

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Hentschel, Bernd

Einsatz gegenständlicher Modelle für morphologische Fragestellungen

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102243>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Hentschel, Bernd (2014): Einsatz gegenständlicher Modelle für morphologische Fragestellungen. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Herausforderung Sedimenttransport - Methoden und Konzepte im Flussbau. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 65-70.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Einsatz gegenständlicher Modelle für morphologische Fragestellungen

Autor: Dipl.-Ing. Bernd Hentschel, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Einleitung

Bei den Untersuchungen an gegenständlichen Modellen spielen ebenso wie bei Rinnenuntersuchungen zunehmend morphologische Fragestellungen eine große Rolle [1]. Neben der klassischen Bearbeitung von Aufträgen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung zu Problemen mit dem Sedimenttransport in freifließenden Flüssen werden dazu systematische Versuche an Flächenmodellen und Laborrinnen durchgeführt (s. Bild 1). Gerade die Rinnenversuche erleben dabei in den letzten Jahren weltweit eine Renaissance, da die daran gewonnenen Daten für das Systemverständnis und die konsequente Weiterentwicklung der numerischen Verfahren von eminenter Wichtigkeit sind.



Bild 1: links: Flächenmodell der Oder bei Hohenwutzen (Länge 78 m), rechts: Laborrinne für morphologische Untersuchungen (Länge 30 m)

In den letzten 25 Jahren gab es durch die Weiterentwicklung und Automatisierung der Messtechnik erhebliche Fortschritte in den Möglichkeiten des wasserbaulichen Versuchswesens. Dadurch können heute Fragestellungen, zum Beispiel zur Dünenbewegung in Flachlandflüssen mit einer extrem hohen räumlichen und zeitlichen Datenerhebung untersucht werden. Dieser Fortschritt in der Messtechnik erfordert es nun, dass auch in der Modelltheorie zu den gegenständlichen Modellen neue Wege beschritten werden müssen, um zum Beispiel bei abgestuftem Sohlmaterial oder bei instationären Prozessen eine ähnlich hohe Untersuchungsqualität wie bei homogenem Material und stationären Phänomenen zu ermöglichen.

Modell- und Rinnenversuche

Bei komplexen Fragestellungen, zum Beispiel die Auswirkung von Stromregelungsbauwerken auf den lokalen Geschiebetransport, ermöglichen es gegenständliche Modelle mit beweglicher Sohle sowohl das Prozessverständnis zu verbessern, als auch die Vielfalt der Auswirkungen im Detail zu untersuchen. Bild 2 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt aus einem gegenständlichen Modell der Oder (s. dazu auch den Beitrag „Zeitgemäßer Einsatz eindimensionaler Feststofftransportmodelle am Beispiel der Grenzoder“ von Thorsten Hüsener in dieser Publikation und [2]). Durch ein unzureichendes Regelungssystem kommt es in der Oder zu hochdynamischen Mittelgründen und alternierenden Bänken. In dem abgebildeten Beispiel einer Variante mit flacherer Bühnenkopfneigung ist exemplarisch erkennbar, wie sich die Kolkbildung vor den Bühnen durch die Kopfneigung der Bauwerke bei feinem Sohlmaterial ($d_m = 1 \text{ mm}$) beeinflussen lässt. Das Modell wurde im Längensmaßstab $L_r = 100$ aufgebaut und die bewegliche Flusssohle mit einem Geschiebeersatzmaterial (Polystyrol, Dichte $1,055 \text{ g/cm}^3$) modelliert [1].



Bild 2: Flächenmodell der Oder bei Hohenwutzen, Auswirkung von Bühnenformen auf die Kolkform bei einem Sandfluss ($d_m = 1 \text{ mm}$) links: steile Bühnen im Ist-Zustand, rechts: flache Bühnen einer Bauwerksvariante

Da bei diesen Untersuchungen eine hohe statistische Streubreite prinzipbedingt ist, wurde jeder Laborversuch mindestens 5 mal wiederholt, so dass die Streubreite der Ergebnisse mit der Variabilität der Sohle in der Natur verglichen werden konnte. Das leichte Sohlmaterial ergab bei diesem Modell einen sehr kleinen morphologischen Zeitmaßstab von etwa 1:5000, so dass ein Tag in der Natur im Modell einem Zeitraum von nur 20 Sekunden entsprach. Dadurch war es in dem Modell möglich, an einem einzigen Versuchstag mehrerer Jahre in der Natur zu simulieren. Die eingesetzte Messtechnik ermöglichte es dabei, die Dünenbewegungen über die Zeit während der Versuche optisch zu vermessen. Bild 3 zeigt exemplarisch die Auswertung von Dünenparametern bei einem Versuch mit einer Dauer von 11 Stunden im Modell (ca. 6 Jahre in der Natur) bei einem stationären Mittelwasserabfluss [6]. Während der Versuchszeit wurde ein repräsentatives Areal in dem Modell (etwa $2,5 \times 2,5 \text{ m}$ entsprechend $250 \times 250 \text{ m}$ in der Natur) mit einem konstanten Intervall

von 10 Sekunden vermessen. Die resultierenden 4000 flächigen Geometrievermessungen ermöglichen komplexe statistische Auswertungen, wie zum Beispiel die hier dargestellten Abhängigkeiten der Dünenformen von der Wandergeschwindigkeit. Das Bild zeigt darüber hinaus die Verteilung der beobachteten Sohlformen.

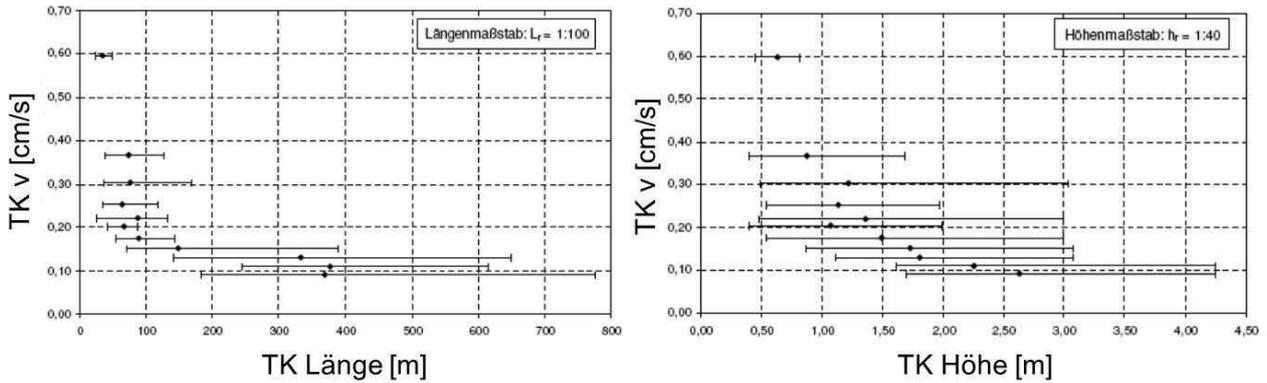


Bild 3: *Funktionaler Zusammenhang zwischen Dünenhöhe und Dünenlänge mit der Wandergeschwindigkeit bei einem stationären Mittelwasserabfluss (Flächenmodell der Oder bei Hohenwutzen), Auswertung von Längsschnitten aus Flächenvermessungen mittels Kreuzkorrelation [6]*

Das Flussmodell ermöglichte somit sehr gut die Erhebung von Daten zur Sohlentwicklung. Das für die Dünenbewegung verantwortliche Strömungsfeld konnte jedoch nicht vermessen werden. Da die zeitlich und räumlich hochaufgelöste Messung eines Strömungsfeldes nur über einen längeren Zeitraum möglich ist, war es erforderlich, die Dünen durch eine Fixierung an der Bewegung zu hindern. Für eine solche Messung wurde in einer Laborrinne (s. Bild 1 rechts) ein Initialversuch durchgeführt, bei dem sich eine stabile Dünensohle ausbildete (Sand, Einkorn-Material, dm etwa 1mm). Über dieser Dünensohle konnte die Fließgeschwindigkeit in drei Raumrichtungen mit ADV-Sonden hoch aufgelöst vermessen werden (s. Bild 4).

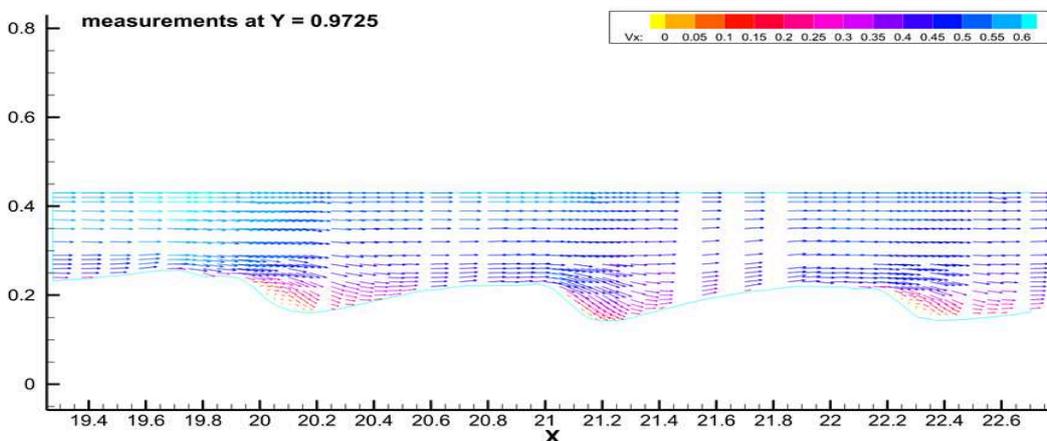


Bild 4: *Längsschnitt der Fließgeschwindigkeiten über einer fixierten Dünensohle in einer Laborrinne*

Auf die Nutzung dieser Daten wird im Beitrag „Numerische Simulation von Dünen“ von Annalena Goll in dieser Publikation eingegangen.

Messtechnik und Modelltheorie

Die letzten Jahrzehnte waren im wasserbaulichen Versuchswesen von der Weiterentwicklung der Messtechnik in vielen Bereichen geprägt. Bei morphologischen Fragestellungen sind dabei in der Bundesanstalt für Wasserbau insbesondere die photogrammetrischen Methoden sehr hilfreich gewesen (Bild 5).

Photogrammetrisches Messsystem

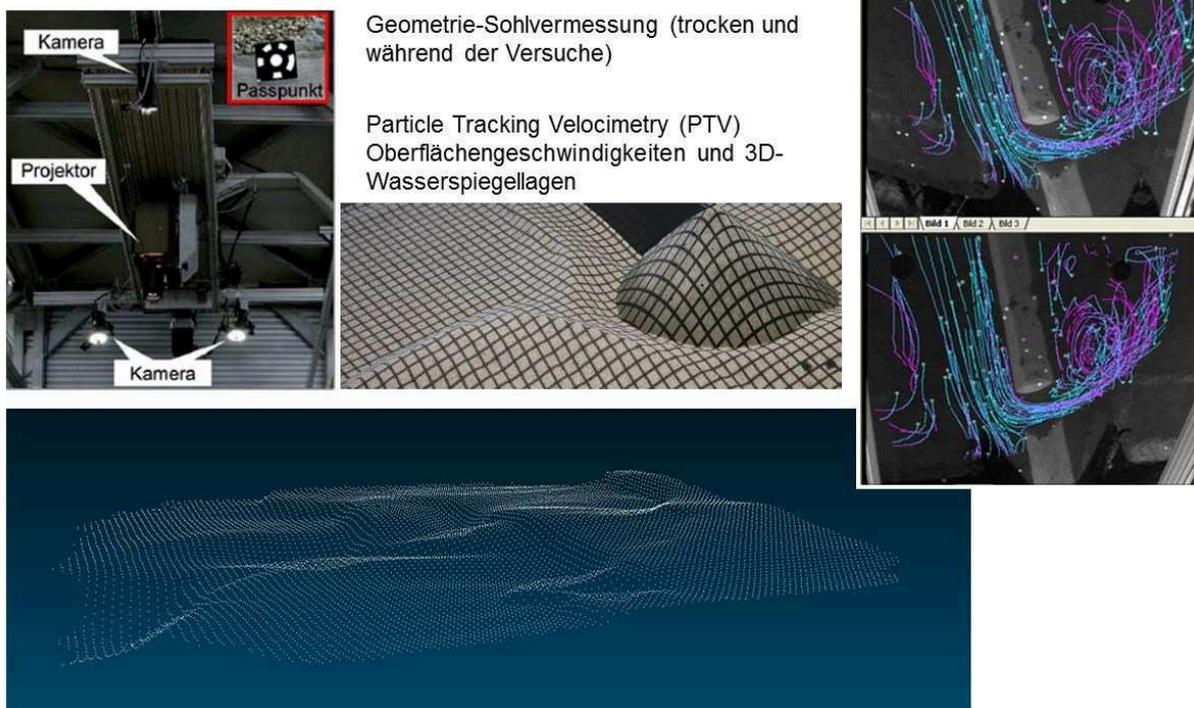


Bild 5: *Beispiel für optische Messverfahren im wasserbaulichen Versuchswesen (Photogrammetrie in der BAW)*

Die in der BAW in allen morphologischen Versuchseinrichtungen vorhandenen photogrammetrischen Messsysteme ermöglichen die berührungslose, flächige und hochgenaue Vermessung der Sohltopografie, der Oberflächengeschwindigkeit und der der Wasserspiellage. . Durch eine einheitliche Hard- und Software kann dieses System sehr universell eingesetzt werden. Trotz dieser großen Fortschritte gibt es immer noch Bereiche, in denen ein Entwicklungsbedarf besteht. Insbesondere die Erfassung der sohl- und wandnahen Geschwindigkeiten und die dynamischen Vorgänge an der Wasseroberfläche in unmittelbarer Wandnähe stehen dabei derzeit im Vordergrund. Zur optischen Vermessung der Wasseroberfläche in Wandnähe steht ein Entwicklungsprojekt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Dresden kurz vor dem Abschluss [5].

Nicht nur wegen der großen Fortschritte in der Messtechnik gibt es derzeit einen großen Bedarf, die Kenntnisse zur Modellähnlichkeit der gegenständlichen Modelle in vielen Bereichen zu erweitern. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Hochschulen werden dazu von der BAW derzeit mehrere Ansätze verfolgt. Bei einem gemeinsamen F+E Projekt in Zusammenarbeit mit der Hochschule Magdeburg [3] wurde die Abhängigkeit der Kornverteilungen auf die Dünenformen und Dünenbewegungen bei Sand und Ersatzmaterial, sowohl für gleichförmiges Material als auch für abgestufte Kornverteilungen systematisch untersucht (s. Bild 6).

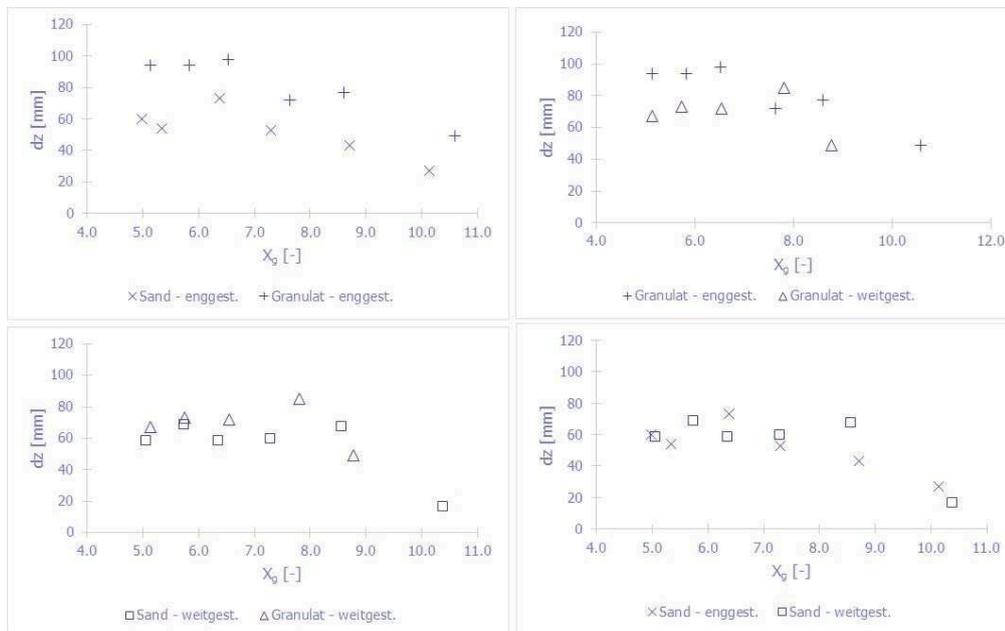


Bild 6: *Dünenhöhen als $f(v)$ bei unterschiedlichen Kornmischungen für Sand und Kunststoff (Δ), Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der HS Magdeburg [3]*

Die Untersuchungen der BAW an großen Flächenmodellen zeigten bei unterschiedlichen Abflussszenarien, dass die morphologischen Zeitmaßstäbe nicht nur von den Modellgeometrien und den verwendeten Sedimentmaterialien abhängen, sondern auch eine bisher nicht untersuchte Abflussabhängigkeit aufweisen. Da viele Fragestellungen zu Sedimentbewegungen bei stationären Untersuchungen nur unzureichend bearbeitet werden können, sind weitere F+E Kooperationen zur Abflussabhängigkeit des morphologischen Zeitmaßstabes mit der Hochschule Magdeburg in Vorbereitung.

Literatur

- [1] BAW (2007): Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Nr 90; Wasserbauliches Versuchswesen, Juli 2007
- [2] BAW (2014): Aktualisierung der Stromregelungskonzeption für die Grenzoder, BAW 3.02.10132.3, Gutachten der BAW (unveröffentlicht)
- [3] Ettmer, B.; Orlik, St. (2014): Nachbildung von Sieblinien aus künstlichen Sohlmaterialien.F+E Projekt der Hochschule Magdeburg, Fachbereich Wasser- und Kreislaufwirtschaft in Kooperation mit der BAW
- [4] Hentschel, B. (2006): Physikalisches Geschiebetransportmodell der Oder zur Untersuchung der Wechselwirkung von Stromregelungsbauwerken, Sohlformen und nautischen Bedingungen. Wasserbaukolloquium 2006: Strömungssimulation im Wasserbau, Dresden, 87-95.
- [5] Mulsow, Ch., Mass, H.G., Hentschel, B. (2014): Weiterentwicklung eines aktiven bildbasierten Messsystems zur Bestimmung von bewegten spiegelnden Oberflächen; Gemeinsame Tagung 2014 der DGfK, der DGPF, der GfGI und des GiN (DGPF Tagungsband 23 / 2014)
- [6] Steiner, K. (2007): Untersuchung zur Periodizität des Wanderverhaltens von Dünen in einer Oderstrecke mit einem hydraulischen Modell, Angefertigt an der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe November 2007