

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Malcherek, Andreas

Vom Sohlevolutions- zum vollständigen Morphologiemodell: Eine Road Map zur SediMorph-Entwicklung

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102642>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Malcherek, Andreas (2003): Vom Sohlevolutions- zum vollständigen Morphologiemodell: Eine Road Map zur SediMorph-Entwicklung. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 86. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 113-115.

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.



Vom Sohlevolutions- zum vollständigen Morphologiemodell: Eine Road Map zur SediMorph-Entwicklung

DR.-ING. HABIL. ANDREAS MALCHEREK, BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU, DIENSTSTELLE HAMBURG, REFERAT
ÄSTUARSYSTEME I

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Prognose ausbaubedingter morphologischer Änderungen des Gewässerbettes in seiner Lage stellt eine wissenschaftliche Herausforderung höchsten Maßes dar.

Zur Bearbeitung der mit ihr verbundenen Fachaufgabe hat die BAW im Jahr 2002 das Projekt SediMorph aus der Taufe gehoben. Dieses besteht aus der Entwicklung eines Moduls zur dreidimensionalen fraktionierten Modellierung der Morphologie von Sedimentsohlen und den dort stattfindenden Sedimenttransportprozessen.

Mit der Entwicklung dieses Simulationskernes ist es allerdings nicht getan, da es sich hierbei um eine neue Schlüsseltechnologie handelt, die Anforderungen an die sedimentologische Datenerhebung, -verwaltung und -verarbeitung, als auch die Nachbearbeitung und Interpretation der Ergebnisse in Gutachten stellt.

Das vorliegende Dokument soll den bisherigen Stand des Projektes darstellen, sowie die Richtungen zukünftiger Entwicklungen skizzieren.

2 Die Grundfunktionen des SediMorph-Modells

SediMorph wird den sehr vielfältigen Anforderungen des Sedimenttransports und der Morphodynamik nur dann gerecht, wenn es prinzipiell in der Lage ist, beliebige Arten von Sedimentböden zu beschreiben. Die dazu erforderliche Flexibilität wird dadurch gewährleistet, dass es aus der Sicht der Datenstrukturen eigentlich ein dreidimensionales Mehrkomponentenmodell ist, wobei der Anwender die konstitutionellen physikalischen Eigenschaften der einzelnen Komponenten selbst definiert. Diese einzelnen Komponenten sind in SediMorph die unterschiedlichen Sedimentklassen und das Porenwasser. Es können prinzipiell aber auch andere, wie z. B. biologische Komponenten definiert werden.

SediMorph verwaltet hierzu ein dreidimensionales Gitter, welches in Bild 1 dargestellt ist. Dieses besteht aus einem horizontalen Gitter, welches in der Vertikalen vervielfältigt wird, so dass einzelne Schichten aufgespannt werden. Jede einzelne der so entstehenden Volumenzellen beinhaltet Angaben darüber, zu wie viel

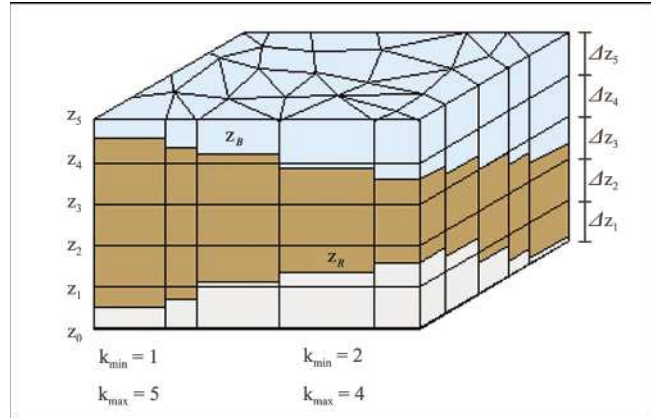


Bild 1: Struktur eines morphologischen Datensatzes. Die Draufsicht zeigt das horizontale Gitter. In Blau die Bereiche der Wassersäule, in Grau die des unerozierbaren Grundes, die jeweils nicht mit sedimentologischen Daten belegt werden müssen.

Prozent ihr Volumen mit den einzelnen Sedimentklassen bzw. mit Porenwasser aufgefüllt ist.

SediMorph setzt somit die Gültigkeit der Kontinuums-hypothese voraus, kann also Einzelpartikel und deren Bewegungen nicht simulieren.

Eine weitere Anforderung an SediMorph ist die Koppelbarkeit mit nahezu beliebigen HN-Modellen. Diese Koppelbarkeit wird durch eine besondere horizontale Gitterstruktur, durch die Bereitstellung entsprechender Interpolationsverfahren und durch eine sehr allgemeine Benutzerschnittstelle (der Benutzer ist hier das HN-Modell) gewährleistet. SediMorph ist bisher erfolgreich mit den HN-Modellen UnTrim (Finite Volumen) und Telemac-2D (Finite Elemente) gekoppelt.

Zur direkten Simulation der Morphodynamik löst SediMorph die Sohlevolutionsgleichung. Die Geschiebetransportraten werden durch verschiedene fraktionierte Transportformeln berechnet, ferner modelliert SediMorph Sohländerungen durch den Transport von Schwebstoffen, überlässt die Lösung der Schwebstofftransportgleichung allerdings dem HN-Modell.

Die über der Sohle befindlichen Strömungen spüren nur die oberste Sedimentschicht und deren Zusammensetzung. Diese gespürte oberste Schicht kann wesentlich dünner als die vom Anwender definierte oberste Gitterschicht sein. In SediMorph wird dieser Sachverhalt durch ein Austauschschichtkonzept berücksichtigt, womit auch die Ausbildung von Deckschichten

simuliert werden kann [Sendzik,W., 2003].

Die dargestellten Grundfunktionen des SediMorph-Modells wurden bis auf einige Detailprobleme implementiert, erprobt und stehen nun in der Anwendungsphase, d. h. werden auch in Gutachten angewendet.

3 Die Sedimentinventarisierung

Die ehernen Gesetze der Dynamik kann man als Berechnungsvorschriften deuten, die ausgehend von einem Anfangszustand eines Systems dessen Folgeverhalten bestimmen. So werden auch die noch zu entwickelnden morphodynamischen Gesetzmäßigkeiten erst dann anwendbar, wenn wir einen Anfangszustand, d. h. die Morphologie des Bodens in einem Untersuchungsgebiet vollständig erfasst haben.

Im Fall von SediMorph heißt dies, dass für jede Zelle des morphologischen Datensatzes die vollständigen Informationen über die Sedimentzusammensetzung entsprechend der von User gewählten Sedimentklassifizierung vorliegen. Hier besteht noch erheblicher Entwicklungsbedarf.

Zunächst muss ein **Mess- bzw. Probenahme**konzept entwickelt werden, welches mittel- bis langfristig den Anforderungen der morphodynamischen Modellierung gerecht wird.

Aufbauend auf einem Geoinformationssystem soll ein **Sedimentinformationssystem (SIS)** eine einheitliche Erfassung, Speicherung und Nutzung der erhobenen Daten auf WSV-Ebene ermöglichen (Bild 2).

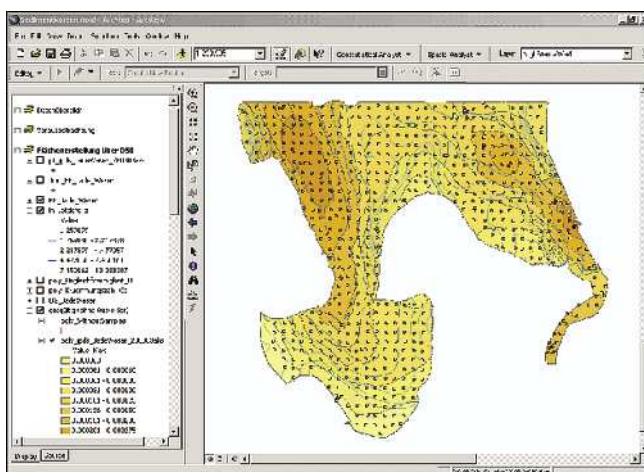


Bild 2: Oberfläche eines sedimentologischen Informationssystems (ARCVIEW) zur Darstellung der in einer Datenbank vorhandenen Probenahmepunkte (aus [Schneider, A.-K., 2003]).

4 Zukünftige Weiterentwicklungen des SediMorph-Kerns

Um den wesentlich weitergehenden Anforderungen der Küsten- als auch fluvialen Morphodynamik gerecht zu werden, muss der SediMorph-Kern in erheblichem Maße weiterentwickelt werden.

4.1 Sohlstrukturen

Sohlstrukturen sind Muster der Sedimentoberfläche, die in enger Wechselwirkung zwischen der Strömung und dem Sedimenttransport entstehen. Diese Sohlstrukturen lassen sich nach ihren Abmessungen in Mikrostrukturen (z. B. Riffel), Mesostrukturen (z. B. Dünen) und Makrostrukturen (z. B. Bänke, Kolke) unterscheiden.

Auf der numerischen Modellebene ist allerdings folgende Einteilung in von der horizontalen Geometrie aufgelöste und nicht aufgelöste Strukturen sinnvoll. Die sogenannten Subgrid-Scale-Strukturen müssen dann parametrisch erfasst werden.

In der Morphodynamik der Küstengewässer sind vor allem Dünenstrecken von großer Bedeutung. Daher wurde in der vorliegenden SediMorph-Version ein erster Ansatz zur Vorhersage von Dünen implementiert. Die Ergebnisse für die Außenweser sind erfolgversprechend (Bild 3).

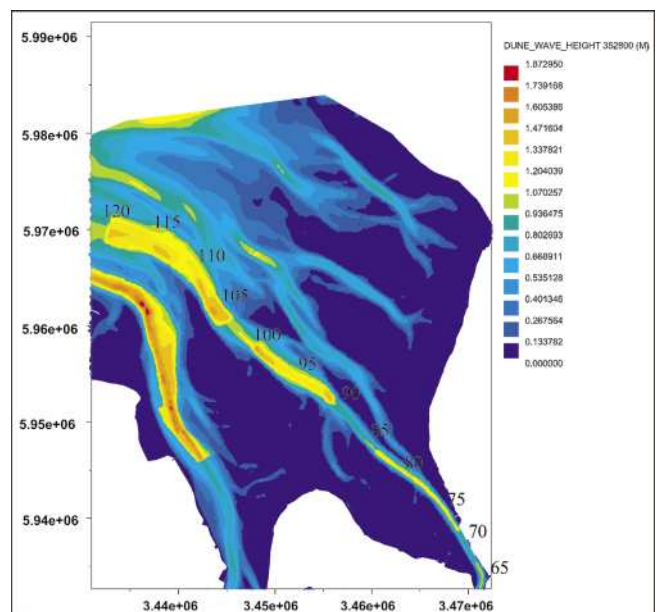


Bild 3: Erste Prognosen zur Verifikation des Dünenmodells. Im Bereich der Außenweser sind die Ergebnisse plausibel, die Vorhersage von Dünen in der Außenjade muss allerdings noch korrigiert werden (aus [Putzar, B., 2003]).

Neben der Weiterentwicklung dieses Moduls zur Vorhersagen von Dünen müssen weitere für Megariffel, Riffel, Bänke etc. hinzutreten.

4.2 Porenwasser

Neben der Kornmatrix ist das Porenwasser der wichtigste Bestandteil des Bodens und macht diesen zu einem Mehrphasensystem. Die Menge des in den Bodensedimenten gebundenen Porenwassers beeinflusst alle physikalischen Prozesse, mit denen die Phänomene des Sedimenttransports und der Morphodynamik verbunden sind. Dies sei anhand der Tabellen 1 und 2 verdeutlicht.

C	Medium	Vertikal-Bewegung	Transport	Rheologie	Turbulenz
< 1g/l	Wässrige Suspension	freies Sinken	advektiv	Newton	unbeeinflusst
> 1g/l	Konzentrierte Suspension	hindered settling	advektiv	Newton	gedämpft
> 100g/l	Fluid Mud	hindered settling	Scher-Strömung	Bingham	nicht vorhanden
> 250g/l	Konsolidierter Boden	Absetzen	nicht vorhanden	Prandtl	nicht vorhanden

Tabelle 1: Klassifikation der Prozesse nach der Konzentration

In Tabelle 1 sind die wesentlichen Sedimenttransportprozesse in Abhängigkeit von der Feststoffkonzentration *c* dargestellt. SediMorph wird sich dabei voraussichtlich auf die Prozesse in hochkonzentrierten Lösungen konzentrieren, eine Modellierung des Transportes von Fluid Mud ist nicht ausgeschlossen.

Von / nach	Suspension	Fluid Mud	Fester Boden
Suspension	-	Deposition	(Deposition)
Fluid Mud	Entrainment	-	Konsolidierung
Fester Boden	Erosion	Liquefaktion	-

Tabelle 2: Phasenübergänge und Wasser / Feststoffgemische

Die wesentlichen ersten Entwicklungsaufgaben werden die Entwicklung von Methoden zur Abschätzung eines Anfangsporenwasseranteils sowie die Entwicklung eines Konsolidierungsmodells zur Modellierung der Porenwasserdynamik sein.

Die Modellierung des Porenwasserzustandes und seiner Dynamik wird damit ein langfristiger und wesentlicher Bestandteil der SediMorph-Entwicklung sein.

4.3 Seegang und Wellen

Um die Morphodynamik der Küstengewässer naturähnlich zu simulieren, ist der Einfluss des Seegangs zu berücksichtigen. Eine mittelfristige Aufgabe ist somit die Entwicklung einer physikalischen Schnittstelle zu Seegangs- oder Wellenmodellen.

Die effektive d. h. morphologisch wirksame Sohlschubspannung kann hier nicht über die Berechnung einer Sohlschubspannung aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und der zugeordneten Wassertiefe berechnet werden. Hier müssen die Sohlbelastungen aus den Ergebnisgrößen eines Seegangmodells, wie z. B. im idealsten Fall des Seegangsrichtungsspektrums entwickelt werden.

4.4 Bodenmechanik

In der weiteren Entwicklung sollen in SediMorph die statischen und dynamischen Gleichungen der Kontinuumsmechanik implementiert werden. Hierdurch werden Hangstabilität bzw. Rutschungen und Hanggleitungen berechenbar. Werden ferner rheologische Gesetzmäßigkeiten erfasst, kann SediMorph auch zu einem Fluid-Mud-Transportmodell weiterentwickelt werden.

Literatur

Putzar, B. (2003): Prognose von Dünenstrecken mit Tidekennwerten. Studienarbeit, Technische Universität Hamburg-Harburg. <http://www.hamburg.baw.de/hnm/nummeth/Putzar.pdf>.

Schneider, A.-K. (2003): Anwendungen von Gis-Verfahren zur Nutzung topographischer und sedimentologischer Informationen für das Küstenmanagement. Diplomarbeit, Fachhochschule Koblenz. <http://www.hamburg.baw.de/hnm/nummeth/Schneider.pdf>.

Sendzik, W. (2003): Fraktionierung von Geschiebetransportraten in morphodynamischen numerischen Modellen. Master's thesis, Technische Universität Hamburg-Harburg. <http://www.hamburg.baw.de/hnm/nummeth/Sendzik.pdf>