

STRANDENTWICKLUNG IN DER BRANDUNGSZONE: VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUR SKALIERUNG VON MODELLERGEBNISSEN

von

Joachim Grüne¹
Reinold Schmidt-Kopenhagen²
Zeya Wang³

ABSTRACT

Scaling of results from physical models dealing with beach erosion and accretion still is a complicated procedure due to strong scale effects both from breaking wave impacts and from simulating the beach material. One of the goals of the Joint Research Activity project SANDS in the EC-supported Integrated Initiative HYDRALAB-III is to improve the scaling procedure by comparing test results performed in different scales. Test series are being performed in three European laboratories, in each with same boundary conditions but with different scales: based on tests in the Large Wave Channel GWK as prototype scale 1:1 at CIEM/UPC in scale 1:1.9 and at DELTARES (former Delft Hydraulics) in scale 1:6. The waves in all laboratories were generated as identical time histories adapted to each scale.

1. EINLEITUNG

Die Übertragung von Ergebnissen aus kleinmaßstäblichen physikalischen Untersuchungen zur Strandentwicklung ist infolge der erheblichen Maßstabseffekte bedingt sowohl durch brechende Wellen als auch durch die Skalierung des beweglichen Sohlmaterials problematisch. Üblicherweise wird das Froude'sche Ähnlichkeitsgesetz zur Übertragung von Ergebnissen angewendet, wobei man voraussetzt, daß sich die Formänderungen des Strandes geometrisch übertragen lassen.

In einem kleinmaßstäblichen Modell können jedoch nicht alle wesentlichen physikalischen Einflüsse auf die Wechselwirkungen zwischen den wellenerzeugten Strömungen und der Sandsohle ähnlichkeitsgetreu nachgebildet werden. Dies gilt insbesondere für die wellenerzeugten Turbulenzen und Scherspannungen sowie für das Sohlmaterial. Daher

¹ Dipl.-Ing., Forschungszentrum Küste (FZK), Merkurstrasse 11, 30419 Hannover

² Dipl.-Ing., Forschungszentrum Küste (FZK), Merkurstrasse 11, 30419 Hannover

³ M. Eng., Forschungszentrum Küste (FZK), Merkurstrasse 11, 30419 Hannover

bestehen erhebliche Unsicherheiten bei der Interpretation und Übertragung von Ergebnissen aus Modellversuchen auf natürliche Bedingungen. Numerische Modelle können alternativ nicht angewendet werden, da sie in noch viel stärkerem Maße als physikalische Modelle auf Verifizierung und Eichung angewiesen sind.

Für Verifizierungen und Eichungen wären vorzugsweise Ergebnisse aus Naturmessungen geeignet. Doch solche Ergebnisse sind äußerst selten und oft in ihrer Aussage eingeschränkt, zum Beispiel wenn Strandprofiländerungen während einer Sturmflut nicht kontinuierlich gemessen werden können. Eine sehr gut geeignete Alternative bieten Laboruntersuchungen im großen Maßstab, bei denen die Versuche mit unterschiedlichen Eingangsrandbedingungen wiederholbar sind und alle wesentlichen physikalischen Parameter kontinuierlich erfasst werden können.

Mit den Fragestellungen zur Skalierung befasst sich das Forschungsprojekt „SANDS“ im Rahmen des EU geförderten Projektes „Integrated Infrastructure Initiative HYDRALAB III“. Eine der Zielsetzungen ist: „*Improve the scaling and analysis procedures and achieve more repeatable and compatible tests across all relevant facilities*“. Dazu wurden vergleichende Untersuchungen in drei europäischen Versuchseinrichtungen durchgeführt, die im Folgenden kurz beschrieben sind.

2. VERSUCHSPROGRAMM

Das Versuchsprogramm des Forschungsprojektes „SANDS“ für die vorstehend genannte Zielsetzung umfaßt die Durchführung von hydraulischen Modellversuchen von drei beteiligten Partnern des europäischen Projekts in deren Versuchseinrichtungen, jeweils in unterschiedlichen Maßstäben entsprechend dem Froude'schen Ähnlichkeitsgesetz:

- 1:1 (definiert als Prototyp) im GROSSEN WELLENKANAL GWK des Forschungszentrum Küste FZK, Hannover.
- 1:1,9 im Wellenkanal CIEM der Universitat Politecnica de Catalunya UVP, Barcelona.
- 1:6 im SCHELDT - Wellenkanal von DELTARES (DELFT HYDRAULICS)

Für die Versuche wurde jeweils ein gleichförmig 1: 15 geneigtes Strandprofil eingebaut, an dem zunächst die Strandprofiländerung infolge Erosion durch einen entsprechenden Seegang untersucht wurde. Danach wurden an diesem durch Erosion verformten Strandprofil die Veränderungen untersucht, die durch einen nachfolgenden Seegangs mit Anlandungstendenz verursacht werden.

Das jeweils verwendete sandige Sohlmaterial war unterschiedlich, der mittlere Korndurchmesser betrug $d_{50} = 0,27$ mm im GWK, $d_{50} = 0,25$ mm im Wellenkanal CIEM und $d_{50} = 0,13$ mm im Scheldt – Wellenkanal. Als Seegang diente ein Jonswap-Spektrum mit den Prototypparametern $H_{1/3} = 1.0$ m and $T_p = 5.7$ s für die Erosionsversuche und $H_{1/3} = 0.6$ m and $T_p = 7.5$ s für die Anlandungsversuche. In allen drei Versuchseinrichtungen wurden identische Zeitreihen dieses Spektrums verwendet, jeweils in Amplitude und Zeit in den jeweiligen Maßstab entsprechend Froude umgerechnet.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden infolge des eingeschränkten Umfangs dieses Beitrags nur einige wenige Ergebnisse exemplarisch dargestellt. Die während der Erosionsversuche im GWK (Prototyp Maßstab 1:1) gemessenen Strandprofile sind in Abb. 1 dargestellt. Daraus wird

der generelle Trend der Strandentwicklung deutlich: ausgehend von der gleichförmigen Neigung entsteht ein Strandprofil mit einem Riff (äußerer Brandungsbereich) und einem nachfolgendem Tal (innerer Brandungsbereich). Dies wird auch deutlich in Abb. 2, in der die Strandprofile aus den Versuchen in den drei Versuchseinrichtungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten verglichen werden. Die Profile und die Zeitpunkte sind jeweils entsprechend des verwendeten Maßstabs nach Froude auf den Prototyp-Maßstab 1:1 umgerechnet.

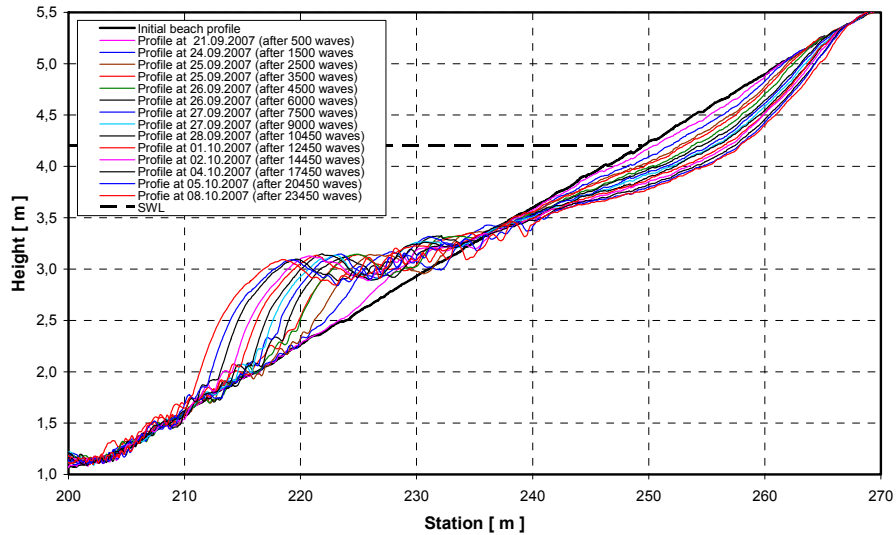


Abb. 1 Gemessene Strandprofile während der Erosionsversuche im GWK

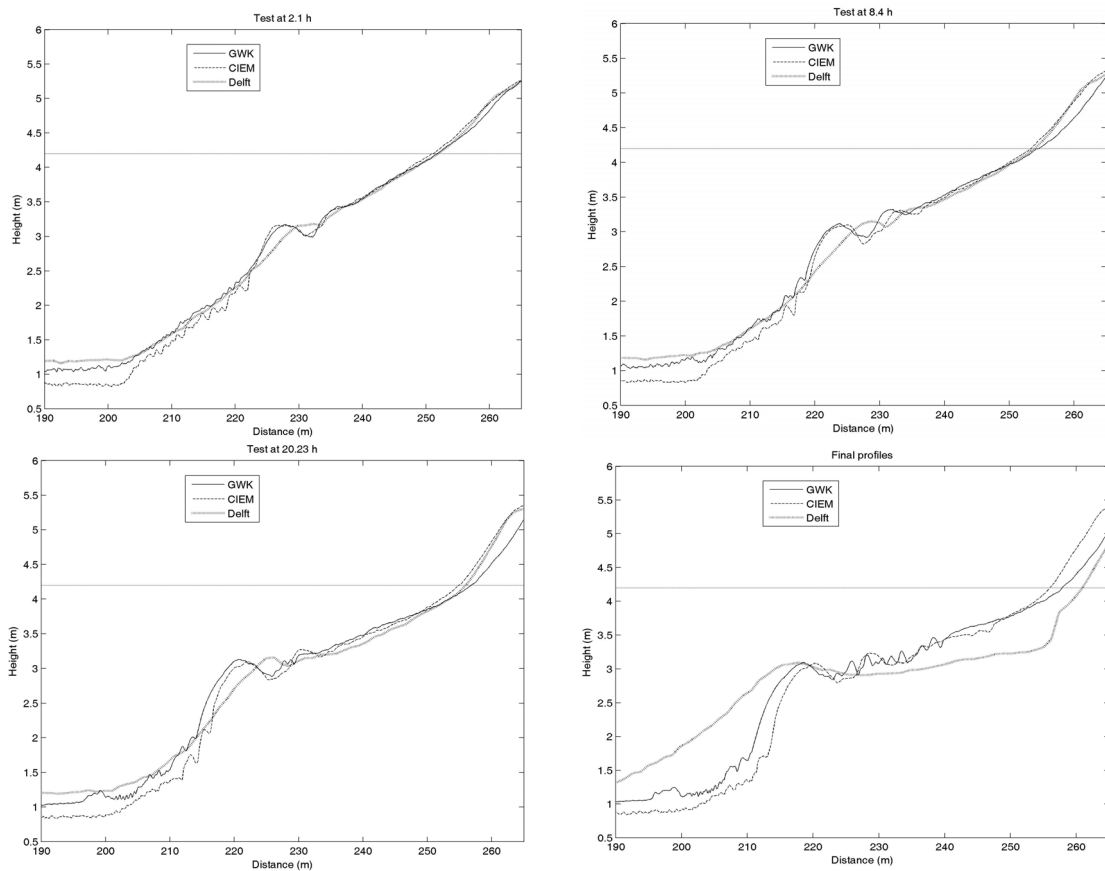


Abb. 2 Vergleich von Erosionsprofilen in den drei Versuchseinrichtungen

Um den Strandverformungsprozess infolge eines Seegangs, der eine Erosion oder eine Anlandung bewirkt, detailliert zu beschreiben, werden die einzelnen aufgemessenen Strandprofile parametrisiert. Es werden charakteristische Punkte der geometrischen Komponenten auf den Profilen definiert; dabei wird das Profil in zwei Hauptkomponenten geteilt: in das Riff (Hauptbrandungszone) und das anschließende Tal (innere Brandungszone – Swashzone). Die einzelnen Parameter sind in Abb. 3 schematisch dargestellt. Alle definierten Positionen sind auf den Schnittpunkt des Ruhewasserspiegels mit dem gleichförmigen Ausgangsprofil bezogen.

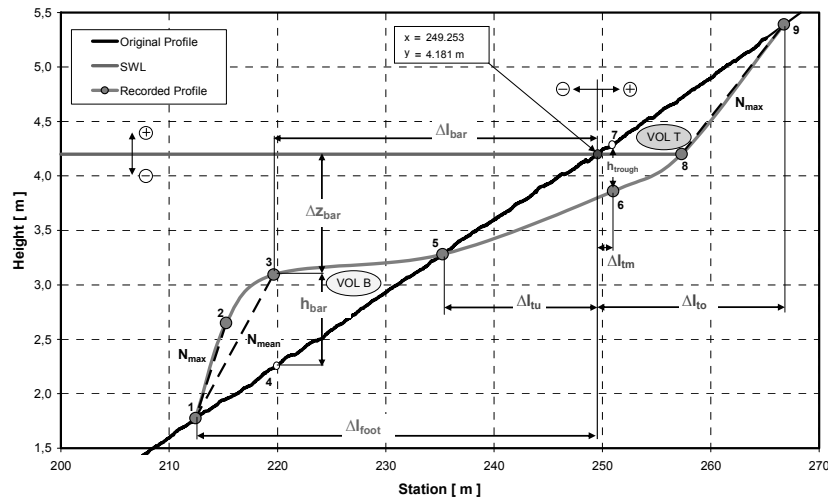


Abb. 3 Definition der geometrischen Komponenten und Parameter der Strandprofile

Der Strandverformungsprozess wird anschaulich als zeitlicher Verlauf dargestellt. Abb. 4 zeigt exemplarisch den zeitlichen Verlauf des Riffscheitelpunkts h_{bar} bezogen auf das Ausgangsprofil während der Erosionsversuche in den drei Versuchseinrichtungen. Alle Ergebnisse sind in gleicher Weise wie für die Abbildung 2 auf den Maßstab 1:1 umgerechnet. Der entsprechende zeitliche Verlauf der horizontalen Lage des Riffscheitelpunkts Δl_{bar} während dieser Versuche ist in Abb. 5 dargestellt.

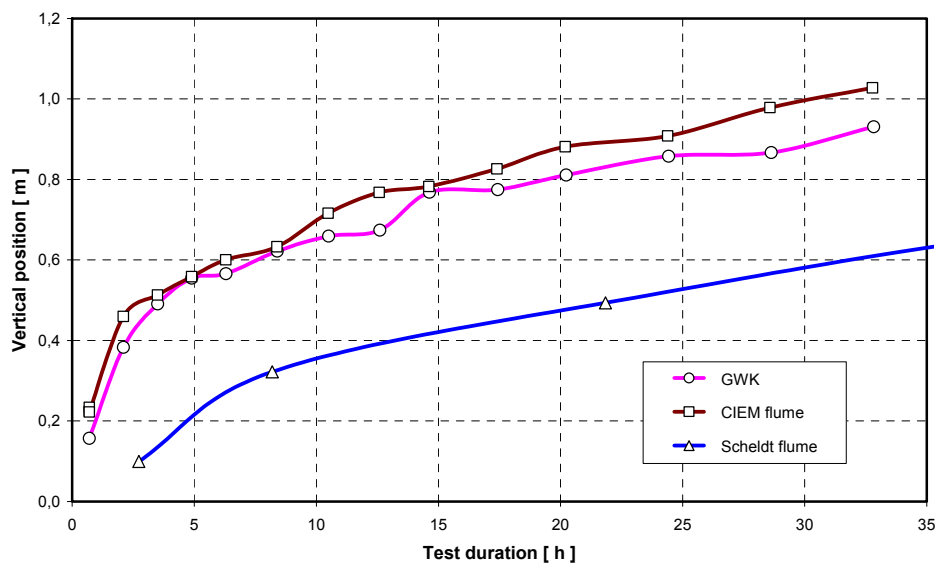


Abb. 4 Zeitliche Verläufe des Riffscheitelpunkts h_{bar} während der Erosionsversuche

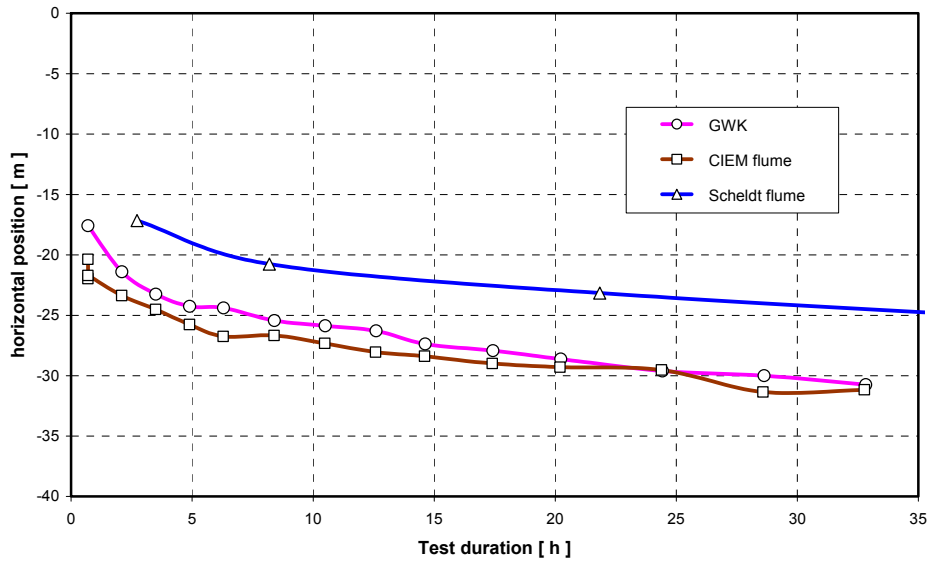


Abb. 5 Zeitliche Verläufe der horizontalen Lage des Riffscheitelpunkts Δl_{bar} während der Erosionsversuche

Die zeitlichen Verläufe in den Abbildungen 4 und 5 zeigen eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse aus dem GWK mit denen aus dem CIEM - Wellenkanal, während die aus dem Scheldt - Kanal beträchtlich abweichen.

In Abb. 6 sind die zeitlichen Verläufe des Volumens des Riffs und des Tals, bezogen auf das gleichförmige Ausgangsprofil, aufgetragen. Auch hierbei ist die Übereinstimmung der Ergebnisse aus dem GWK mit denen aus dem CIEM - Wellekanal gut, während die Werte aus dem Scheldt - Kanal etwas geringer sind.

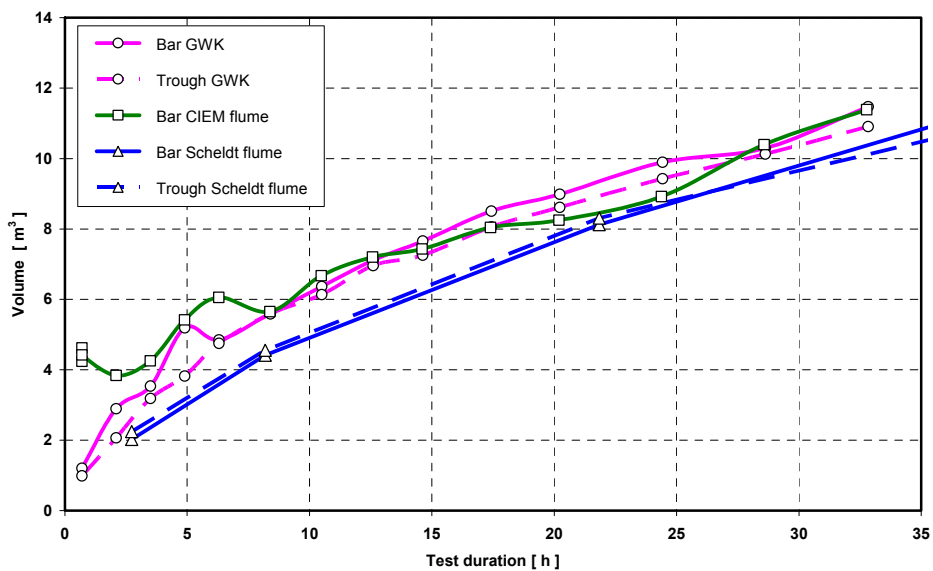


Abb. 6 Zeitliche Verläufe des Riff- und Talvolumens während der Erosionsversuche

4. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Projekts SANDS wurden in drei europäischen Versuchseinrichtungen physikalisch - hydraulische Untersuchungen zur Strandverformung infolge Seegangs durchgeführt. Die Versuche erfolgten unter identischen Randbedingungen, jedoch mit drei unterschiedlichen Maßstäben und unterschiedlichem Sohlmaterial.

Ein Ziel der fortführenden Arbeiten in diesem Projekts ist, mit den Ergebnissen aus den vergleichenden physikalisch - hydraulischen Untersuchungen verbesserte Ansätze zur Interpretation und Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Modellversuchen zu finden.

DANK

Die dargestellten Untersuchungen wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „SANDS“ als Teil des von der EU geförderten Projekts „Integrated Infrastructure Initiative HYDRALAB III“ (Contr. No. 022441 R113) durchgeführt.

SCHRIFTTUM

- CÁCERES, I., GRÜNE, J., VAN RIJN, L., SÁNCHEZ-ARCILLA, A., AHMARI, A. und RIBBERINK, J.: Mobile – Bed Tests. The SANDS Project. Proc. of the 31st Intern. Conf. on Coastal Engineering (ICCE 2008), Hamburg, 2008
- GRÜNE, J., OUMERACI, H., SPARBOOM, U. und SCHMIDT-KOPPENHAGEN, R.: Europäische Verbundforschung im FZK: HYDRALAB III. Tagungsband des 6. FZK Kolloquiums, Hannover, 2007
- GRÜNE, J., SCHMIDT-KOPPENHAGEN, R. und WANG, Z.: Cross-shore beach evolution large-scale laboratory tests with irregular waves. Proc. of the 2nd Intern. Conf. on the Application of Physical Modelling to Port and Coastal Protection (CoastLab 2008), Bari, 2008