Buchinger, M., Baranya, S., Haimann, M., Habersack, H. (2024): Numerische Untersuchung von Skaleneffekten auf die Hydrodynamik in einem Bühnenexperiment, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 76(3–4), in diesem Heft.
- Gold, T., Reiterer, K., Hauer, C., Habersack, H., Sindelar, C. (2024): Kombination klein- und großskaliger physikalischer Modellierung zur Optimierung der Spülfizienz von Laufkraftwerken, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 76(3–4), in diesem Heft.
- Habersack, H., Schober, B. (2020): Floodplain evaluation matrix: A multiparameter assessment methodology, *J Flood Risk Manag.* 2020; 13(3), e12614.
- Habersack, H.M., Laronne, J.B. (2002): Evaluation and improvement of bedload discharge formulas based on Helley-Smith sampling in an alpine gravel bed river, *J. Hydraulic Engineering*, Vol. 128, No. 5, 484–499.
- Habersack, H., Hofbauer, S., Hauer, C. (2008): Vegetation impacts on flood flows—evaluation of flow resistance based on a hydraulic scale model and numerical hydrodynamic modelling, In: Kokpinar, Aydin, Cokgor & Kirkgoz (eds), *International Conference on Fluvial Hydraulics*, River Flow 2008, 1, 425–433.
- Habersack, H., Liedermann, M., Tritthart, M., Hauer, C., Klösch, M., Klasz, G., Hengl, M. (2012): Maßnahmen für einen modernen Flussbau betreffend Sohlstabilisierung und Flussrückbau – Granulometrische Sohlverbesserung, Bühnenoptimierung, Uferrückbau und Gewässervernetzung. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 64(11–12), 571–581; ISSN 0945-358X.
- Habersack, H., Hein, T., Liedermann, M., Bondar-Kunze, E. (2016): Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg an der Donau für Schifffahrt, Ökologie und Wasserbau, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 68(5–6), 256–264.
- Habersack, H., Gmeiner, P., Krapesch, M., Baranya, S., Holubova, K., Mravcova, K., Vartolomei, F., Hödl, E., Liska, I., Mühlmann, H., Haimann, M. (2023): Sedimentänderung wurde ein signifikantes Wasserbewirtschaftungsthema im Donaueinzugsgebiet – basierend auf dem EU-Projekt DanubeSediment, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 75(7–8), 342–349.
- Hauer, C., Flödl, P., Holzapfel, P., Unfer, G., Leitner, P., Graf, W. & Habersack, H. (2024): Wie viel „Bio“ braucht die Ökohydraulik? – Neue Ansätze und Modellentwicklungen für die integrative Wasserwirtschaft, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 76(3–4), in diesem Heft.
- Hengl, M., Stephan, U., Kainz, S., Hasenhündl, M. (2024): Gegenständliche Modelle für Fließgewässer – Erfahrungen und Perspektiven, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 76(3–4), in diesem Heft.
- Findikakis, A. N., Ed. (2016): IAHR-hydraulink. Issue 1.
- Klösch, M., Waygand, M., Buchinger, M., Busch, E., Dunst, R., Egger, G., Habersack, H. (2024): Labormessungen und Modellentwicklung zur Verformung und Rauigkeit flexibler Vegetation in Fließgewässern, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 76 (3–4), in diesem Heft.
- Kobus, H. (1984). *Wasserbauliches Versuchswesen*. (D. V. für W. und K. e.V. (DVWK), Ed.) (Vol. 39). BOOK, Hamburg und Berlin: Paul Parey.
- Lichtneger, P., Morris, G., Sindelar, C., Sandberger, J., Schobert, J., Glas, M., Pessenlehner, S., Efthymiou, N., Karki, P., Habersack, H. (2021): HPP Sediment Management in Reservoirs and Run-Of-The-River Projects (ID: P170148) Activity: Pulangi IV reservoir sediment management study at the Philippines, *Physical Model Report* (191 S.)
- Liedermann, M., Gmeiner, P., Kreisler, A., Tritthart, M., Habersack, H. (2018): Insights into bedload transport processes of a large regulated gravel-bed river, *Earth Surface Processes and Landforms* 43 (2), 514–523
- Martin, H. (1998): 100 Jahre Dresdner Flußbaulaboratorium an der TU Dresden, in: 100 Jahre Hubert-Engels-Laboratorium, *Hydraulische und numerische Modelle im Wasserbau, Entwicklung – Perspektiven* (herausgegeben von Wagner, Horlacher, Martin), *Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen*, Heft 13, S. 5–18.
- Rindler, R., Schwarz, S., Lammer, A. Shire-Peterlechner, D., Habersack, H. (2023): Besseres Verständnis von Geschiebetransportprozessen durch integratives Monitoring, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 75(7–8), 421–428, <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00971-z>
- Schobesberger, J., Lichtneger, P., Hauer, C., Habersack, H., Sindelar, C. (2020): Three-Dimensional Coherent Flow Structures during Incipient Particle Motion, *J Hydraul Eng.* 2020; 146(5), 04020027.
- Sindelar, C., Schobesberger, J., Gold, T., Reiterer, K., Worf, D., Hauer, C., Habersack, H. (2023): Bewegung eines Einzelkorns unter dem Einfluss kohärenter Strukturen, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 75(7–8), 435–441. <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00961-1>
- Sindelar, C., Lasinger, N., Buchinger, M., Habersack, H. (2024a): Fischdurchgängigkeit mittels innovativer Bühnen in kombinierten skalierten und ethohydraulischen 1:1-Modellversuchen am Beispiel des Wienflusses, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 76 (3–4), in diesem Heft.
- Sindelar, C., Lichtneger, P., Buchinger, M., Worf, D., Pessenlehner, S., Habersack, H. (2024a): Skalierungseffekte in einer Fließstrecke mit deklinanten Bühnen in Modellversuchen mit den Maßstäben 1:1 und 1:5, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 76(3–4), in diesem Heft.
- Tritthart, M., Flödl, P., Habersack, H., Hauer, C. (2020): HEM Impoundment—A Numerical Prediction Tool for the Water Framework Directive Assessment of Impounded River Reaches, *WATER-SUI*. 2020; 12(4), 1045.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.