

Synoptische Messung von Druck- und Geschwindigkeitsfeldern zur Analyse der Interstitialbelastung

Prof. Dr. G. H. Jirka, Universität Karlsruhe

1 Kurzbeschreibung

Im Rahmen des BWPLUS-geförderten Forschungsprojektes BWR 25003 wurden die instationären hydrodynamischen Vorgänge über und innerhalb rauer, poröser Flusssohlen experimentell erfasst. Ziel war eine Identifikation der maßgeblichen Interaktionsmechanismen zwischen Hauptströmung und Interstitial, um zukünftig verbesserte Ansätze zu Sedimentstabilitäts- und Transportfunktionen zu entwickeln. Zur Prozessvisualisierung wurden simultan bis zu 16 miniaturisierte hochsensible Drucksensoren an und innerhalb der Gerinnesohle sowie ein 2-D PIV (Particle Image Velocimetry) System eingesetzt.

Messergebnisse zeigen eine Selbstorganisation der Strömung mit in sich geschlossenen Fluidzonen unterschiedlicher Geschwindigkeit. Diese skalieren mit der Wassertiefe h in einer Größenordnung von 0,1 bis 3,0 h . Bei der Interaktion, d.h. beim „Überholvorgang“ einer schnelleren mit einer langsameren Fluidzone ergibt sich ein typischer Winkel von 10-30° gegen die Sohle für die resultierende Scherzone. Verbunden mit der Passage dieser Scherzone konnte ein signifikanter Druckabfall im Interstitial gemessen werden. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass der aus dem Druckabfall resultierenden Liftkraft verbunden mit einer nachfolgenden schnelleren Fluidzone eine zentrale Rolle bei der Initialbewegung eines einzelnen Kieskorns, und demnach der Destabilisierung der Sohle, zukommt. Ein auf der Eulergleichung beruhendes Modell zur Abschätzung der resultierenden Liftkraft bestätigt diese Annahme.

Die gesammelten Messdaten werden in den kommenden Monaten einer weiteren detaillierten Analyse und Bewertung hinsichtlich obiger Hypothese unterzogen. Weiter sollen sie mit CFD Simulationen (LES) über Kugelpackungen verglichen werden, sowohl um die numerischen und physikalischen Ergebnisse gegenseitig zu validieren, als auch um das Prozessverständnis auf messtechnisch schwer oder nicht erfassbare Bereiche zu erweitern.

2 Fortschritte für Wissenschaft und Technik

Zum Ende des Projektes liegen nunmehr folgende Ergebnisse vor:

- Weiterentwicklung der verwendeten Messtechniken sowie Erschließung neuer Anwendungsgebiete für 2-D-PIV und miniaturisierte piezoelektrische Drucksensoren für eine Messung in „arbeitsfeindlicher“ Umgebung in und an einer überströmten Kiessohle
- Qualitative und quantitative Beschreibung der exponentiellen Dämpfung von turbulenten Druckfluktuationen innerhalb eines Kieskörpers
- Zeitlich und räumlich hochaufgelöste, simultane, qualitative und quantitative Beschreibung von Druck- und Geschwindigkeitsfeldern, sowohl in der Außen- als auch in der Porenströmung zur Erlangung einer synoptischen Sichtweise der hydrodynamischen Prozesse
- Identifikation eines maßgeblichen Interaktionsmechanismus von Außen- auf die Porenströmung unter Berücksichtigung des Auftretens von kohärenten Strukturen in der Hauptströmung inklusive Aufstellung eines Struktur-beschreibenden Modells zur Abschätzung der Liftkraft

3 Empfehlungen für die Praxis

Bei der zukünftigen Entwicklung von verbesserten Sedimentstabilitäts- und Transportfunktionen sollte die Liftkraft resultierend aus dem Wechsel von langsamer auf schnelle Fluidzone und deren exponentielle Dämpfung über den Kiesfilter berücksichtigt werden.