

# ERMITTLUNG VON WELLENÜBERLAUFMENGEN AN STURMFLUTSCHUTZWÄNDEN AUF DEICHEN

von

Nils. B. Kerpen<sup>1</sup>  
Karl-Friedrich Daemrich<sup>2</sup>  
Franziska Verworn<sup>3</sup>  
Daniel B. Bung<sup>4</sup>  
Torsten Schlurmann<sup>5</sup>

## ABSTRACT

Wave overtopping at coastal structures is subject of interest in research worldwide. In the context of storm surge protection measures the problem of the diversity of design rules became apparent. The variety of design formulas for the determination of wave overtopping rates at coastal structures indicates uncertainties in the interpretation of results from hydraulic model tests. These uncertainties are supposed to be mainly due to imperfect statistics of wave heights in the irregular wave trains used in the physical models and due to improper determination of incident wave heights, which have to be analyzed from measurements including strong reflections. Furthermore, design formulas are often based on model tests with simple geometries like plain vertical walls or dykes with one or two different slopes. For dykes combined with a flood protection wall on top and with an individual slope-geometry there is a need of new or adjusted design formulas. Hence, the Franzius-Institute was contracted by the LOWER SAXONY WATER MANAGEMENT, COASTAL DEFENCE AND NATURE CONSERVATION AGENCY (NLWKN) to determine a new design formula for these geometries. Taking account of former projects conducted at the Franzius-Institute, model tests in a 3D-wave basin with parameter studies concerning water level, freeboard, geometry of the defending system and different wave spectra should lead to an adjusted design formula for these new geometries.

---

<sup>1</sup> Dipl.-Ing., Franzius-Institut, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, [kerpen@fi.uni-hannover.de](mailto:kerpen@fi.uni-hannover.de)

<sup>2</sup> Dr.-Ing., Franzius-Institut, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, [daemrich@fi.uni-hannover.de](mailto:daemrich@fi.uni-hannover.de)

<sup>3</sup> Dipl.-Ing., Franzius-Institut, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, [verworn@fi.uni-hannover.de](mailto:verworn@fi.uni-hannover.de)

<sup>4</sup> Dr.-Ing., Franzius-Institut, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, [bung@fi.uni-hannover.de](mailto:bung@fi.uni-hannover.de)

<sup>5</sup> Prof. Dr.-Ing. habli., Franzius-Institut, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, [schlurmann@fi.uni-hannover.de](mailto:schlurmann@fi.uni-hannover.de)

## 1. EINLEITUNG

Die Analyse des Wellenüberlaufs an Küstenschutzbauwerken wird seit Jahrzehnten weltweit von Forschungseinrichtungen verfolgt. Im Zusammenhang mit Sturmflutschutz und der Sicherung von Häfen ergeben sich Abweichungen zwischen in hydraulischen Modellversuchen gemessenen und durch bestehende Bemessungsformeln errechneten Wellenüberlaufmengen. Diese Abweichungen geben Anlass zu weiterführenden Untersuchungen in diesem Themenfeld.

Bemessungsformeln und Empfehlungen sind häufig das Ergebnis hydraulischer Modellversuche mit regelmäßigen und unregelmäßigen Wellen. Die Bemessungsformeln ergeben sich aus Ausgleichskurven, die mit Hilfe der gemessenen Datensätze interpoliert werden. Die Ergebnisse werden in der Regel als Funktion aus dimensionsloser mittlerer Wellenüberlaufmenge  $Q$  und dem dimensionslosen Freibord  $R$  (vgl. Abbildung 1) in halblogarithmischer Darstellungsweise aufgetragen, da sich oft ein exponentieller Zusammenhang zwischen den Parametern abzeichnet.

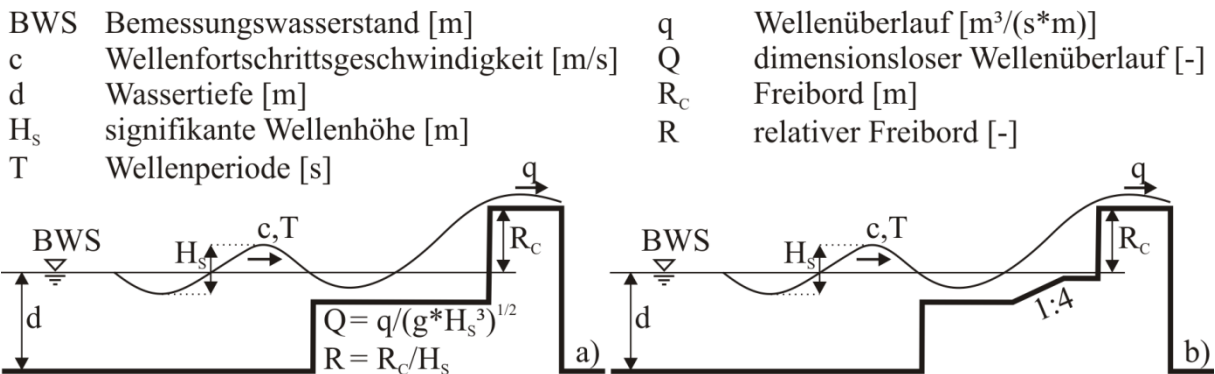


Abbildung 1: Definition des Wellenüberlaufes an idealisierten Deich- bzw. Sturmflutschutzwandquerschnitten

Die Definitionen der dimensionslosen Parameter hängen dabei von der Art des Bauwerks sowie den hydraulischen Randbedingungen ab. So ergibt sich z.B. für eine vertikale Wand die Bemessungsformel für den Wellenüberlauf zu

$$Q = a \cdot \exp(-b \cdot R) \quad (1)$$

in der  $Q$  den dimensionslosen Wellenüberlauf

$$Q = \frac{q}{(g \cdot H_s^3)^{1/2}} \quad (2)$$

und  $R$  den relativen Freibord

$$R = \frac{R_c}{H_s} \quad (3)$$

beschreibt. Die Koeffizienten a und b ergeben sich aus Regressionen der Messergebnisse. In der halbexponentiellen Darstellung ergibt diese Funktion eine Gerade.

Die Ursachen für Streuungen in den Ergebnissen hydraulischer Modellversuche und daraus abgeleiteter Bemessungsformeln sind nach DAEMRICH (2006) sowohl in Unsicherheiten in der Bestimmung der eingehenden signifikanten Wellenhöhe aufgrund von Reflexionen am Bauwerk und der nicht exakten Erzeugung der erforderlichen Wellenzüge zu suchen.

## **2. BISHER ERARBEITETE ERKENNTNISSE**

Am Franzius-Institut wurden in letzter Zeit für verschiedene Bauwerksgeometrien Untersuchungen zum Wellenauf- und Wellenüberlauf durchgeführt.

Im KFKI-Projekt Schräger Wellenauflauf an Seedeichen, welches im Jahr 2003 als Gemeinschaftsprojekt vom FRANZIUS-INSTITUT der LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER und vom LEICHTWEIß-INSTITUT der TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG durchgeführt wurde, konnten Einflüsse der Wellenangriffsrichtung auf den Wellenauflauf und Wellenüberlauf an Seedeichen bestimmt werden. Die Motivation für das Forschungsvorhaben ergab sich aus den Ergebnissen früherer Untersuchungen zum Einfluss der Wellenangriffsrichtung, die zu sehr unterschiedlichen Empfehlungen geführt hatten. Es konnte gezeigt werden, dass die Deichneigung einen Einfluss auf die Richtungsfunktion  $\gamma_B$  hat, Bermen und Knickprofile dagegen keine signifikante Änderung bewirken (OHLE ET AL., 2003).

In einem weiteren Projekt wurden 2009 hydraulische Modellversuche zum Einfluss von Wellenabweisern untersucht. Im Bereich Bremen-Altstadt (rechtes Weserufer) sollten die Hochwasserschutzanlagen an die Vorgaben im neuen Generalplan Küstenschutz (2007) angepasst werden. Im Rahmen der Planungen durch den Bremischen Deichverband am rechten Weserufer wurde u.a. der Einsatz von Wellenabweisern zur Minderung von Überlaufmengen in Erwägung gezogen, um eine Erhöhung der Mauer zu vermeiden bzw. diese mit einer geringeren Höhe ausführen zu können. Es war mit einer Minderung der Überlaufmengen unter den angenommenen Randbedingungen zu rechnen. Die im Wellenbecken des FRANZIUS-INSTITUTS durchgeführten Modellversuche konnten bestätigen, dass die gemessenen Überlaufmengen unter Verwendung der Abweiser sich auf rd. 40% der Überlaufmengen reduzierten, die bei der senkrechten Wand bei gleichen Randbedingungen gemessen wurden. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten zudem gravierende Abweichungen zu den Überlaufmengen nach der Bemessungsformel nach Mühlestein bestätigt werden (VERWORN ET AL., 2009).

Vorversuche zum aktuellen Projekt zeigen Abweichungen der Überlaufmengen zwischen gemessenen Überlaufmengen und errechneten Überlaufmengen nach EUROTOP-Formeln (KFKI 2007). Diese Abweichungen ergeben sich aus der Tatsache, dass für gewählten Deichquerschnitte mit der markanten Fußgeometrie bislang keine exakte Bemessungsformel existiert und somit Annahmen für Parameter in bestehenden Bemessungsformeln getroffen werden müssen, welche dann zu Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Überlaufmengen führen.

### 3. MODELLVERSUCHE

Basierend auf den Erkenntnissen der zuvor genannten Projekte sowie der durchgeführten Vorversuche sind weitergehende Analysen geplant. Die physikalischen Modellversuche werden im neuen, multidirektionalen Wellenbecken des FRANZIUS-INSTITUTS durchgeführt. Dieses Wellenbecken ermöglicht die realitätsnahe Simulation und Analyse von dreidimensionalen, kurzkämmigen Seegangs- und Strömungsverhältnissen und die damit verbundenen komplexen Wechselwirkungen mit Bauwerken im physikalischen Modell. Die Wellenspektren werden mit Hilfe eines sogenannten „Snake Wavemaker“ bestehend aus 72 Einzelwellenblättern mit je 40 cm Breite generiert.

Die physikalischen Modellversuche gliedern sich in Versuchsreihen unterschiedlicher Analyseschwerpunkte. Maßgeblich werden Überlaufmengen für zwei unterschiedliche Modellquerschnitte untersucht, welche schematisch in Abbildung 1 dargestellt sind. Es wird zum einen der Einfluss einer reinen senkrechten Wand und zum anderen eine Kombination aus einer senkrechten Wand, die auf einen Deich mit 1:4 Neigung aufgesetzt wird und der eine Berme vorgelagert ist, untersucht.

An diesen zwei zu Grunde liegenden Geometrien, die in einem Modell im Maßstab 1:12 errichtet werden, werden insgesamt fünf elementare Modell- und Seegangparameter in separaten Variantenstudien untersucht und deren Auswirkungen analysiert. Die Untersuchungen werden mit senkrechter und schräger Wellenanlaufriechung durchgeführt.

Es werden zwei unterschiedliche Seegangsspektren eingesteuert. Datensatz A hat signifikante Wellenhöhen  $H_{m0}$  von 1,37 m und Wellenperioden  $T_E (T_{-1,0})$  von 3,5 s bis 5,4 s. Dem Datensatz B liegen deutlich geringere signifikante Wellenhöhen  $H_{m0}$  von 0,65 m und Wellenperioden von  $T_E (T_{-1,0})$  von 2,3 s zugrunde. Um robuste Aussagen zu erhalten, werden auch die Phasen des eingesteuerten Seegangs variiert. Es ist vorgesehen, die Seegangsspektren zu jeder Modellreihe mit insgesamt drei unterschiedlichen Phasenverschiebungen einzusteuern. Eine Änderung der Wasserstände im Modell soll Rückschlüsse auf das Überlaufverhalten in Abhängigkeit zur Gesamtstruktur liefern. Analog dazu wird in einer weiteren Parameterstudie analysiert, welchen Einfluss lediglich eine Variation der Freibordhöhe bei gleich bleibenden Wasserständen hat. Die zu analysierenden Querschnitte weisen beide einen horizontalen Fußbereich auf. Es soll an Hand einer weiteren Variantenstudie der Einfluss der Fußbreite auf die Überlaufmenge analysiert werden. Hierzu ist vorerst die Analyse von drei unterschiedlichen Fußbreiten geplant.

Die Ergebnisse der Auswertung werden mit den Ergebnissen bekannter Bemessungsansätze z.B. nach KFKI (2007) verglichen. Ziel der Untersuchungen ist die Anpassung bzw. Erweiterung bestehender Bemessungsansätze zur Bestimmung von Überlaufmengen für die hier beschriebenen Modellgeometrien.

### 4. SUPPORT

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) – Forschungsstelle Küste (FSK), An der Mühle 5, 26548 Norderney

## 5. SCHRIFTTUM

- DAEMRICH, K.-F. ET AL.: Irregular Wave Overtopping Based on Regular Wave, Third Chinese-German Joint Symposium on Coastal and Ocean Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, 2006
- KURATORIUM FÜR FORSCHUNG IM KÜSTENINGENIEURWESEN (KFKI): Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual, Die Küste, Heft 73, 2007
- OHLE, N. ET AL.: Schräger Wellenauflauf an Seedeichen, Franzius-Mitteilungen Heft Nr. 89, Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Hannover, 2003
- VERWORN, F. ET AL.: Modelluntersuchungen zur Wirkung von Wellenabweisern für eine Hochwasserschutzanlage in Bremen-Altstadt, Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Hannover, 2009

