

GIS-unterstützte Risikoanalyse

Mai, S. von Lieberman, N.

Die Risikoanalyse gewinnt zunehmend an Bedeutung im Küsteningenieurwesen (ZIMMERMANN & MAI, 1998/ HOFSTEDÉ & PROBST, 1999). Zur Darstellung des Vorgehens und der Ergebnisse einer Risikoanalyse eignen sich insbesondere Geographische Informationssysteme (GIS). Diese bieten für den Benutzer die Möglichkeit, verschiedene, im Rahmen der Risikoanalyse gewonnene Datensätze interaktiv zu verknüpfen. Exemplarisch für die Küstenregion Butjadingen – Bremerhaven – Land Wursten (s. Abb. 1) wird im Folgenden eine Implementierung der Risikoanalyse in das am Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen vorhandene Bauwerks- und Seegangsinformationssystem BaSIS dargestellt. Dieses GIS wurde unter Verwendung des Programmsystems ARC/VIEW erstellt, dessen Funktionsumfang mit Hilfe der Programmiersprache AVENUE erweitert wurde.

Methode der Risikoanalyse

Risiko bezeichnet das Produkt aus

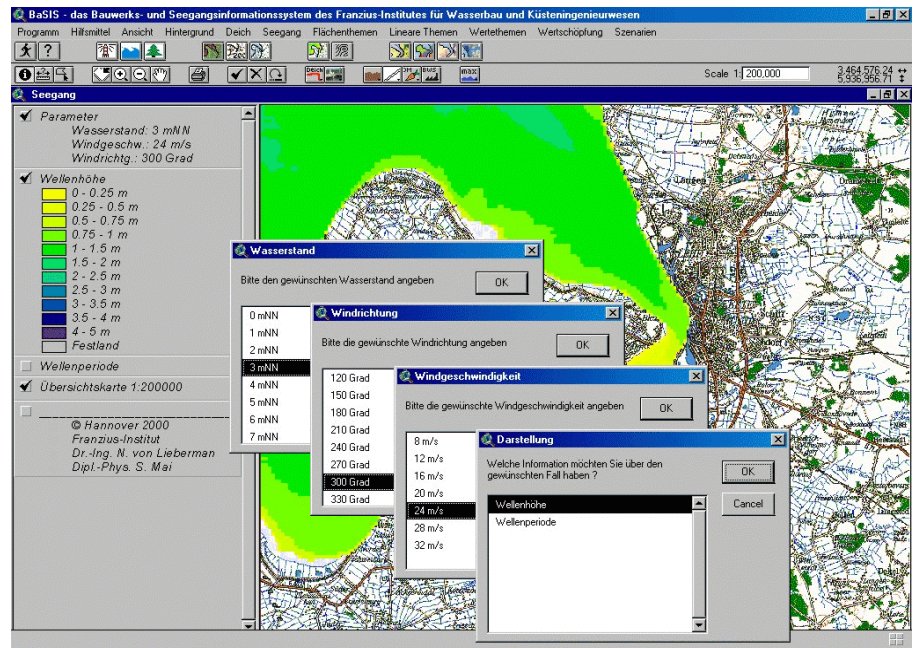


Abb. 2: Seegang im Untersuchungsgebiet

Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und den zu erwartenden Folgeschäden (PROBST, 1994). Die Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit von Küstenschutzsystemen erfordert zunächst eine Darstellung der Belastungssituation sowie der Belastbarkeit. Für den Hauptdeich als Hauptschutzelement des Projektgebiets Butjadingen – Bremerhaven – Land Wursten ist der wesentliche Versagensmechanismus der Wellenüberlauf (CUR, 1990). Dies hat sich auch bei vergangenen

Sturmfluten gezeigt (AUSSCHUSS FÜR KÜSTENSCHUTZWERKE, 1993 / JORISSEN, 2000 / LAUSTRUP, 2000). Abbildung 1 stellt beispielhaft die Umsetzung des von VON LIEBERMAN und MAI (1999) erstellten Internet-basierten Bauwerksatlasses in das Geographische Informationssystem ARC/VIEW dar. Hier sind Informationen zum Küstenschutzsystem, wie technische Zeichnungen, Fotografien, Satellitenbilder, Bauwerkskenngrößen oder die Statistiken der Tidehoch- und Tideniedrigwasserstände der vorhandenen Pegel, implementiert.

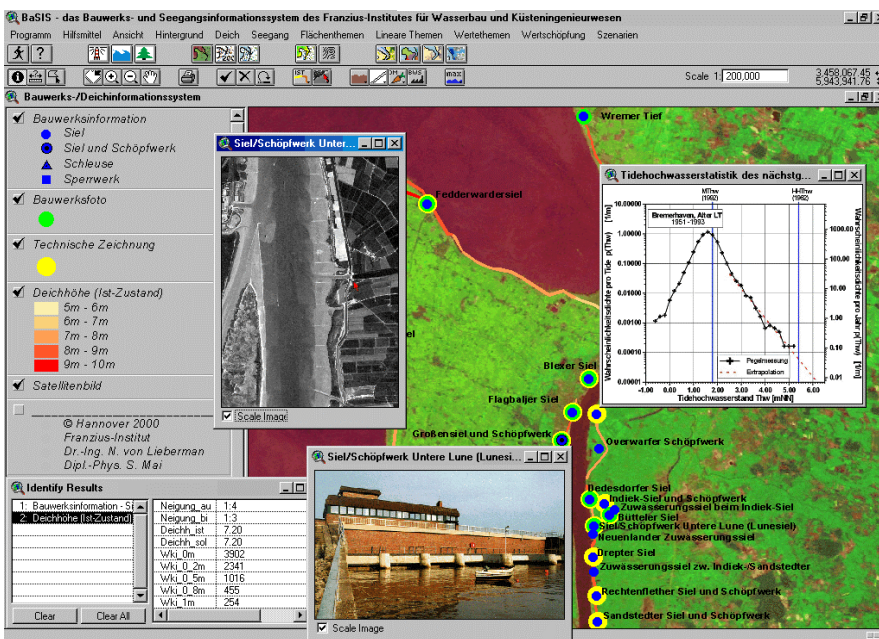


Abb. 1: Bauwerksinformationen: Fotografien, Satellitenbild und Statistik der Tidehochwasserstände eines ausgewählten Pegels

Wahrscheinlichkeit eines Wellenüberlaufs

Aus der Statistik der Tidehochwasserstände ergibt sich in Kombination mit der Seegangsstatistik am Deichfuß die Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs $p_{Z<0}$ (MAI & VON LIEBERMAN, 1999):

$$Z = h_D - Th_w - R_{98\%}$$

$$R_{98\%} = 0,75 \cdot \tilde{\alpha} \cdot \frac{1}{n_D} \cdot \sqrt{g \cdot H_S} \cdot T_m$$

$$\frac{1}{T_{Z<0}} = p_{Z<0} \int_0^{\infty} P_{Z(Z)} dZ$$

mit:

Z Zuverlässigkeit
 h_D Deichhöhe

- Thw Tidehochwasserstand
- $R_{98\%}$ Wellenauflauf
- γ dimensionsloser Parameter
- $1/n_D$ Deichneigung
- g Erdbeschleunigung
- H_s signifikante Wellenhöhe
- T_m mittlere Wellenperiode
- T Wiederkehrintervall
- $p_{Z<0}$ Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs

Die Seegangstatistik folgt aus der gemeinsamen Statistik von Wasserstand und Wind. Dazu wird für verschiedene Kombinationen von Wasserstands- und Windbedingungen die Seegangsausbreitung im Untersuchungsgebiet mit Hilfe des numerischen Modells SWAN berechnet (MAI ET AL., 2000). Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Implementierung der Ergebnisse der Simulation in das Geographische Informationssystem. Daneben steht auch eine Internet-basierte Version zur Verfügung (MAI & ZIMMER-MANN, 2000). Beide Systeme bieten dem Nutzer eine einfache Möglichkeit, die Seegangparameter signifikante Wellenhöhe und mittlere Wellenperiode für verschiedene Randbedingungen abzurufen. BaSIS ermöglicht zudem, wie in Abbildung 1 dargestellt, die Abfrage der auf dieser Grundlage berechneten Wahrscheinlichkeiten des Wellenüberlaufs $p_{Z<0}$. Zur besseren Übersicht sind in Abbildung 3 für einen Küstenabschnitt Bremerhavens die Wiederkehrintervalle des Wellenüberlaufs am „Seedeich“, die dem Inversen der Versagenswahrscheinlichkeiten entsprechen, für den

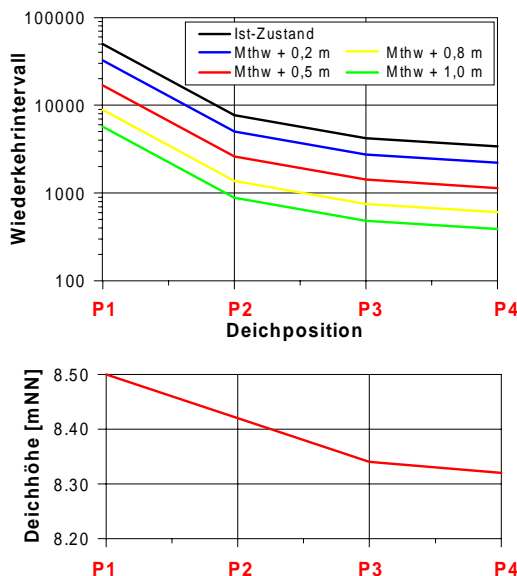
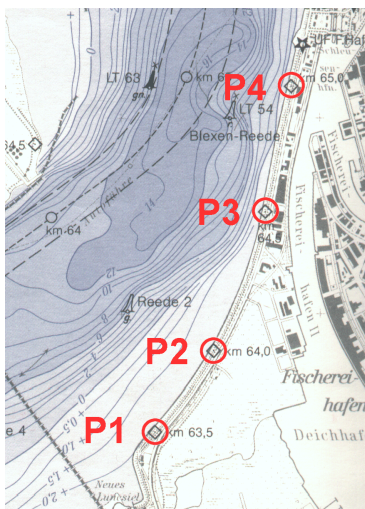


Abb. 3: Wiederkehrintervalle des Wellenüberlaufs am „Seedeich“, Bremerhaven

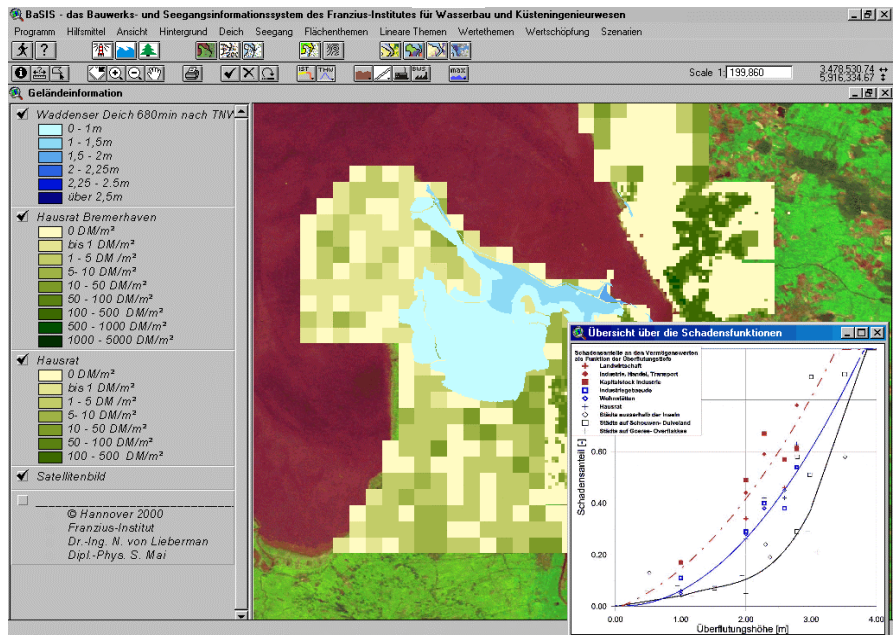


Abb. 4: Maximale Überflutungsfläche bei Deichbruch am Waddenser Siel, wassertiefenabhängiger Grad der Schädigung und Hausratvermögen

heutigen Zustand sowie für Szenarien eines klimawandelbedingt erhöhten Wasserstands dargestellt.

Folgeschäden durch Überflutung

Eine Folge möglichen Deichversagens ist die Überflutung des Hinterlandes. Die Eingrenzung der Überflutungsflächen kann dabei statisch, d.h. durch die Identifikation der unter Sturmflutwasserstand liegenden Flächen im Hinterland (STERR, 1996), oder dynamisch, d.h. mit Hilfe numerischer Simulationen (VON LIEBERMAN & MAI, 2000a),

erfolgen. Das Geographische Informationssystem stellt beispielhaft den zeitlichen Ablauf solcher Überflutungsvorgänge in Form von Videoanimationen dar. Abbildung 4 zeigt die daraus abgeleitete maximale Überflutungshöhe bei einem Deichversagen in der Nähe des Waddenser Siels. Aus den maximalen Überflutungswasserständen leitet sich mittels einer auf Grundlage historischer Überflutungsereignisse gewonnenen Übertragungsfunktion der Grad der Schädigung ab. Abbildung 4 zeigt diesen funktionalen Zusammenhang.

Risikozonierung

Das Produkt von Schädigungsgrad und Vermögenswerten im Überflutungsgebiet ergibt den Schaden. In Abbildung 5 ist für ein Versagen des Küstenschutzsystems am Geestesperrwerk in Bremerhaven der Folgeschaden an Gebäuden ausgewiesen.

Darauf aufbauend ist eine Zonierung des Risikos als Produkt aus Versagenswahrscheinlichkeit und Folgeschaden mit dem BaSIS möglich. Abbildung 6 zeigt eine solche Zonierung für Wohngebiete der Innenstadt Bremerhavens. Das Gesamtrisiko ergibt sich durch Integration aus der Zonierung des Risikos und ist, wie der Gesamtfolgeschaden, im BaSIS abrufbar.

Funktionalitäten von BaSIS

Abbildung 7 gibt eine Übersicht über alle Funktionalitäten des Geographischen Informationssystems BaSIS. Neben den genannten Funktionen sind außerdem Informationen zu Infrastruktur (Kreis-, Landes-, Bundesstraßen, Bahnstrecken, Hochspannungsleitungen über 100 kV und Wasserstraßen) und Flächennutzung (Ackerland, Wiesen, Wälder, Grünflächen, Gewerbe- und Wohnbauflächen) enthalten. Diese wurden unter Nutzung amtlicher Statistiken in Vermögenswerte umgerechnet. Dabei wird zwischen Wohnvermögen, Hausrat, KFZ-Vermögen, Bruttoanlagevermögen und den Werten der Infrastruktur unterschieden. Außerdem wird die Bruttowertschöpfung im Untersuchungsgebiet ausgewiesen. Hier wird zwischen einem eher makroskali- gen *top down*- und einem eher mikro-

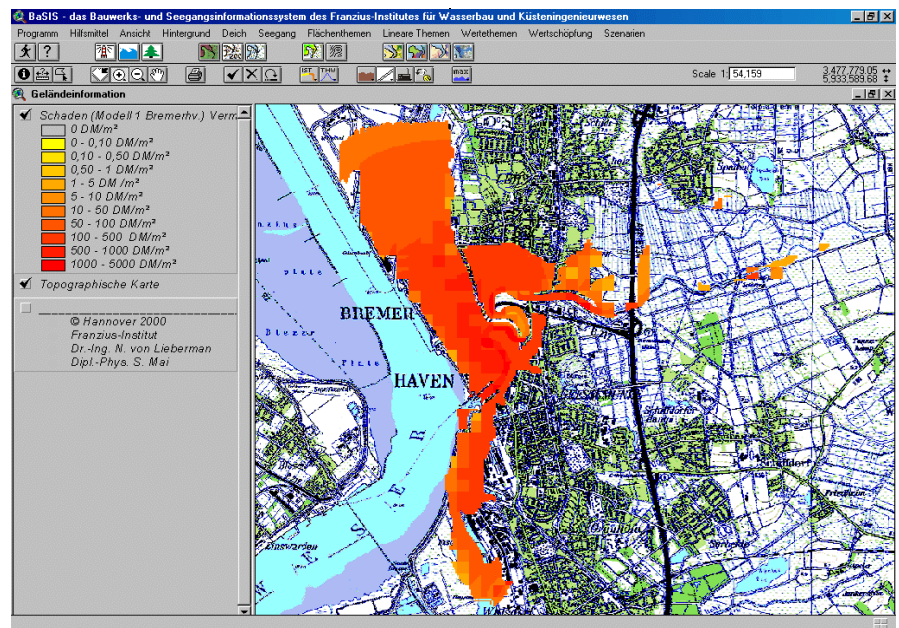


Abb. 5: Schäden an Gebäuden bei Versagen des Küstenschutzsystems am Geestesperrwerk

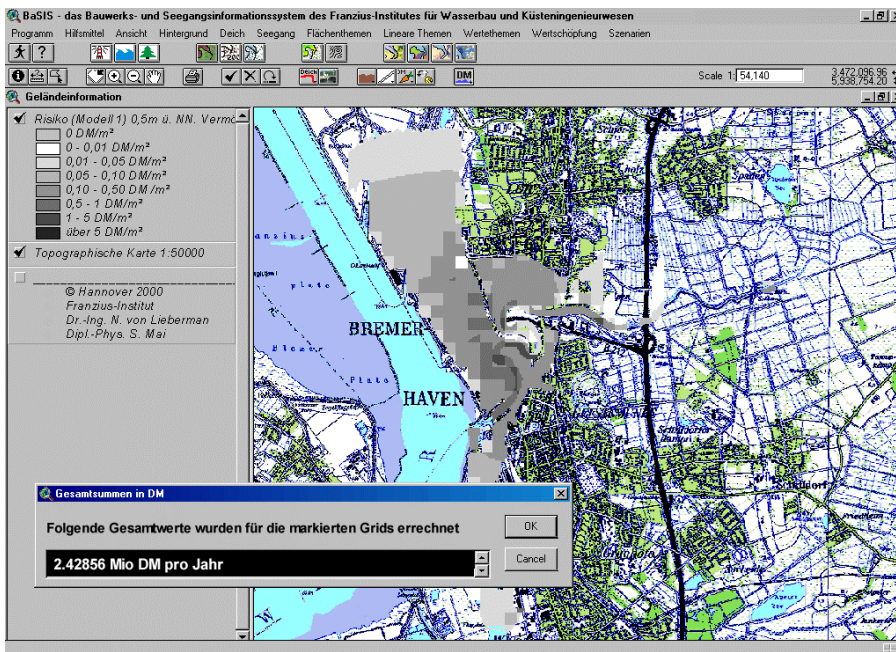


Abb. 6: Zonierung des Risikos für den Gebäudebestand und Abfrage des Gesamtschadens

skaligen *bottom up*-Ansatz unterschieden (VON LIEBERMAN & MAI, 2000a).

Sämtliche Informationen sind bedienerfreundlich über Aktionsfelder (*buttons*) abrufbar, was eine Implementierung in das Programmsystem ARC/VIEW unter Nutzung der Programmiersprache AVENUE erforderte.

Zur Zeit wird das BaSIS um die Regionen Wanger Land/Wilhelmshaven und die Unterweserregion ergänzt.

Schrifttum

AUSSCHUSS FÜR KÜSTENSCHUTZWERKE (1993): Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken, EAK. Die Küste, H. 55.

CENTRE FOR CIVIL ENGINEERING RESEARCH AND CODES (CUR, 1990): Probabilistic Design of Flood Defences, Technical Advisory Com-

mittee on Water Defences (TAW), Report 141.

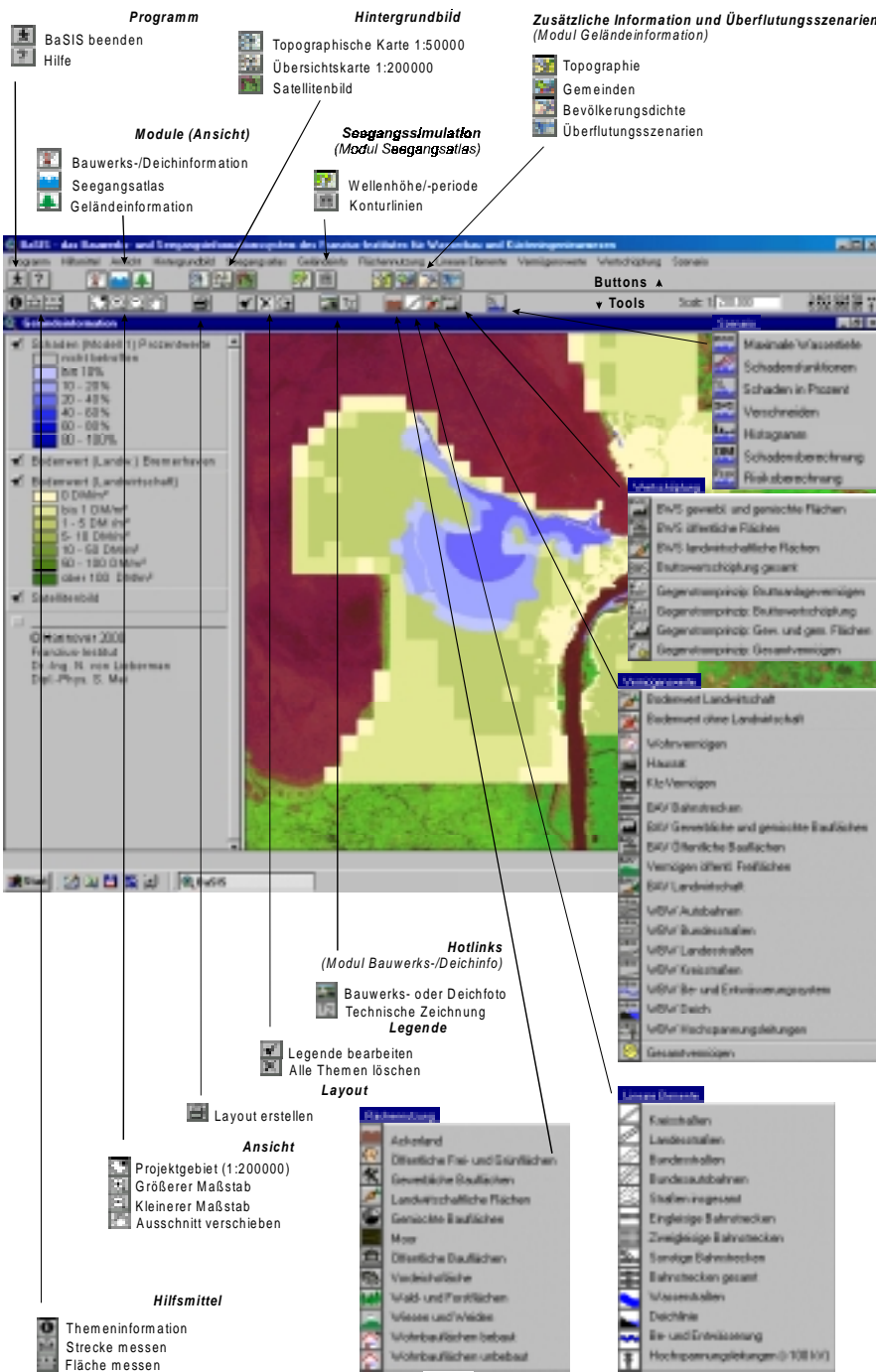
HOFSTEDÉ, J.L.A. & B. PROBST (1999): Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein. Hansa, H. 11.

JORISSEN, R.E. (2000): Coastal Flood-Risk Management in the Netherlands. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, H. 85.

LAUSTRUP, C. (2000): Probabilistic Design for Coastal Defence in Denmark. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, H. 85.

VON LIEBERMAN, N. & S. MAI (1999): Sturmflutschutz des Natur- und Wirtschaftsraumes zwischen Jade und Weser - eine Beurteilung der Deichsicherheit. Tagungsband der 16. Jahrestagung des Arbeitskreis Meere und Küsten (AMK), Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung.

VON LIEBERMAN, N. & S. MAI (2000a): Risikopotenziale für Nutzflächen und Infrastruktur. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und



MAI, S., N. VON LIEBERMAN, T. FITTSCHEN & K. BARTELS (2000): Seegang in der Weser vor Bremerhaven. Hansa, H. 9.

PROBST, B. (1995): Überlegungen für einen Küstenschutz der Zukunft. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 75.

STERR, H. (1996): Zur Frage eines – antropogen bedingten - Meeresspiegelanstiegs und dessen möglicher Konsequenzen. Beiträge zur Geographie der Meere und Küsten. Hannoversche Geographische Arbeiten, Band 52

ZIMMERMANN, C. & S. MAI (1998): Analyse von Küstenschutzsystemen unter Risikoaspekten. Hansa, H. 6.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Phys. Stephan Mai
 Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen
 Nienburger Straße 4
 30167 Hannover
 Tel. 0511 – 762 4295
 Fax 0511 – 762 4002
 e-mail smai@fi.uni-hannover.de

Dr.-Ing. Nicole von Lieberman
 Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen
 Nienburger Straße 4
 30167 Hannover
 Tel. 0511 – 762 2574
 Fax 0511 – 762 4002
 e-mail nicole@fi.uni-hannover.de

Abb. 7: Übersicht über die Funktionalitäten von BaSIS (VON LIEBERMAN & MAI, 2000b)

Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, H. 85.
 VON LIEBERMAN, N. & S. MAI (2000b): Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung. Tagungsband zur 3. Tagung „Geowissenschaften und Küstenschutz“, 9.-11.10.2000, Greifswald.
 MAI, S. & N. VON LIEBERMAN (1999): Untersuchungen zum Risikopotential einer Küstenre-

gion. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 83.
 MAI, S. & C. ZIMMERMANN (2000): Konzepte und Techniken im Küstenschutz im Land Niedersachsen unter geänderten Klimabedingungen. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, H. 84.