

# KRONENBAUWERK ZUR REDUKTION DES WELLENÜBERLAUFS BEI SEEDEICHEN

von

Kevyn Bollinger<sup>1</sup>  
D.M.D.T.B. Dassanayake<sup>2</sup>  
Andreas Kortenhaus<sup>3</sup>  
Hocine Oumeraci<sup>4</sup>

## ABSTRACT

Storm surge activities and sea level are continuing to increase worldwide so that there is an urgent need for more appropriate solutions to mitigate this risk. A possible structural mitigation measure for existing flood defence structures along the coasts is the use of buffer basins at the crest of sea dikes to reduce wave overtopping over the crest. Within the European ComCoast project hydraulic model tests are now performed at Leichtweiß-Institute (LWI) and the Technical University of Delft (TUD) to investigate the effect of such basins and to study the optimal design, the efficiency and the practicability of these structures. This paper describes the background of the work, the setup of model tests, and first results obtained from the standard dike as a reference case.

## 1 EINLEITUNG

Weltweit steigen die Bemessungswasserstände und damit auch die Bedrohung der Küstenabschnitte durch Sturmfluten. Seit Jahrhunderten werden daher in Teilen Westeuropas Seedeiche gebaut, die ständig erweitert und verbessert wurden. Die heutigen Deichhöhen erfordern innovative konstruktive Lösungen, um möglichen Wellenüberlauf zu reduzieren, da die Deiche nicht mehr fortwährend erhöht werden können. Dabei ist insbesondere auf das beschränkte Platzangebot und auf kostengünstige Lösungen zu achten.

---

<sup>1</sup> Exchange student, Rhode Island / LWI, TU Braunschweig, Beethovenstr. 51a, 38106 Braunschweig

<sup>2</sup> Master Thesis student, IHE Delft / LWI, TU Braunschweig, Beethovenstr. 51a, 38106 Braunschweig

<sup>3</sup> Dr.-Ing., Leichtweiß-Institut für Wasserbau (LWI), TU Braunschweig, Beethovenstr. 51a, 38106 Braunschweig, Email: a.kortenhaus@tu-bs.de

<sup>4</sup> Prof. Dr.-Ing., LWI, TU Braunschweig, Beethovenstr. 51a, 38106 Braunschweig

Im Rahmen des europäischen ComCoast Projekts werden unter Anderem derartige Lösungen theoretisch und mit Hilfe von hydraulischen Modellversuchen untersucht. Das Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Abteilung Hydromechanik und Küsteningenieurwesen (LWI) wurde hierzu beauftragt, hydraulische Modellversuche an einem Seedeich mit veränderter Deichkrone durchzuführen, die gewonnenen Daten zu analysieren und abschließende Optimierungsvorschläge für die Gestaltung der Deichkrone vorzuschlagen. Darüber hinaus sollten Bemessungsansätze für derartige Seedeiche entwickelt werden.

Der vorliegende Beitrag beschreibt kurz das hinter den Versuchen stehende Konzept und geht dann auf die Modellversuche und das Versuchsprogramm ein. Anschließend werden die ersten Ergebnisse des Projekts diskutiert und das weitere Vorgehen aufgezeigt.

## 2 KONZEPT

Das Prinzip des Kronenbauwerks mit dem Überlaufbecken baut darauf auf, dass das überlaufende Wasser aufgefangen und zur Rückseite des Deiches hin kontrolliert entwässert wird. Auf diese Weise kann der Wellenüberlauf reduziert und die Erosion der Rückseite des Deiches vermieden werden. Eine typische Bauweise dieses Kronenbauwerks ist in Abb. 1 dargestellt. Die Vorgaben von Seiten des ComCoast-Projekts für das Kronenbauwerk beinhalten eine 1:4 Außenböschung, eine 3,0 m breite Krone und eine 1:3 oder 1:4 geneigte Binnenböschung. Das Überlaufbecken auf der Deichkrone hat nach Nieuwenhuis et al. (2005) eine Breite von 2,0 m und eine Höhe von 0,8 m.

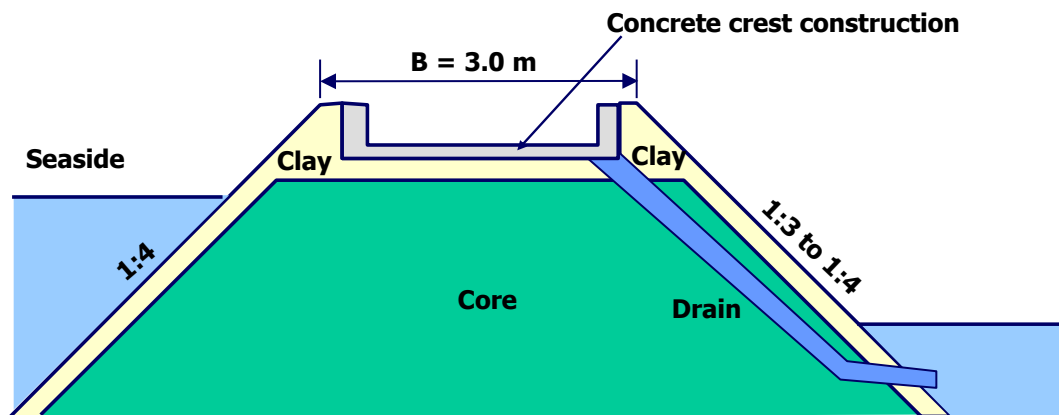


Abb. 1: Typischer Deichquerschnitt mit eingebautem Kronenbauwerk zur Reduktion des Wellenüberlaufs

Der Überlaufdeich mit Kronenbauwerk sollte darüber hinaus im Idealfall die folgenden Kriterien erfüllen:

- Der Deich muss in der Lage sein, eine mittlere Wellenüberlauftrate von wenigstens 15,0 l/s/m zuzulassen (mit einem Maximum von 2300 l/m).
- Der Bemessungsturm ist drei Stunden lang.

- Eine Deicherhöhung oder –verbreiterung ist nicht zugelassen, das Konzept beinhaltet nur die Umsetzung auf dem bestehenden Raum
- Auswirkungen auf die Natur, die Landschaft und kulturelle Werte müssen minimiert werden.
- Wartungs- und Unterhaltungsarbeiten müssen während der ersten 50 Jahre auf ein Minimum beschränkt bleiben. Die verwendeten Materialien müssen eine minimale Lebenserwartung von 50 Jahren aufweisen.
- Die Kosten für den Bau und die Unterhaltung müssen im Vergleich zu einer herkömmlichen Deicherhöhung akzeptabel sein.
- Das Konzept muss die gegenwärtigen legalen Vorschriften erfüllen.

### 3 MODELLVERSUCHE UND VERSUCHSPROGRAMM

Der Modellmaßstab wurde entsprechend der Randbedingungen des Wellenkanals am Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig festgelegt. Dieser Kanal hat eine Länge von 90 m, eine Breite von 2,0 m und eine Tiefe von 1,25 m, die Wellenmaschine kann Seegang mit einer Wellenperiode bis etwa  $T_p = 6,0$  s, einer Wellenhöhe von  $H_s = 0,25$  m und Wassertiefen von  $d = 0,85$  m erzeugen. Dabei sind sowohl regelmäßige, unregelmäßige und Einzelwellen sowie Naturspektren generierbar. Aufgrund dieser Randbedingungen wurde ein Modellmaßstab von 1:17 festgelegt. Das Modell wurde als flexibles Modell aus Holz aus einem Untergestell aus Stahl gefertigt, um einen schnellstmöglichen Umbau mit verschiedenen Böschungsneigungen, Kronenbreiten und Überlaufbecken zuzulassen (Abb. 2). Für alle Versuche mit Überlaufbecken ist ein Vergleichsversuch mit einem Standard-Deich geplant.

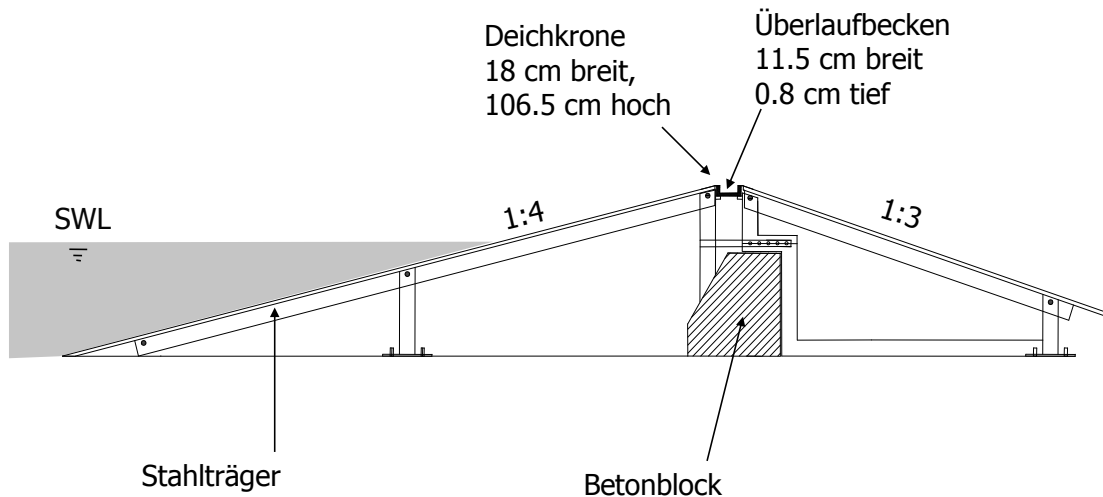


Abb. 2: Querschnitt des Modelldeiches im Wellenkanal des Leichtweiß-Institutes

Insgesamt sind zwei Neigungen der Außenböschung (1:6 und 1:4) zwei Breiten und zwei Höhen des Überlaufbeckens in der Krone geplant. Vier verschiedene Wasserstände werden untersucht, wobei für jeden Wasserstand bis zu vier Wellenhöhen und Wellenperioden gefahren werden. Vorab-Untersuchungen von Wellensteilheiten und brechenden Wellen

haben die Anzahl der Versuchskombinationen verringert, so dass insgesamt noch etwa 400 Modellversuche geplant sind. Die zu erwartenden Wellenüberlaufzeiten wurden mithilfe des Programms PC-Overtopping ([www.rws.nl/rws/waterkeren/html/software-pc.htm](http://www.rws.nl/rws/waterkeren/html/software-pc.htm), in Holländisch, demnächst auch in Englisch verfügbar) ermittelt, um sicher zu stellen, dass ausreichend hohe Wellenüberlaufzeiten erreicht werden. Einen Überblick über das zurzeit laufende Versuchsprogramm gibt Tab. 1.

Tab. 1: Übersicht des Versuchsprogramms für die Modellversuche mit dem ComCoast-Deich (Angaben im Modellmaßstab)

		d (m)			
Hs (m)	Tp (s)	0,441	0,397	0,353	0,309
0,147	1,70	/	/	/	/
	2,15	/	/	/	/
	2,55				
	3,05	/	/	/	/
	3,60				
0,171	1,70	/	/	/	/
	2,15	/	/	/	/
	2,55				
	3,05	/	/	/	/
	3,60				
0,206	1,70	/	/	/	/
	2,15	/	/	/	/
	2,55			/	/
	3,05	/	/	/	/
	3,60				
0,224	1,70			/	/
	2,15			/	/
	2,55			/	/
	3,05			/	/
	3,60				

#### 4 ERSTE ERGEBNISSE

Im Januar 2007 wurden die Versuche mit dem Standarddeich und der Außenböschung 1:4 durchgeführt (Abb. 3). Sie sind für einen direkten Vergleich der Ergebnisse mit dem Deich und dem Überlaufbecken erforderlich. Darüber hinaus sind erste Versuche mit dem Überlaufbecken und der 1:4-Außenböschung gestartet worden. In Abb. 3 sind außerdem die verwendeten Messgeräte (Wellenpegel vor dem Bauwerk, Schichtdickenpegel auf der see-seitigen Böschung, auf der Krone und hinter der Krone, Propeller zur Geschwindigkeitsmessung und Überlauftrichter) zu erkennen.

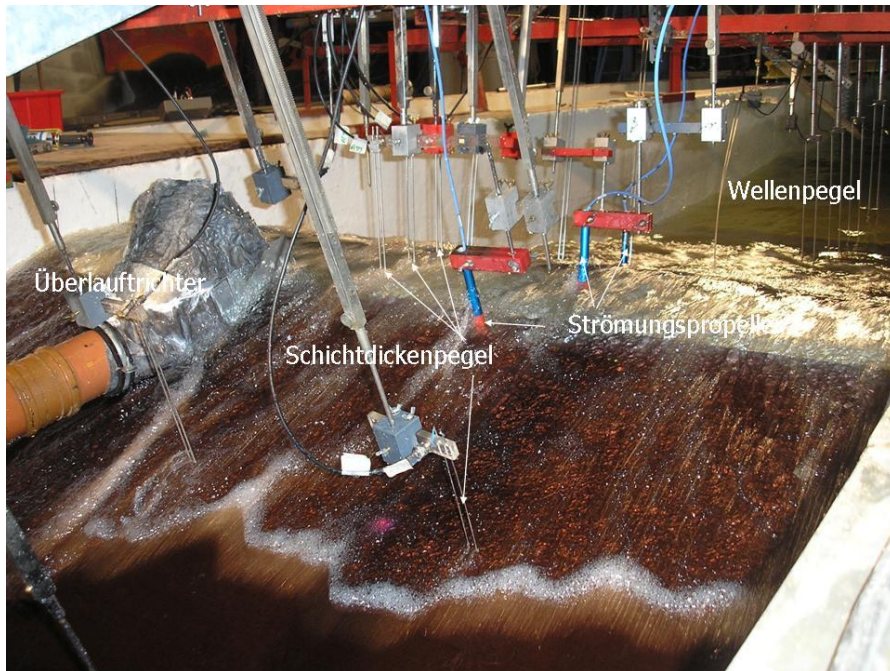


Abb. 3: Wellenüberlauf bei einem 1:4 geneigten Standarddeich im Wellenkanal des LWI

Die Ergebnisse des Wellenüberlaufs über den 1:4 Standarddeich sind in Abb. 4 für Brecherkennzahlen  $\xi_m < 2.0$  (brechende Wellen) dargestellt und mit dem Verfahren nach TAW (2002) verglichen worden. Die Brecherkennzahl  $\xi_m$  wird dabei mit der Wellenhöhe  $H_{m0}$  und der Wellenlänge  $L_m$  am Bauwerksfuß bestimmt.

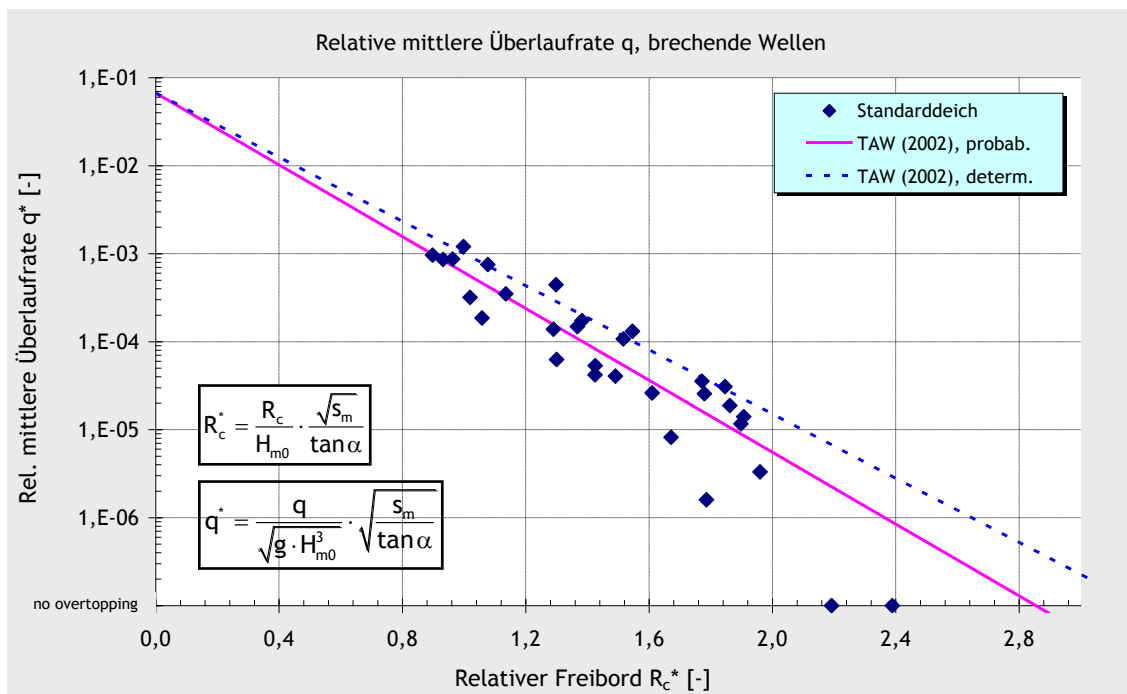


Abb. 4: Relative Wellenüberlaufraten als Funktion des relativen Freibords für Versuche mit dem Standarddeich und einer Außenböschung von 1:4

Abb. 4 zeigt, dass die Versuche in guter Übereinstimmung mit dem Verfahren nach TAW (2002) liegt. Die durchgezogene Linie entspricht dabei einer Vorhersage einer Trendlinie der mittleren Wellenüberlaufhöhe, die für eine probabilistische Bemessung herangezogen werden kann. Die gestrichelte Linie entspricht der oberen Einhüllenden der Daten, die nach TAW (2002) für eine deterministische Bemessung verwendet werden sollte.

## **5 WEITERES VORGEHEN**

Die Versuche mit dem Überlaufbecken haben Anfang Februar begonnen. Es ist geplant, alle Versuche bis Ende März abgeschlossen zu haben, allerdings wird wegen der neuartigen Bauweise auch Zeit für mögliche weitere Variationen eingeräumt. Die Ergebnisse werden dann analysiert, im Rahmen der entsprechenden Arbeitsgruppen in ComCoast diskutiert und abschließend in einem Projektbericht für ComCoast zusammengestellt.

## **DANKSAGUNG**

Die Modellversuche am LWI sind durch das ComCoast-Projekt (COMBined functions in COASTal defence zones, <http://www.comcoast.org/>) der Europäischen Union unter dem Interreg IIIB North Sea Region Programm gefördert worden.

## **SCHRIFTTUM**

- EAK (2002): Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Heide i. Holst., Germany: *Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee*, Heft 65, Boyens & Co., 589 S.
- Nieuwenhuis, O.E.; ter Burg, A.; Dijkstra, D.; Van Hemert, H.; ter Hoeven, J.; Hombergen, V.; Linckens, A.; Mastebroek, R.; Roos, H.; Sokolewicz, C.; Sporenberg, C.; Van Stralen, H. (2005): Innovative concept overtopping dike: crest drainage dike. CUR, Report X1498, 60 pp., 5 Appendices.
- TAW (2002): Wave run-up and overtopping at dikes. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), Den Haag, The Netherlands, 63 pp.