

NUMERISCHE UND EXPERIMENTELLE SIMULATION VON DEICHBRUCHVORGÄNGEN DURCH DRUCKSCHLAGBELASTUNGEN

von

Grzegorz Stanczak¹
Andreas Kortenhaus²
Hocine Oumeraci³

ABSTRACT

Coastal floods due to storm surges often occur as a result of dike breaching. The latter may be initiated either from the landside by wave overtopping or from the seaside by breaking wave impact and erosion. This paper presents a preliminary model of dike breaching initiated by repeated action of breaking waves on the outer dike slope. The main task of the model is to provide the initial conditions at the defence line needed to model the flood wave propagation. As a result, the prediction of the warning time should be significantly improved. The preliminary model is based on empirical formulae and consists of two main modules: hydrodynamic and morphodynamic module. The distinction between the phases of grass cover failure, clay erosion and sand wash-out is made. The model provides information on time and location of breach initiation, progress of breach growth in time and outflow hydrograph. The obtained results have been compared to an example dike failure and were found to predict the failure reasonably well.

1 EINLEITUNG

Seedeiche sind die wesentlichen Bestandteile des Küstenschutzes sowohl in Deutschland als auch in den Niederlanden und Dänemark. Deichbrüche infolge von Sturmfluten sind als Hauptgründe von Überflutungen anzusehen, so dass zuverlässige Vorhersagen der Initialbedingungen der Deichbruchereignisse sowie der Bruchentwicklung dringend benötigt werden. Ein Deichbruch kann entweder auf der Landseite durch Wellenüberlauf oder auf der Seeseite durch wiederholte Druckschläge hervorgerufen werden. Erste Ergebnisse für die aus der Landseite initiierten Deichbruchvorgänge sind in D'Eliso et al (2006) dargestellt. Da sich die Prozesse der Initiation und der Entwicklung eines Deichbruches von der Seeseite von denen unterscheiden, die von der Landseite stattfinden,

¹ Dipl.-Ing., Leichtweiß-Institut, Beethovenstraße 51a, 38106 Braunschweig

² Dr.-Ing., Leichtweiß-Institut, Beethovenstraße 51a, 38106 Braunschweig

³ Prof. Dr.-Ing., Leichtweiß-Institut, Beethovenstraße 51a, 38106 Braunschweig

soll der Deichbruchvorgang, der von der Seeseite initiiert wird, ebenfalls eingehender untersucht werden. Hierfür wurde ein Modellsystem entwickelt, das in Abb.1 dargestellt ist. Das komplette Modell besteht dabei aus einem vereinfachten und einem mehr prozeßorientierten, detaillierten Modell. Im Folgenden wird dabei nur auf das vereinfachte Modell eingegangen.

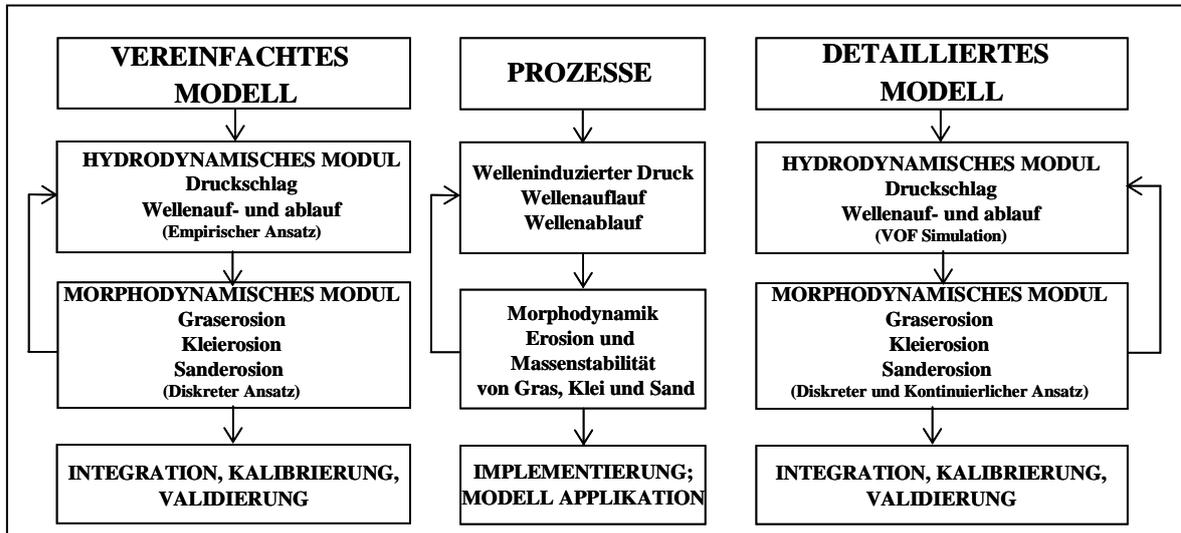


Abb.1: Zweistufiges Modellsystem zur Simulation von Deichbruchvorgängen von der Seeseite

2 BESCHREIBUNG DES VEREINFACHTEN MODELLS

Das vereinfachte Modell für die Simulation des Seedeichbruchvorganges basiert hauptsächlich auf einfachen, empirischen Formeln, es liefert aber die Information über den ganzen Bruchprozeß, einschließlich der Initialisierung und der Entwicklung eines Bruches. Die Hauptbedingungen für das hier beschriebene vereinfachte Modell lauten wie folgt:

- vereinfachtes Bauwerk – der Seedeich besteht aus einem sandigem Kern, geschützt von einer Kleischicht mit Grasbewuchs;
- simulierte Prozesse – Initialisierung und Entwicklung eines durch brechende Wellen ausgelösten Bruches;
- Typ des Modells – ein empirisches Modell, das als ein einfaches Instrument für die Deichbruchvorhersage dienen soll.

Das entwickelte Modell besteht aus zwei Modulen mit sechs Teilen: (i) Simulation des Druckschlags, (ii) Wellenauf- und ablauf, (iii) Erosion der Grasnarbe, (iv) Erosion der Kleischicht, (v) Erosion des Sandkerns (bis zur Binnenböschung), und (vi) Ausspülen des Sandkerns. Das vereinfachte Modell verwendet dabei nur die folgenden Basisdaten:

- Deichparameter – Geometrie und Materialeigenschaften;
- Seegang am Fuß des Deiches – Wellenhöhe, Wellenperiode und Wasserstand;
- Numerische Parameter – Zeitschritt, Gitternetz.

2.1 HYDRODYNAMISCHES MODUL

Das hydrodynamische Modul liefert die Information über die Belastung des Deiches. Die Hauptbelastung entsteht dabei infolge des Druckschlags auf der Außenböschung. Das Überströmen des Deiches ist aber in der letzten Phase, d.h. nachdem der Bruch die Bin-

nenböschung erreicht hat, ebenfalls implementiert. Die Strömungssimulation findet für zwei Fälle statt:

- Bevor der Bruch die Binnenböschung erreicht hat, wird die Strömung nur auf der Außenböschung simuliert. Hierfür werden verfügbare empirische Formeln verwendet (Stanczak et al, 2006).
- Nachdem der Bruch die Binnenböschung erreicht hat, wird die Strömung entlang des ganzen Deichprofils simuliert. Dabei wird ein Modell für die Strömung durch den Bruchkanal verwendet (D'Eliso et al, 2006).

2.2 MORPHODYNAMISCHES MODUL

Das morphodynamische Modul berechnet die Entwicklung des Deichprofils über die Zeit. Dabei werden empirische Formeln für die Berechnung der Erosion (s. Stanczak et al, 2006) und die Informationen über die Belastung aus dem hydrodynamischen Modul herangezogen.

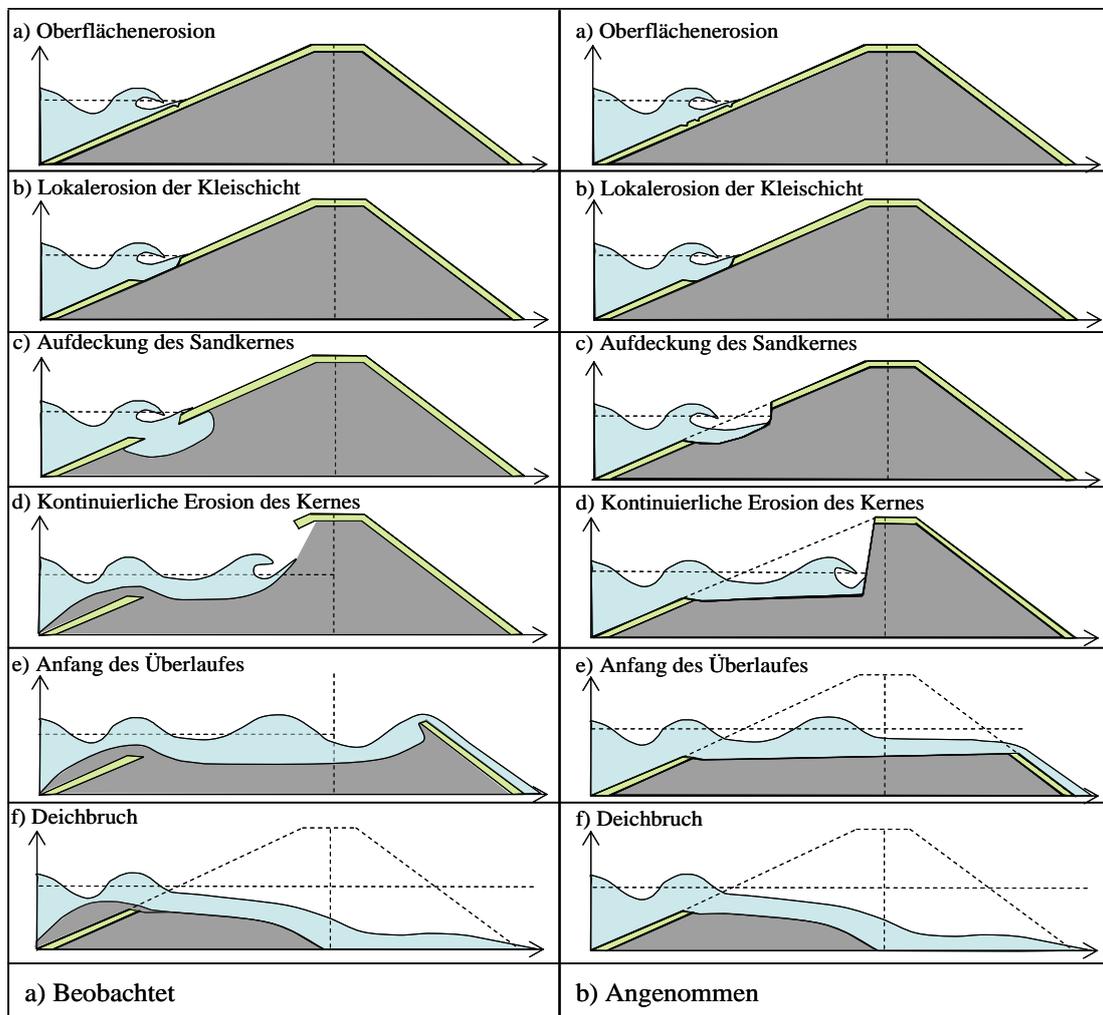


Abb.2: Beobachteter und angenommener Deichbruchvorgang

Um dabei den qualitativen Vergleich zwischen angenommenem und wirklichem Deichbruchvorgang zu ermöglichen, wurden kleinmaßstäbliche Versuche im Maßstab 1:40

durchgeführt. Abb. 2 zeigt die theoretischen und beobachteten Phasen eines Deichbruchvorganges.

Der ganze Deichbruchvorgang ist wie folgt gegliedert (s. Abb.2):

1. Phase - Oberflächenerosion der Grasnarbe infolge wiederholter Druckschläge sowie Wellenauf- und ablauf auf der Deichaußenböschung
2. Phase - Lokalerosion der Kleischicht bis zur Aufdeckung des sandigen Kernes
3. Phase - kontinuierliche Erosion des sandigen Kernes, Kliffformation und Entwicklung der horizontalen Bruchsohle
4. Phase - kontinuierliche Bruchvertiefung und Brucherweiterung infolge des Überlaufes.

3 ERGEBNISSE

Das Modell wurde zur Simulation des Deichbruchvorganges eines typischen Nordseedeiches (s. Abb.3) angewendet. Der Deich wurde dabei mit dem unregelmäßigen Seegang ($H_S=1.4\text{m}$, $T_P=4.7\text{s}$) belastet.

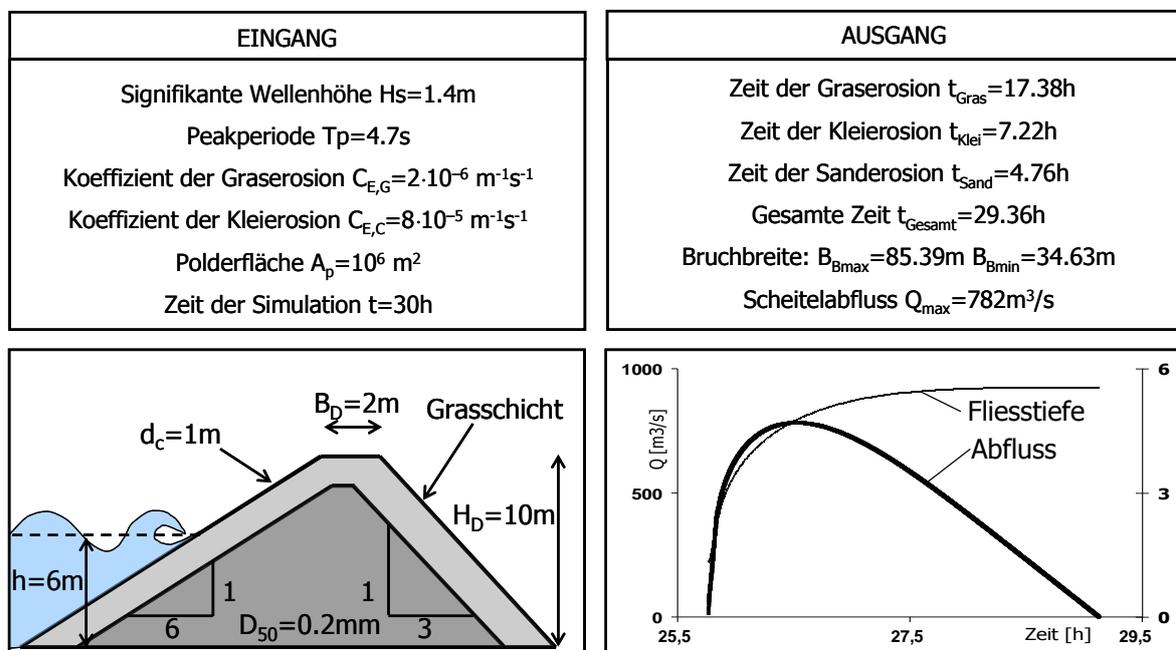


Abb.3: Eingangsparameter und Ergebnisse der Simulation

4 ZUSAMMENFASSUNG UND WEITERES VORGEHEN

Das in diesem Beitrag vorgestellte Modell stellt den ersten Teil des zweistufigen Systems für die Simulation des auf der Seeseite initiierten Deichbruches dar. Trotz der Einfachheit des Modells ist das erhaltene allgemeine Bild des Deichbruchvorganges als plausibel zu betrachten. Die Anzahl der Vereinfachungen des vorläufigen Modells wird während der Entwicklung des mehr prozessorientierten detaillierten Modells verringert. Das empirische hydrodynamische Modul wird dabei durch ein numerisches Volume-of-fluid Modell (VOF) ersetzt. Das detaillierte morphodynamische Modul, das zurzeit entwickelt wird, basiert auf einem separaten Verfahren für die Berechnung der Erosion infolge der Druckschläge und infolge des Wellenauflaufes und Wellenablaufes. Die Sprengwirkung von

Druckschlägen in wassergefüllten Spalten in der Kleischicht wird dabei als einer der Hauptgründe des Versagens betrachtet.

5 SCHRIFTUM

D'Eliso, C., Oumeraci, H. und Kortenhaus, A.: Breaching of coastal dikes induced by wave overtopping. Proceedings of 30th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, 2006

Stanczak, G., Oumeraci, H. und Kortenhaus, A.: Breaching of coastal dikes initiated by breaking wave impact on the seaward slope. Proceedings of 30th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, 2006