Hochwasser und Vegetation : innovativer Modellversuch Kamp

Autor(en): **Hofbauer, Sonja / Habersack, Helmut**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **98 (2006)**

Heft 3

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939351

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Hochwasser und Vegetation – Innovativer Modellversuch Kamp

■ *Sonja Hofbauer, Helmut Habersack*

Zusammenfassung

Nach dem Jahrtausendhochwasser im Jahr 2002 wurde am Kamp, einem niederösterreichischen Donauzubringer, das integrative Gesamtprojekt «Nachhaltige Entwicklung der Kamptal-Flusslandschaft» gestartet. Im Zuge dieses Projektes wird die Wechselwirkung zwischen Vegetation und Abfluss näher untersucht. Dazu wurde an der Universität für Bodenkultur Wien ein innovativer wasserbaulicher Modellversuch konzipiert. Der Einfluss von Vegetationsszenarien auf das Abflussgeschehen bei unterschiedlichen Abflüssen und Geometrien war dabei zentraler Untersuchungsgegenstand. Das gesamte Modell wurde zur Simulation verschiedener Gefälle neigbar ausgeführt. Inhalte dieses Beitrages sind insbesondere das innovative Modellbaukonzept, die Entwicklung des Modellversuches und die Versuchseinrichtungen.

1. Einleitung

Der Kamp ist ein linksseitiger niederösterreichischer Zubringer der Donau mit einer Länge von ca. 160 km *(Bild 1)*. Das Einzugsgebiet (ca. 1800 km²) entwässert die Region Waldviertel und liegt geologisch betrachtet im so genannten Granit- und Gneishochland. Bedingt durch die Geologie, den Nutzungsdruck im engen Kamptal und die energiewasserwirtschaftliche Nutzung war der Kamp bisher, was Flussmorphologie und Ufervegetation betrifft, ein relativ «statischer» Fluss.

Ungewöhnlich starke Niederschläge verursachten im August 2002 in vielen Teilen Österreichs, insbesondere am Kamp, ein Jahrtausendhochwasser [9]. Der Hochwasserabfluss beim Pegel Stiefern in der Mitte des Untersuchungsgebietes betrug etwa 800 m³/s. Zum Vergleich betragen das HQ_{100} beim selben Pegel 490 m³/s und der Mittelwasserabfluss 8 m³/s. Durch diese gewaltigen Abflüsse entstanden lokal gravierende Änderungen der Flussmorphologie, meist mit einer Vergrösserung der Umlagerungsbreite und der Bildung von Inseln und Seitenarmen verbunden [8]. In den Bereichen, wo es zu grossen Feststoffumlagerungen kam, waren ein Verlust an bewachsenen Flächen und damit die Entstehung von Pionierstandorten, sowie die Ablagerung von Totholz zu beobachten *(Bild 2)*.

Um eine objektive Datengrundlage zu erhalten, werden die Themen Vegetationseinfluss und Totholz sowie Vegetationsökologie intensiv im Rahmen des Projektes «Nachhaltige Entwicklung der Kamptal-Flusslandschaft» behandelt. Das erwähnte Projekt versteht sich als integratives Gesamtprojekt, welches alle Fachbereiche, die den Fluss und die Flusslandschaft betreffen, abdeckt und eine akkordierte Vorgehensweise für die weitere Entwicklung der Flusslandschaft des Kamptales nach der Hochwasserkatastrophe zum Ziel hat [11].

Bild 1. Einzugsgebiet und Untersuchungsgebiet.

Bild 2. Gewaltige Feststoffumlagerungen und Totholzakkumulationen am Kamp nach dem Hochwasser 2002 (links) und Totholzrückhalt an der Ufervegetation (rechts).

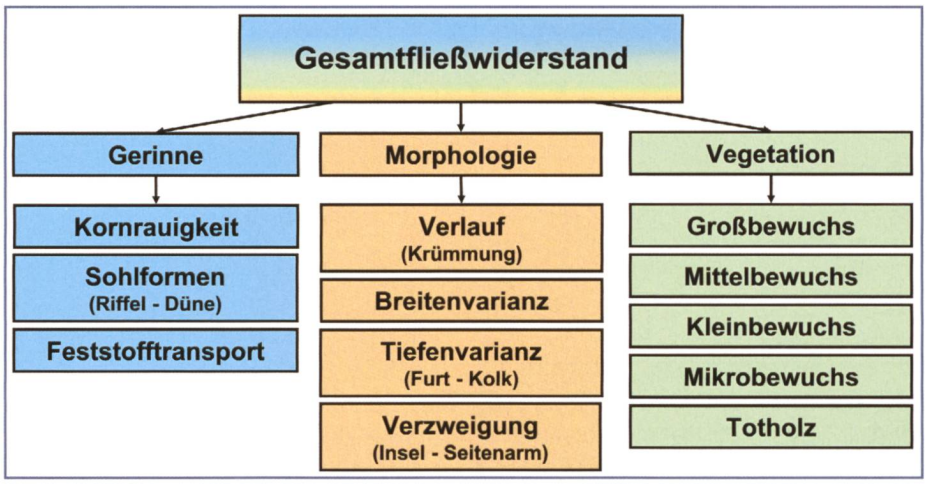

Bild 3. Gliederung des Gesamtfliesswiderstandes in unterschiedliche Teilfliesswiderstände (modifiziert übernommen aus [17]).

2. Wasserbaulicher Modellversuch Kamp

Im Folgenden wird auf die speziellen Problemstellungen und Ziele des wasserbaulichen Modellversuches Kamp eingegangen. Allgemeine Grundlagen betreffend den Teilfliesswiderstand Vegetation werden ebenso wie die Modellkonzeption dargestellt. Das Baukonzept und die Messtechnik sind durch ihren innovativen Charakter methodische Weiterentwicklungen und demnach als Ergebnisse zu betrachten.

2.1 Problemstellung

Die Rolle von Vegetation und Totholz entwickelte sich nach dem Hochwasser zu einem sehr wichtigen Thema im Kamptal, da es während des Hochwassers 2002 vielfach zu Problemen gekommen war. Die Entwicklung und das Management der neu entstandenen Strukturen und Umlagerungsflächen am Kamp im Hinblick auf Vegetation in Wechselwirkung mit der Morphologie sind wichtige Herausforderungen für die Zukunft [19]. Auf den ursprünglich freien Pionierstandorten kommt Vegetation auf, welche den Fliesswiderstand erhöht. Darüber hinaus ist aufgrund der Belaubung der Fliesswiderstand im Jahresverlauf nicht konstant (siehe beispielsweise [12]). Die Quantifizierung des Einflusses der Vegetation auf das Abflussgeschehen und die Flussmorphologie sowie deren Bedeutung für die Produktion, den Transport und die Ablagerung von Totholz sind auch für den Kamp noch nicht ausreichend geklärt. Der Beitrag der Vegetation zur Totholzdynamik sowie die Verstärkung der Retentionswirkung durch Vegetation im Freiland sind daher zentrale Fragestellungen.

Um die Wechselwirkung zwischen Vegetation und Abfluss genauer untersuchen zu können, wurde ein wasserbaulicher Modellversuch konzipiert. In der Natur bestimmen viele sich überlagernde und beeinflussende Prozesse das Abflussgeschehen. Im Modell ist es möglich, den Einfluss der Vegetation durch das Ausschalten gewisser anderer Prozesse, z.B. des Feststofftransportes, genauer zu untersuchen. Mit definierten, konstanten Randbedingungen (z.B. Stationarität, Normalabfluss) können hydrometrische Messungen «auch bei Hochwasser» durchgeführt werden. Es kann weiters nicht nur bei einem in der Natur bestehenden Vegetationsszenario (Ist-Zustand) gemessen werden, wie es bei Freilandarbeiten der Fall wäre, sondern es können unterschiedliche Vegetationsszenarien eingebaut und untersucht werden.

2.2 Ziele

Der vorliegende Beitrag stellt schwerpunktmässig die Hintergründe, die innovative Bauweise und die Messmethodik des durchgeführten wasserbaulichen Modellversuches dar.

Zentrales Ziel des wasserbaulichen Modellversuches war die Erfassung des Einflusses der Vegetation auf das Abflussgeschehen bei Hochwasser. Dazu wurden zwei kamptypische Fliessgewässerabschnitte, dem gestreckten und dem verzweigten Flusstyp entsprechend, nachgebaut. Vegetationsszenarien unterschiedlicher Dichte und Breite wurden entwickelt und eingebaut. Zusätzlich wurde am Beginn der Messstrecke Totholz zugegeben und die Abhängigkeit des Totholzrückhaltes bei unterschiedlichen Vegetationsanordnungen und -dichten untersucht. Die Durchführung der Messungen erfolgte bei unterschiedlichen Abflüssen.

Das innovative Modellbaukonzept betreffend lassen sich folgende Ziele formulieren: Eine innovative Bauweise, welche die Neigbarkeit des Gesamtmodells ermöglicht, sollte entwickelt und umgesetzt werden. Eine Weiterentwicklung hinsichtlich der Messmethodiken wurde angestrebt. Neue Technologien zur Flussbettvermessung von wasserbaulichen Modellversuchen (terrestrisches Laserscanning) sollten angewendet werden.

2.3 Fliesswiderstand Vegetation – allgemeine Grundlagen

In der Literatur gibt es eine ganze Reihe von Herangehensweisen, um die Wirkung der Vegetation auf das Abflussgeschehen zu quantifizieren. In den meisten Fliessgesetzen (Brahms-de-Chezy, Gauckler-Manning-Strickler oder Universelles Fliessgesetz) werden die Fliesswiderstände durch einen Beiwert berücksichtigt, der den Gesamtfliesswiderstand widerspiegelt (siehe dazu beispielsweise [5], [15] oder [21]). Dieser Gesamtrauigkeitsbeiwert enthält die Rauigkeiten im Gerinne bedingt durch Kornrauigkeit, Sohlformen,

Vegetationsszenario			Breite Vegetation im Vorland	Abstände Stämme in und quer zur Fließrichtung	Dichteklasse
Bezeichnung		in Kombination mit	[-]	a_x x a_y [cm]	[-]
a	bewuchsfreies Vorland	Böschungsbewuchs	-	-	0
b	Auwald dicht	Böschungsbewuchs und/oder Unterholz	breit	10 x 10	3 (4)
c	Auwald dicht	Böschungsbewuchs und/oder Unterholz	schmal	10 x 10	3 (4)
d	Auwald normal	-	breit	15 x 15	2
e	Auwald normal	-	schmal	15 x 15	2
f	Auwald licht	-	breit	20 x 20	1
g	Auwald licht	-	schmal	20 x 20	1

Tabelle 1. Überblick über simulierte Vegetationsszenarien. Die Werte in Klammern in der Spalte Dichteklasse beziehen sich auf die Kombination mit Unterholz, was zu einer Erhöhung der Dichte führt.

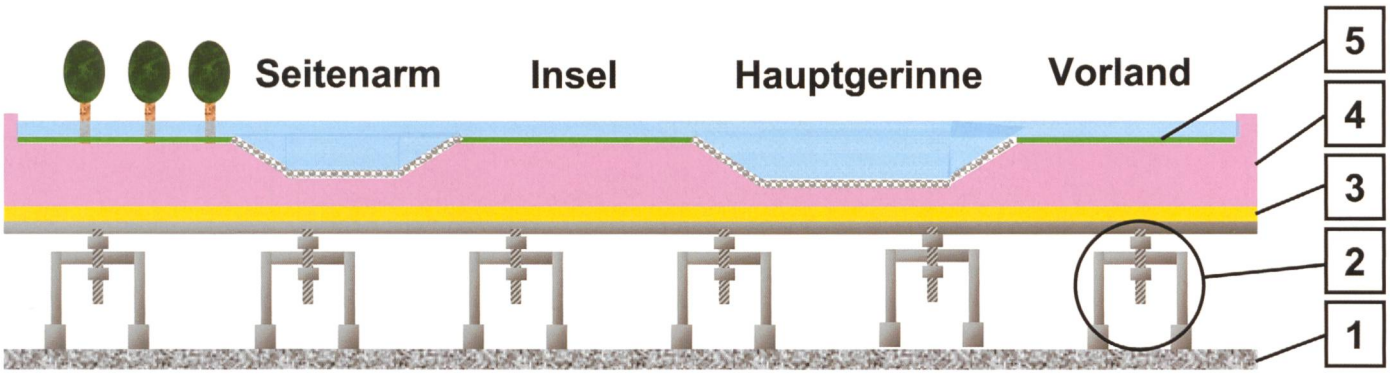

Bild 4. Schemaskizze des innovativen Modellbaukonzeptes (Grundplatte [1], Unterkonstruktion [2], Schaltafel [3], Polystyrol-Extruderschaumstoff [4], Grundrauigkeit [5]).

Feststofftransport, die Rauigkeiten, die durch die Morphologie (Verlauf, Breitenvarianz, Tiefenvarianz und Verzweigungen) entstehen, und die Rauigkeiten, welche durch Bewuchs und Totholz verursacht werden *(Bild 3)*.

Der Rauigkeitsbeiwert wird für die Berechnung von Wasserspiegellagen mit Hilfe von Literaturangaben oder Erfahrungswerten abgeschätzt oder aus gemessenen Wasserspiegellagen rückgerechnet und findet von der einfachen profilweisen Spiegellagenrechnung bis zur zweidimensionalen numerischen hydrodynamischen Modellierung Eingang. In der Praxis wird trotz der Nachteile meistens der Strickler-Beiwert verwendet (siehe dazu beispielsweise [21] oder [1]).

Es existieren einige auf die gängigen Fliessgesetze aufbauende Ansätze, die Vegetation über Vegetationsparameter explizit berücksichtigen. Bei Petryk und Bosmajian [18] findet sich ein Ansatz, mit dem der Strickler-Beiwert direkt für Gross- und Mittelbewuchs berechnet werden kann. Cowan [2] überlagert die Beiwerte einzelner Teilfliesswiderstände für Oberflächenunregelmässigkeiten, Gerinnegeometrie, Hindernisse und Bewuchs zu einem Gesamt-Manning-Beiwert und be-

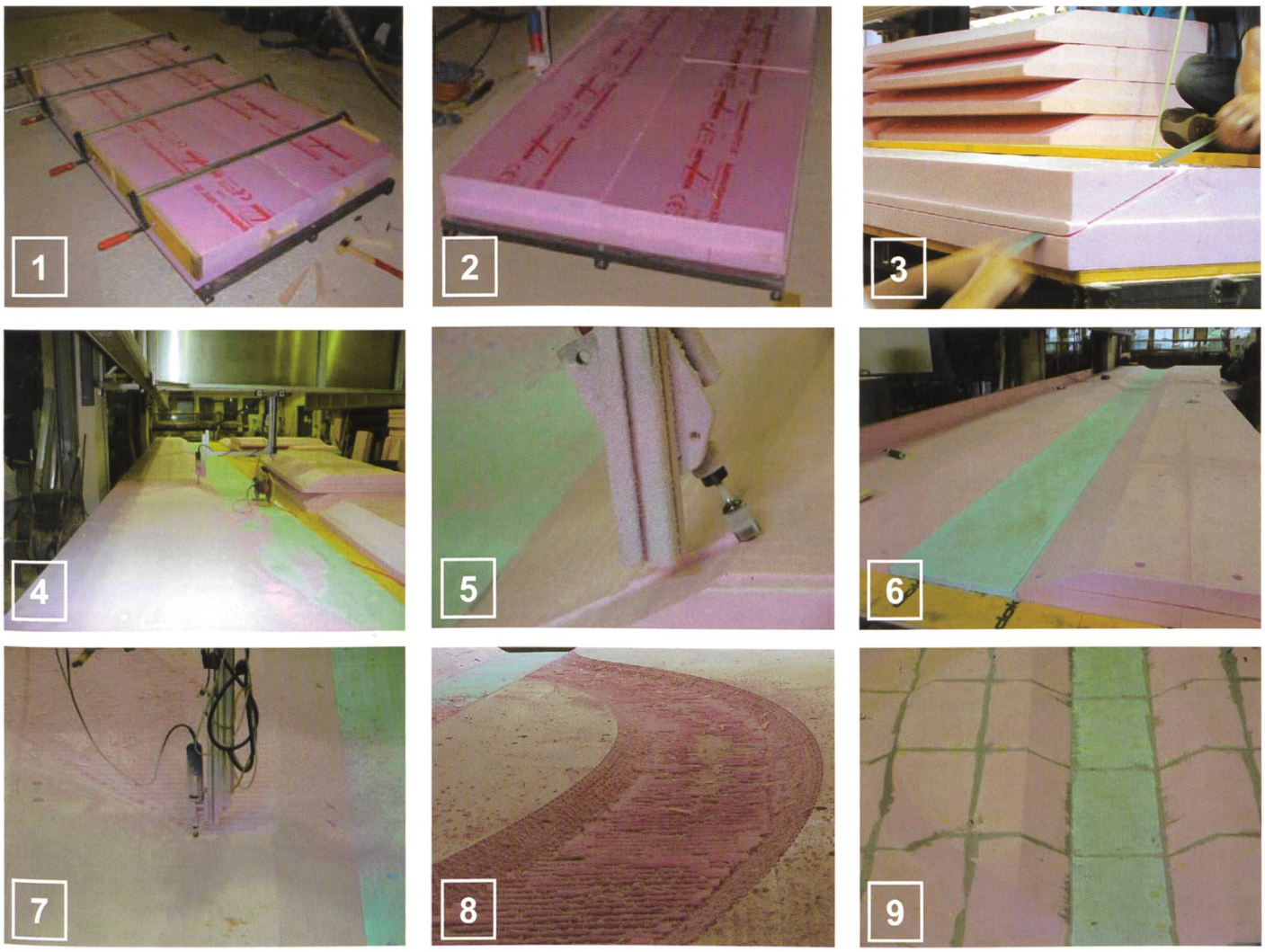

Bild 5. Fotodokumentation der Bearbeitung der Polystyrol-Extruderschaumstoffplatten (Verkleben von jeweils vier Einzelplatten [1], Planfräsen der Unterseite [2], grobes Vorschneiden [3], Montage der Platten und Planfräsen der Oberseite [4], schräg gestellter Fräser bei der Bearbeitung der Böschung des Hauptgerinnes [5], modelliertes Hauptgerinne [6], Fräsen des Seitenarmes [7], gefräster Seitenarm [8], bearbeitete Oberfläche mit abgedichteten Fugen [9]).

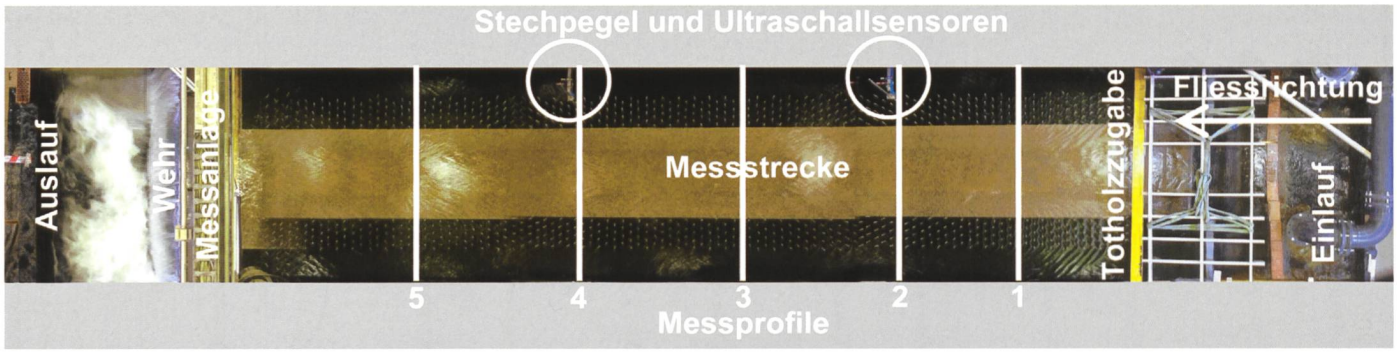

Bild 6. Anordnung der Einrichtungen der Messtechnik.

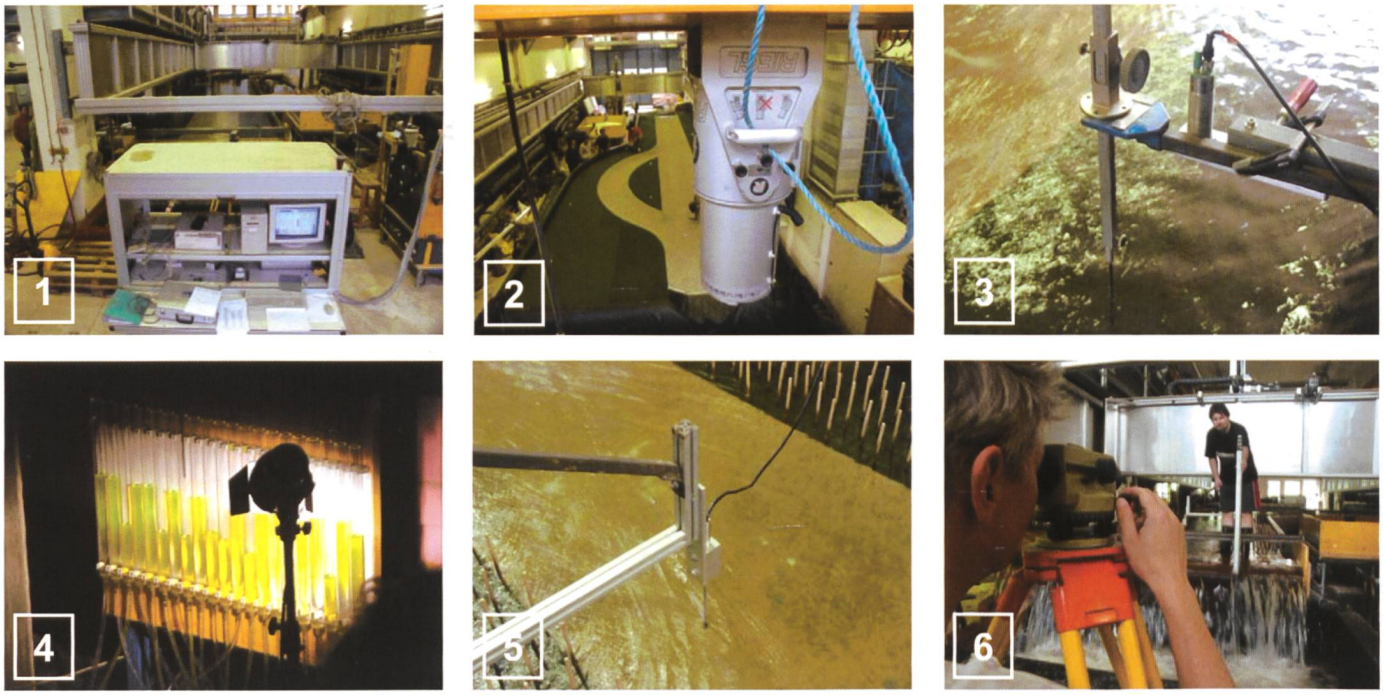

Bild 7. Messmethodik (Messanlage zur automatisierten Messwerterfassung und -verarbeitung [1], terrestrischer Laserscanner Fa. Riegl [2], Stechpegel und Ultraschallsensor [3], Pegelharfe [4], Geschwindigkeitssensor [5], Nivellierung der unterwasserseitigen Wehrklappe [6]).

Messgröße			Messgerät Messmethode		Messprinzip	Messgenauigkeit		Auflösung	Messpunkte
Bezeichnung	Symbol	Einheit	Bezeichnung	Firma		von	bis		
Abfluss	Q	[l/s]	Magnetisch-induktiver Durchflussmesser "Variomag"	Endress + Hauser	Induktionsgesetz	± 2.56		1.00	2 (in jeder der beiden Zuleitungen)
Wasserstand	h	[mm]	Stechpegel (auch Spitzenpegel)	Ott	direkter Kontakt mit der Wasseroberfläche im Modell	0.05 [Martin et al., 2000]	0.10 [Martin et al., 2000]	0.10	2 (3 bei verzweigter Geometrie) im rechten Vorland
			Pegelharfe in Kombination mit Stechpegel	Ott	direkter Kontakt mit der Wasseroberfläche in kommunizierendem Gefäß				1 bis 5 (meist 3) Punkte / 6 Messprofile
			Ultraschallsensor "UC500-30GM-IU-V1"	Pepperl + Fuchs	über Laufzeit Ultraschallwelle Berechnung der Entfernung	0.750		0.172	2 im rechten Vorland
Fließgeschwindigkeit	v	[cm/s]	Magnetisch-induktive Geschwindigkeitssonde "ACM 200"	Alecusa	Induktionsgesetz	-	-	0.1	21 bis 93 im jeweiligen Geschwindigkeitsmessprofil
		[m/s]	Microflügel "md3/2648"	Höntzsch	über Umdrehungen pro Zeiteinheit Berechnung der Fließgeschwindigkeit	-	-	0.01	12 ergänzende Messpunkte im Vorland bei zu geringem Wasserstand für Geschwindigkeitssonde
Geometrie Flussbett	-	[m]	Terrestrischer Laserscanner "LMS-Z420i"	Riegl	reflektorlose Distanzmessung mittels Laserlicht	0.005 (Mittel)	0.01 (Einzelstrahl)	0.005	mehrere 10.000 Messpunkte

Tabelle 2. Überblick über die gesamte Messmethodik unter Angabe von Gerätename und Hersteller, Genauigkeit, Auflösung und Ort der Messung im Modell.

rücksichtigt darüber hinaus einen Korrekturfaktor für Mäander und Krümmungen. Für das universelle Fliessgesetz lässt sich aus Stammabständen und -dicken ein Widerstandsbeiwert λ_P für die Bewuchszone berechnen [5]. Durch eine Erweiterung des universellen Fliessgesetzes können Pflanzenstrukturen durch vereinfachte, idealisierte Parameter berücksichtigt werden [3], was die Frage nach in der Praxis einfach zu erhebenden Pflanzenparametern aufwirft. Die unterschiedlichen Rauigkeiten in einem gegliederten Profil, bedingt beispielsweise durch Bewuchs, machen die Einführung von Trennflächen notwendig. Zur Abschätzung deren Eigenschaften existiert ebenfalls eine Vielzahl von Ansätzen [5].

Mit dem wasserbaulichen Modellversuch Kamp wurde eine Datengrundlage geschaffen, bestehende Verfahren anzuwenden, zu vergleichen und gegebenenfalls zu verbessern.

2.4 Umlegung Natur – Modell und Versuchsprogramm

Da die Schwerkraft den untersuchten Strömungsvorgang beeinflusst, wurde das Froud´sche Modellgesetz angewendet [16]. Mit einem Längenmassstab von 1:25 konnte ein fast 400 m langer Abschnitt des Kamp simuliert werden.

2.4.1 Geometrie und Abfluss

Zwei kamptypische Geometrien, gestreckt und verzweigt – entsprechend neu entstandener Strukturen –, wurden schematisiert nachgebaut. Aus der Analyse von Profilen im gesamten Untersuchungsraum wurden repräsentative Breiten und Böschungsneigungen gefunden. Der unkomplizierte Umbau der gestreckten auf die verzweigte Geometrie gelang durch das «Wiederverschliessen» des Seitenarmes, welcher

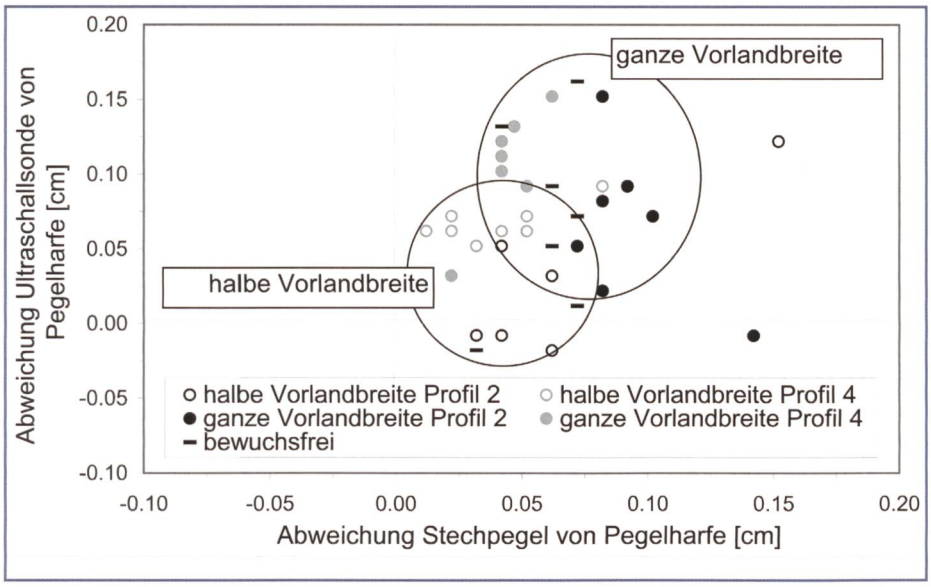

Bild 8. Abweichungen zwischen Wasserspiegelmessungen mit Pegelharfe, Stechpegel und Ultraschallsonde in den Messprofilen 2 und 4 bei einem Längsgefälle von 1‰.

von Beginn an mit ausgeführt wurde, nach der Fertigstellung, (siehe auch *Bild 5*). Die Neigung des Modells sollte variabel und repräsentativ für das gesamte mittlere Kamptal (1 bis 4‰) sein.

Drei Abflüsse (HQ_{30}, HQ_{50} und HQ_{100}), entsprechend einem repräsentativen Pegel im Untersuchungsgebiet, wurden zusätzlich zu bordvollem Abfluss simuliert.

2.4.2 Rauigkeit

In umfangreichen Vorversuchen wurden passende Materialien zur Simulation der Vegetation und der Kornrauigkeit getestet. Als Grundrauigkeit wurde im Gerinne Silikatsand verwendet und im Vorland ein rauer Belag flächig aufgeklebt. Stephan [20] oder Järvelä [12] verwenden für ihre Untersuchungen echte Vegetation. Für den Hochwasserabfluss ist vor allem die starre Vegetation (Baumstämme) relevant, da flexible Vegetation (Büsche) sich umlegt. Die Simulation des Grossbewuchses und des Mittelbewuchses [5] erfolgte daher mit rauen Holzstäben und Holzwolle. Bei der Entwicklung der Vegetationsszenarien (*Tabelle 1*) wurde von Referenzflächen am Kamp ausgegangen.

Die Totholzdynamik bei unterschiedlichen Vegetationsszenarien wurde durch Zugabe von Totholzelementen untersucht.

2.5 Aufbau des physikalischen Modells

Die geforderte Neigbarkeit des gesamten Modells stellte eine besondere Herausforderung für den Bau dar und machte die Entwicklung eines innovativen Modellbaukonzeptes notwendig (*Bild 4*). Auf die Grundplatte aus Beton wurde die bewegliche Unterkonstruktion aus Stahl befestigt. Quadratische Formrohre verbanden über Gewindestangen die Stützen einer Reihe. Darauf wurden mittels Schweissverbindungen Längsträger montiert. Der Aufbau bestand aus Schaltafeln, auf welche Polystyrol-Extruderschaumstoff montiert und anschliessend die Grundrauigkeit aufgebracht wurde. Im Vorland entsprach die Grundrauigkeit dem bewuchsfreien Zustand und wurde mit einem rauen Belag simuliert; im Gerinne wurde Silikatsand aufgebracht (Details dazu siehe [11]).

Um eine gleichmässige Auflage der Polystyrol-Extruderschaumstoffplatten zu gewährleisten, wurde die Unterseite der Platten vor der Montage plangefräst. Dazu wurden eine Einspannvorrichtung gebaut, jeweils vier miteinander verklebte Platten darin eingespannt und die spätere Unterseite bearbeitet. Auf der Messanlage zur automatisierten Messwerterfassung und -verarbeitung wurde dazu temporär anstelle eines Messsensors ein Fräser montiert. Diese Vorgangsweise ermöglichte es, auch flächig fräsen zu können, indem die Anfangs- und Endkoordinaten der einzelnen «Frässpuren» mit einer gewissen Überlappung vorgegeben wurden und die Messanlage diese dann automatisch ansteuerte (Genauigkeit < 1 mm). Die Oberseite der Platten wurde wiederum mittels Fräsen auf die gewünschte Höhe gebracht bevor die feine Modellierung der Böschung des Hauptgerinnes erfolgte, welche durch Schrägstellen des Fräsers gelang. Der Seitenarm wurde durch die Vorgabe der vorher berechneten Koordinaten Schicht um Schicht gefräst. Anschliessend an die Nachbearbeitung der Oberfläche wurde die Grundrauigkeit als Basis für den Einbau der Vegetationsszenarien aufgebracht. Die Abdichtung der vorhandenen Fugen zwischen den unterschiedlichen Materialien erforderte sorgfältiges, sauberes Arbeiten bei diesem Baukonzept (*Bild 5*).

2.6 Messtechnik

Ebenso wie beim Bau wurde versucht, auch bei der Messmethodik neue Techniken anzuwenden, beispielsweise durch den Einsatz neuer Geräte (terrestrischer Laserscanner) und die Anwendung unterschiedlicher Methoden für die Wasserstandsmessung. Die Anordnung der Messtechnik am Beispiel der gestreckten Geometrie ist *Bild 6* zu entnehmen. *Bild 7* beinhaltet eine Fotodokumentation der Messeinrichtungen und *Tabelle 2* gibt unter anderem einen Überblick über Messprinzipien, Genauigkeiten und Auflösungen.

2.6.1 Hydrometrie

Im hydraulischen Modell ist die Bestimmung einer Reihe von Messgrössen, im wesentlichen Durchfluss, Wasserstand und Fliessgeschwindigkeit, erforderlich. Die exakte Messung ist von grosser Bedeutung, da sich die Genauigkeit bei der Übertragung mit dem jeweiligen Massstabsfaktor auf die Natur verringert (siehe dazu auch [15]).

2.6.1.1 Abfluss

Das Wasserbauliche Labor der Universität für Bodenkultur, Wien, verfügt über einen geschlossenen Wasserkreislauf. Sechs an einer Ringleitung angeordnete Entnahmestellen und zwei Stichleitungen werden von einem 48 m^3 fassenden Hochbehälter versorgt. Das Brauchwasser aus dem hauseigenen Brunnen gelangt nach einem Sandfang (20 m^3) in einen Tiefbehälter (100 m^3), von wo es mit zwei Pumpen mit starrer Drehzahl und einer drehzahlgeregelten Pumpe wieder in den Hochbehälter gelangt. Die Abflussmessung erfolgte in den beiden Zuleitungen zum Modell kontinuierlich mittels induktiver Durchflussmessung.

2.6.1.2 Wasserspiegel

Die Erfassung des Wasserspiegels erfolgte mit drei unterschiedlichen Methoden (Stechpegel, Pegelharfe und Ultraschallsensor), wobei während der Versuchsdurchführung jeweils zwischen den Messprofilen 2 und 4 Normalabfluss eingestellt wurde. Die Wehrklappe am unteren Ende des Modells wurde dazu unter Belastung,

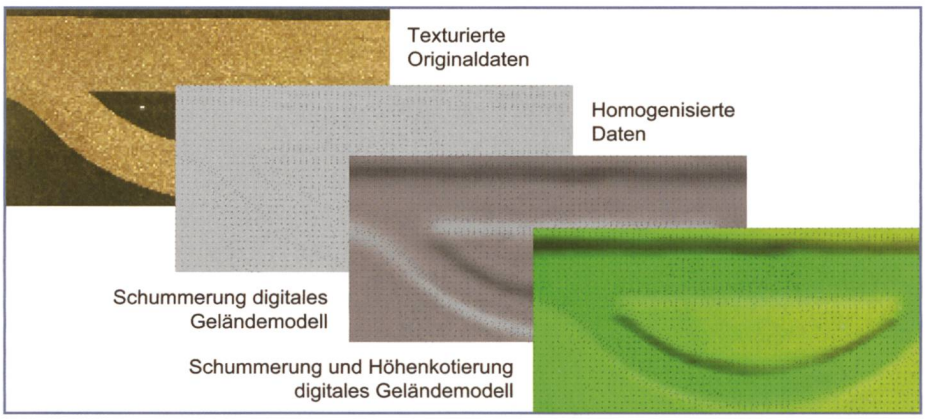

Bild 9. Bearbeitungsschritte von terrestrischen Laserscan-Daten.

Bewertung im Hinblick auf	konventionelles Modell	innovatives Modellbaukonzept
Gewicht	größer	geringer, daher neigbar
Aufwand Bau	geringer	größer, bei Wiederverwendung der Unterkonstruktion verringerbar
Aufwand Umbau	größer	geringer, durch die Verwendung von Polystyrol unkomplizierter Umbau möglich
Aufwand Abbau	größer	geringer, geordnete Demontage und dadurch teilweise Wiederverwendung möglich

Tabelle 3. Konventionelle Flussmodelle und innovatives Modellbaukonzept.

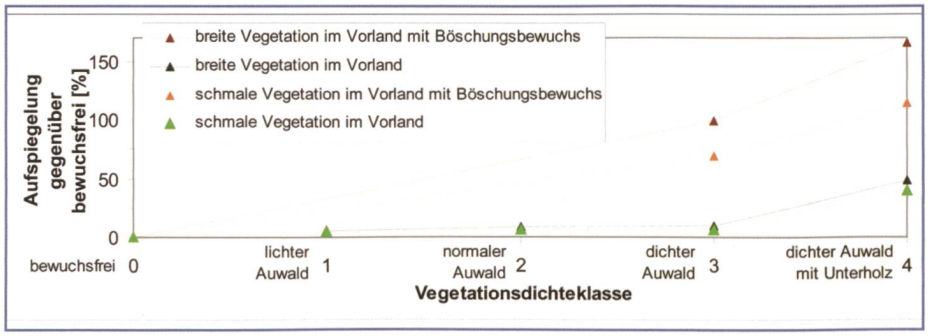

Bild 10. Aufspiegelung bei gestreckter Geometrie und einem Gefälle von 2‰ für unterschiedlich dichte Vegetation.

d.h. im gefluteten Zustand, auf 0,1 mm genau einnivelliert. Die Messung mit dem Stechpegel hatte den Vorteil, dass der Wasserspiegel direkt im Modell ermittelt werden konnte, was bei welligem Abfluss unter Umständen problematisch sein kann. Dieses Problem trat bei der Pegelharfe nicht auf, da die Wellen gedämpft wurden. Die Differenzen zwischen Ultraschallsonde und Stechpegel (jeweils bezogen auf den Messwert der Pegelharfe) sind für Vegetationsszenarien mit halber bewachsener Vorlandbreite geringer (*Bild 8*). Bei diesen erfolgte die Messung des Wasserspiegels ausserhalb der Vegetation, in einem Bereich, der weniger welligen Abfluss aufwies. Bei Vegetationsszenarien, welche das ganze Vorland betrafen, erfolgte die Messung innerhalb der Vegetation, wo mehr Wellen auftraten.

2.6.1.3 Fliessgeschwindigkeit

Die Fliessgeschwindigkeit wurde zweidimensional mit einer magnetisch-induktiv messenden Geschwindigkeitssonde in einem Profil alle 2 bis 15 cm erfasst. Die Positionierung des Sensors erfolgte automatisiert mit Hilfe der Messanlage zur automatisierten Messwerterfassung und -verarbeitung [13]. Diese Methode wurde bei sehr geringen Wasserständen (< 3,5 cm) im Vorland durch eindimensionale, nicht «richtungskennende» Messungen mit einem Mikroflügel ergänzt.

2.6.2 Flussbettvermessung

Zur Flussbettvermessung existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Methoden (siehe dazu beispielsweise [6] und [7]). Zur Dokumentation der Geometrie des wasserbaulichen Modellversuchs Kamp wurde ein terrestrischer Laserscanner verwendet. Mit der reflektorlosen Distanzmessung mit Laserlicht ist eine maximale/minimale Reichweite von 800 bzw. 2 m bei einer Auflösung von 5 mm möglich. Die Genauigkeit einer Einzelmessung beträgt ± 10 mm, die Messgenauigkeit reduziert sich im Mittel auf ± 5 mm. Die Messrate beträgt maximal 8000 Punkte pro Sekunde [www.riegl.com]. Zusätzlich werden mit einer aufgesetzten kalibrierten Digitalkamera Fotos mit hoher Auflösung gemacht, welche für die Textur des 3D-Geländemodells verwendet wurden (*Bild 9*). Beim terrestrischen Laserscanning wird das Modell von mehreren Standpunkten aus so abgetastet, dass sich die Punktwolken der einzelnen Standpunkte geringfügig überlappen [14]. Im vorliegenden Anwendungsfall wurde der terrestrische Laserscanner am Hallenkran angebracht, um sichttote Räume möglichst zu vermeiden. Von oben konnte das gesamte Modell mit nur zwei Standpunkten eingescannt werden. Die Georeferenzierung der einzelnen Scans erfolgte über Passpunkte (kleine retroreflektierende Marken). Ein Bereich des Modells wurde dann aus den Original-Laserscan-Daten herausgeschnitten, die Datendichte vereinheitlicht d.h. homogenisiert (ein Punkt pro Volumeneinheit mit 10 cm Seitenlänge) und visualisiert beispielsweise mittels Schummerung und Höhenkotierung (*Bild 9*).

3. Diskussion und Ausblick

Ein innovatives Modellbaukonzept wurde entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Die Verwendung von Polystyrol-Extruderschaumstoffplatten ermöglichte einerseits die Neigbarkeit und andererseits eine einfachere, genauere Möglichkeit der Herstellung der Modellgeometrie als mit herkömmlichen Methoden. Im Hinblick auf die Montage (Abdichten) und die Bearbeitung (Fräsen) wurden neue Erkenntnisse gesammelt. Es konnte ein Gesamtmodell (kein Einbau in eine hydraulisch neigbare Rinne) mit fast 15 m Länge und bis zu 4,5 m Breite – im Bereich zwischen 1 und 4‰ verstellbar – hergestellt werden. Der Zeitaufwand für die Veränderung des Gefälles war gering; die Umstellung sowie die Kontrolle mittels Nivellierung gelang innerhalb eines Arbeitstages. Die Wirtschaftlichkeit kann bei Folgemodellen der gleichen Bauart durch die Wiederverwendbarkeit der gesamten Unterkonstruktion wesentlich erhöht werden. In der *Tabelle 3* wird zusammenfassend die konventionelle Bauweise für Flussmodelle mit fester Sohle dem beschriebenen innovativen Modellbaukonzept gegenübergestellt. Die Vor-

teile des innovativen Modellbaukonzeptes kommen umso mehr zum Tragen, je öfter etwa die Unterkonstruktion wiederverwendet wird.

Die praktische Anwendbarkeit eines terrestrischen Laserscanners zur Flussbettvermessung von wasserbaulichen Modellversuchen wurde demonstriert. Die Vorteile von terrestrischem Laserscanning zur Flussbettvermessung im Wasserbaulabor sind die kurze Messdauer und die hohe Dichte an genauen Messpunkten, welche zusätzlich texturiert dargestellt werden können. Das digitale 3D-Geländemodell dient als Qualitätskontrolle, als Basis für die Visualisierung (und Animierung) und die numerische Modellierung (siehe auch *Bild 9*). Den Autoren scheint die Anwendung in Zukunft vor allem für Modelle mit beweglicher Sohle vielversprechend.

Durch die Modellierung von zwei unterschiedlichen Geometrien und drei unterschiedlichen Gefällsbereichen ist der durchgeführte wasserbauliche Modellversuch repräsentativ für Abschnitte des gesamten zentralen Planungsraumes des Projektes «Nachhaltige Entwicklung der Kamptal-Flusslandschaft», welcher eine Flusslänge von 60 km umfasst. Die Abhängigkeit des Totholzrückhaltes von der Vegetationsdichte im Vorland konnte durch die Versuche mit Totholzzugabe am Beginn der Versuchsstrecke gezeigt werden.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Vegetationsszenarien waren, sowohl was die Fliessgeschwindigkeit als auch was den Wasserstand betrifft, deutlich messbar. *Bild 10* zeigt exemplarisch die unterschiedlich hohe Aufspiegelung gegenüber dem bewuchsfreien Referenzzustand (Vegetationsdichteklasse 0) für HQ30 bei unterschiedlich dichter und breiter Vegetation im Vorland (gestreckte Geometrie). Die Vegetationsdichteklasse 4 entspricht der Kombination mit Unterholz (siehe auch *Tabelle 1*).

3.1 Ausblick

Physikalische und hydrodynamische Modellierung sollten sich nicht ausschliessen, sondern sinnvoll ergänzen. Die Untersuchung der komplexen Wechselwirkung zwischen Abflussgeschehen und Vegetation am Kamp beruht auf diesen beiden Modellen.

Die Ergebnisse bilden unter anderem die Basis für die Formulierung eines Leitbildes und eines übergeordneten Managementplans im Hinblick auf das Management von Vegetation und Totholz am Kamp. Die weiterführende Auswertung des beschriebenen wasserbaulichen Modellversuches Kamp lässt dafür vielversprechende Ergebnisse erwarten.

4. Danksagung

Die Verfasser bedanken sich bei der Niederösterreichischen Landesakademie für die Finanzierung des Projektes «Nachhaltige Entwicklung der Kamptal-Flusslandschaft» und bei der Gruppe Wasser des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung für die gute Zusammenarbeit. Dank gebührt weiters Mario Karner, Peter Schöbel und Christian Thaller (Diplomanden), Josef Pölzl (Messtechnik), Heinz Fassl (Werkstättenleitung), Thomas Lehner und Roman Eque (Werkstatt), Ass. Prof. DI Dr. Cedomil Jugovic (Laborleitung) und allen anderen HelferInnen.

Literatur

[1] *Bauer C.*: Bestimmung der Retentionspotenziale naturnaher Massnahmen in Gewässer und Aue mit hydraulischen Methoden, Kasseler Wasserbau-Mitteilungen Heft 16, Kassel, 2004.

[2] *Cowan W.*: Estimation of hydraulic roughness coefficients, Journal of Agricultural Engineering 37, 1956.

[3] Deutsche Forschungsgemeinschaft: Hydraulische Probleme beim naturnahen Gewässerausbau, Ergebnisse aus dem Schwerpunktprogramm «Anthropogene Einflüsse auf hydrologische Prozesse» Band 2, Gerhard R. (Herausgeber), 1987.

[4] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau: Wasserbauliches Versuchswesen, DVWK Schriften 39, Kobus H. (Herausgeber) Hamburg, 1984.

[5] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau: Hydraulische Berechnung von Fliessgewässern, DVWK Merkblätter 220, 1991.

[6] *Geisler T., Breitenstein S.* et al.: Hydraulic modelling – mapping of river bed. XXX IAHR Congress, 2003 in Thessaloniki, Tagungsband.

[7] *Geisler T.* und *del Pilar Caballo-Perucha M.*: Photogrammetrische Flussbettvermessung, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft 43, Graz, 2005.

[8] *Habersack H., Heinz D., Hofbauer S., Schneider J.*: Plattform Hochwasser - Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002 – Reaktionen in den Einzugsgebieten – Feststoffhaushalt und Flussmorphologie, Habersack H. und Moser A. (HerausgeberInnen), Zentrum für Naturgefahren und Risikomanagement, Wien, 2003.

[9] *Habersack H., Bürgel J.* et al.: Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002 – Floodrisk, Wien, 2003.

[10] *Habersack H., Hofbauer S., Preis S., Muhar S., Jungwirth M.*: Nachhaltige Entwicklung der Kamptal-Flusslandschaft nach dem Extremhochwasser 2002, Symposium Lebensraum Fluss/Hochwasserschutz, Wasserkraft, Ökologie, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München, 2004 in Wallgau, Tagungsband.

[11] *Hofbauer S., Habersack H.*: Hochwasser und Vegetation – Wasserbaulicher Modellversuch Kamp, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft 43, Graz, 2005.

[12] *Järvelä J.*, Flow restistance of flexible and stiff vegetation: a flume study with natural plants, Journal of Hydrology, 269, 2002.

[13] *Jugovic C.*: Automatisierte Messwerterfassung und -verarbeitung bei wasserbaulichen Modellversuchen, Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien, 1997.

[14] *Kraus K.*: Photogrammetrie – Geometrische Informationen aus Photographien und Laserscanneraufnahmen, Köln, 2004.

[15] *Martin H., Pohl R.* et al.: Technische Hydromechanik Band 4 – Hydraulische und numerische Modelle, Berlin, 2000.

[16] *Novák P., Cábelka J.*: Models in Hydraulic Engineering – Physical Principles and Design Application, London, 1981.

[17] *Patt H., Jürging P., Kraus W.*: Naturnaher Wasserbau – Entwicklung und Gestaltung von Fliessgewässern, Berlin, 1998.

[18] *Petryk S.* und *Bosmajian G.*: Analysis of Flow Through Vegetation, Journal of the Hydraulics Division 101, 1975.

[19] *Preis S., Muhar S., Habersack H., Hofbauer S., Jungwirth M.*: Flächensicherung im Hinblick auf ein ökologisches und wasserwirtschaftliches Flusslandschaftsmanagement am Kamp nach dem Hochwasser 2002, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 5-6, 2005.

[20] *Stephan U.*: Zum Fliesswiderstandsverhalten flexibler Vegetation, Wiener Mitteilungen 180, Wien, 2002.

[21] *Zanke U.*: Hydromechanik der Gerinne und Küstengewässer, Berlin, 2002.

Anschrift der Verfasser
DI *Sonja Hofbauer*,
Ao. Univ. Prof. DI Dr. *Helmut Habersack*
Universität für Bodenkultur Wien
Departement für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau
Muthgasse 18, A-1190 Wien
Tel. 0043 1 36006 5518
Fax 0043 1 36006 5549
sonja.hofbauer@boku.ac.at
www.wau.boku.ac.at
www.kamptal-flusslandschaft.at

Für Informationsfluss in geordneten Bahnen.

buag-Kommunikations-Full-Service

Für die Konzeption und Realisation von Dokumentationen, Publikationen, Berichten und Broschüren steht Ihnen ein Team von Fachleuten mit einer nahtlosen Netzwerkstruktur zur Verfügung, die sich flexibel auf Umfang und Art Ihres Informationsprojektes einstellen können. Sie halten so Ihren Informationsfluss, aber auch Ihre Budgets in geordneten Bahnen. Informieren Sie sich unter www.buag.ch und verlangen Sie die Broschüre «Die Kommunikation der Information» oder rufen Sie einfach Tel. 056 484 54 54 an.

WORLDDIDAC Basel – der internationale Treffpunkt für Lehrpersonen aller Schulstufen, Erzieher/-innen und Weiterbilder/-innen, Händler und Hersteller. Vom 25. bis 27. Oktober 2006 erfahren Sie in Basel, wie Bildung, Unterricht, Lernen und Lehren optimiert werden können. Workshops, Seminare und Symposien vermitteln nebst brandaktuellem Wissen auch hervorragende Kontaktmöglichkeiten. Testen und vergleichen Sie das breite Angebot direkt an der WORLDDIDAC Basel 2006.

www.worlddidacbasel.com

Der Treffpunkt im Bildungsbereich

WORLD DIDAC 2006 BASEL

Die internationale Bildungsmesse
Messezentrum Basel

25–27|10|2006

Medienpartner

LCH Dachverband Schweizer Lehrerinnen und Lehrer · die neue schulpraxis · seminar.INSIDE · mch messe schweiz

LEISTUNGSSTARK IN DER WASSERKRAFT

Wirtschaftlichkeit und Sicherheit für Mensch und Umwelt – Wir stimmen diese Anforderung optimal aufeinander ab und lösen für Sie diese zentrale Aufgabe beim Bau und der Modernisierung von Wasserkraftwerken.

www.rittmeyer.com

rittmeyer
KOMPETENT
AUS ERFAHRUNG