

# Auswirkungen einer schräg gleich- oder entgegengesetzt zur Wellenrichtung laufenden Strömung auf die Wellenausbreitung und Wellenhöhe in einem neuen 3D-Wellen-Strömungsbecken

Mike Lieske<sup>1</sup>, Torsten Schlurmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen,  
Leibniz Universität Hannover

## Motivation

Die Errichtung von Bauwerken im küstennahen und Offshore-Bereich, sowie die Instandsetzung sind Kernaufgaben des Küstenschutzes. Üblicherweise werden die Strömungs- und Seegangparameter in physikalischen Modellen getrennt voneinander beforscht und entsprechende Belastungsgrößen an den Bauwerken ermittelt. Wie schon Peregrin (1976) zeigte, treten in der Natur die Strömungs- und Seegangprozesse nicht getrennt voneinander auf, sondern beeinflussen sich nichtlinear gegenseitig. Vor diesem Hintergrund haben Kemp & Simons (1982) 2D-Laborversuche durchgeführt und untersuchten die Interaktion zwischen einer turbulenten Strömung mit gleichgerichteten Wellen. Sie zeigten die Bedeutung der welleninduzierten Änderung in den Strömungseigenschaften, insbesondere den mittleren Strömungsprofilen, turbulente Fluktuationen und Sohl Schubspannungen auf. Kemp & Simons (1983) untersuchten dieselben Prozesse mit entgegengerichteten Wellen. Musumeci et al. (2006) beschreibt Versuche zur welleninduzierten Hydrodynamik im Küstenraum mit einer orthogonal zur Wellenrichtung fließenden Strömung. Untersuchungen zur Wellen-Strömungs-Interaktion im dreidimensionalen Raum für eine bestimmte Wellenhöhe, Wellenperiode und Wassertiefe wurden von Mac Ivar (2006) durchgeführt.

Der Schwerpunkt der aktuellen Forschung liegt auf der Untersuchung von langkämmigen Wellen, die sich schräg gleich- oder entgegengesetzt zur Strömungsrichtung ausbreiten. Dabei wird die Interaktion mit dem Strömungsfeld für unterschiedliche Wassertiefen, Wellenperioden, Wellenhöhen und Strömungsgeschwindigkeiten im neuen 3D-Wellen-Strömungsbecken (Abb. 1) untersucht. Das Ziel ist eine tiefere Einsicht in die natürlichen Prozesse.

## Methodik

Für die Ermittlung der physikalischen Prozesse der Wellen-Strömungs-Interaktion ist essentiell wie folgt vorzugehen:

1. Detaillierte Strömungsanalyse ohne Wellen, um die ungestörten Strömungsverhältnisse zu erfassen.
2. Detaillierte Wellenanalyse ohne Strömung, um die ungestörten Wellenverhältnisse zu erfassen.
3. Vergleichsanalyse, um die Abweichungen zwischen *nur Strömung* und *nur Wellen* zu ermitteln und damit die Wellen-Strömungs-Interaktion zu identifizieren.

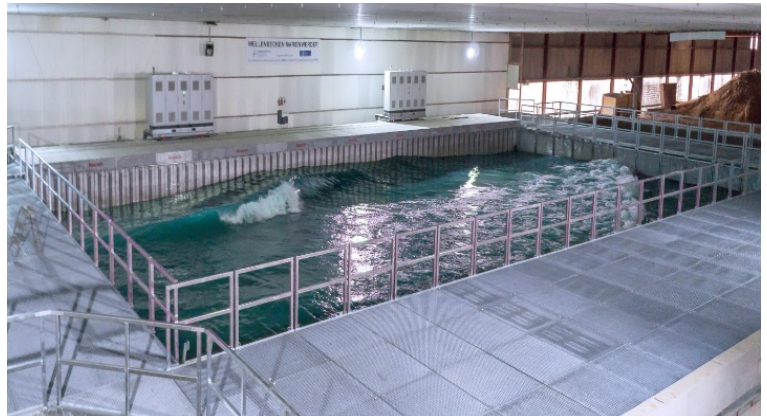


Abbildung 1: 3D-Wellen-Strömungsbecken

Durch diese Vorgehensweise können genauere Aussagen über die Prozesse der Wellen-Strömungs-Interaktion getroffen und Randeinflüsse der Versuchseinrichtung ausgeschlossen werden (MacIver et al., 2006). Der erste Schritt *Strömungsanalyse ohne Wellen* wurde durchgeführt und beinhaltet das Aufmessen der Strömungsprofile im Untersuchungsgebiet an definierten Messpositionen. An den jeweiligen Positionen sind 5 Messpunkte über die Wassertiefe vordefiniert worden, um das vertikale Strömungsprofil zu erhalten. Dabei wurde eine gleichverteilte Strömung über die Beckenbreite erzeugt und für Durchflussraten der Strömungsanlage  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$  mit jeweils drei Wassertiefen  $0,6 \text{ m}$ ,  $0,8 \text{ m}$  und  $1,0 \text{ m}$  untersucht, um ein breites Spektrum der mögli-

chen Betriebskonfigurationen der Anlage abzudecken. Im zweiten Schritt *Wellenanalyse ohne Strömung* werden das unidirektionale Wellenverhalten und die Wellenhöhe von monochromatischen Wellen im Übergangsbereich untersucht. Im Zentrum des Untersuchungsgebiets wird das Wellenverhalten für drei Wellenrichtungen  $70^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $110^\circ$  und drei Wellenperioden  $1,2\text{ s}$ ,  $1,6\text{ s}$  und  $2,0\text{ s}$  mit einer einheitlichen Wellensteilheit  $0,0315$  systematisch untersucht. Für die Auswertung wird eine gängige 3D-Wellenanalysemethode, die Bayesian Directional Spectrum Methode (BDM), verwendet. Diese wurde von Hashimoto et al. (1988) vorgestellt. Die unidirektionalen monochromatischen Wellen werden zusätzlich mit gängigen 2D-Analysemethoden an den einzelnen Wellenpegel ausgewertet, um Erfahrungen aus dem Wellenkanal für langperiodische Wellen mit dem Verhalten im Wellenbecken zu vergleichen. Schließlich werden im dritten Schritt *Identifikation der Wellen-Strömungs-Interaktion* die Ergebnisse aus den Versuchen mit Wellen und Strömung mit den Ergebnissen der *Strömungsanalyse ohne Wellen* und der *Wellenanalyse ohne Strömung* verglichen. Hierbei werden dieselben Strömungs- und Wellenparameter wie im ersten und zweiten Schritt verwendet, um vergleichbare Versuchsbedingungen sicherzustellen (Abb. 2).

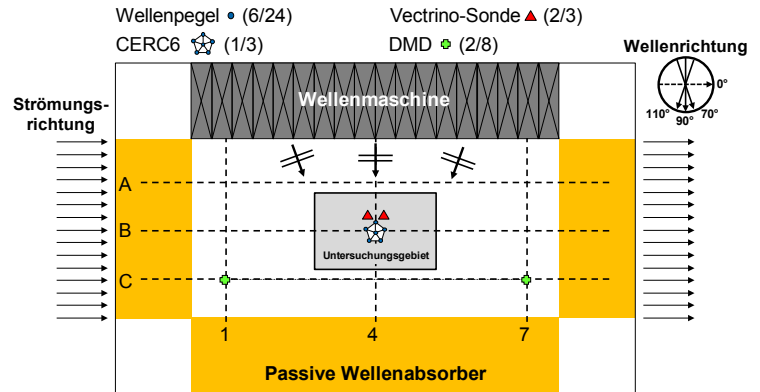


Abbildung 2: Versuchsaufbau für die Wellen-Strömungs-Interaktion

## Ergebnisse

Die Auswertungen der Strömungsanalysen ohne Wellen zeigen eine nahezu logarithmische Geschwindigkeitsverteilung für die untersuchten Wassertiefen. Die minimal und maximal erreichbaren mittleren Strömungsgeschwindigkeiten liegen bei  $0,15\text{ m/s}$  und  $0,45\text{ m/s}$ . Für die Wellen-Strömungs-Interaktion werden drei mittlere Strömungsgeschwindigkeiten verwendet  $0,15\text{ m/s}$ ,  $0,30\text{ m/s}$  und  $0,45\text{ m/s}$ . Die ersten Ergebnisse der Wellen-Strömungs-Interaktion zeigen, wie erwartet, eine Verringerung der Wellenhöhe in Richtung der Strömung  $0^\circ$  bei  $70^\circ$  und einen Anstieg der Wellenhöhen entgegen der Strömung bei  $110^\circ$ . Ebenfalls verhält sich erwartungsgemäß das Einlenken der Wellen in Strömungsrichtung. Der Wellenangriffswinkel verringert sich in den drei Fällen. Aktuelle Auswertungen des Einflusses der Wellenperioden auf die Wellen-Strömungs-Interaktion und der Wellen auf die Strömung sollen weitere Erkenntnisse zu den physikalischen Prozessen liefern.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Förderung des KFKI-Forschungsvorhabens *Seegangsbelastungen (Seele)* (FZK: 03KIS107) durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

## Literaturverzeichnis

- Hashimoto, N.; Kobune, K. (1988). Directional spectrum estimation from a Bayesian approach. *Proceedings, 21st Conference on Coastal Engineering, Vol. 1*, pp 62-76.
- Kemp P. H., Simons R. R. (1982). The interaction between waves and a turbulent current: waves propagating with the current. *J. Fluid Mech.* 116(-1), S. 227-250.
- Kemp P. H., Simons R. R. (1983). The interaction between waves and a turbulent current: waves propagating against the current. *J. Fluid Mech.* 130(-1), S. 73-89.
- Maclver R. D., Simons R. R., Thomas G. P. (2006). Gravity waves interacting with a narrow jet-like current. *J. Geophys. Res.* 111(C3).
- Musumeci R. E., Cavallaro L., Foti E., Scandura P., Blondeaux P. (2006). Waves plus currents crossing at a right angle: Experimental investigation. *J. Geophys. Res.* 111(C7).
- Peregrine, D. H. (1976): Interaction of Water Waves and Currents. *Advances in Applied Mechanics Volume 16, Bd. 16*, S. 9–117.