

# Verfahren zur Berechnung der Schäden nach Deichbruch an der deutschen Nordseeküste

\*VOLKER MEYER<sup>1)</sup> & STEPHAN MAI<sup>2)</sup>

## Abstract

With the accelerated sea-level-rise and the shortage of public funds in the background, cost-benefit-analyses are becoming more important in coastal defence planning. An essential part of these cost-benefit-analyses is the forecast of damages caused by failure of coastal defence elements. These damages are calculated by intersecting the expected inundation depth after failure of the coastal defence system and the endangered socio-economic values in the coastal hinterland. For four fictitious cases of dike breach along the German North Sea coast the results of such flood damage analyses are presented. By integrating further data it is attempted to improve the flooding simulation as well as the spatial modelling of the values.

## Kurzfassung

Vor dem Hintergrund eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs und angesichts knapper öffentlicher Mittel gewinnen Kosten-Nutzen-Analysen auch im Küstenschutz zunehmend an Bedeutung. Wesentlicher Bestandteil dieser Kosten-Nutzen-Analysen ist die Prognose der Schäden nach Versagen von Küstenschutzanlagen. Die Schäden errechnen sich in der hier vorgestellten Methodik durch die Verschneidung der bei einem Versagen des Küstenschutzsystems zu erwartenden maximalen Überflutungswassertiefe mit den gefährdeten sozioökonomischen Werten im Hinterland. Für vier fiktive Deichbruchereignisse an der Nordseeküste werden die Ergebnisse solcher Ex Ante-Hochwasserschadensanalysen vorgestellt. Durch die Integration weiterer Daten wird derzeit versucht, sowohl die Überflutungssimulation als auch die Verortung der Werte weiter zu verbessern.

## 1. Einleitung

Ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg einerseits und die Knappheit öffentlicher Mittel andererseits stellen auch den Küstenschutz zukünftig vor ein Allokationsproblem: Wo sind die knappen Gelder bei der Anpassung des Küstenschutzsystems am effizientesten angelegt? Wesentlicher Teil von Kosten-Nutzen-Analysen, die Aufschluss über die effiziente Verwendung der Mittel geben können, sind sogenannte Ex Ante-Hochwasserschadensanalysen, die den Schaden möglicher Überflutungsereignisse prognostizieren. Den Kosten einer Küstenschutzmaßnahme kann so deren Nutzen in Form des vermiedenen Schadens gegenübergestellt werden.

Die hier vorgestellte Methodik zur mesoskaligen Abschätzung möglicher Überflutungsschäden wurde im Zuge des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsvorhabens "Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Küste (KRIM)" entwickelt. Sie besteht zum einen aus einer dynamischen Überflutungssimulation für unterschiedliche Deichbruchereignisse, zum anderen aus der Schadenspotenzialanalyse, d.h. der Quantifizierung und räumlichen Modellierung der sozioökonomischen Werte im Hinterland. Durch die Verschneidung der beiden Teilbereiche lässt sich der Schaden jedes Ereignisses abschätzen.

<sup>1)</sup> Volker Meyer, Universität Hannover, Geographisches Institut, Abt. Wirtschaftsgeographie, Schneiderberg 50, D-30167 Hannover; e-mail: [meyer@wigeo.uni-hannover.de](mailto:meyer@wigeo.uni-hannover.de)

<sup>2)</sup> Stephan Mai, Universität Hannover, Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Nienburger Str. 4, D-30167 Hannover; e-mail: [Stephan.Mai@mbox.fi.uni-hannover.de](mailto:Stephan.Mai@mbox.fi.uni-hannover.de)

\* Korrespondenz

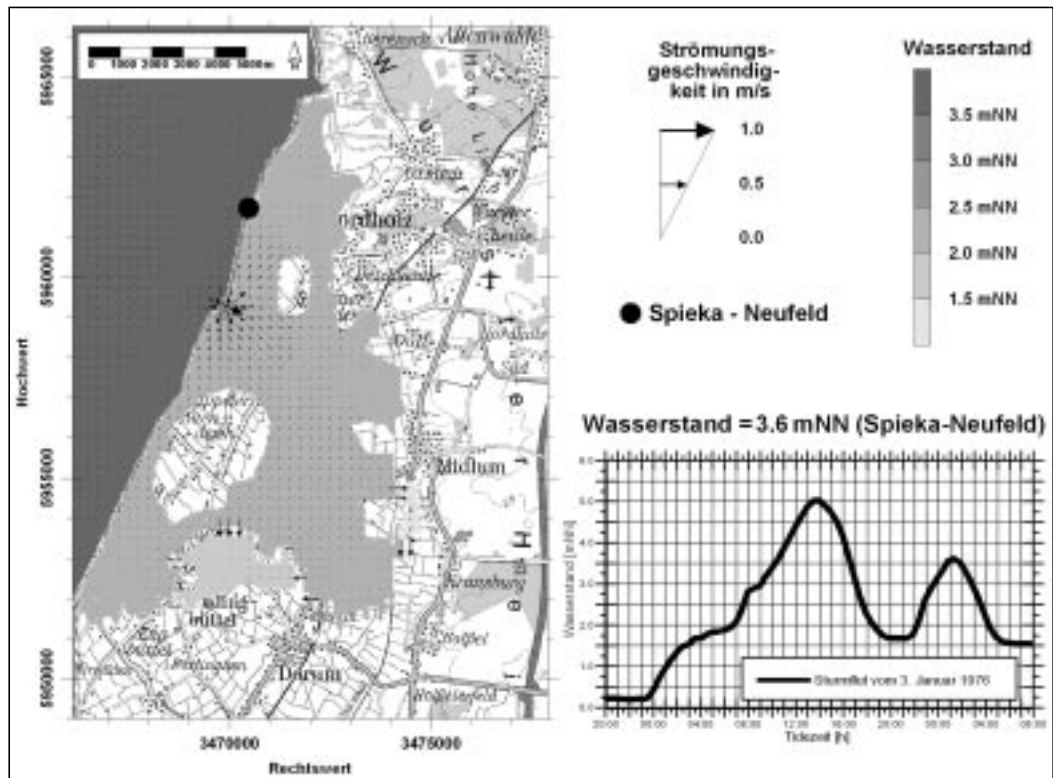
## 2. Dynamische Simulation der Überflutung nach Deichbruch

Der dynamischen Simulation der Überflutung des Hinterland nach Deichbruch kommt an Tideküsten aufgrund des auch während Sturmfluten stark zeitabhängigen Wasserstands – der Tidehub beträgt an der offenen Nordseeküste ca. 3,5 m bis 4 m – eine entscheidende Bedeutung zu.

Bei der instationären Überflutungsflächenausweisung werden 1,5-dimensionale bzw. 2-dimensionale Verfahren, die bei der mesoskaligen Berechnung von Überflutungsflächen zum Einsatz kommen, und 2,5-dimensionale bzw. 3-dimensionale Verfahren, die vornehmlich bei der mikroskaligen Überflutungsflächenausweisung Verwendung finden, unterschieden. Bei den 1,5-dimensionalen Verfahren erfolgt zunächst im überflutungsgefährdeten Hinterland eine Abgrenzung einzelner Polder, zwischen welchen der Wasseraustausch über empirische Relationen berechnet wird (RENNER et al., 2000a). Bei 2-dimensionalen Verfahren wird der Überflutungsvorgang des Hinterland über die numerische Lösung der tiefengemittelten Navier-Stokes-Gleichungen berechnet (MAI & LIEBERMANN, 1999). Werden diese 2-dimensionalen Berechnungen um 1-dimensionale Kanalnetzrechnungen ergänzt, liegt ein 2,5-dimensionales Verfahren vor (NIESCHULZ et al., 2000). Bei 3-dimensionalen Verfahren erfolgt eine vollständige Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen. Die folgenden als Teil der me-

soskaligen Überflutungsschadenabschätzung berechneten Überflutungsflächen basieren auf dem 2-dimensionalen Verfahren. Den Berechnungen liegt das digitale Geländemodell DGM 50 zugrunde, welches um Subgitterstrukturen, wie Straßendämme, Gleisdämme etc. ergänzt wurde. Die Bodenreibung wurde nach Manning-Strickler parametrisiert (MAI & VON LIEBERMANN, 2001). Der Manning-Rauhigkeitsbeiwert wurde über dem Watt mit  $M = 28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  und sonst mit  $M = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  angesetzt.

Die Abbildung 1 zeigt beispielhaft ein Ergebnis einer numerischen Überflutungssimulation nach Deichbruch bei Cappel-Neufeld während der Sturmflut vom 03.01.1976, welche einen Scheitelwasserstand von NN +5,05 m aufwies. Die Deichbruchweite wurde mit 100 m angenommen. Zur weiteren Analyse wurde im vom Überflutung betroffenen Hinterland die jeweilige maximale Wassertiefe ermittelt. Sowohl die Ausdehnung des Überflutungsgebiets als auch die maximale Wassertiefe weisen eine starke Abhängigkeit von den Abmessungen der Deichbruchlücke auf, wie Abbildung 2 zeigt. Auch der Scheitelwasserstand der Sturmflut hat maßgeblichen Einfluß auf die Ausdehnung des Überflutungsgebiets. So führt, wie Abbildung 3 verdeutlicht, ein um 50 cm auf NN +5,55 m erhöhter Sturmflutscheitel zu einer Zunahme der Überflutungsfläche um 20%, wobei die mittlere Überflutungswassertiefe nahezu konstant bleibt.



**Abb. 1:** Überflutung nach Deichbruch bei Cappel-Neufeld.

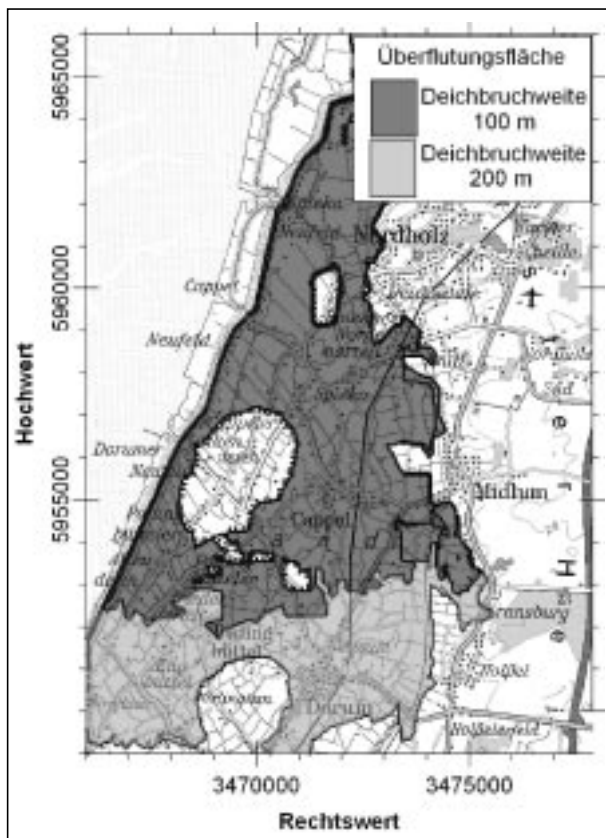


Abb. 2: Abhängigkeit der Überflutungsfläche und -wassertiefe von der Weite der Deichbruchlücke.

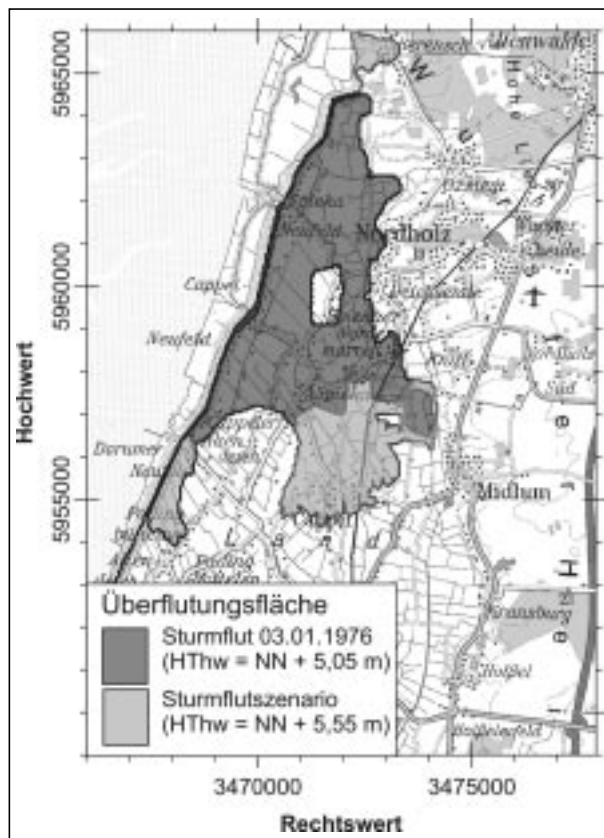


Abb. 3: Abhängigkeit der Überflutungsfläche und -wassertiefe nach Deichbruch von dem Scheitelwasserstand einer Sturmflut.

### 3. Mesoskalige Schadenspotenzialanalyse

Innerhalb der Schadenspotenzialanalyse wird die Gesamtheit der gefährdeten sozioökonomischen Werte im Untersuchungsgebiet ermittelt. Das Schadenspotenzial stellt somit den maximal möglichen Schaden dar.

Bei der hier angewandten Methodik handelt es sich um eine mesoskalige Schadenspotenzialanalyse (vgl. hierzu auch KLAUS & SCHMIDTKE, 1990; KIESE & LEINEWEBER, 2001). Im Gegensatz zu mikroskaligen Analysen (z.B. REESE, MARKAU & STERR, 2003), in denen der Wertbestand objektscharf ermittelt wird, verwenden mesoskalige Analysen auf Gemeindeebene aggregierte Daten zur Quantifizierung des Wertbestands, die dann in einem zweiten Schritt auf den Wertebereichen entsprechende Flächennutzungen räumlich modelliert werden. Der Vorteil dieser Vorgehensweise besteht in dem deutlich reduzierten Aufwand und daraus resultierend der Möglichkeit, Gebiete regionaler Ausdehnung zu erfassen.

Für jede Stadt bzw. Gemeinde werden in der hier vorgestellten Methodik die in Tabelle 1 aufgelisteten Wertkategorien erhoben. Nicht alle Wertkatego-

Tab. 1: Sozioökonomische Schadenspotenziale in der Stadt Bremerhaven.

Wertkategorie	Wert (2000)
<b>Einwohner</b>	122741
<b>Vermögenswerte (in Mio EUR)</b>	
Wohnkapital	4277
Hausrat	1710
Wert des PKW-Bestandes	454
Nettoanlagevermögen <sup>1</sup>	4358
Vorratsvermögen <sup>2</sup>	494
Wert Viehbestand <sup>3</sup>	0,3
Öffentliche Freiflächen	33
Straßen	338
Bahnlinien	12
<b>Bruttowertschöpfung (in Mio EUR)</b>	3144
<b>Bodenwerte (in Mio EUR)</b>	3269

<sup>1</sup> abzüglich Wohnkapital, öffentliche Freiflächen, Straßen und Bahnlinien

<sup>2</sup> abzüglich Viehbestand

<sup>3</sup> 1999

rien werden jedoch in der amtlichen Statistik auf Gemeindeebene ausgewiesen. So muss z.B. das Nettoanlagevermögen, welches den Wert der Bauten und Ausrüstungen der Wirtschaftsbereiche wiedergibt, zunächst von einem Landeswert über Hilfsgrößen wie die Beschäftigten- und Einwohnerzahlen auf Gemeindeebene heruntergebrochen werden. Für die Abschätzung des Hausratsvermögens bzw. des PKW-Vermögens werden zudem weitere, nicht-amtliche Datenquellen hinzugezogen.

Tabelle 1 zeigt exemplarisch für die Stadt Bremerhaven das so erhobene, nach Wertkategorien aufgliederte Schadenspotenzial.

Eine Gleichverteilung der Werte über die Gemeindefläche wäre jedoch dem räumlichen Detaillierungsgrad der in Kapitel 2 vorgestellten Überflutungssimulation nicht angemessen. Deshalb werden in einem zweiten Schritt die erhobenen Wertkategorien innerhalb der jeweiligen Städte bzw. Gemeinden auf ihnen entsprechende Flächennutzungen räumlich modelliert. Dabei werden digitale

Flächennutzungen des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS-Basis-DLM) verwendet (Abb. 4).

Den kritischsten Teil dieser Vorgehensweise stellt die Zuordnung der Wertkategorien bzw. Wirtschaftszweige zu den ATKIS-Flächennutzungsarten, den Objektarten, dar. Die hier verwendete Zuordnung (Tabelle 2) versucht, die Vielfalt der ATKIS-Nutzungsklassifikation noch tiefer auszuschöpfen als bisherige Modellierungen (vgl. MURL, 2000; MEYER, 2001).

Innerhalb eines GIS werden die der jeweiligen Wertkategorie zugeordneten ATKIS-Objektarten einer Gemeinde selektiert, zusammengeführt und mit dem zuvor ermittelten Wert belegt. Anschließend werden die Layer der einzelnen Wertkategorien zu einem einzelnen Layer verschnitten. In diesem Ergebnislayer ist somit für jede Fläche abrufbar, welche Werte sich auf ihr befinden und aus welchen Wertkategorien diese stammen. Abbildung 6 zeigt beispielhaft die Verteilung aller Vermögenswerte an der Wurster Küste.



Abb. 4: Flächennutzung an der Wurster Küste gemäß ATKIS-Basis-DLM.

**Tab. 2:** Zuordnung der Wertkategorien zu der ATKIS-Nutzungsklassifikation.

Wertkategorie/Wirtschaftsbereich	Zugeordnete ATKIS-Objektarten
<b>Einwohner und verbundene Werte</b>	
Einwohner, Wohnkapital, Hausrat, PKW-Werte	2111 Wohnbaufläche 2113 Fläche gemischter Nutzung (50% gegenüber 2111)
<b>Wirtschaftstätigkeit und verbundene Werte</b>	
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei  (NAV, VV ohne Vieh)  (Viehvermögen)  (BWS)	2113 Fläche gemischter Nutzung (außerhalb städtischer Ortslagen) 2132 Gärtnerei (3401 Hafen; soweit als Fischereihafen ausgewiesen) 4102 Grünland (Attribut FKT 2730: landwirtschaftliche Nutzung) 2113 Fläche gemischter Nutzung (außerhalb städtischer Ortslagen) 2132 Gärtnerei 4101 Ackerland 4102 Grünland (Attribut FKT 2730: landwirtschaftliche Nutzung) 4103 Gartenland 4107 Wald, Forst 4109 Sonderkultur
Bergbau  (NAV, VV, BWS)	2121 Bergbaubetrieb 2128 Förderanlage
Energie- und Wasserversorgung  (NAV, VV, BWS)	2126 Kraftwerk 2127 Umspannstation 2133 Heizwerk 2134 Wasserwerk
Verarbeitendes Gewerbe, Baugewerbe  (NAV, VV, BWS)	2112 Industrie- und Gewerbefläche (abzgl. 2121-2135, 3401) 50% 2123 Raffinerie 2124 Werft
Handel  (NAV, VV)	2112 Industrie- und Gewerbefläche (abzgl. 2121-2135, 3401) 25% 2113 Fläche gemischter Nutzung (innerhalb städtischer Ortslagen)
Gastgewerbe  (NAV, VV)	2113 Fläche gemischter Nutzung
Verkehr und Nachrichtenübermittlung  (NAV, VV)	2112 Industrie- und Gewerbefläche (abzgl. 2121-2135, 3401) 25% (BWS 50%) 2112 Industrie- und Gewerbeflächen (innerhalb 3401 Hafen)
Handel, Gastgewerbe und Verkehr  (BWS)	2113 Fläche gemischter Nutzung (innerhalb städtischer Ortslagen) 3301 Flughafenanlage 3501 Bahnhofsanlage (3401 Hafen: relevante Flächen in 2112 enthalten)
Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleistungen  (NAV, VV, BWS)	2113 Fläche gemischter Nutzung (innerhalb städtischer Ortslagen) (2131 Ausstellungs-, Messegelände)
Öffentliche und Private Dienstleister  (NAV, VV, BWS)	2114 Fläche besonderer funktionaler Prägung 2129 Kläranlage (kein VV) 2135 Abfallbehandlungsanlage (kein VV) 2201 Sportanlage (kein VV)
<b>Infrastruktur</b>	
Straßen	3101 Straße 3105 Straßenkörper beide Attribut WDM: 1301 Bundesautobahn 1303 Bundesstraße 1305 Landesstraße 1306 Kreisstraße 1307 Gemeindestraße
Bahnlinien	3201 Schienenbahn 3205 Bahnstrecke beide Attribut BKT: 1100 Eisenbahn
Öffentliche Freiflächen	2227 Grünanlage 3103 Platz (außerhalb 2112 Industrie- und Gewerbefläche)
<b>Bodenwerte</b>	
Wohnbau land	2111 Wohnbaufläche 2113 Flächen gemischter Nutzung (außerhalb städtischer Ortslagen)
Gewerbebau land	2112 Industrie- und Gewerbeflächen
Citylagen	2113 Flächen gemischter Nutzung (innerhalb städtischer Ortslagen)
Ackerland	4101 Ackerland
Grünland	4102 Grünland (Attribut FKT 2730: landwirtschaftliche Nutzung)

NAV: Nettoanlagevermögen; VV: Vorratsvermögen; BWS: Bruttowertschöpfung

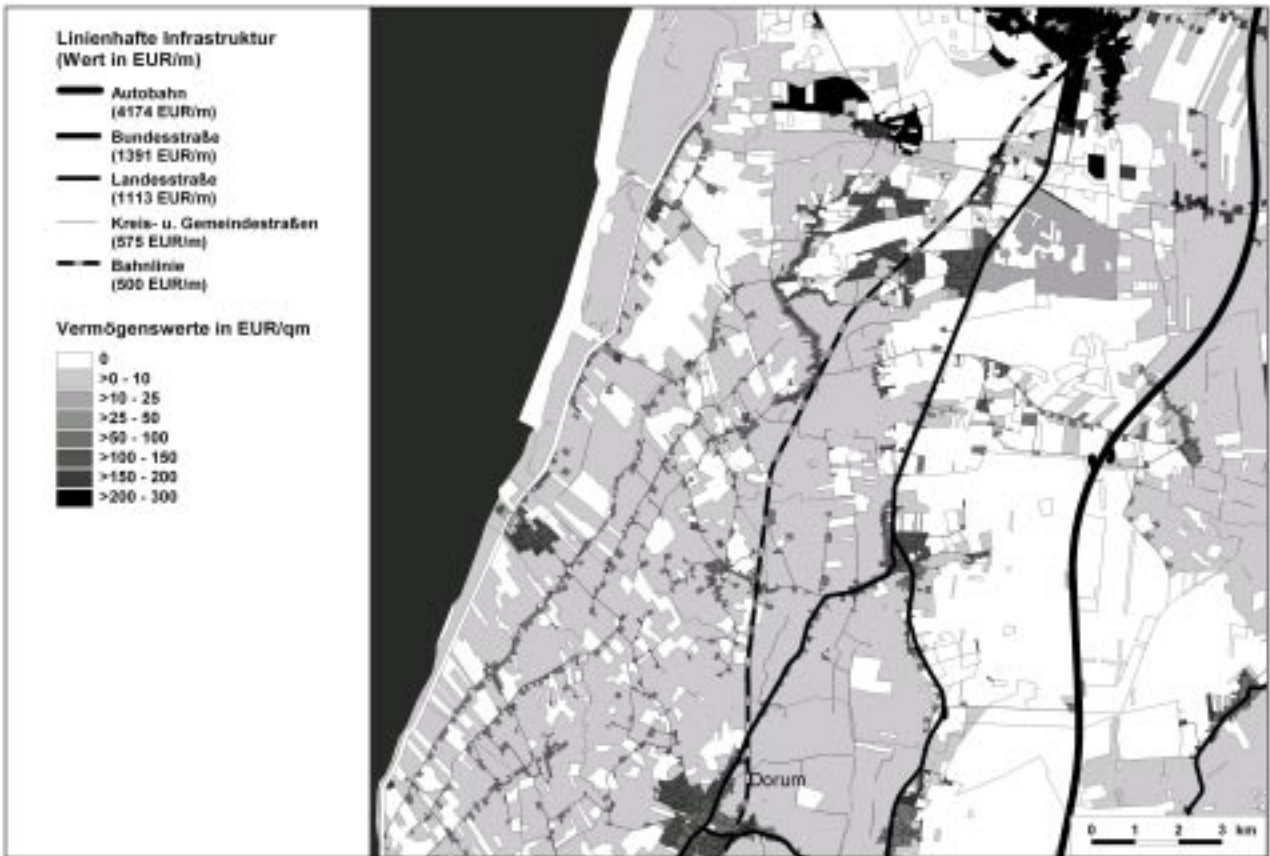


Abb. 5: Räumliche Verteilung der Vermögenswerte an der Wurster Küste.

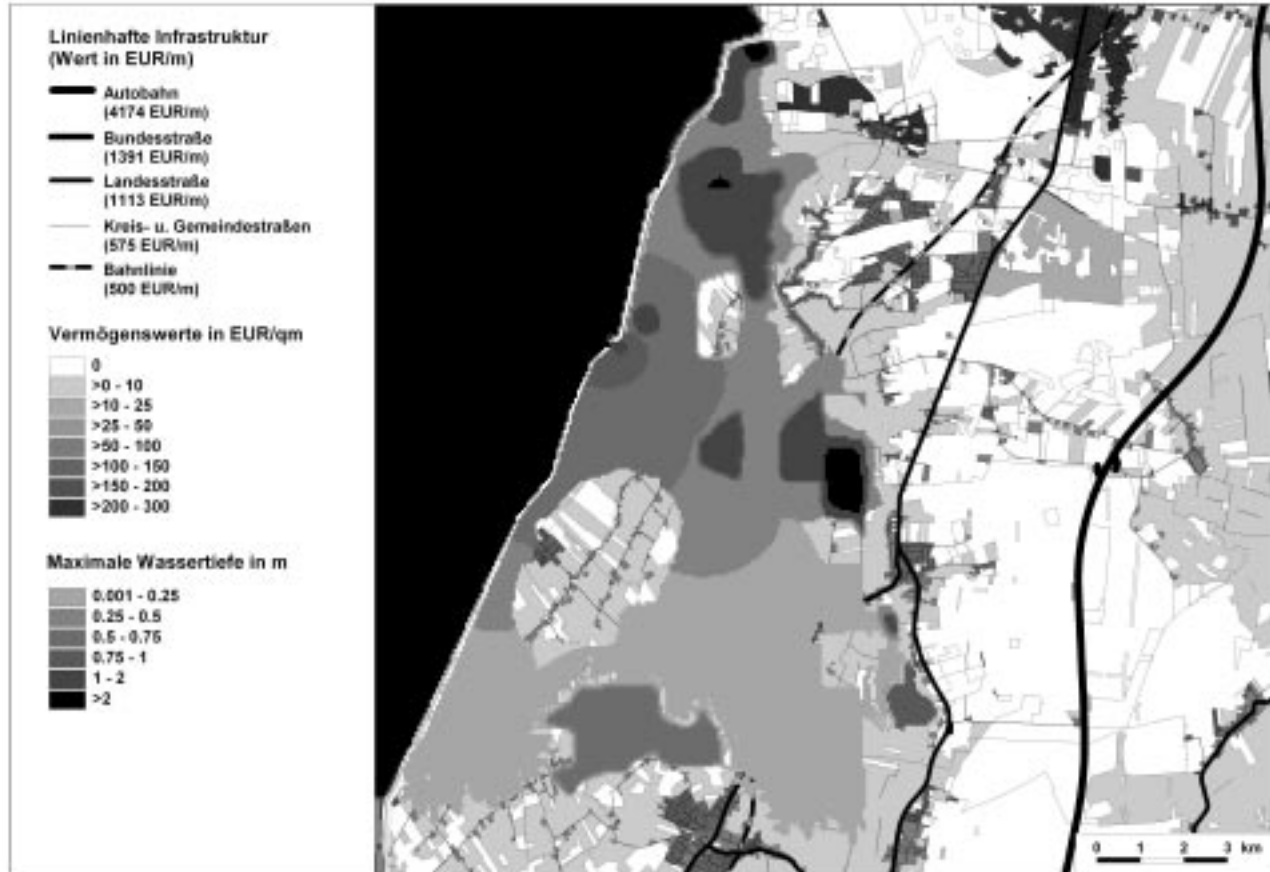


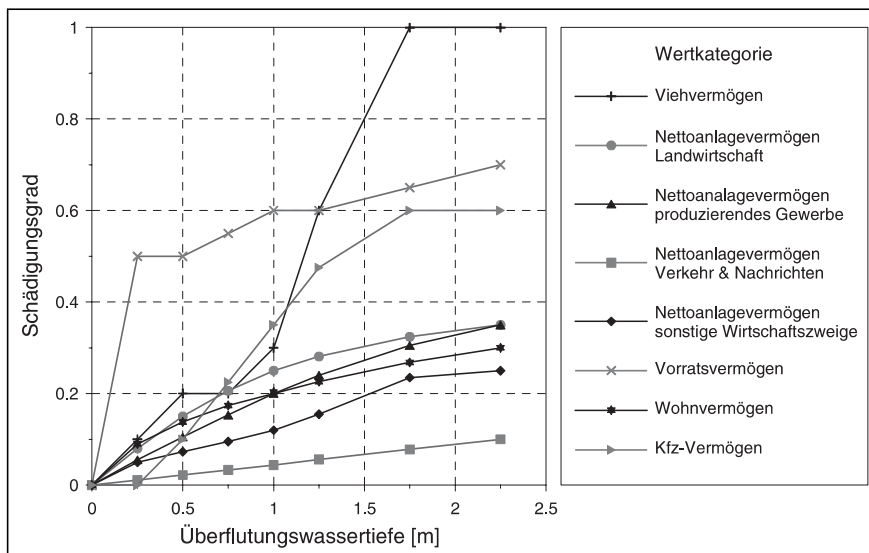
Abb. 6: Verschneidung der Überflutungsflächen mit dem Schadenspotenzial.

#### 4. Berechnung des Überflutungsschadens

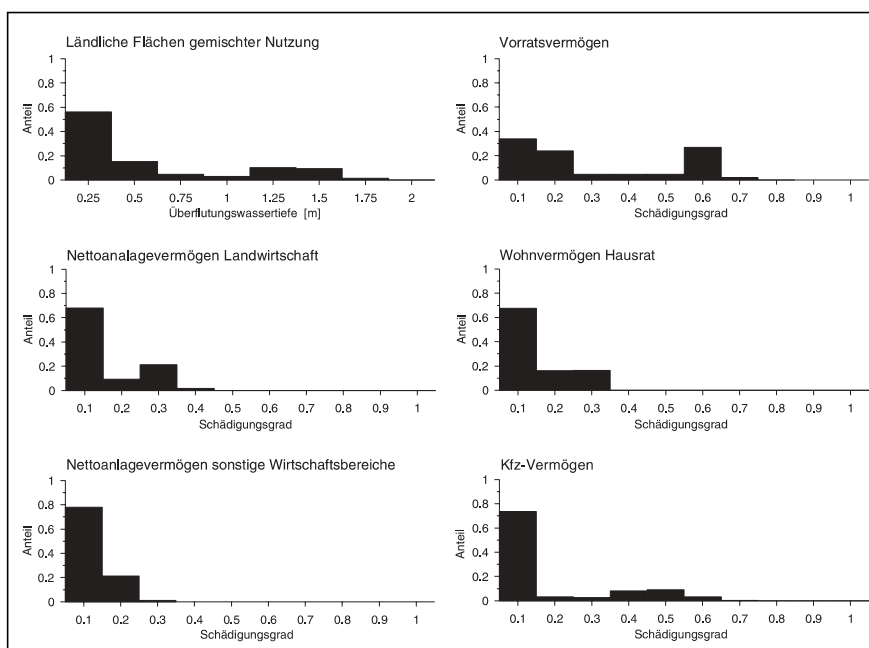
Die Verschneidung der Karte der maximalen Überflutungswassertiefen mit dem Layer der Vermögenswerte ermöglicht eine Abschätzung des bei Überflutung nach Deichbruch betroffenen Schadenspotenzials. Abbildung 6 verdeutlicht beispielhaft dieses Vorgehen für den bei einem fiktiven Deichbruch nahe Cappel-Neufeld, Land Wursten, betroffenen Wertbestand.

Die Überflutung führt jedoch in der Regel nicht zur vollständigen Zerstörung der betroffenen Vermögenswerte, sondern zu einer von der Überflutungswassertiefe abhängigen Teilschädigung. Für verschiedene Wertkategorien wurden Parametrisierungen des Schädigungsgrads von der Überflutungswassertiefe, sogenannte Schadensfunktionen, von KLAUS & SCHMIDTKE (1990) für die niedersächsische Nordseeküste entwickelt. Abbildung 7 stellt diese Schadensfunktionen im Überblick dar.

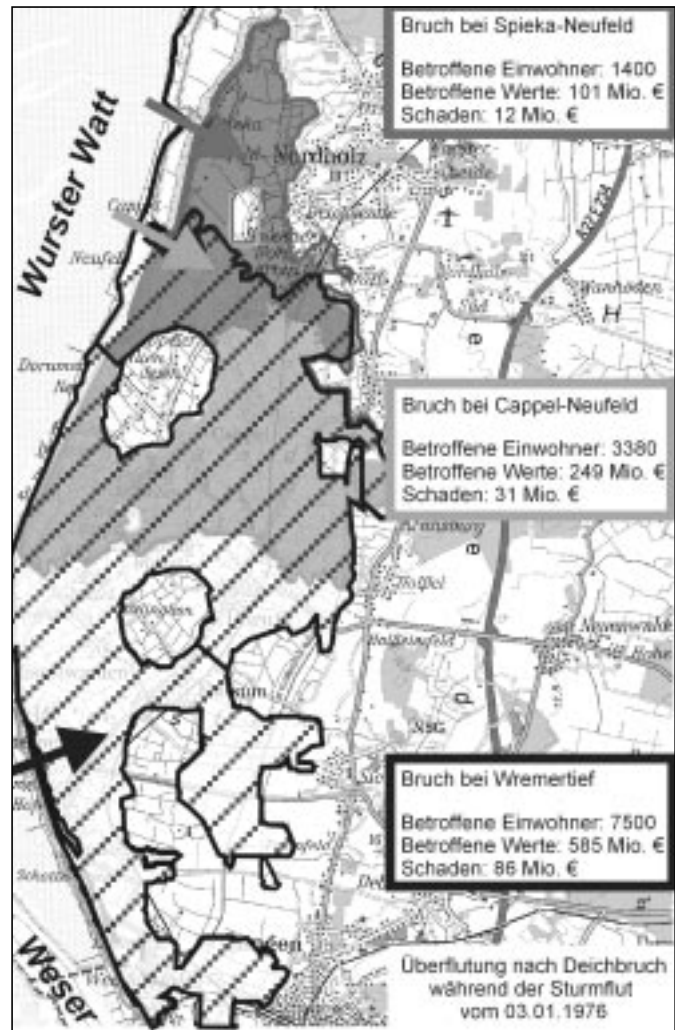
Beispielhaft für den in Abbildung 6 dargestellten Deichbruch ist in Abbildung 8 eine Klassifikation der Überflutungswassertiefen im Bereich der ländlichen Flächen gemischter Nutzung und daraus abgeleitet der Schädigung einzelner Wertbereiche dargestellt. Die mittlere Überflutungswassertiefe liegt für landwirtschaftliche Flächen typischerweise bei 0,4 m und für bebaute Flächen etwa bei 0,3 m. Diese sind verbunden mit mittleren Schädigungsgraden von ca. 30% bzw. 15%.



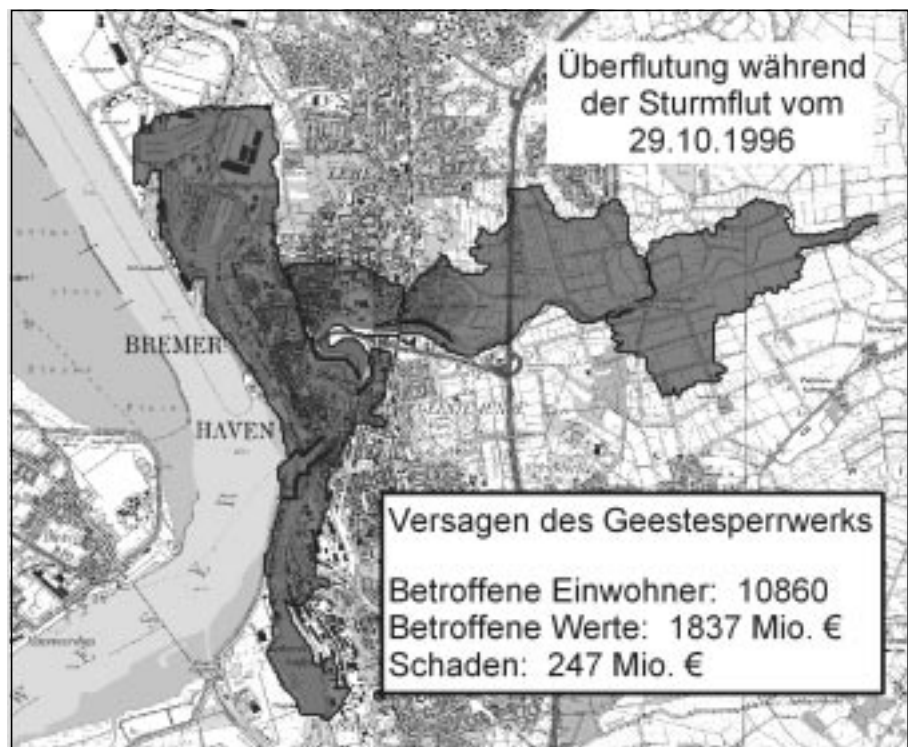
**Abb. 7:** Schadensfunktionen nach KLAUS & SCHMIDTKE (1990).



**Abb. 8:** Klassifikation der Wassertiefe sowie der Schädigung verschiedener Wertbereiche im Bereich der von Überflutung betroffenen Flächen gemischter Nutzung nach Deichbruch bei Cappel-Neufeld.



**Abb. 9:** Prognose des Überflutungsschadens verschiedener Deichbruchereignisse für die Wurster Küste.



**Abb. 10:** Prognose des Überflutungsschadens bei Versagen des Geeste-Sperrwerks in Bremerhaven.

## 5. Ergebnisse

Abbildung 9 zeigt die wichtigsten Ergebnisse einer Hochwasserschadensanalyse für drei fiktive Deichbruchereignisse an der Wurster Küste. Trotz gleicher Ausgangsparameter der Überflutung und ähnlich strukturiertem Hinterland zeigt sich, dass die unterschiedlichen Deichbruchereignisse hinsichtlich der durch sie betroffenen Einwohner und zu erwartenden Schäden erheblich differieren. Diese Unterschiede sind hier vor allem durch die nach Norden hin an die Küste heranreichende Geest zu erklären, die die Überflutungsfläche der weiter nördlich gelegenen Deichbruchereignisse begrenzt.

Stärkeren Einfluss auf die Höhe der zu erwartenden Schäden hat jedoch die Siedlungsdichte im betroffenen Hinterland und damit die Konzentration

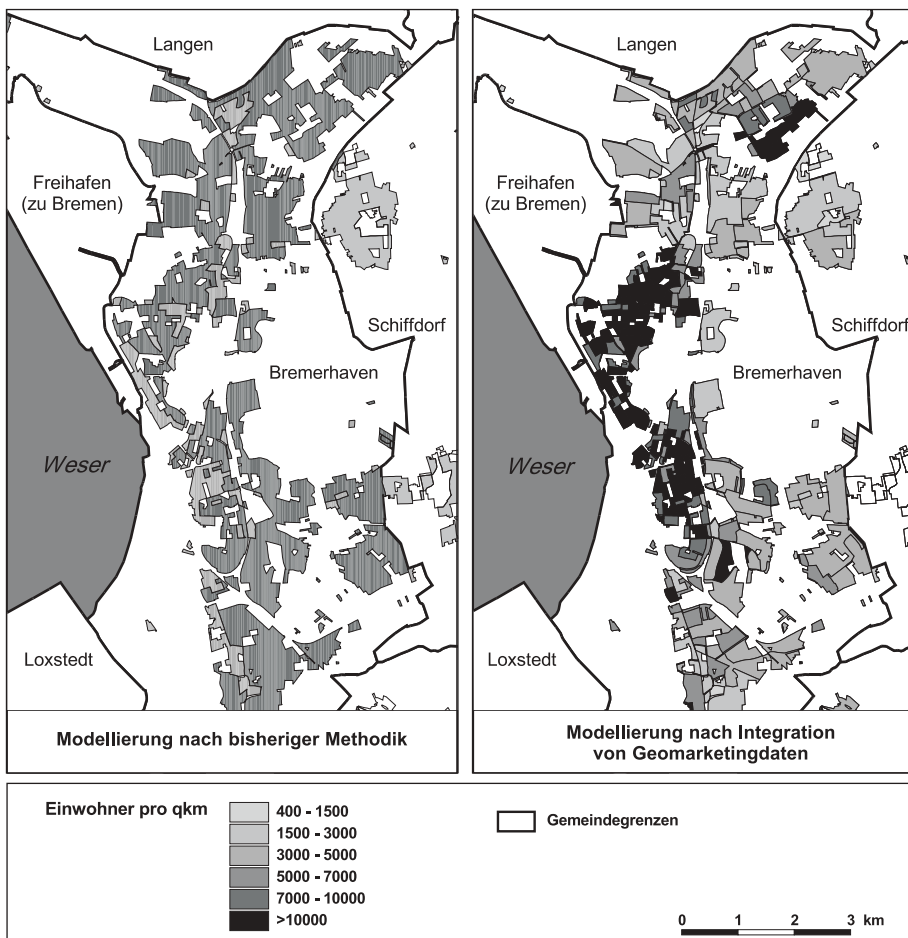
von Schadenspotenzialen. So sind die prognostizierten Schäden bei einer Überflutung der Bremerhavener Innenstadt nach Versagen des Geeste-Sperrwerks wesentlich höher (Abb. 10). Ein Vergleich der Ergebnisse für Bremerhaven mit denen der Wurster Küste ist indes nur begrenzt möglich, da bei der Überflutungssimulation für Bremerhaven von anderen, niedrigeren Sturmflutparametern ausgegangen wurde.

Die Folgen eines Küstenschutzversagens sind demzufolge stark anhängig von dessen Ort. Hinsichtlich einer effizienten Mittelallokation im Küstenschutz hieße dies, Küstenschutzelementen mit einer hohen Schutzwirkung, also einem hohen durch sie vermiedenen Schaden, Priorität zu geben.

## 6. Methodische Weiterentwicklungen

Die in den vorherigen Kapiteln beschriebene Methodik zur Prognose von Hochwasserschäden erhebt nicht den Anspruch, die Realität exakt vorherzusagen, sondern stellt lediglich eine grobe Ab-

schätzung der nach Deichbruch zu erwartenden Folgen dar. Gleichwohl wird weiterhin versucht, sowohl die Methodik der Überflutungssimulation als auch der Schadenspotenzialanalyse zu verbessern.



**Abb. 11:** Vergleich der räumlichen Modellierung der Einwohner vor und nach Integration von Geomarketingdaten.

Die Güte der Überflutungssimulationen wird maßgeblich durch die Güte des digitalen Geländemodells bestimmt. Zur Verbesserung sind daher Überflutungssimulationen mit einer erhöhten Auflösung unter Verwendung des DGM 5, welches um flugzeuggestützte Höhenmessungen entlang der Ästuarare, die zur Zeit im Rahmen des Verbundprojekts "Deichmonitoring" von DLR, Scandat GmbH und Franzius-Institut durchgeführt werden, ergänzt wird, geplant.

Außerdem erfolgt derzeit über die Landnutzungen des ATKIS-DLM eine Differenzierung der für den Überflutungsvorgang bedeutsamen Geländerauhigkeitsbeiwerte im Hinterland, so dass z.B. Waldgebieten eine höhere Rauigkeit, z.B.  $M = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , zugewiesen wird.

Zur Verbesserung der Schadenspotenzialanalyse wird derzeit die Integration von Geomarketingdaten in die bestehende Methodik (vgl. Kapitel 3) getestet. Hierbei handelt es sich um Daten der Firma infas-geodaten, die auf kleinräumiger Ebene, den Stimmbezirken der Bundestagswahl 1998, Informationen zu Einwohnerzahlen, Gebäudetypen und

Kaufkraft bereitstellen. Da vor allem Großstädte in eine Vielzahl dieser Stimmbezirke unterteilt sind (z.B. etwa 120 Stimmbezirke in Bremerhaven), ist insbesondere hier eine genauere räumliche Modellierung zu erwarten.

Erste Versuche der Integration der Geomarketingdaten bei der Verortung der Einwohner bestätigen diese Vermutung (vgl. Abb. 11): Während nach der bisherigen Methodik alle Wohngebiete bzw. Flächen gemischter Nutzung als homogen bezüglich ihrer Bevölkerungsdichte angenommen wurden, gibt die Modellierung nach der neuen Methodik die Heterogenität der Wohnflächen innerhalb des Stadtgebiets von Bremerhaven besser wieder.

In Bezug auf die in Kapitel 5 prognostizierten Schäden nach Versagen des Geeste-Sperrwerks hat diese veränderte räumliche Modellierung unmittelbare Auswirkungen: Da vor allem dicht bebaute Wohnflächen im Stadtzentrum betroffen wären, wurde die Anzahl der betroffenen Einwohner bislang mit ca. 11000 deutlich unterschätzt. Auf Grundlage der neuen Einwohnerdichtekarte ergibt sich dagegen eine Zahl von ca. 25000 betroffenen Einwohnern.

## Literatur

- KIESE, M. & LEINEWEBER, B., (2001): Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung. Ökonomische Bewertung und räumliche Modellierung des Schadenspotentials in der Unterweserregion. – Hannoversche Geographische Arbeitsmaterialien, **25**; Hannover.
- KLAUS, J. & SCHMIDTKE, R.F., (1990): Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandsküste – Modellgebiet Wesermarsch. – Untersuchungsbericht an den Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; Bonn.
- MAI, S. & VON LIEBERMAN, N. (1999): Untersuchungen zum Risikopotential einer Küstenregion. – Mitteilungen des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, **83**: 292 - 320.
- MAI, S. & VON LIEBERMAN, N. (2001): Flood Risk in Coastal Regions, – Proceedings of the 22nd International Conference on Hydrodynamics and Aerodynamics in Marine Engineering HADMAR, Varna, Bulgaria: 319-324.
- MAI, S. & ZIMMERMANN, C. (2002): Vulnerabilität der Hansestadt Bremen infolge von Sturmfluten – In: DASCHKEIT, A. & STERR, H. (Hrsg.): Aktuelle Ergebnisse der Küstenforschung. 20. AMK-Tagung Kiel. – Berichte Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Universität Kiel, **28**: 53-64, Büsum.
- MEYER, V. (2001): Ermittlung sturmflutgefährdeter Werte. Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes Geographischer Informationssysteme (GIS) – Diplomarbeit am Geographischen Institut, Abteilung Wirtschaftsgeographie, Universität Hannover; Hannover.
- MEYER, V. & MAI, S. (2003): Überflutungsschäden im Küstenhinterland nach Deichbruch. – Wasserwirtschaft; Wiesbaden. (im Druck)
- MURL (MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN) (HRSG.), (2000): Hochwasserschadenspotentiale am Rhein in Nordrhein-Westfalen – Abschlussbericht; Düsseldorf.
- NIESCHULZ, K.-P., MILINA, J., THOMAS, M. SCHILLING, W. & SCHMITT, T.G. (2000): Risk Management of Urban Drainage Systems – Simulation and Optimization. – Proceedings of the International Symposium on Flood Defence: F 253-F 262, Kassel.
- REESE, S., MARKAU, H.-J. & STERR, H. (2003): MERK. Mikroskalige Evaluation der Risiken in überflutunggefährdeten Küstenniederungen – Abschlussbericht; Kiel.
- RENNER, E., ACKERMANN, D., KADEN, S. & REICHERT, S. (2000): Flood Model for the Elbe Marshland of Hamburg. – Proceedings of the International Symposium on Flood Defence: G-109-G-118, Kassel.