

waveSTEPS – Wellenauf- und Wellenüberlauf an getreppten Deckwerken

Nils B. Kerpen¹, Talia Schoonees¹, Torsten Schlurmann¹, Daniel Valero², Daniel B. Bung²

¹Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover

²Lehr- und Forschungsgebiet Wasserbau, Fachhochschule Aachen

Motivation und Zielsetzung

Die Errichtung und die Nutzung von Erholungsflächen in Wassernähe in urbanen und touristisch stark frequentierten Bewegungsräumen gewinnen zunehmend an Bedeutung (Cunningham *et al.*, 2012). In Küstennähe besteht hinsichtlich eines mitunter begrenzten räumlichen Angebotes eine Diskrepanz zwischen notwendigen Bereichen für den Küstenschutz und Flächen zur Erholung und touristischen Nutzung. Die für touristische Zwecke weitgehend nutzbaren Wandelbahnen oder Promenaden auf Borkum, Norderney oder Baltrum sind gute Beispiele für die Vereinbarkeit von Erholungsflächen und Küstenschutz. Eine weitere interessante Möglichkeit einen Uferabschnitt in urbanen Gebieten unabhängig vom Wasserstand zugänglich zu machen und dadurch einen Verweil-, Begegnungs- und Bewegungsraum für den Tourismus zu schaffen sowie trotzdem dem Hochwasserschutz Rechnung zu tragen, ist den Uferbereich durch ein getrepptes Deckwerk mittels befestigter Stufen auszubilden. Der Vorteil eines getreppten Deckwerkes gegenüber den bestehenden Wandelbahnen auf den Ostfriesischen Inseln ist die geometrische Homogenität, welche die Einsatzfähigkeit des Deckwerkes hinsichtlich des Hochwasserschutzes für variierende Randbedingungen deutlich kalkulierbarer macht. Auch in dichtbesiedelten, zumeist städtisch geprägten Ästuaren gewinnen getreppte Deckwerke zur Uferstabilisierung und touristischen Erschließung zunehmend an Bedeutung (z.B. Marco-Polo Terrassen Hafencity, HH). Ziel des Forschungsprojektes ist es, Erkenntnisse des Einflusses von getreppten Deckwerken auf die Wellenauflaufhöhen und Wellenüberlaufmengen zu bestimmen und daraus bemessungsrelevante Rückschlüsse zur Verbesserung der Dimensionierung und konstruktiven Ausbildung von Deichen in urbanen Gebieten zu erzielen.

Methodik

Zu Beginn des Vorhabens wurden die theoretischen Grundlagen sowie Vorarbeiten zu vergleichbaren Untersuchungen im Rahmen einer Literaturstudie vertieft (Kerpen *et al.*, 2016). Auf dieser Literaturstudie aufbauend wurden die geplanten hydraulischen Modellversuche, welche sich in drei einzelne Arbeitspakete (AP) untergliederten, durch die gewonnenen Erkenntnisse angepasst. In AP1 wurde das Systemverhalten der Interaktion von regelmäßigen Wellen und Seegang mit getreppten Deckwerken in einem Wellenkanal am Ludwig-Franzius-Institut der LUH analysiert. Geometrische und hydraulische Randbedingungen wurden variiert, um allgemeingültige Aussagen über das Systemverhalten (Auflauf, Überlauf (Kerpen *et al.*, 2019; Schoonees *et al.*, 2018), Drucklasten (Kerpen *et al.*, 2018), Reflexionskoeffizient) zu erhalten. Die Daten konnten im Rahmen einer Parameterstudie ausgewertet werden. Da der Wellenauflauf im Zeitintervall einer Wellenperiode ein stark variierender Prozess ist (Wellenauf- und Wellenablauf), lässt sich die Energiedissipation durch die Auswertung von instationär aufgenommenen Parametern (Wasserstände, Strömungsgeschwindigkeiten, Turbulenzen, Luftgehalt) nur schwer nachvollziehen. Aus diesem Grund wurden in AP2 verschiedenste temporäre Strömungsprozesse, die sich durch den Wellenauflauf über einem getreppten Deckwerk einstellen, in einer Strömungsrinne an der FH Aachen stationär nachgebildet. Hierdurch wurde es möglich, die Ausbildung von Scherschichten zwischen der Hauptströmung und den mit Wasser gefüllten Stufenrisen sowie die damit verbundene Energiedissipation während eines einzelnen Wellenauf- und

Ablaufprozesses systematisch zu untersuchen (Kerpen *et al.*, 2017; Valero and Bung 2016a,b). Abschließend wurden in AP3 zur Quantifizierung von Skalierungseffekte großmaßstäbliche Versuche (Maßstab 1:1) zu ausgewählten hydraulischen und geometrischen Randbedingungen im großen Wellenkanal durchgeführt.

Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass der Einfluss eines getreppten Deckwerks auf den Wellenauf- und -überlauf neben den bekannten geometrischen und hydraulischen Randbedingungen (Form der brechenden Welle, relative Freibordhöhe) entscheidend vom Verhältnis der Stufenhöhe S_h zur Wellenhöhe H_{m0} abhängt. Ein Optimum der Reduzierung des Wellenüberlaufs wurde für $H_{m0}/S_h = 2$ ermittelt. Verglichen mit einer glatten Böschung ist der mittlere Wellenüberlauf an einem getreppten Deckwerk um bis zu 60% geringer. Zur Berechnung der mittleren Wellenüberlaufrate nach EurOtop (2018) wurde eine Funktion zur Bestimmung des Rauheitsbeiwert γ_f für getreppte Deckwerke empirisch ermittelt. Die Funktion kann für brechende und nicht brechende Wellen angewendet werden und ist für viele Böschungsneigungen ($\cot\alpha\{1; 2; 3; 6\}$) und dimensionslose Stufenhöhen ($0.03 < S_h/H_{m0} < 5.0$) gültig. Es wurde ein vertieftes Prozessverständnis der Interaktion von Wellen mit getreppten Deckwerken erarbeitet und dokumentiert.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Förderung des KFKI-Forschungsvorhabens waveSTEPS (FZK: 03KIS118A-B) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) durch den Projektträger Jülich (PTJ).

Literatur

- Cunningham, L., Burgess, A. (2012): Design and construction of the tower headland wave walls, Blackpool, UK. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering 2012 165:4, 171-178. doi:10.1680/cien.12.00007.
- EurOtop. Manual on Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures. An Overtopping Manual Largely Based on European Research, but for Worldwide Application, 2nd ed.; Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H.F.R., Troch, P., Zanuttigh, B., Eds.; 2018; Available online: www.overtopping-manual.com
- Kerpen, N.B.; Schoonees, T.; Schlurmann, T. (2019): Wave Overtopping of Stepped Revetments, Water. 2019; 11(5):1035. doi:10.3390/w11051035.
- Kerpen, N.B.; Schoonees, T., Schlurmann, T. (2018): Wave Impact Pressures on Stepped Revetments, J. Mar. Sci. Eng. 2018, 6, 156. doi:10.3390/jmse6040156.
- Kerpen, N.B., Bung, D.B., Valero, D., Schlurmann, T. (2017): Energy Dissipation Within the Wave Run-Up at Stepped Revetments, J. Ocean Univ. China (2017) 16: 649. doi:10.1007/s11802-017-3355-z.
- Kerpen, N.B.; Schlurmann, T. (2016): Stepped Revetments - Revisited, Proceedings of the 6th International Conference on the Application of Physical Modelling in Coastal and Port Engineering and Science (Coastlab16), Ottawa, Canada.
- Schoonees, T.; Kerpen, N.B.; Liebisch, S.; Schlurmann, T. (2018): Wave Overtopping Prediction of A Gentle Sloped Stepped Revetments, 36th International Conference on Coastal Engineering 2018, Baltimore, Maryland. doi:10.9753/icce.v36.papers.99.
- Valero, D.; Bung, D.B. (2016a): Vectrino Profiler spatial filtering for shear flows based on the mean velocity gradient equation, Journal of Hydraulic Engineering 144(7). doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001485.
- Valero, D.; Bung, D.B. (2016b): Three-dimensional flow structure inside the cavity of a non-aerated stepped chute, 7th International Symposium on Hydraulic Structures, Aachen. doi:10.15142/T3GH17.