

19. KFKI-Seminar, 11.11.2014, DSM Bremerhaven

Abstract

HoRisK - Versagen und Konsequenzen des Versagens von Küstenschutzbauwerken in Mecklenburg-Vorpommern

M.Sc. Angelika Gruhn, Dipl.-Ing. Dörte Salecker, Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle
Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Wasserbau

Entlang der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns sind Hochwasserschutzdünen typische Küsten- und Hochwasserschutzanlagen, die niedrig gelegene Küstengebiete vor Überflutungen schützen. Die Funktion von Hochwasserschutzdünen basiert auf der Umlagerung von Material im Hochwasserfall. D.h. die Dünen erodieren und das erodierte Material lagert sich im Küstenvorfeld ab. Die Menge des erodierten Materials hängt vom Wasserstand, von der Wellenbelastung sowie insbesondere auch von der Dauer eines Sturmereignisses ab und die Dünen werden gegen ein (seltenes) Bemessungsereignis bemessen. Ein Versagen von Hochwasserschutzdünen als Folge des Überschreitens des Bemessungsereignisses kann somit nicht komplett ausgeschlossen werden.

Im Folgenden liegt der Fokus auf dem Versagen von Dünen als Folge von Wellenangriff. Zur Beschreibung dieses Versagensmechanismus werden einerseits das semi-empirische Modell von Van Gent et.al. (2008), andererseits das prozessbasierte numerische Modell XBeach (Roelvink et.al. (2009)) angewendet. Das Dünenerosionsmodell von Van Gent et.al. (2008) basiert auf der Annahme eines Gleichgewichtsprofils, welches sich nach einer ausreichend langen Belastungsdauer der Düne einstellt. Dieser Dünenerosionsansatz berücksichtigt als Eingangsgrößen die Wellenhöhe, die Wellenperiode sowie die Sinkgeschwindigkeit des anstehenden Sedimentes. Der Sturmflutwasserstand wird als Eingangsgröße nur indirekt über die Lage des Erosionsprofils berücksichtigt. Das numerische Modell XBeach dient der Modellierung der morphodynamischen Entwicklung des Strandbereiches einschließlich der Dünen. Das Modell vereint mathematische Formulierungen zur Abbildung der Wellenausbreitung, des Sedimenttransportes sowie der Sohlentwicklung. Für eine detaillierte Beschreibung wird auf das Benutzerhandbuch verwiesen. Die Kalibrierung des Modells erfolgt exemplarisch auf der Grundlage von Daten aus dem Projektgebiet Markgrafenheide.

Beide Modelle wurden angewendet, um eine Einwirkungsversagensfunktionen abzuleiten. Die Ableitung basiert auf der Durchführung einer Zuverlässigkeitsanalyse für eine Vielzahl von Kombinationen von Eingangsgrößen. Hierfür ist eine Grenzzustandsgleichung zu definieren, die für die Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit herangezogen wird. Im vorliegenden Fall vergleicht die Grenzzustandsgleichung die Kronenbreite nach dem Sturmereignis mit einer minimal zulässigen Kronenbreite. Ein Versagen der Düne tritt ein wenn das Ergebnis der Grenzzustandsgleichung negativ wird. Für die statistische Bewertung wurde eine Monte Carlo Analyse durchgeführt. Im Ergebnis resultiert die Versagenswahrscheinlichkeit als relative Häufigkeit der Ereignisse mit negativem Ergebnis der Grenzzustandsgleichung. Die hydrodynamischen Eingangsparameter werden mit Hilfe bivariater statistischer Analysen von gemessenen Wasserständen und Seegangbedingungen abgeleitet. Für eine detaillierte Beschreibung der Methodik wird auf das Arbeitspaket 2 – Belastungen des Projektes HoRisK verwiesen.

Abb. 1 und Abb. 2 zeigen die Einwirkungsversagensfunktionen, die mit Hilfe der beiden Dünenerosionsmodelle abgeleitet wurden. Form und Verlauf der Einwirkungsversagensfunktionen sind grundsätzlich vergleichbar. Auffallend ist jedoch, dass der Bereich der versagensrelevanten Wasserstände verschoben ist. Mit dem Dünenerosionsmodell von van Gent et.al. (2008) ergibt sich ein sehr schmaler Wasserstandsbereich, der zum Versagen der Düne führt. Unter Anwendung des numerischen Modells ist dieser Bereich breiter, was als realistischer erachtet wird. Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse ist die unterschiedliche Abbildung der physikalischen Prozesse des Dünenerosionsprozesses in den jeweiligen Modellen. Aufgrund der detaillierteren Abbildung dieser Prozesse im numerischen Modell, sollte dieses für die Ableitung von Einwirkungsversagensfunktionen herangezogen werden.

19. KFKI-Seminar, 11.11.2014, DSM Bremerhaven

Abstract

HoRisk - Versagen und Konsequenzen des Versagens von Küstenschutzbauwerken in Mecklenburg-Vorpommern

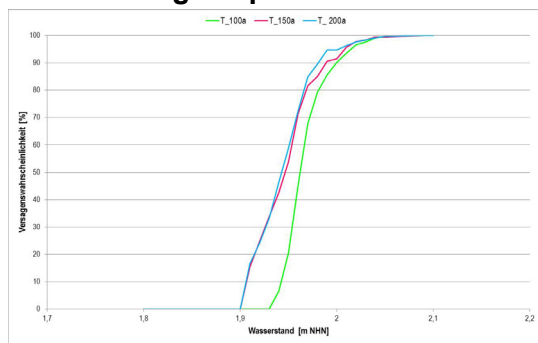


Abb.1: Versagenseinwirkungsfunktionen für die Belastungsgröße Wasserstand auf Grundlage des Dünenerosionsmodells von VAN GENT et.al. (2008)

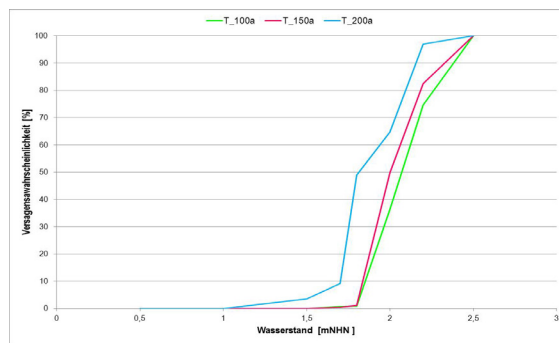


Abb.2: Versagenseinwirkungsfunktionen für die Belastungsgröße Wasserstand auf Grundlage des Dünenerosionsmodells von XBeach

In dem Fall eines Versagens der Hochwasserschutzanlagen aufgrund eines Sturmflutereignisses, wird das dahinterliegende geschützte Bereich überflutet. Es sind Schäden an Wohnbebauung, Industrie und Gewerbe zu erwarten. Das Ausmaß der Schäden wird durch die Größen Einstauhöhe, Strömungsgeschwindigkeit und Verweildauer der Überflutung.

In Vorhaben wurden systematische Sensitivitätsuntersuchungen mit dem numerischen Modell Mike 21 durchgeführt, um Abhängigkeiten zwischen bauwerklichen und hydrodynamischen Parametern, die relevant für die Schadensberechnungen sind, herzustellen. Es wurde der Einfluss der Breschenbreite, Breschenlokation, Versagensdauer, Wiederkehrintervall und Sturmflutfülle auf die oben genannten Parameter untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Breschenbreite, die Sturmflutfülle sowie das Wiederkehrintervall des Sturmereignisses signifikante Einflüsse auf das Überflutungsgeschehen insbesondere die Einstauhöhen haben. In einem zweiten Untersuchungsschritt wurden die Ergebnisse aus den Sensitivitätsuntersuchungen auf das Projektgebiet Markgrafenheide angewendet. Abb. 3 und Abb. 4 zeigen exemplarisch die maximale Überflutungsfläche wie sie sich durch eine 100 m und 50 m breite Bresche einstellt. Es ist zu erkennen, dass eine breitere Bresche erwartungsgemäß eine größere Überflutungsfläche zur Folge hat.

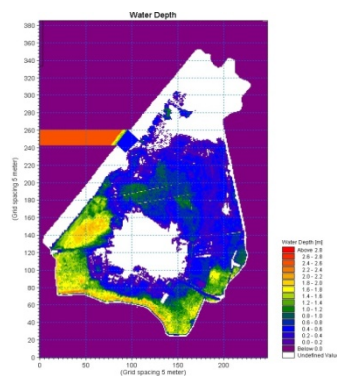


Abb. 3: maximale Überflutungsfläche (685.450 m²) resultierend aus einer 100 m breiten Bresche

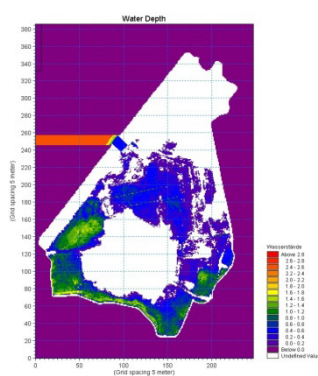


Abb. 4: maximale Überflutungsfläche (454.775 m²) resultierend aus einer 50 m breiten Bresche

Abb. 5 und Abb. 6 zeigen die maximalen Überflutungsflächen wie sie sich nach unterschiedlichen Zeitpunkten des Versagensbeginns (zum Sturmflutscheitel und vier Stunden nach dem Sturmflutscheitel).

19. KFKI-Seminar, 11.11.2014, DSM Bremerhaven

Abstract

HoRisK - Versagen und Konsequenzen des Versagens von Küstenschutzbauwerken in Mecklenburg-Vorpommern

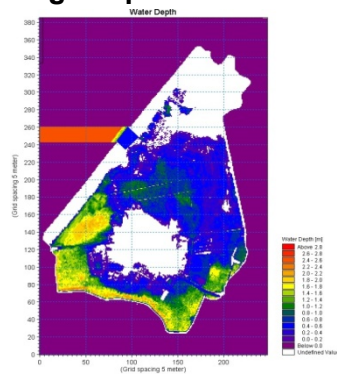


Abb. 5: maximale Überflutungsfläche (685.450 m²) resultierend aus einem Versagensbeginn mit Eintreten des Sturmflutscheitels

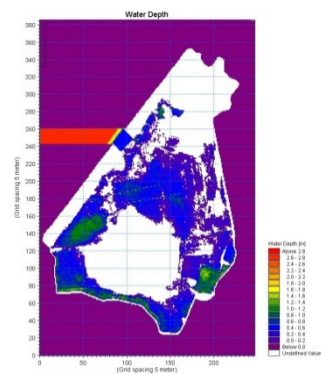


Abb. 6: maximale Überflutungsfläche (488.275 m²) resultierend aus einem Versagensbeginn 4h nach Eintreten des Sturmflutscheitels

Schrifttum:

Roelvink, D. et.al. (2009)	Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands, Coastal Engineering, Vol. 56, S. 1133 - 1152
Van Gent, M.R.A. et.al. (2008)	Large-scale dune erosion tests to study the influence of wave periods, Coastal Engineering, Vol. 55, S. 1041 - 1051