

Wellen-Meeresboden-Interaktionen und ihre Auswirkungen auf Turbulenz, Transport- und Austauschprozesse

Wave-Seabed Interactions and Their Impact on Turbulence, Transport and Exchange Processes

Helena Stirnweiß

Zusammenfassung

Die Primärproduktion im Küstenraum profitiert vom Austausch von Nährstoffen zwischen Land und Meer. Ein dabei wichtiger, jedoch bislang wenig untersuchter Teil dieses Austauschs findet an der Grenzfläche zum Meeresboden statt. Wasser strömt in den permeablen Boden hinein und heraus und transportiert dabei Nährstoffe. Dieser Austausch wirkt über verschiedene räumliche Skalen hinweg und wird auf großen Skalen als submariner Grundwasseraustritt und auf kleinen Skalen als Porenwasseraustausch bezeichnet. Die dabei aus dem Boden austretenden Nährstoffe werden maßgeblich in Abhängigkeit von der Dynamik der Küstenmeere verbreitet, wobei Wellen einen bedeutenden Einfluss ausüben. Insbesondere im Flachwasser induzieren Wellen Bewegungen über die gesamte Wassersäule, hinunter bis zur Grenzfläche des Meeresbodens.

In diesem Zusammenhang sind zwei unterschiedliche Aspekte der Wechselwirkung zwischen den Wellen und der Topografie des Meeresbodens relevant. Oberhalb des Meeresbodens werden die Grenzschicht und die Turbulenz des Strömungsfeldes beeinflusst. Turbulenz trägt wesentlich zur Durchmischung und zum Transport bei – insbesondere in vertikaler Richtung. Innerhalb des Meeresbodens wird der Porenwasseraustausch durch wellen- und topografieinduzierte Druckgradienten angetrieben, die in Kombination mit weiteren Austauschmechanismen auftreten können. Diese Arbeit setzt den Fokus auf die Topografien kiesiger Sandböden, welche hinsichtlich beider Aspekte wenig in bisheriger Forschung untersucht wurden. Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die experimentelle Untersuchung in einem Wellenkanal. Dabei wurden sowohl die Welleneigenschaften als auch die Topografie des Meeresbodens variiert, um ihre kombinierte Wirkung zu analysieren. Durch permeable Meeresbodenmodelle, die in den Kanal eingebaut wurden, strömte flächig verteilt eine eingefärbte Tracerflüssigkeit, welche den submarinen Grundwasseraustritt in Küstenumgebungen nachbildete. Die Konzentration der Tracerflüssigkeit über dem Boden sowie das Geschwindigkeitsfeld in der vertikalen Längsebene wurden gleichzeitig gemessen. Die Messung erfolgte über die beiden optischen Messverfahren der Planar Laser-Induced Fluorescence (PLIF) und der Particle Image Velocimetry (PIV).

Der Traceraustritt aus dem Boden war zu Beginn der Untersuchungen als konstant angesetzt, wurde jedoch stark durch die Wechselwirkung von Wellen und Topografie beeinflusst. Diese Wechselwirkung führte zu Porenwasseraustausch, wodurch der Transport der Tracerflüssigkeit, die den Meeresboden durchströmte, beschleunigt wurde. Aus den Untersuchungen ging die Strömungsablösung in Bodennähe als ein wichtiger Mechanismus hervor. Dieser kleinskalige Prozess etablierte sich im Verlauf der Untersuchungen als nicht zu vernachlässigender Effekt. Die systematische Variation der untersuchten Topografien zeigte, welche Aspekte der Strömungsablösung den Porenwasseraustausch fördern. Darüber hinaus veränderten sich auch die Turbulenz und Dynamik der Grenzschicht mit der Variation von Wellen und Topografie. Allerdings bewirkte die Variation bestimmter topografischer Eigenschaften unterschiedliche Auswirkungen auf den Porenwasseraustausch und die Dynamik des Strömungsfeldes oberhalb des Bodens. Diese Diskrepanz bedingt eine getrennte Parametrisierung der Meeresbodentopografie unter den jeweiligen Aspekten. Die Parametrisierung aus den experimentellen Daten integriert die relevanten kleinräumigen Effekte in größere Skalen.