

I. VERANLASSUNG

Hydraulisch-sedimentologische Prozesse können im Flussbau nach wie vor nur mit erheblichen Unsicherheiten beschrieben und quantifiziert werden. Um die komplexe Wechselwirkung zwischen Strömung und Sediment hinreichend genau erfassen zu können wird oftmals auf ein sog. physikalisches Modell zurückgegriffen. Im physikalischen Modell werden die hydraulischen und sedimentologischen Prozesse der Natur in einem skalierten Maßstab nachgebildet. Besteht die Flusssohle in der Natur bereits aus feinem Sohlenmaterial, wie bspw. Sand, so ist eine geometrische Verkleinerung der Natursohle oftmals nicht mehr möglich und es wird auf Kunststoffgranulat als Ersatzmaterial für das Modellsediment zurückgegriffen.

Die Nachbildung der Sieblinie des Naturmaterials erfolgt dabei oftmals anhand eines charakteristischen Korndurchmessers, dem skalierten Korndurchmesser d_{50} der Natursohle und das Modellsediment besteht letztlich aus einem künstlichen Einkornmaterial. Die Ähnlichkeitskriterien zur Auswahl eines geeigneten Kunststoffgranulats sind nicht abschließend geklärt und die Auswahl eines geeigneten Kunststoffgranulats erfordert zahlreiche Vorversuche und umfangreiche Erfahrung.

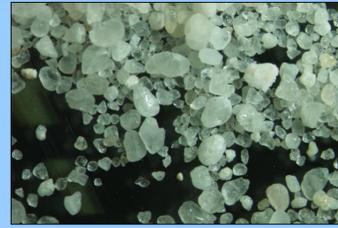


Abb. 1: Sand enggestuft



Abb. 2: Granulat enggestuft



Abb. 3: Sand weitgestuft



Abb. 4: Granulat weitgestuft

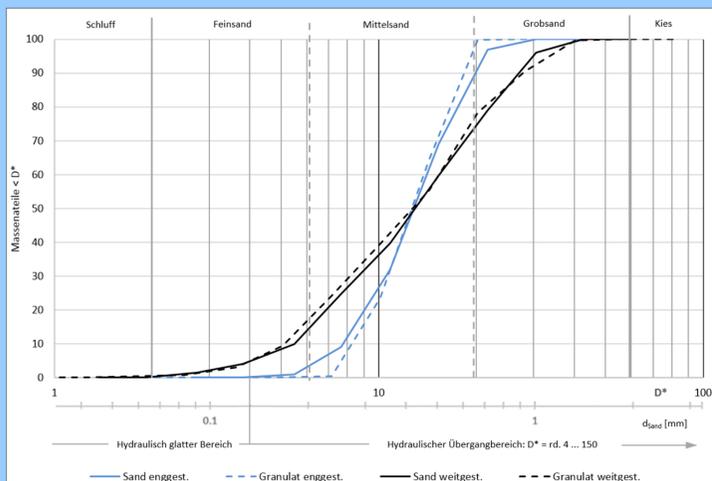


Abb. 5: Sieblinien der verwendeten Sohlenmaterialien

II. ZIELSTELLUNG

Um die Fragen der Ähnlichkeit morphologischer Prozesse zwischen Natur und Modell eingehender verstehen zu können, wurde zwischen der Hochschule Magdeburg-Stendal und der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (BAW) eine Kooperationsvereinbarung über die Durchführung morphologischer Grundlagenuntersuchungen geschlossen.

Ziel war es, den Unterschied von enggestuften und weitgestuften Sieblinien bei der Verwendung von Kunststoffgranulaten zu untersuchen. Zudem wurde der Frage nachgegangen, ob eine geometrische und eine morphologische Ähnlichkeit bei den Versuchen mit Sand, vgl. Abb. 1 u. Abb. 3, und Kunststoffgranulat, vgl. Abb. 2 u. Abb. 4, erzielt werden kann. Es wurde somit untersucht, unter welchen hydraulischen Bedingungen sich ein Kunststoffgranulat ähnlich wie ein Sand verhält.

III. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Es wurden Versuche mit enggestuften Sieblinien und mit weitgestuften Sieblinien durchgeführt. Die Massenanteile der einzelnen Kornfraktionen der verwendeten Sande wurden durch Siebanalysen ermittelt und der sedimentologische Korndurchmesser D^* fraktionsweise bestimmt. Das Granulat wurde anschließend so ausgewählt, dass die einzelnen Fraktionen des Granulats annähernd dieselben Massenanteile bei gleichem D^* wie der Sand aufwiesen, vgl. Abb. 5.

Die Versuche mit enggestufter Sieblinie wurden mit einem enggestuften Sand und einem enggestuften Granulat durchgeführt. Die Fließgeschwindigkeit v wurde zwischen $v = 0,38$ m/s und $0,78$ m/s für den enggestuften Sand und zwischen $0,24$ m/s und $0,48$ m/s für das enggestufte Granulat variiert. Die Versuche mit weitgestufter Sieblinie wurden mit einem weitgestuften Sand und einem weitgestuften Granulat durchgeführt. Die Fließgeschwindigkeit v wurde zwischen $v = 0,38$ m/s und $0,77$ m/s (Sand weitgestuft) bzw. $v = 0,24$ und $0,48$ m/s (Granulat weitgestuft) variiert.

Das Sediment wurde jeweils in die Versuchsrinne, vgl. Abb. 6, eingebracht, eingeebnet und die Fließgeschwindigkeit entsprechend des Versuchsprogramms eingestellt. Für jedes Sediment wurden 6 verschiedene Fließgeschwindigkeiten untersucht. In Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit und des Sediments änderte sich u.a. jeweils die Sohlgeometrie und die Sedimenttransportrate. Diese Änderungen wurden u.a. durch Längsschnittaufnahmen, vgl. Abb. 7, Messung der Dünenwanderungsgeschwindigkeit v_x und Sedimenttransportmessungen erfasst. Die erfassten Daten wurden anschließend ausgewertet, um sowohl die geometrische als auch die morphologische Ähnlichkeit der verschiedenen Sedimente bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten zu bewerten.



Abb. 6: Versuchsrinne (L x B x H = 10 x 0,3 x 0,5 m)

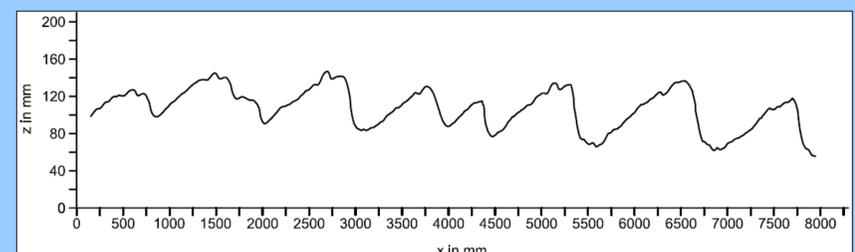


Abb. 7: Exemplarisch ausgewählter Längsschnitt

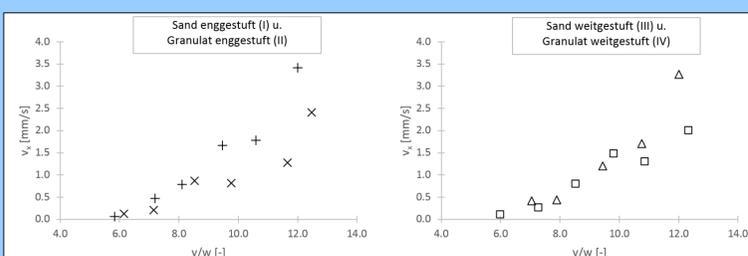


Abb. 8: Wanderungsgeschwindigkeit $v_x = f(v/w)$ [mit v = mittlere Fließgeschwindigkeit und w = Sinkgeschwindigkeit]

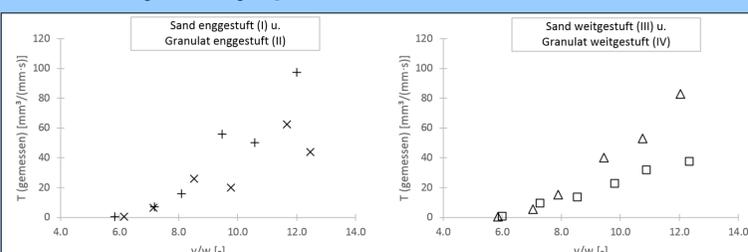


Abb. 9: Sedimenttransport $T = f(v/w)$ [mit v = mittlere Fließgeschwindigkeit und w = Sinkgeschwindigkeit]

IV. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse zeigten, dass eine eingeschränkte geometrische Ähnlichkeit zwischen den Sand- und Kunststoffgranulatversuchen in Bezug auf die Auswerteparameter Dünenhöhe, die Standardabweichung der Sohlenhöhen sowie die Luv- und Lee-Winkel beobachtet werden konnte. Deutlich wurde, dass die Untersuchungen mit weitgestuften Sieblinien eine stärkere Ähnlichkeit zwischen Sand und Kunststoffgranulat aufwiesen als die Untersuchungen mit enggestuften Sieblinien.

Zudem zeigte sich, dass die Sohlenfortschrittsgeschwindigkeit der Dünen und der Sedimenttransport in den Sand- und Kunststoffgranulatversuchen eine signifikante morphologische Ähnlichkeit aufwiesen. Auch hier konnte der Einfluss der Ungleichförmigkeit der Sieblinien erkannt werden. Die Versuche zeigten eine signifikante morphologische Ähnlichkeit, vgl. Abb. 8 u. Abb. 9, obwohl die geometrische Ähnlichkeit zum Teil nicht vorlag.

Es wird deshalb empfohlen bei der Konzipierung morphologischer Modellversuche nicht in erster Linie die geometrische Ähnlichkeit als maßgebendes Ähnlichkeitskriterium zu verwenden, sondern die morphologische Ähnlichkeit. Zudem sollte bei der Auswahl von Kunststoffgranulaten ein Augenmerk auf die Ungleichförmigkeit der Natursieblinie gelegt werden. Es sollte versucht werden, die Eigenschaften der Natursieblinie in der Kunststoffsieblinie nachzubilden.