

# Mathematische Modellierung von Wellenauf- und -überlauf

Markus Witting, Ralf Kaiser, <sup>1</sup>Hanz D. Niemeyer

Forschungsstelle Küste des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie  
Postfach 1221, D 26548 Norderney/Ostfriesland; e-mail: witting.crs@t-online.de

## Einleitung

Zur Ermittlung von Auflaufhöhen und Überlaufsraten an Seedeichen und anderen Küstenschutzwerken werden meist empirische Formeln nach dem Ansatz von HUNT (1959) verwendet. Dabei handelt es sich um Anpassungsfunktionen, die auf Daten physikalischen Modelluntersuchungen verschiedener, als repräsentativ angesehener Seegangszustände und zumeist einfacher- Deichgeometrien basieren. Insbesondere für abweichende Deichgeometrien ist die Anwendbarkeit dieser Formeln fraglich oder sogar unzulässig. Physikalische Modellversuche für die gesamte Vielfalt von Deichgeometrien sind wegen des hohen Aufwands bisher nicht vorgenommen worden.

Mit mathematischen Modellen können hingegen mit begrenztem Aufwand alle erdenklichen Geometrien hinsichtlich Wellenauf- und -überlauf untersucht werden. Richardson *et al.* (2001) zeigte, daß sogar eine Anwendung für beinahe senkrechte Böschungen (10:1) möglich ist. Effiziente mathematische Modelle auf Basis der Flachwassergleichungen können Wellenzüge von bis zu 1000 Wellen schnell simulieren und sind für Variantenuntersuchungen schon eingesetzt worden (Niemeyer & Kaiser, 1998). Allerdings ist die Ermittlung absoluter Werte noch mit Unsicherheiten behaftet. Vorrangige Zielrichtung des Forschungsvorhabens Optimierung von Deichprofilen war daher, die Anwendungstauglichkeit für verfügbare mathematische Modelle des Wellenauf- und -überlaufs zu prüfen und bei Eignung Möglichkeiten der Optimierung auszuloten.

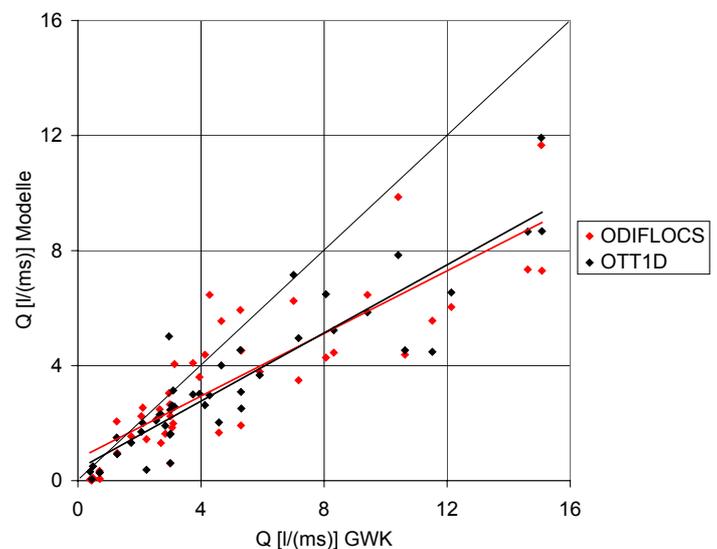
Es wurden die Modelle OTT-1D und OTT-2D (Dodd, 1998) des Projektpartners HR Wallingford und das Modell ODIFLOCS (van Gent, 1995) des Projektpartners DELFT HYDRAULICS verwendet. Für letztgenanntes sind vornehmlich in der ersten Projektphase Sensitivitätsuntersuchungen durchgeführt worden (Niemeyer *et al.*, 2002). Die zur Validierung verwendeten Messdaten aus dem GWK und dem Wellenkanal des LWI wurden vom Leichtweiß-Institut, Daten aus Versuchen in einem Wellenbecken vom Franziskus-Institut, Hannover bereitgestellt. Diese Daten

stammen aus den KfKI-Projekten "Belastung der Binnenböschung von Seedeichen durch Wellenüberlauf" und "Schräger Wellenangriff auf Seedeichen"

## Vergleich mit Messdaten

Abb. 1 zeigt einen Vergleich von im GWK gemessenen zu berechneten mittleren Überlaufsraten. Die Werte beider Modelle korrelieren recht gut bei einer systematischen Unterschätzung bei größer werdenden Überlaufsraten. Dabei wirken sich Änderungen der Modellparameter für den Rauigkeitsbeiwerte oder die als minimal angesehene Wassertiefe auf die Höhe der simulierten mittleren Überlaufsraten aus (Niemeyer *et al.*, 2002).

Abb. 1: Berechnete zu gemessenen (GWK) mitt-



leren Überlaufsraten der Modelle OTT-1D und ODIFLOCS.

Auch die Art und die Lage der Einstromrandbedingung haben einen erheblichen Einfluß auf das Modellergebnis. So verringern sich, vor allem aufgrund der modellinhärenten numerischen Dispersion, die Überlaufsraten bei Vergrößerung des Modellgebietes und Beibehaltung der räumlichen Modellauflösung. Auch die generelle Anwendbarkeit der Flachwassergleichungen bei Wassertiefen überhalb der Flachwassergrenze ist zu hinterfragen. In Abb. 2 ist zu sehen, daß

die Flachwassergleichungen (OTT-1D) in diesem Fall die Zeitreihe der Wasserspiegelauslenkungen im Gegensatz zu einem Boussinesq-Modell nicht mehr naturähnlich simulieren.

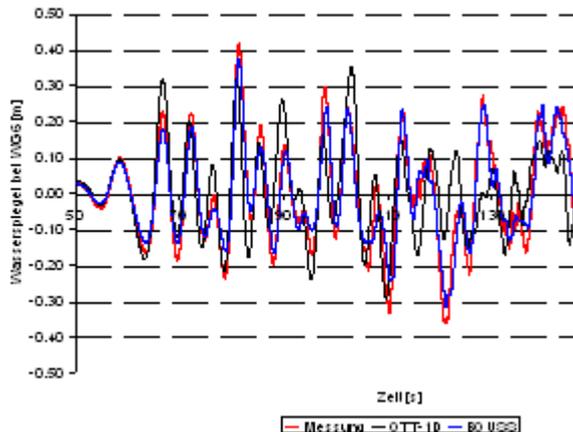


Abb. 2: Mit OTT-1D (—) und einem Boussinesq-Modell (—) berechnete zu gemessenen Wasserspiegelauslenkung (—)

Für die Computersimulationen können die Wasserspiegelauslenkungen direkt oder aber ein eindimensionales Seegangsspektrum als Randinformation verwendet werden. Erstere bieten die Möglichkeit eines direkten Vergleiches von Auflaufereignissen unter Laborbedingungen um die generelle Eignung des Modelltypus für die Auf- und Überlaufberechnung zu untersuchen. Im Anwendungsfall werden allerdings standardmäßig spektrale Informationen des Bemessungsseegangs vorhanden sein. Auch bei Verwendung von Spektren als Randinformation werden gute Resultate erzielt, wie in Abb. 3 dargestellt ist.

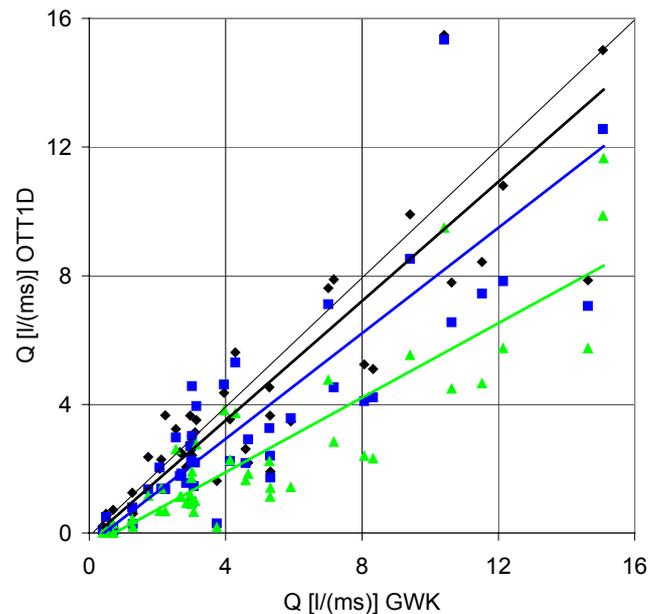
### Zusammenfassung

Die Modelluntersuchungen zeigten, daß ein ingenieurmäßiger Einsatz der untersuchten Modelle empfohlen werden kann. Neben dem Vorteil der vielseitigen Verwendbarkeit erzielten die Modelle eine bessere Ergebnisqualität bei der Ermittlung der mittleren Überlaufzeiten im Vergleich zu empirischen Formeln

### Danksagung

Dieses Projekt wurde gefördert vom BMBF unter der Projektnummer 03KIS032. Für die gute Zusammenarbeit bedanken wir uns beim Leichtweiß Institut sowie dem Franzius-Institut. Ein weiterer Dank gilt unseren europäischen Projektpartnern DELFT HYDRAULICS und HR Wallingford für die gelungene Kooperation.

Abb. 3: Berechnete zu gemessenen (GWK) mittleren Überlaufzeiten des Modells OTT-1D bei



Verwendung von Spektren als Randinformation. (—) Abstand der Randbedingung vom Deich groß, (—) Abstand mittel, (—) Abstand klein.

### Literatur

Dodd, N., 1998, A numerical model of wave run-up, overtopping and regeneration, ASCE J. Waterways, Port, Coastal and Ocean Eng., 124., pp 73-81

Niemeyer, H. D., Kaiser, R., 1998, Untersuchungen zum Bestick von Versuchsaußenböschungen am Elisabethgroden-Deich, Wangerland, Ber. Forsch.-Stelle Küste, Bd. 115 (unveröffentlicht)

Niemeyer, H. D., Schulz, D., Kaiser, R., Möller, J., Schüttrumpf, H., Pullen, T., van Gent, M.R.A., 2002, Validation of mathematical modelling of wave overtopping on dykes, ICCE 2002 Cardiff, July 2002, ASCE, New York.

Richardson, S.R., Ingram, D.M., Mingham, C.G. & Causon, D.M., 2001, On the validity of the shallow water equations for violent wave overtopping, Waves 2001 4<sup>th</sup> Int Symp. on Ocean Measurement and Analysis, San Francisco, California.

Van der Meer, S. W. and Janssen, J.P.F.M., 1995, Wave run-up and wave overtopping at dikes. Published in: Wave Forces inclined and Vertical Structures., Ed. Z. DEMIRBILEK. pp. 1-27

Van Gent, M.R.A., 1995, Wave interaction with permeable Coastal Structures, Dissertation, Delft Hydraulics Press.