

Überflutungsschäden im Küstenhinterland nach Deichbruch

Von Volker Meyer und
Stephan Mai

Die Planung von Küstenschutzmassnahmen erfolgt zunehmend unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten. Dabei wird der Ex ante-Abschätzung von Überflutungsschäden eine zunehmende Bedeutung beigemessen. Die hier vorgestellte Methodik zur Prognose von Überflutungsschäden basiert zum einen auf einer dynamischen Überflutungssimulation, zum anderen auf der Quantifizierung und räumlichen Modellierung der sozioökonomischen Werte im Hinterland. Durch eine Verschneidung im GIS läßt sich aus diesen Größen der zu erwartende Schaden in Abhängigkeit vom Überflutungswasserstand berechnen.

1 Einleitung

Der Abschätzung von Überflutungsschäden wird in der Analyse des Hochwasserschutzes an Binnenflüssen zentrale Bedeutung zugemessen. Für die deutsche Küstenzone ist im Gegensatz dazu die Analyse des bei Versagen des Schutzsystems zu erwartenden Überflutungsschadens weit weniger verbreitet. Für die niedersächsische Küste wird daher in dem vom Bundesministerium für Bildung, Forschung und Wissenschaft BMBF geförderten Projekt „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Küste (KRIM)“ (siehe auch www.krim.uni-bremen.de) eine Methodik zur Abschätzung möglicher Überflutungsschäden an Tideküsten entwickelt und exemplarisch im Bereich des Jade-Weser-Ästuars angewendet. Zur Abschätzung der Überflutungsschäden ist neben der Ausweisung des überflutungsgefährdeten Hinterlands auch die Ermittlung des Vermögensbestands sowie seiner Schädigung nötig.

2 Ausweisung von Überflutungsflächen

Während im Binnenland die flächendeckende Ausweisung von Überflutungs-zonen durch Verschneidung des Höhenmodells des Geländes mit den bei Hochwasser zu erwartenden Scheitelwasserständen erfolgt [1], führt an der deutschen Nordseeküste ein derartiges Vorgehen aufgrund der tidebedingt geringeren Standzeit der Sturmflutscheitel zu einer starken Überschätzung der bei Versagen des Küstenschutzsystems überflutungsgefähr-

deten Fläche. Exaktere Abschätzungen der überflutungsgefährdeten Flächen ergeben sich durch Berücksichtigung der Dynamik des Überflutungsvorgangs, wie sie im Binnenland für mikroskalige Untersuchungen Verwendung finden. Abb. 1 zeigt für die Wurster Küste südlich von Cuxhaven das Ergebnis einer zweidimensionalen numerischen Überflutungssimulation mit dem numerischen Modell MIKE 21 HD. Die Überflutungssimulation erfolgte mit einer horizontalen Auflösung von 50 m, wobei kleinskaligere Geländestrukturen im DGM 50 ergänzt wurden, sowie unter Annahme eines Deichbruchs bei Dorumersiel während der Sturmflut vom 03.01.1976, welche einen Scheitelwasserstand von NN + 5,04 m aufwies. Die während der Sturmflut überflutete Fläche sowie das eindringende Wasservolumen hängen wesentlich von der Breite der Deichbruchlücke ab. Abb. 2 verdeutlicht diesen Zusammenhang für Deichbruchweiten bis zu 150 m, welche sich bei Deichbrüchen während der Sturmflut im Jahr 1962 ergaben [2]. Es zeigt sich, daß eine Verdreifachung der Deichbruchweite zu einer Zunahme der Überflutungsfläche um den Faktor 1,4 und des eindringenden Wasservolumens um den Faktor 1,3 führt. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch für Deichbrüche an Jade und Unterweser erzielt [3]. Neben der Deichbruchweite ist die Überflutungsgefährdung des Hinterlands auch von der Geländehöhe in der Bruchstelle sowie dem Zeitpunkt des Deichbruchs abhängig. Außerdem haben den Hauptdeich vorgelagerte Schutzelemente, d.h. insbesondere die Vorländer und Sommerdeiche, eine das Überflutungswasservo-

lumen mindernde Funktion. Bild 1 stellt diese Verminderung der Überflutungsgefährdung für die Küste Land Wurstens, welche zur Zeit vor den Hauptdeichen

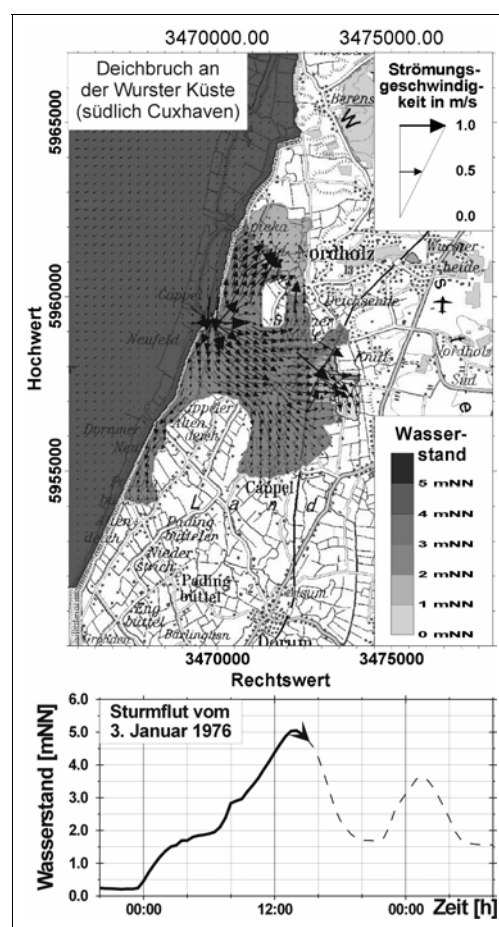


Bild 1: Dynamische Ausweisung von Überflutungsflächen an der Wurster Küste

Tabelle 1: Sozioökonomische Schadenspotenziale in der Stadt Cuxhaven und den Gemeinden Nordholz und Land Wursten

Wertkategorie	Wert (2000)		
	Cuxhaven	Nordholz	Land Wursten
Einwohner	53736	7482	8972
Vermögenswerte (in Mio EUR)			
Wohnkapital	1907,4	265,6	318,5
Hausrat	855,8	110,2	158,2
Wert des PKW-Bestandes	244,4	37,8	46,68
Nettoanlagevermögen ¹	1985,3	145,2	143,0
Vorratsvermögen ²	135,2	6,8	8,1
Wert Viehbestand ³	14,0	6,5	13,1
Öffentliche Freiflächen	9,0	0,2	1,9
Straßen	292,7	76,9	138,3
Bahnlinien	11,1	3,5	7,3
Bruttowertschöpfung (in Mio EUR)	1093,9	71,7	74,1
Bodenwerte (in Mio EUR)	1941,5	204,0	360,0

¹ abzüglich Wohnkapital, öffentliche Freiflächen, Straßen und Bahnlinien
² abzüglich Viehbestand
³ 1999

weite sommerbedeichte Vorländer aufweist, dar. Das nach Bruch des Hauptdeiches ins Küstenhinterland einströmende Wasservolumen wird durch das Vorhandensein eines Vorlandes der Breite von 400 m und einer Höhe von NN + 2,5 m um 15 % gegenüber der Situation eines scharliegenden Hauptdeichs vermindert. Ein vorgelagerter Sommerdeich auf der Höhe von NN + 3,20 m führt zu keiner weiteren Reduzierung der Überflutungsvolumens.

3 Schadenspotenzialanalyse

Für die Berechnung der zu erwartenden Überflutungsschäden nach Deichbruch ist es zunächst erforderlich, die Gesamtheit der im betroffenen Gebiet befindlichen Werte, das Schadenspotenzial, zu ermitteln.

Die Methodik von Schadenspotenzialanalysen variiert dabei zwischen großräumigen makroskaligen Analysen, die das Schadenspotenzial für Städte/Gemeinden als Ganzes ermitteln und kleinräumigen mikroskaligen Analysen mit einer objektscharfen Vorgehensweise.

Für Untersuchungsgebiete regionaler Ausdehnung bieten sich hingegen hinsichtlich Aufwand und Genauigkeit der Methodik mesoskalige Schadenspotenzialanalysen an.

Analysen dieses Skalenniveaus, die auf eine 1990 für den Landkreis Wesermarsch entwickelte Methodik zurückgehen [4], setzen sich aus zwei wesentlichen Arbeitsschritten zusammen:

Zum einen findet eine Quantifizierung der Werte auf Stadt-/Gemeindeebene mit Hilfe der amtlichen Statistik statt. Zum anderen werden die so erhobenen Werte innerhalb der Stadt/Gemeinde auf entsprechende Flächennutzungen räumlich modelliert.

Auch bei der hier angewandten mesoskaligen Methodik werden für die Quantifizierung der Werte vornehmlich Daten der amtlichen Statistik verwendet. Während Einwohnerzahlen direkt auf Stadt-/Gemeindeebene ausgewiesen werden, ist das Nettoanlagevermögen, welches den aktuellen Wert der Bauten und Ausrüstungen der Wirtschaftsbereiche sowie des Wohnkapitals wiedergibt, ebenso wie das Vorratsvermögen und die Bruttowertschöpfung nur auf Landesebene erhältlich. Diese Daten werden über die Hilfsgrößen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte bzw. Einwohner auf Stadt-/Gemeindeebene disaggregiert.



Bild 4: Räumliche Verteilung der Vermögenswerte an der Wurster Küste

Flood Damage in Coastal Hinterland in Casae od Dike Breaches

by Volker Meyer and Stephan Mai

Since cost-benefit-aspects are becoming more relevant within coastal defence planning, interest in flood damage analysis has been increasing recently. The methodology of flood damage forecast presented in this article is based on the one hand on a dynamic flooding simulation, and on the other hand on a quantification and spatial modelling of socio-economic values. By intersecting these data in a GIS, the estimated damage as a function of inundation depth can be calculated.

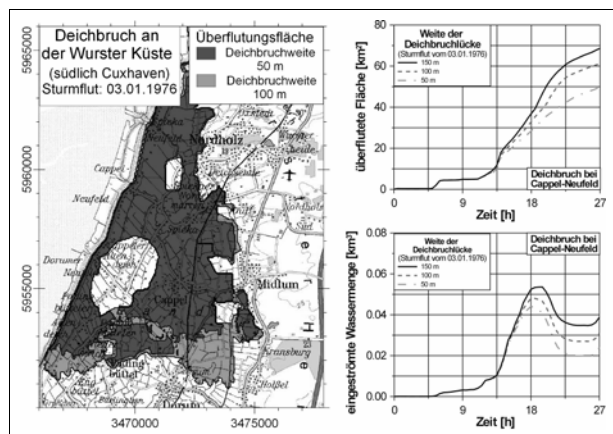


Bild 2: Überflutungsfläche und ins Hinterland strömendes Wasservolumen als Funktion der Deichbruchweite

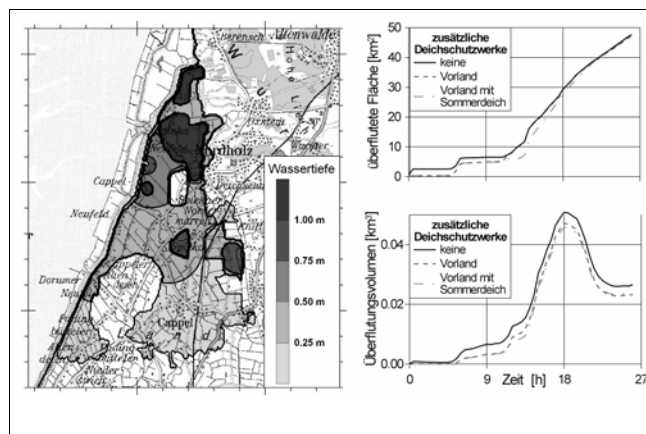


Bild 3: Überflutungsfläche bei Vorhandensein zusätzlicher Deichschutzwerke vor dem gebrochenen Hauptdeich

Bei der Erhebung weiterer Wertkategorien, wie dem Kfz-Vermögen, dem Hausrat sowie Straßen und Bahnlinien werden neben der amtlichen Statistik Expertenaussagen integriert. Für eine monetäre Bewertung des Bodens werden aus Grundstücksmarktberichten flächennutzungsspezifische Durchschnittswerte übernommen. Tab. 1 zeigt die auf diese Weise erhobenen Werte für die betroffenen Gemeinden.

Für die räumliche Modellierung dieser Werte auf entsprechende Flächennutzungen wird das Digitale Landschaftsmodell des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS-Basis-DLM) verwendet. Diese digitalen Flächennutzungsdaten, die unter anderem bereits in einer Schadenspotenzialanalyse für Schleswig-Holstein verwendet wurden [5], ersparen die Erfassung der Flächennutzung aus analogen Karten und verbessern die Genauigkeit der Verortung [6].

Das wesentliche Problem stellt dabei die Zuordnung der erhobenen Wertkategorien bzw. Wirtschaftsbereiche zu den Flächennutzungen (Objektarten) des ATKIS-Basis-DLM dar. Insbesondere die neue Wirtschaftszweigklassifikation (WZ 93) macht gegenüber früheren Modellierungen eine Neuordnung notwendig. Die hier vorgenommene Zuordnung (Tab. 2) versucht zudem, die Vielfalt der ATKIS-Nutzungsklassifikation noch tiefer auszu-schöpfen.

Beispielsweise lässt sich die Objektart „Industrie- und Gewerbefläche“ durch untergeordnete Objektarten noch weiter spezifizieren: So lassen sich Flächen der Objektart „Werft“ dem Wirtschaftsbe-

reich „Verarbeitendes Gewerbe“ zuordnen und Flächen der Objektart „Kraftwerk“ dem Wirtschaftsbereich „Energie- und Wasserwirtschaft“.

Die Objektart „Fläche gemischter Nutzung“, um ein weiteres Beispiel zu nennen, beinhaltet laut Definition sowohl städtische Innenstadtbereiche als auch dörfliche Mischgebiete. Um dieser Heterogenität gerecht zu werden, erfolgt eine Aufteilung dieser Flächen mit Hilfe der Objektart „Ortslage“ in Mischflächen innerhalb städtischer bzw. ländlicher Siedlungsstruktur. Auf diese Weise können den ländlichen Mischflächen landwirtschaftliche Werte, den Citylagen Werte des Dienstleistungsbereichs zugeordnet werden. Die technische Umsetzung Die technische Umsetzung erfolgt mit Hilfe der GIS-Software ArcView.

Dabei werden zunächst die jedem Wertbereich zugeordneten Objektarten selektiert und zusammengeführt. Es folgt die Belegung dieser Flächen mit den ermittelten Werten. Hierbei ist die Belegung einer Fläche mit mehreren Wertkategorien möglich. Um ein problemloses Zusammenführen mit den Überflutungsflächen zu ermöglichen, werden die so entstandenen einzelnen „Layer“ abschließend zu einem einzelnen „Layer“ verschritten. In der Attributtabelle des Ergebnis-„Layers“ sind zu jedem Polygon alle Wertkategorien aufgelistet, so dass diese je nach Fragestellung beliebig addiert werden können. Abb. 4 zeigt beispielhaft alle ermittelten Vermögenswerte.

4 Ermittlung des Folgeschadens

Der im Überflutungsgebiet liegende Ver-

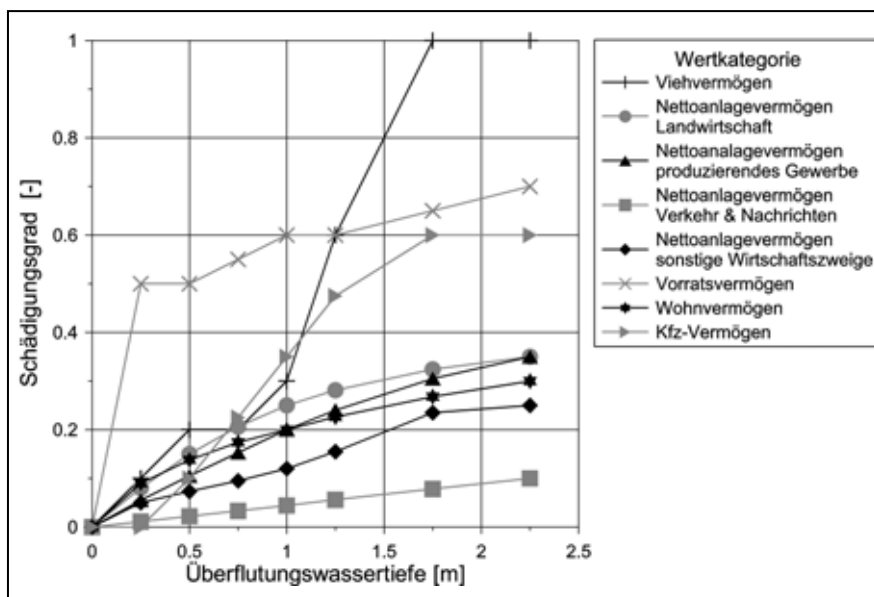


Bild 5: Nutzungsspezifische Schadensfunktionen

Tabelle 2: Zuordnung der Wertkategorien zu der ATKIS-Nutzungsklassifikation

Wertkategorie/ Wirtschaftsbereich	Zugeordnete ATKIS-Objektarten
Einwohner und verbundene Werte	
Einwohner, Wohnkapital, Hausrat, PKW-Werte	2111 Wohnbaufläche 2113 Fläche gemischter Nutzung (50% gegenüber 2111)
Wirtschaftstätigkeit und verbundene Werte	
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	
(NAV, VV ohne Vieh)	2113 Fläche gemischter Nutzung (außerhalb städtischer Ortslagen) 2132 Gärtnerei (3401 Hafen, soweit als Fischereihafen ausgewiesen)
(Viehvermögen)	4102 Grünland (Attribut FKT 2730: landwirtschaftliche Nutzung)
(BWS)	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) 2113 Fläche gemischter Nutzung (innerhalb städtischer Ortslagen) 3301 Flughafen 3501 Bahnhofsanlage (3401 Hafen: relevante Flächen in 2112 enthalten)
Handel, Gastgewerbe und Verkehr (BWS)	
Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleistungen (NAV, VV, BWS)	2113 Fläche gemischter Nutzung (innerhalb städtischer Ortslagen) (2131 Ausstellungs-, Messgelände)
Öffentliche und Private Dienstleister (NAV, VV, BWS)	2114 Fläche besonderer funktionaler Prägung 2129 Kläranlage (kein VV) 2135 Abfallbehandlungsanlage (kein VV) 2201 Sportanlage (kein VV)
Infrastruktur	
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)
Bodenwerte	
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	

mögensbestand stellt den maximal zu erwartenden Schaden dar. Jedoch ist aufgrund der geringen Wassertiefen im Überflutungsgebiet und der in etwa 200 m Entfernung vom Deichbruch geringen Strömungsgeschwindigkeiten der Schädigungsgrad bzw. Schadensanteil im Küstengebiet sehr viel geringer. Typische Schadensfunktionen für die verschiedenen Wertkategorien sind in Abb. 5 dargestellt. Der Gesamtschaden der in den Abb. 1 dargestellten Überflutung des Hinterlands nach Deichbruch ergibt sich unter Verwendung der Schadensfunktionen durch Überlagerung der maximalen Wassertiefe mit dem in Abb. 4 gegebenen Vermögensbestand zu ca. 31 Mio. EUR [7].

Entlang der niedersächsischen Küste weist der nach Deichbruch zu erwartende Überflutungsschaden erhebliche Unterschiede auf. Abb. 6 weist den Überflutungsschaden bei Deichbruch an verschiedenen Positionen entlang der Küste zwischen Bremerhaven und Cuxhaven mit Werten zwischen 12 Mio. EUR und 90 Mio. EUR aus.

5 Ausblick

Die regionale Abhängigkeit des bei Deichbruch an der niedersächsischen Küste zu erwartenden Sach- bzw. Personenschadens findet derzeit nur unzureichend Eingang in die Bemessung von Küstenschutzsystemen. Eine im Sinne der Schadensminimierung optimale Allokation der Küstenschutzmittel erfolgt daher nicht, obwohl sie angesichts der angespannten Lage der öffentlichen Haushalte immer notwendiger wird.

Zur weiteren Verbesserung der vorgestellten Methodik zur mesoskaligen Ermittlung des Überflutungsschadens werden derzeit Geomarketing-Daten bei der Schadenspotentialanalyse sowie Laserscan-Daten bei der Überflutungsflächenanalyse eingesetzt.

Die Integration sämtlicher Teilaspekte der Ausweisung des Überflutungsrisikos erfolgt derzeit in dem GIS-basierten Entscheidungshilfesystem RISK (Risikoinformationssystem Küste) [8].

Literatur

- [1] Kleeberg, H.-B.: Zur Hochwasser-Risikozonierung der deutschen Versicherungswirtschaft, in: Tagungsband der Nürnberger Wasserwirtschaftstage, 2001, S. 39 – 50.
- [2] Kramer, J., Liese, R., Lüders, K.: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet, in: Die Küste, Jg. 10 (1962), H. 1, S. 17 – 54.

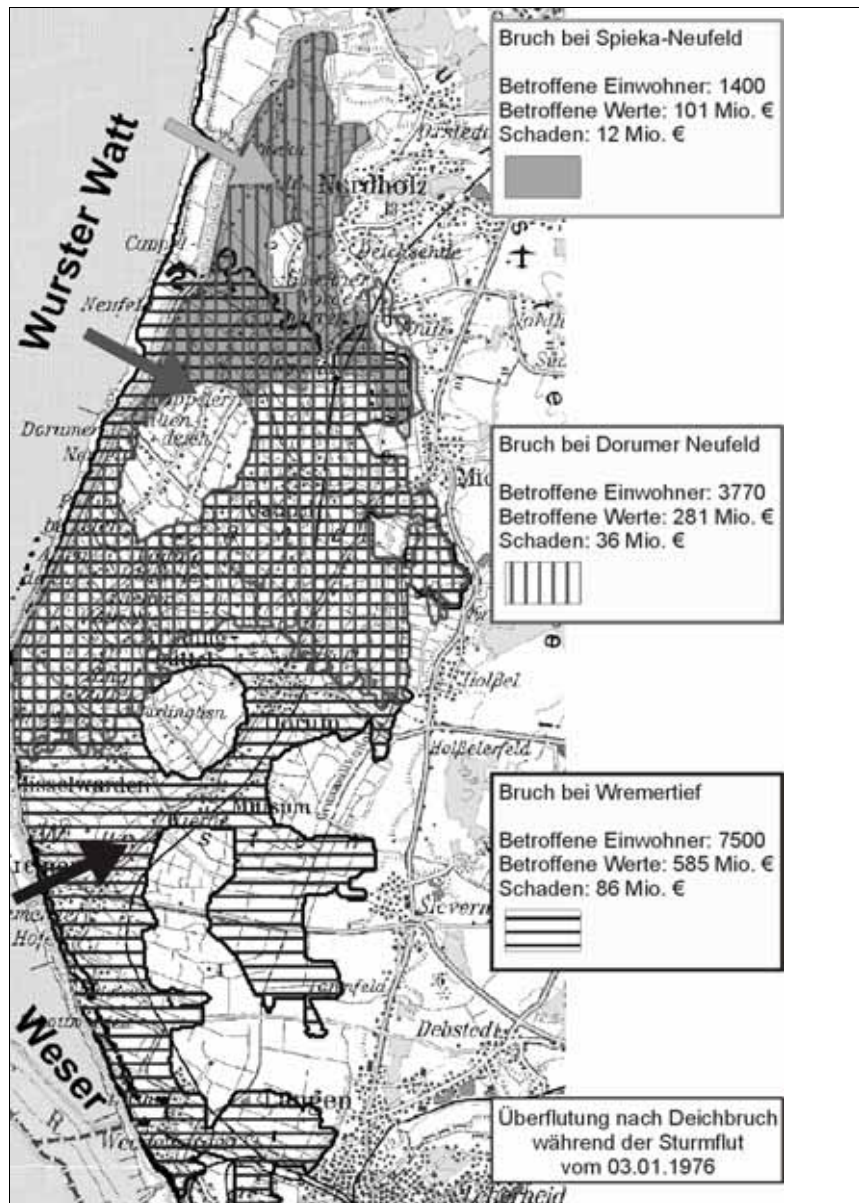


Bild 6: Zu erwartender Überflutungsschaden in Abhängigkeit von der angenommenen Deichbruchposition

- [3] Weigel, J., Mai, S.: GIS-gestützte Schadenspotential- und Risikoanalyse an der niedersächsischen Küste, in: Geographische Rundschau, 2002, H. 12, S. 43 – 46.
- [4] Klaus, J., Schmidtke, R. F.: Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandsküste – Modellgebiet Wesermarsch, Untersuchungsbericht an den Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Bonn, 1990.
- [5] Hamann, M., Klug, H.: Wertermittlung für die potentiell sturmflutgefährdeten Gebiete an den Küsten Schleswig-Holsteins, in: Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft, Band 20 (1998), S. 63-70.
- [6] Kiese, M., Leineweber, B.: Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung – Ökonomische Bewertung und räumliche Modellierung des Schadenspotentials in der Unterweserregion, in: Hannoversche Geographische Arbeitsmaterialien, Band 25 (2001).
- [7] Mai, S., v. Lieberman, N.: RISK - Risiko-informationssystem Küste, in: Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Jg. 53 (2002), S. 44 - 56
- [8] Mai, S., Zimmermann, C.: Risk Analysis - Tool for Integrated Coastal Planning, in: Tagungsband der Int. Konferenz COPEDEC, Sri Lanka (2003, im Druck).

Anschrift der Verfasser
 Dipl. Geogr. Volker Meyer
 Universität Hannover
 Institut für Geographie
 Abt. Wirtschaftsgeographie
 Schneiderberg 50, 30167 Hannover
 E-Mail meyer@wigeo.uni-hannover.de
 Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Dipl.-Ing. Stephan Mai
 Universität Hannover
 Franzius-Institut für Wasserbau und
 Küsteningenieurwesen
 Nienburger Str. 4, 30167 Hannover
 E-Mail smai@fi.uni-hannover.de