

# Sturmflutrisiko im Küstenraum – ein Entscheidungskriterium in der Raumplanung

Nicole von Lieberman, Stephan Mai  
(Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen,  
Universität Hannover)

## Zusammenfassung

Die Raumplanung für das Küstengebiet stellt einen wesentlichen Bestandteil des sogenannten *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* dar. Ihre Festlegungen definieren nicht nur die möglichen Nutzungen, sondern auch die zukünftig notwendige Unterhaltung, speziell der Küstenschutzanlagen. Dennoch findet der Küstenschutz in der aktuellen Raumplanung nahezu keine Berücksichtigung, auch das tidebeeinflusste Gebiet vor den Küstenschutzanlagen ist zur Zeit nicht Bestandteil der Raumplanung. Letzteres stellt insbesondere bei den zunehmenden Nutzungsinteressen für den Offshore-Bereich, speziell für die Anlage von Windparks, ein Problem dar. Die Beplanung des küstennahen Festlands ist eine integrative Aufgabe unter Beteiligung der Fachdisziplinen Wirtschaftswissenschaften, Soziologie, Rechtswissenschaften, Biologie/Ökologie und Küsteningenieurwesen. Die Grundlagen dieser interdisziplinären Planung werden seit 1997 in den BMBF-Projekten „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU, 1997 – 2000), „Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung“ (RISIKO, 1998 – 2000) und „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Küste“ (KRIM, 2001 – 2004) am Beispiel der Küstenregion zwischen Jade und Weser erarbeitet. Als geeigneter Bewertungsmaßstab zur Interessenabwägung wird die Risikoanalyse eingeführt. Hier werden durch das Küsteningenieurwesen die bei Sturmflut gefährdeten (Überflutungs-)Flächen hinter den Deichen sowie die Belastung der Flächen vor den Deichen ausgewiesen. Für diese Flächen wird einerseits von Seiten der Wirtschaftswissenschaften eine monetäre Bewertung resultierender Sachschäden, andererseits von Seiten der Biologen eine Bewertung möglicher Schäden an hoch sensiblen Naturflächen, wie Salzwiesen (Vorland) und Mooren (im Hinterland), vorgenommen. Die Rückwirkung dieser Schäden auf die Gesellschaft, wie z. B. die Berücksichtigung bei Standortentscheidungen der Industrie bzw. bei der Ausweisung von Wohngebieten, wird durch Soziologen untersucht. Die Einbettung der Untersuchungsergebnisse in die Risikoanalyse eröffnet die Möglichkeit, mögliche Konsequenzen von Klimaänderungen und dem damit einher gehenden Wasserstandsanstieg abzuleiten. Sie stellt damit die Grundlage eines zukünftigen Katastrophenmanagements dar. Als integratives Werkzeug für ein Küstenzonen- und Katastrophenmanagement wurde in den o. g. Projekten das Geographische Informationssystem BASIS erarbeitet, welches derzeit zu einem sogenannten Entscheidungshilfesystem (*Decision Support System*) weiterentwickelt wird.

## Abstract

Urban and regional planning for the coastal zone is an essential part of an Integrated Coastal Zone Management (ICZM). Its regulations do not only define possible areas for certain land uses, but they also prescribe the necessary maintenance of the coastal defences. Nevertheless coastal protection is not implemented into today's regional planning of coastal zones. Besides that the part of the coastal zone affected by tides is not part of the regional planning. This is a problem especially because the offshore zone is now focused by economy, e. g. for offshore wind farms. Future planning within the coastal zone has to take into account several disciplines, like economics, sociology, biology/ecology and coastal engineering. The basis for an interdisciplinary planning have been developed within the research projects "Assessment of Climate Change Impact on the Weser Estuary Region" (KLIMU, 1997

– 2000), „Risk of a Coastal Region due to Climate Change“ (RISIKO, 1998 – 2000) and “Climate Change Impact and Preventive Risk- and Coastal Protection Management at the German North Sea Coast” (KRIM, 2001 - 2004) for the coastal region between the estuaries Jade and Weser since 1997. As an applicable measure for the consideration of different demands the risk analysis is introduced, allowing also the analysis of the impact of climate change on coastal zones. Within this framework of the risk analysis the hinterland endangered by inundation in case of storm surges but also the load on areas directly affected by tides, e. g. salt marshes and tidal flats, is the coastal engineering aspect focused in this paper, while the monetary evaluation of the property damage in case of inundation is the economic input. Besides that the biological as well as the sociological impact has to be taken into account. As an integrated tool for Coastal Zone and Catastrophe Management the Geographic Information System BASIS was developed and will be extended to an decision support system.

## Risikoanalyse – ein Element der Raumplanung

Die Raumplanung in einem Küstengebiet ist durch die starke Unterscheidung des marinen (nicht vor Hochwasser geschützten) und des terrestrischen (vor Hochwasser geschützten) Gebiets gekennzeichnet, d. h. ein integriertes Küstenzonenmanagement ist zur Zeit noch nicht realisiert. Während für den marinen Teil derzeit erst der Planungsablauf, speziell seit dem Nutzungsinteresse für Offshore-Windenergieanlagen, entwickelt wird (Dahlke, 2001), findet für den terrestrischen Teil das übliche subsidiäre Vorgehen der Landesplanung mit den Teilen Regionalplanung, Bauleitplanung, Kommunale Bauleitplanung Anwendung, ohne dabei auf die regionalen Besonderheiten, z. B. die Sturmflutgefährdung, Rücksicht zu nehmen (Buchholz et al., 2001). Als Bestandteil eines späteren (für den marinen und den terrestrischen Bereich) integrierten Küstenzonenmanagements oder *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* ist daher eine Weiterentwicklung der bestehenden Raumplanung auch für den terrestrischen Bereich notwendig. So kann die Berücksichtigung der Überflutungsgefährdung infolge Sturmfluten, z. B. mit Hilfe der Methode der Risikoanalyse, erfolgen. Diese ermöglicht ein integriertes Management verschiedener Ansprüche an die Raumnutzung, wie z. B. Küstenschutz, Naturschutz, Ökonomie, Tourismus.

## Methode der Risikoanalyse im Küsteningenieurwesen

Die Grundlage der Risikoanalyse bildet die Definition des Begriffs Risiko. Während sie in den Sozialwissenschaften, aber auch der Biologie noch diskutiert wird, besteht im Küsteningenieurwesen folgender Konsens zum Risikobegriff (Plate, 2000):

$$\text{Risiko} = \begin{array}{l} \text{Versagenswahrscheinlichkeit} \\ \text{von Küstenschutzsystemen} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{l} \text{Folgeschaden} \\ \text{bei Überflutung des Hinterlands} \end{array} \quad (1)$$

$$\text{Folgeschaden} = \begin{array}{l} \text{Schadenpotenzial} \\ \text{im Hinterland (gesamt)} \end{array} \quad \times \quad \text{Schädigungsgrad} \quad (2)$$

Die Bestimmung der Versagenswahrscheinlichkeit stellt in diesem Zusammenhang ein rein naturwissenschaftlich-technisches Problem dar, während die Ermittlung des Folgeschadens neben der Berücksichtigung naturwissenschaftlich-technischer Aspekte, wie der Ausweisung der überfluteten Fläche, auch eine Integration sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Fragestellungen erfordert.

Bei der Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit eines Küstenschutzsystems sind die verschiedenen parallel angeordneten Schutzelemente, wie z. B. Deiche, Sturmflutsperrwerke, Siele und Schöpfwerke, zu berücksichtigen. Während für die punktuellen Schutzelemente, wie Sturmflutsperrwerke, eine Bestimmung der Versagenswahrscheinlichkeit aufgrund der technischen Komplexität eher schwierig ist, bestehen für den Deich als linienhaftem Schutzelement bereits veröffentlichte Berechnungsansätze (CUR, 1990). In diesen werden üblicherweise verschiedene Formen des Versagens unterschieden, z. B. Versagen durch Überströmen und/oder Wellenüberlauf, Versagen durch Schiffstoß, Versagen durch rückschreitende Erosion (siehe auch Kortenhaus und Oumeraci, 2001). Da vergangene Sturmfluten ausgewiesen haben, dass der Wellenüberlauf in der Regel einem Deichversagen vorausgeht (vgl. Abb. 1), kann dieser zur Zeit als maßgebender Mechanismus angesehen werden (von Lieberman und Mai, 2001). Dies hat den Vorteil, dass die mathematische Beschreibung dieses Versagensmechanismus, als Vergleich von Deichhöhe und der Summe von Wasserstand und Wellenaufwurf, vergleichsweise einfach ist (Mai und von Lieberman, 2000). Jedoch stehen auch für die statistische Analyse dieses Versagensmechanismus keine ausreichenden Zeitreihen von Wasserstands- und speziell Seegangsmessungen zur Verfügung. Daher wird die gemeinsame Statistik von Wasserstand und Seegang in der Regel aus der gemeinsamen Statistik von Wasserstand und Wind unter Zuhilfenahme numerischer Seegangmodelle abgeleitet (Mai und von Lieberman, 2000), was insbesondere die Berücksichtigung der vor dem Deich liegenden Schutzelemente, wie Lahnungen, Sommerdeiche und Vorländer, ermöglicht (Mai et al., 1997).



Abb. 1: Stufen eines Deichbruchs infolge Wellenüberlauf:  
Wellenüberlauf, Erosion der Binnenböschung und Deichbruch  
(Husum-Verlagsgesellschaft 1993, Kramer, 1997, Wieland, 1990)

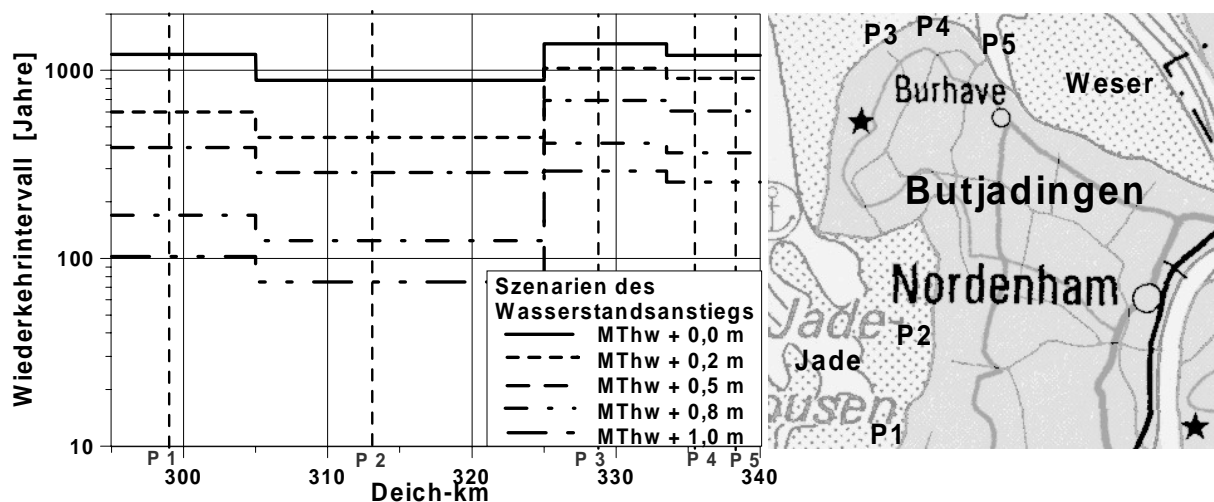


Abb. 2: Wiederkehrintervalle des Wellenüberlaufs an den Deichen Butjadingens





Während für die Sachwerte eine Bewertung, wenngleich zeitaufwendig, mit Hilfe auf Gemeinde-, Landes- und Bundesebene vorhandener Statistiken möglich ist (Kiese und Leineweber, 2001), erscheint die Bewertung ökologischer (Schuchardt und Schirmer, 1999) und soziologischer Schäden (Heinrichs und Peters, 2001) aus heutiger Sicht schwierig. Neben dem Problem der Werterhebung besteht zudem die Schwierigkeit, den Grad der Schädigung bei Überflutung infolge des Versagens der Küstenschutzanlagen zu bestimmen. Für Sachwerte erfolgt dies näherungsweise auf der Grundlage von Dokumentationen vergangener Sturmfluten. Abbildung 5, links, zeigt den funktionalen Zusammenhang zwischen der Überflutungshöhe und dem Schädigungsgrad anhand von Daten der Hollandsturmflut von 1953. Für das Binnenland existieren wegen der größeren Anzahl von Überflutungsereignissen umfangreichere Informationen, wie z. B. die HOWAS-Datenbank (Beyene, 1992), deren Übertragbarkeit auf den Küstenraum jedoch wegen der Salinität des Meerwassers erschwert wird. Mögliche Bewertungsansätze sind beispielsweise in Abbildung 5, rechts, dargestellt. Im Gegensatz zu den Sachwerten ist der Anteil der bei Überflutung körperlich betroffenen Bevölkerung stark abhängig von der vorhandenen Infrastruktur und der Qualität der Katastrophenvorsorge. Außerdem ist der Grad der indirekten Betroffenheit schwer zu beurteilen (Dombrowsky, 2001).

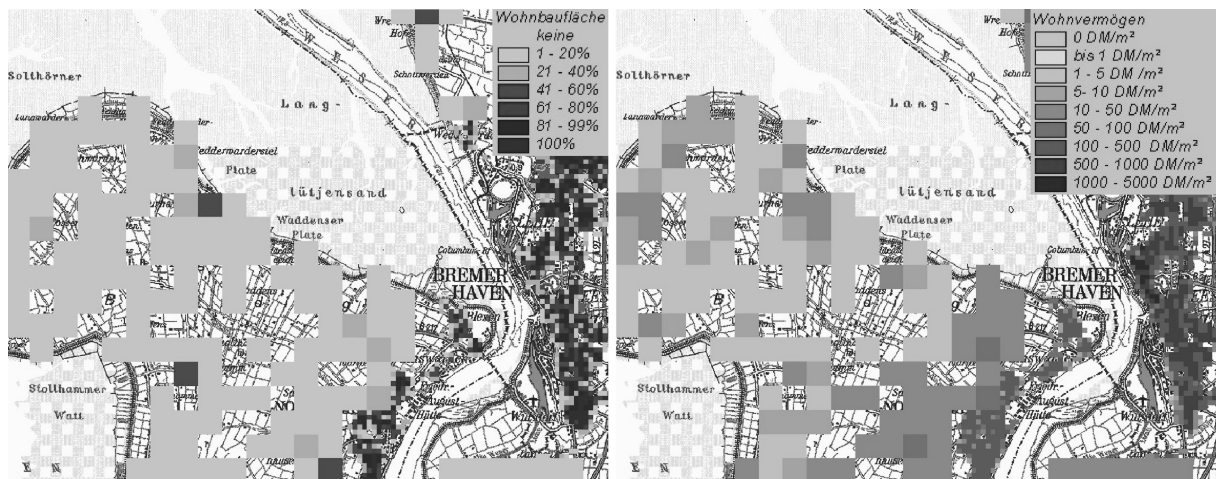


Abb. 4: Anteil der Wohnbebauung an der Gesamtnutzung des Raums Butjadingen und dessen Bewertung

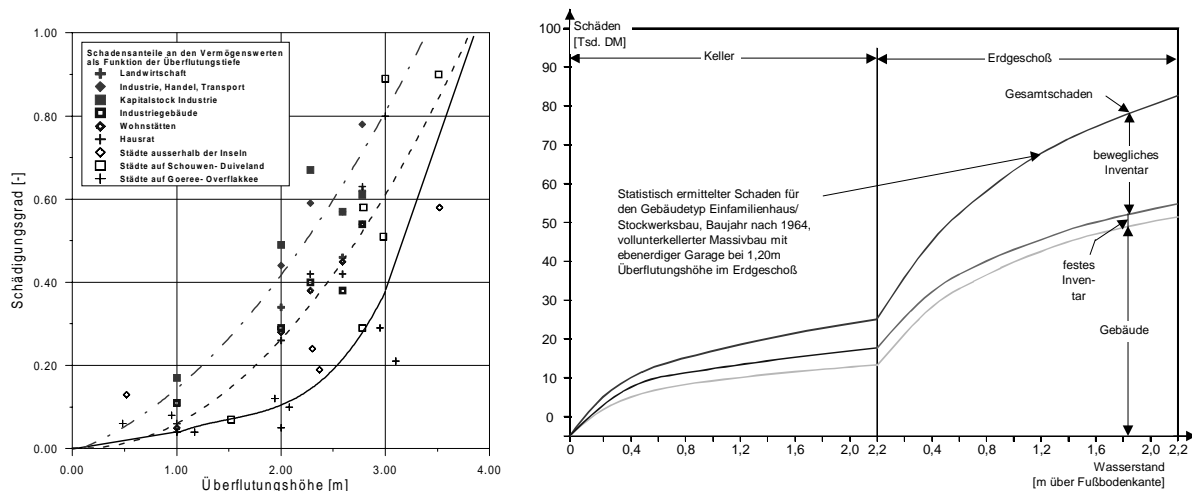


Abb. 5: Schädigungsgrade in Abhängigkeit von der Überflutungshöhe (CUR, 1990, Schmidtke, 1995)

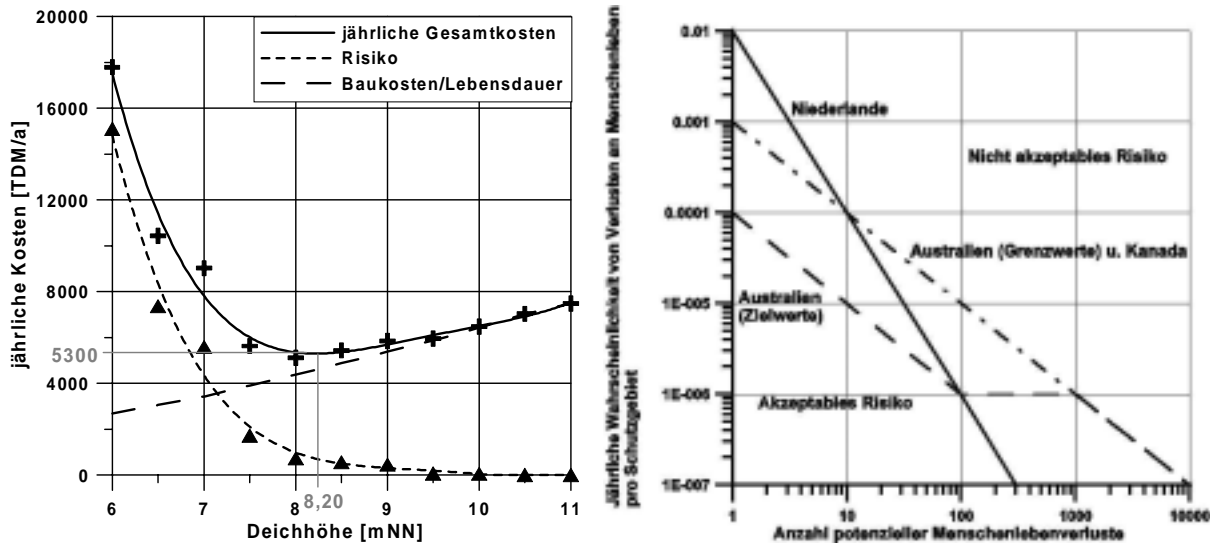


Abb. 6: Verfahren zur ökonomisch optimalen Festlegung der Deichhöhe am Beispiel Butjadingens (links), akzeptables Risiko von Verlusten an Menschenleben (nach: Göttle et al., 1999) (rechts)

Im Gegensatz zu den Sachwerten ist der Anteil der bei Überflutung körperlich betroffenen Bevölkerung stark abhängig von der vorhandenen Infrastruktur und der Qualität der Katastrophenvorsorge. Außerdem ist der Grad der indirekten Betroffenheit schwer zu beurteilen (Dombrowsky, 2001).

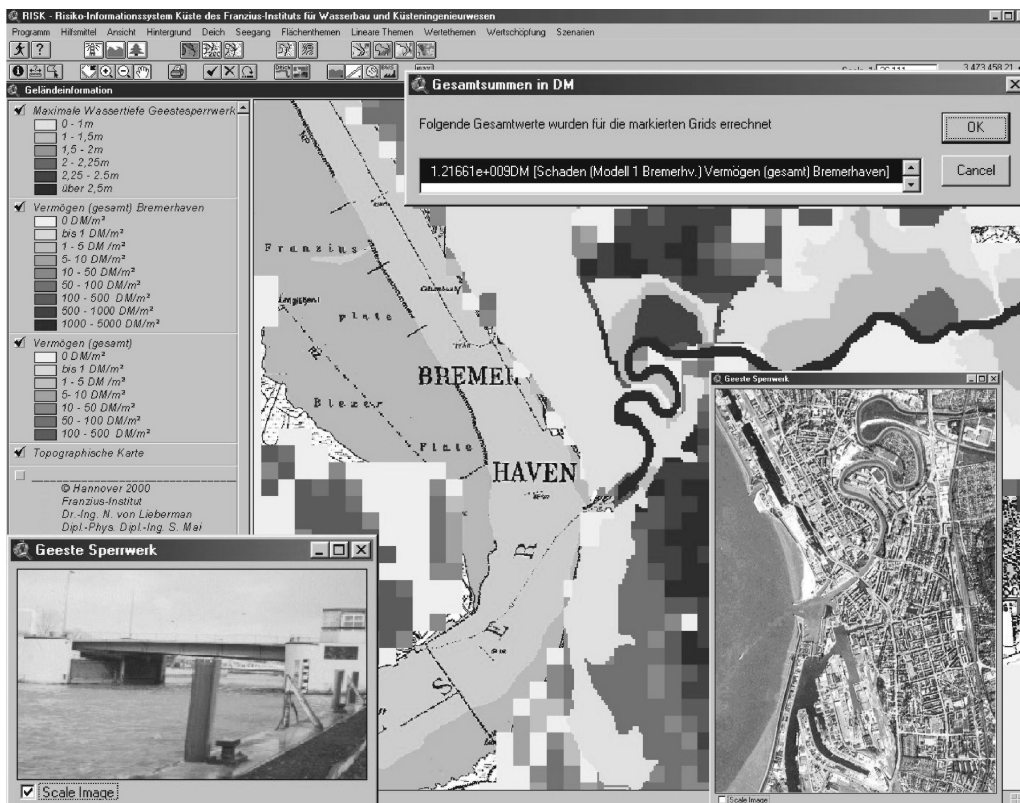


Abb. 7: RISK – ein GIS zur Integration verschiedener Fachdisziplinen (Mai und von Lieberman, 2001)

Ähnlich stellt sich die Problematik für die Beurteilung des akzeptablen Risikos dar. So zeigt Abbildung 6 (links) beispielhaft für die Deiche Bujadingens (siehe Abb. 2) die Festlegung des zu tolerierenden Risikos als ökonomisches Optimierungsproblem. Für Butjadingen ergibt sich ein zu tolerierendes Risiko von ca. 750 TDM/a. Die optimale Deichhöhe beträgt für diesen Fall 8,20 mNN, was etwas geringer ist als die im Generalplan festgelegte Deichhöhe von 8,50 mNN. Während für Sachwerte diese Optimierung allgemein akzeptiert wird, ist ein derartiges Vorgehen bei der Festlegung der noch tolerierbaren Verluste an Menschenleben nicht akzeptabel. Ein Ansatz der Festlegung des akzeptablen Risikos für den Verlust von Menschenleben findet sich bei Nielson und Hatford (1994) oder Göttle et al. (1999), welche die tolerierbare Zahl von Verlusten an Menschenleben als Funktion des Wiederkehrintervalls eines Katastrophenereignisses aus Befragungen ermittelt haben (Abb. 6, rechts).

Zur Integration der fachspezifischen Auffassungen zum Risiko eignen sich Geographische Informationssysteme (GIS). Diese bieten die Möglichkeit einer übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse für Planer und Entscheidungsträger und ermöglichen die Verknüpfung der Ergebnisse der verschiedenen Fachdisziplinen. Als ein Beispiel für ein zur Integration genutztes Geographisches Informationssystem wurde das Risikoinformationssystem Küste (RISK, Abb. 7) im Rahmen der Projekte KLIMU, RISIKO und KRIM entwickelt (Mai und von Lieberman, 2001). Zur Integration der Küstenschutzplanung und der Raumplanung wird dieses zur Zeit zu einem *Decision Support System* (DSS) weiterentwickelt, welches dem Nutzer bei Vorgabe der Nutzungsansprüche im Hinterland Hinweise zur optimalen Ausgestaltung des Küstenschutzes liefert.

## Schlussfolgerung und Ausblick

Mit dem Risikoinformationssystem Küste (RISK) wurde für den Küstenbereich zwischen Wilhelmshaven und Bremerhaven ein Instrument entwickelt, welches die Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Reduktion des Sturmflutrisikos im Küstenraum ermöglicht. Entgegen der bislang üblichen Bemessungspraxis für Küstenschutzanlagen werden hier erstmals Belastung und Widerstand der Bauwerke als auch das Schadenpotenzial im Hinterland im Fall eines Versagens des Schutzsystems berücksichtigt und in der Risikoanalyse vereint. So liefert das RISK einen Beitrag für ein zukünftiges Integriertes Küstenzonenmanagement als Bestandteil der Raumplanung, welches Entscheidern und Planern erlaubt, sowohl den marinen als auch den terrestrischen Bereich des Küstenraums in die Planung einzubinden. In der Weiterentwicklung werden in das RISK auch Aspekte der Ökologie und der Sozialwissenschaften einfließen, so dass auch deren Ansprüche an die Raumordnung Berücksichtigung finden können.

## Literatur

- M. Beyene, 1992: Ein Informationssystem für die für die Abschätzung von Hochwasserschadenspotenzialen, Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft der RWTH Aachen, H. 88.
- H. Buchholz, Autsch, J.-F., Bartels, K., Dahlke, C., Liebreuz, F., Rischmüller, F., Schenk, P.-F., Sternert, T., 2001: „Neue Aufgaben in den deutschen Küstenzonen – Gedanken über eine Weiterentwicklung der öffentlichen Verwaltung und räumlichen Planung an Nordsee und Ostsee“, Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Landesarbeitsgemeinschaft Bremen/Hamburg/Niedersachsen/Schleswig-Holstein.
- Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR), 1990: “Probabilistic Design of Flood Defences”, Technical Advisory Committee on Water Defences (TAW), Report 141.

- C. Dahlke, 2001: „Stand der Planungen und der Genehmigungsverfahren von Offshore-Windenergieanlagen“, Proceedings zum 3. FZK-Kolloquium „Planung und Auslegung von Anlagen im Küstenraum“, Hannover (im Druck).
- W.R. Dombrowsky, 2001: „Katastrophenmanagement – Situation und Defizite“, Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft der RWTH Aachen (im Druck).
- A. Göttle, Deindl, K., Rothmeier, F., 1999: „Ausweisung von Überschwemmungsgebieten in Bayern“, Internationales Symposium „Extreme Naturereignisse und Wasserwirtschaft – Niederschlag und Abfluß“, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, H. 5.
- H. Heinrichs, Peters, H.-P., 2001: „Entwicklung von Vorstellungen zu Klimawandel und Naturkatastrophen und der Öffentlichkeit – Konzeptionelle und methodische Überlegungen“, Tagungsband zum Zweiten Forum Katastrophenvorsorge, Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge, Leipzig (dieser Tagungsband).
- Husum-Verlagsgesellschaft (Hrsg.), 1993: „Die großen Sturmfluten seit 1962 an der schleswig-holsteinischen Westküste“, Husum-Dr.- und Verl.-Ges., 5. Aufl.
- M. Kiese, Leineweber, B., 2001: „Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung – ökonomische Bewertung und räumliche Modellierung des Schadenspotenzials in der Unterweserregion“, Geographische Arbeitsmaterialien, H. 24, Hannover.
- H.-B. Kleeberg, 2001: „Zur Hochwasser-Risikozonierung der deutschen Versicherungswirtschaft“, Tagungsband der Nürnberger Wasserwirtschaftstage am 9. und 10. Mai 2001, Nürnberg, S. 39-50.
- A. Kortenhaus, Oumeraci, H., 2001: „Risikobasierte Bemessung von Hochwasserschutzwerken im Küstenraum: Konzepte, Probleme und Herausforderungen“, Tagungsband zum Zweiten Forum Katastrophenvorsorge, Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge, Leipzig.
- J. Kramer, 1967: „Sturmflut 1962 – Sturmfluten und Küstenschutz zwischen Ems und Weser“, Arbeitsgemeinschaft der Sparkassen Ostfrieslands und Oldenburg (Hrsg.), Norden.
- N. von Lieberman, Mai, S., 2001: „Elemente der Risikoanalyse im Küstenraum“, Proceedings zum 31. Internationalen Wasserbau-Symposium Aachen (IWASA).
- S. Mai, Schwarze, H., Zimmermann, C., 1997: „Safety Variation of Coastal Defense Systems“, Proceedings of the 2nd Indian National Conference on Harbour and Ocean Engineering (INCHOE), Thiruvananthapuram, India, S. 1226-1235.
- S. Mai, von Lieberman, N., 2000: „Belastung der Seedeiche durch Wasserstände und Wellen“, Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, H. 85, S. 27-38.
- S. Mai, von Lieberman, N., 2001: „RiSK – Risikoinformationssystem Küste“, Jahrbuch der Hafentechnischen Gesellschaft (im Druck).
- N.M. Nielson, Hatford, D.N.D., 1994: „Risk Analysis as an Aid to Engineering Judgement in Dam Safety Evaluations“, Proceedings of the 1994 Annual Conference of the Association of Dam Safety Officials, Boston, M.A.
- E.J. Plate, 2000: „Risikoanalyse im Hochwasser- und Küstenschutz“, Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, H. 85, S. 1-13.
- R.F. Schmidtke, 1995: „Sozio-ökonomische Schäden von Hochwasserkatastrophen“, Darmstädter Wasserbau-Mitteilungen, H. 40.
- B. Schuchardt, Schirmer, M., 1999: „Zu den Wechselwirkungen zwischen Naturraum und Gesellschaft in der Unterweserregion“, In: M. Schirmer, Schuchardt, B. (Hrsg.): „Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum. Eine querschnittsorientierte Zustandserfassung“, Bremer Beiträge zu Geographie und Raumplanung 35, S. 193-211.
- P. Wieland, 1990: „Küstenfibel – Ein Abc der Nordseeküste“, Westholsteinische Verlagsanstalt Boyens & Co., Heide.