

Naturgefahren und Risikobetrachtung im schleswig-holsteinischen Küstenraum

Von HANS-JÖRG MARKAU u. STEFAN REESE

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund einer Neuorientierung im Küstenschutz Schleswig-Holsteins wurde das *Forschungs- und Technologiezentrum Westküste* mit der Pilotstudie *MERK – Mikroskalige Evaluation der Risiken in überflutungsgefährdeten Küstenniederungen* beauftragt. Hiermit wird u.a. ein Instrumentarium zur mikroskaligen Ermittlung der Sturmflutschadenspotenziale entwickelt, mit dessen Übertragbarkeit auf den gesamten Küstenraum des Landes zukünftig kosten- und zeitintensive Studien ersetzt werden sollen.

Um eine umfassende Risikobetrachtung sowie eine entsprechende Implementierung auf verschiedenen administrativen und politischen Ebenen zu gewährleisten, wurde vorab das Konzept *Naturgefahren und Risikobetrachtung* entwickelt. Dieses umfasst die drei Segmente der Risikoanalyse, Risikobewertung und des Risikomanagements.

Für verschiedene Untersuchungsgebiete an Nord- und Ostseeküste wird auf der Basis der hydrologischen und morphologischen Rahmenbedingungen eine Gefährdungsanalyse durchgeführt. Hierbei werden mit einer statistischen Ereignisabschätzung die Intensität und Häufigkeit unterschiedlicher Sturmfluten ermittelt.

Mit einer Vulnerabilitätsanalyse wird dann das Schadenspotenzial erhoben, um anschließend für verschiedene Ereignisszenarien die zu erwartenden Schäden zu evaluieren. Aus der Kombination der Auftretenshäufigkeit von Sturmfluten und der zu erwartenden Schäden ist das spezifische Risiko für die verschiedenen Untersuchungsgebiete zu ermitteln. Mit dem Ziel der Schadensminimierung werden abschließend Empfehlungen für Vor- und Nachsorgemaßnahmen im Rahmen eines Risikomanagements abgeleitet.

Insbesondere die Gefährdungsanalyse und die Risikobewertung haben hierbei weiteren Forschungsbedarf aufgezeigt.

Summary

The Research and Technology Center Westcoast (FTZ) has carried out a micro-scale risk evaluation study for selected coastal lowlands along the German North Sea and Baltic Sea coasts. This work is within a framework of a reorientation in the German coastal defence policies of Schleswig-Holstein. Within the scope of the project a methodology will be developed which is cost-effective and can be applied to other coastal zones. A generic concept of Risk Handling and Natural Hazards developed in the early phase ensures an implementation on different administrative and political levels. The method includes the three interlinked segments of risk analysis, risk evaluation and risk management. A hazard determination was carried out for the different study areas at the coastlines of the North and Baltic Seas based on the given hydrological and morphological conditions. The intensity and frequency of different storm floods are derived from statistical analysis of historic storm surge events. The damage potential is assessed through a vulnerability analysis. The expected damage can then be evaluated by an examination of different scenarios. The specific risk can be calculated for the different study areas based on a combination of frequency of occurrence and damage. Out of these results strategies and measures for preparedness and mitigation shall be derived within the frame of the subsequent risk management.

I n h a l t

1. Einleitung	4
2. Maßstabsskalen	5
3. Konzept <i>Naturgefahren und Risikobetrachtung</i>	5
3.1 Risikoanalyse	6
3.2 Risikobewertung	7
3.3 Risikomanagement	7
4. Forschungsprojekt <i>MERK</i>	8
4.1 Systemabgrenzung und -beschreibung	9
4.2 Gefährdungsanalyse	12
4.3 Vulnerabilitätsanalyse	13
4.3.1 Wertermittlung	13
4.3.2 Schadensschätzung	17
4.4 Risikoabschätzung	19
4.5 Risikomanagement	20
5. Fazit	21
6. Anmerkungen	22
7. Schriftenverzeichnis	22

1. Einleitung

24 % der Landesfläche Schleswig-Holsteins sind Küstenniederungsgebiete, die im Falle einer Sturmflut überflutungsgefährdet sind. Küstenschutz ist daher für den Lebens- und Wirtschaftsraum Küste unerlässlich. In der Vergangenheit waren die Planung und Umsetzung des Küstenschutzes in Schleswig-Holstein eher durch eine eindimensionale und sektorale Betrachtungsweise geprägt, so dass man sich räumlich und thematisch auf die Küsten- bzw. Deichlinie konzentrierte. Tatsächlich aber gibt es besonders im Küstenraum vielfältige Interessen und Nutzungsansprüche, die berücksichtigt und frühzeitig mit der Küstenschutzplanung in Einklang gebracht werden müssen.

Daher wird zukünftig in Schleswig-Holstein im Rahmen eines „Integrierten Küstenschutzmanagements (IKM)“ ein kontinuierlicher, dynamischer und teils iterativer Planungsprozess angestrebt (HOFSTEDE u. PROBST, 1999). Eine zunehmende Wertekonzentration im Küstenraum und teils veränderte Wertvorstellungen seitens der Bevölkerung erfordern in diesem Rahmen u.a. eine breite Beteiligung der Öffentlichkeit. Darüber hinaus hat sich gerade unter dem Aspekt der sich ändernden hydrologischen Rahmenbedingungen, wie z.B. eines prognostizierten Meeresspiegelanstiegs, aber auch unter dem Aspekt der immer knapper werdenden Finanzmittel gezeigt, dass die Ermittlung des Überflutungsrisikos für zukünftige Küstenschutzmaßnahmen unerlässlich ist.

Aus diesem Grund wird seit dem 1. April 2000 am *Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ)* mit Finanzierung durch das *Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein (MLR)* und das *Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMB+F)* das Forschungsprojekt *MERK – Mikroskalige Evaluation der Risiken in überflutungsgefährdeten Küstenniederungen* bearbeitet. Mit einer Risikoanalyse in ausgesuchten Untersuchungsräumen werden hiermit ein lokal anwendbares Planungsinstrument sowie Grundlagen und Empfehlungen für ein zukünftiges Risikomanagement geschaffen.

2. Maßstabsskalen

Für eine Risikobetrachtung im Rahmen der Naturgefahrenforschung gilt es zunächst, die Untersuchungsebene festzulegen. Dabei lassen sich die drei Betrachtungsskalen *Makro-, Meso- und Mikroebene* unterscheiden.

Tab. 1: Untersuchungsebenen

	makroskalig	mesoskalig	mikroskalig
Betrachtungsebene	(inter-)national	regional	lokal
Planungs- bzw. Handlungsebene	(inter-) nationale Politik	Küstenschutz- strategien	Küstenschutz- maßnahmen
Untersuchungsraum	Deutsche Küsten	Küsten Schleswig- Holsteins	ausgewählte Küstenräume in Schleswig-Holstein
Beispiel	IPCC-Common Methodology	FTZ-Wertermittlungs- gutachten	FTZ-MERK-Projekt

Makroskalige Studien finden Anwendung in überregionalen Untersuchungsgebieten. Auf der nationalen bzw. internationalen Betrachtungsebene sind vor allem politische Ziele und Grundsatzentscheidungen Anlass der Untersuchungen. Ein Beispiel des makroskaligen Ansatzes ist die *Common Methodology* des *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Diese standardisierte Methodik ermöglicht die Evaluation der Vulnerabilität von Küstenräumen im nationalen Vergleich unter der Berücksichtigung eines prognostizierten Meeresspiegelanstiegs (IPCC-CZMS, 1991).

Mesoskalige Ansätze finden vorwiegend Anwendung auf regionaler Ebene. Hauptziel dieser Untersuchungen ist die Generierung von langfristigen Strategien. Ein Beispiel für eine mesoskalige Studie ist das ebenfalls am *FTZ* bearbeitete Bewertungsgutachten (HAMANN u. KLUG, 1998). In diesem wurde das Schadenspotenzial für die potenziell überflutungsgefährdeten Küstenniederungen Schleswig-Holsteins ermittelt.

Aufgrund der vergleichsweise großen Untersuchungsräume basieren mesoskalige wie makroskalige Methoden auf aggregierten Daten. Dementsprechend sind die Ergebnisse für die konkrete Maßnahmenplanung z.B. im Küstenschutz ungeeignet.

Mikroskalige Untersuchungen fokussieren auf lokaler Ebene die potenziell gefährdeten Objekte wie z.B. Gebäude oder verschiedene Flächennutzungen. Kleinräumige Ansätze ermöglichen sehr detaillierte Studien, sind aber sehr kosten- und zeitintensiv. Für das Forschungsprojekt *MERK* wurde erstmals in Schleswig-Holstein ein solcher mikroskaliger Bewertungsansatz gewählt.

3. Konzept „Naturgefahren und Risikobetrachtung“

Aufgaben und Struktur der Naturgefahrenforschung lassen sich an dem Konzept *Naturgefahren und Risikobetrachtung* erläutern (s. Abb. 1). Es bietet zudem die Möglichkeit, sich gängiger Begriffsdefinitionen und Methoden zu bedienen und liefert einen Diskussionsbeitrag zur Systemoptimierung einer präventiven Katastrophenvorsorge. Das Konzept gliedert

sich in die drei Teilsegmente Risikoanalyse, Risikobewertung und Risikomanagement. Eine isolierte Betrachtung der einzelnen Segmente durch die verschiedenen natur- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen, wie sie in der Vergangenheit vielfach vorherrschte, ist zukünftig durch einen integrativen Ansatz aufzulösen. Somit können Wissensdefizite ausgeräumt und Bedürfnisse hinsichtlich erforderlicher Informationen von den Beteiligten artikuliert werden.

Dementsprechend steht im Zentrum des Konzeptes das Risiko in Verbindung mit einem kontinuierlichen Kommunikationsprozess.

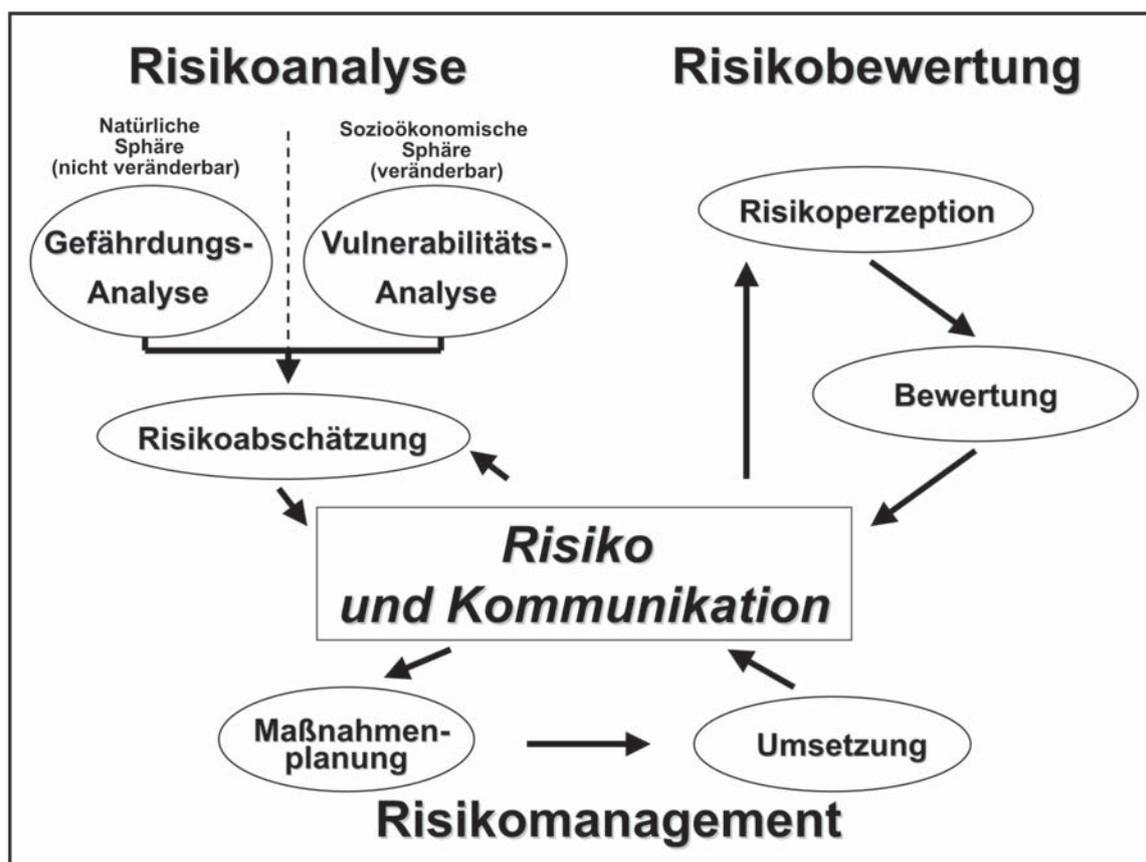


Abb. 1: Konzept *Naturgefahren und Risikobetrachtung*

3.1 Risikoanalyse

Mit dem Instrument der Risikoanalyse wird das spezifische Risiko ermittelt. Dabei wird zum einen mit der Gefährdung die von einem spezifischen Ereignis ausgehende Bedrohung der natürlichen Sphäre bestimmt.

Zum anderen wird im Rahmen einer Vulnerabilitätsanalyse auf Basis der ermittelten Schadenspotenziale die Schadenserwartung bei Eintritt eines spezifischen Extremereignisses abgeschätzt. Abschließend lässt sich das spezifische Risiko als Produkt aus Vulnerabilität (Schadenserwartung) und Gefährdung (Ereignishäufigkeit) ermitteln. Das Wissen um bestehende Risiken ermöglicht eine angepasste Risikowahrnehmung und -bewertung durch die verschiedenen Akteure im Küstenraum.

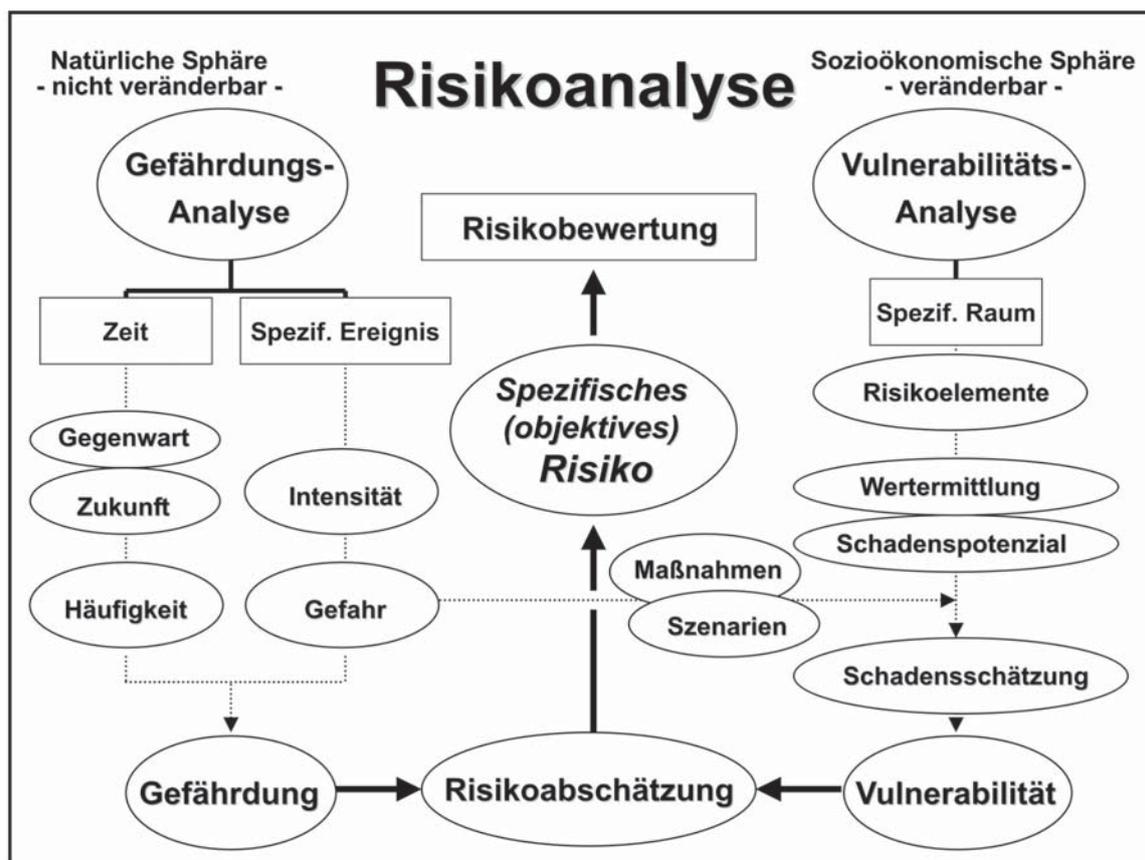


Abb. 2: Konzept der Risikoanalyse

3.2 Risikobewertung

Die Risikobewertung umfasst die Risikowahrnehmung (Perzeption) und die anschließende Bewertung. Auf der Basis des durch die Risikoanalyse ermittelten spezifischen Risikos ist die öffentliche Risikoperzeption zu untersuchen, wobei die Wahrnehmungen je nach Interessen sowie Erfahrungs- und Wissensstand der Akteure sehr unterschiedlich sein können. Mit Hilfe der Risikokommunikation ist es möglich, die Wahrnehmenden über die Bedrohung durch Naturgefahren zu informieren und zu sensibilisieren. So können ursprünglich akzeptierte Risiken in der Bewertung eine nicht akzeptierte Größe annehmen, was die Akteure zu Vorsorgemaßnahmen bewegen kann (s. Abb. 3).

3.3 Risikomanagement

Das Risikomanagement ist das Bindeglied zwischen den Resultaten der Risikoanalyse und den Vorgaben der Bewertung. Es bestimmt die Zielsetzungen, den Handlungsbedarf und die Maßnahmen. Aus dem Vergleich bestehender und akzeptierter Risiken ist der Grad der Sicherheit hinsichtlich einer Gefahr abzuleiten. Sicherheitsdefizite sind dabei die häufigste Ausgangslage für ein Risikomanagement, wobei entweder das Risiko reduziert oder aber die Akzeptanz gegenüber diesem erhöht wird (HOLLENSTEIN, 1997).

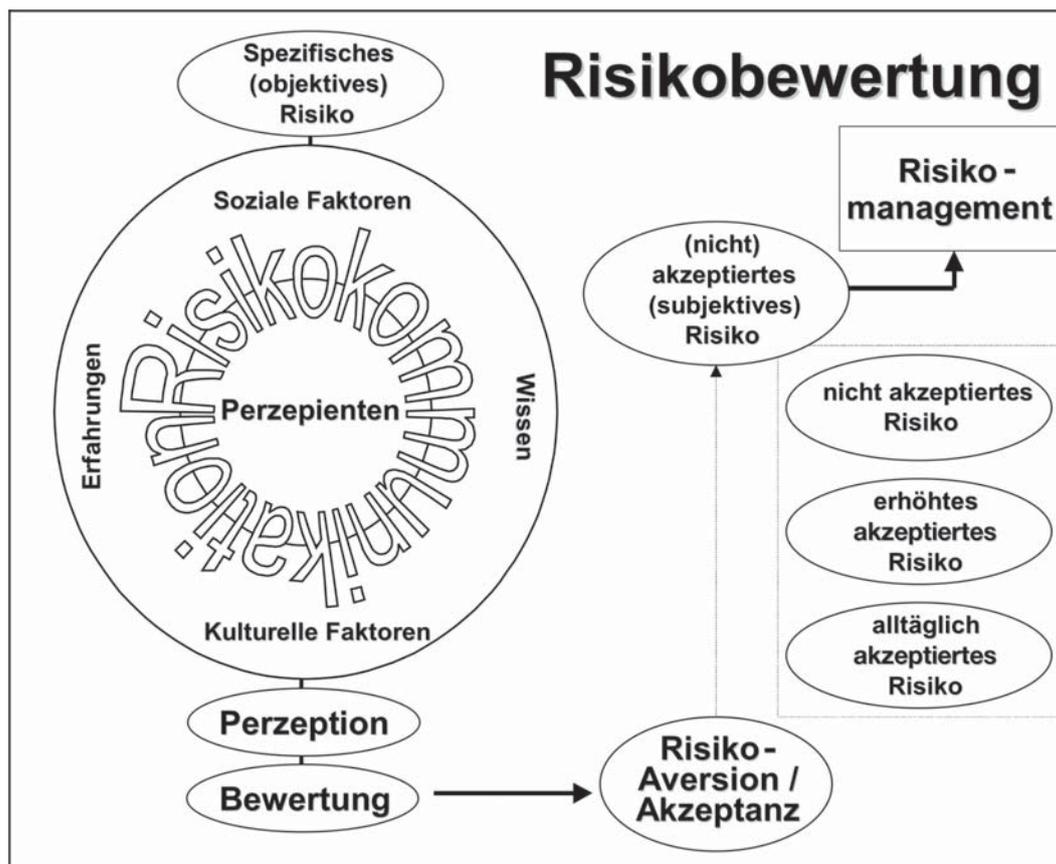


Abb. 3: Konzept der Risikobewertung

Im Risikomanagement artikulieren alle Akteure in einem Netzwerk ihre unterschiedlichen Leitbilder und versuchen, eine konsensuelle Zielvorstellung zu formulieren (s. Abb. 4).

Nach der Identifikation der Zielvorstellungen aller Akteure werden kurzfristige Handlungs- und langfristige Entwicklungsziele sowie geeignete Maßnahmen zur Vor- und Nachsorge entwickelt.

Nach Umsetzung der Maßnahmen sollte das Risiko in einem Monitoringprozess hinsichtlich sich ändernder Rahmenbedingungen kontrolliert werden. Werden veränderte Einflussparameter erkannt, müssen die Risikoanalyse und -bewertung gegebenenfalls wiederholt bzw. modifiziert werden, um das Management den neuen Erkenntnissen anpassen zu können. Dementsprechend ist das Konzept der Risikobetrachtung ein teils iteratives System unter Beteiligung aller Kompetenzen und Akteure in den gefährdeten Räumen.

4. Forschungsprojekt *MERK*

Die Struktur des *MERK*-Projektes basiert auf dem in Kapitel 3 erläuterten Konzept der Risikobetrachtung von Naturgefahren. Um die Gefährdung und Verletzbarkeit der untersuchten Küstenräume durch Sturmfluten abzuschätzen, liegt der Fokus der Studie auf einer Risikoanalyse in den Untersuchungsräumen. Folgende Projektsegmente werden bearbeitet:

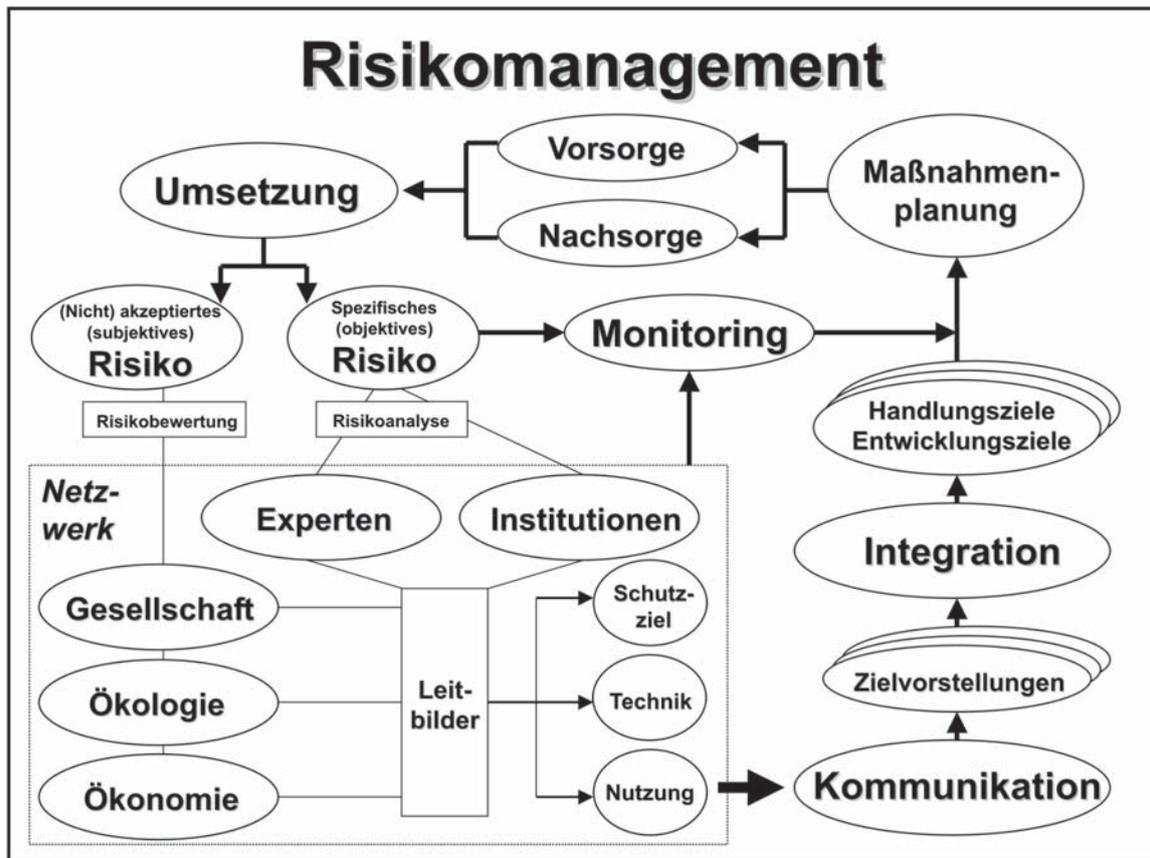


Abb. 4: Konzept des Risikomanagements

- Systemabgrenzung und -beschreibung
- Gefährdungsanalyse
- Vulnerabilitätsanalyse
- Risikoabschätzung
- Risikomanagement.

4.1 Systemabgrenzung und -beschreibung

Die Systemabgrenzung und -beschreibung legt den thematischen und räumlichen Rahmen der Untersuchung fest und liefert eine möglichst realitätsnahe Beschreibung des Systems Küste.

Die thematische Abgrenzung des Projektes umfasst die isolierte Betrachtung der Naturgefahr Sturmflut und deren Auswirkung auf verschiedene sozioökonomische Schadens-kategorien. Dabei liegt der Fokus auf der Betrachtung von Primärschäden. Zusätzliche Gefahrenbilder wie Stürme oder Rückstaueffekte werden nicht berücksichtigt.

Hinsichtlich der räumlichen Abgrenzung wurden fünf exemplarische Küstenräume ausgewählt: St. Peter-Ording und Kaiser-Wilhelm-Koog an der Nordseeküste sowie das Niederungsgebiet Timmendorfer Strand/Scharbeutz, die nördliche Seeniederung Fehmarn und Kiel an der Ostseeküste. Diese sind sowohl ländlich und städtisch als auch touristisch geprägte Räume. Unter Berücksichtigung historischer Sturmflutscheitelwasserstände und in

Abstimmung mit dem MLR Schleswig-Holstein werden die Untersuchungsgebiete an der Nordseeküste von der 5-m-Höhenlinie bzw. der zweiten Deichlinie und an der Ostseeküste von der 4-m-Höhenlinie begrenzt.

Der Schwerpunkt der Systembeschreibung liegt in der hydrologischen und morphologischen Charakterisierung der Untersuchungsräume. Somit werden die Rahmenbedingungen der Risikoanalyse und die Grundlagen für den Ablauf von Hochwasserereignissen geschaffen.

Mit dem Geographischen Informationssystem ArcInfo wurde zur Abgrenzung der potenziellen Überflutungsgebiete und Darstellung der morphologischen Gegebenheiten ein digitales Höhenmodell erstellt. Dieses stützt sich auf die Deutsche Grundkarte im Maßstab 1:5000 (DGK5) und verschiedene Katasterpläne.

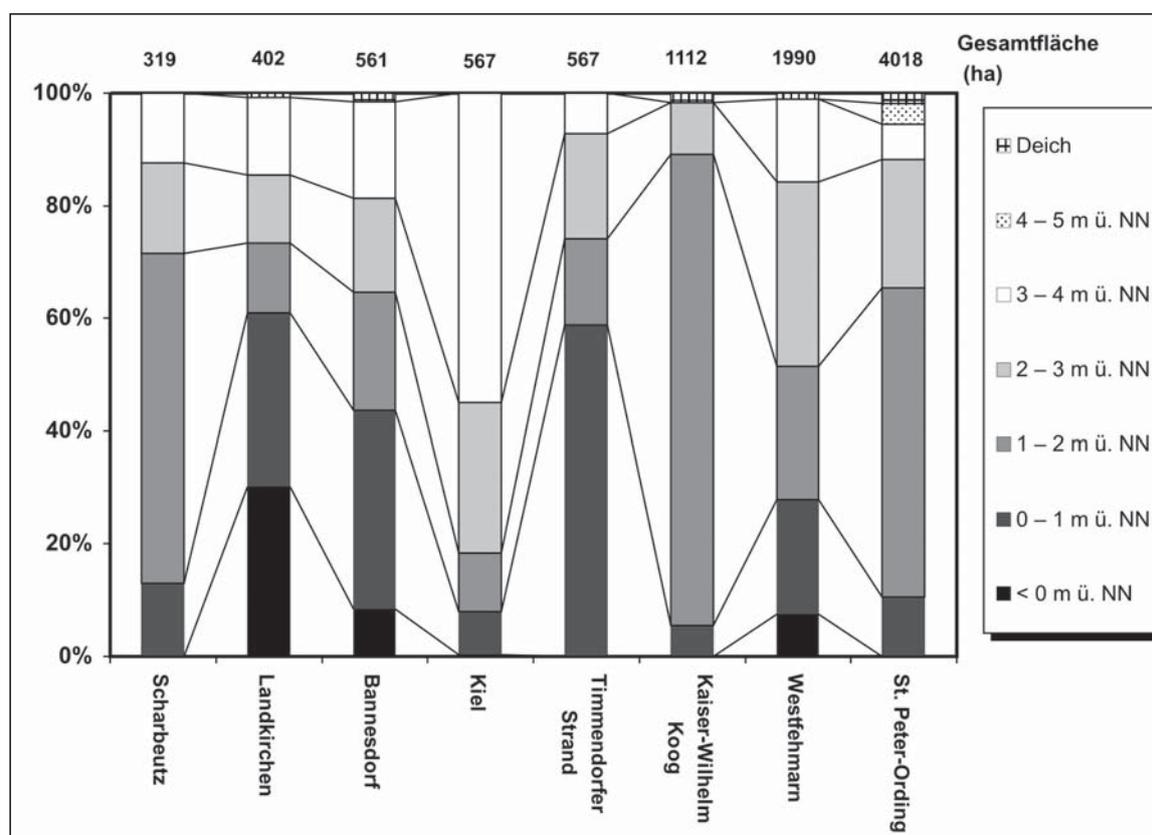


Abb. 5: Höhenverteilung in den Untersuchungsgebieten

In Abb. 5 sind die Höhenverteilungen in den Untersuchungsgebieten dargestellt. Abb. 6 zeigt exemplarisch für den Untersuchungsraum Timmendorfer Strand die Topologie in einem überflutungsgefährdeten Niederungsgebiet an der Ostseeküste.

Die Höhenverteilungen zeigen in den Untersuchungsgebieten deutliche Unterschiede. So sind die größten Flächenanteile in niedrigen Höhenlagen vorwiegend in den ländlichen Gemeinden Bannedorf, Landkirchen und Westfehmar zu erkennen. Zudem sind hier die Höhenschichten von unter 0 bis 4 m ü. NN in ihrer Ausdehnung relativ homogen verteilt, was auf die eingebnete Grundmoränenmorphologie zurückzuführen ist. In Kaiser-Wilhelm-Koog hingegen zeigt sich die für Marschen typische geringe Reliefenergie in einer Flächenkonzentration im Höhenbereich zwischen 1 und 2 m ü. NN. Die abwechslungsreichere Re-

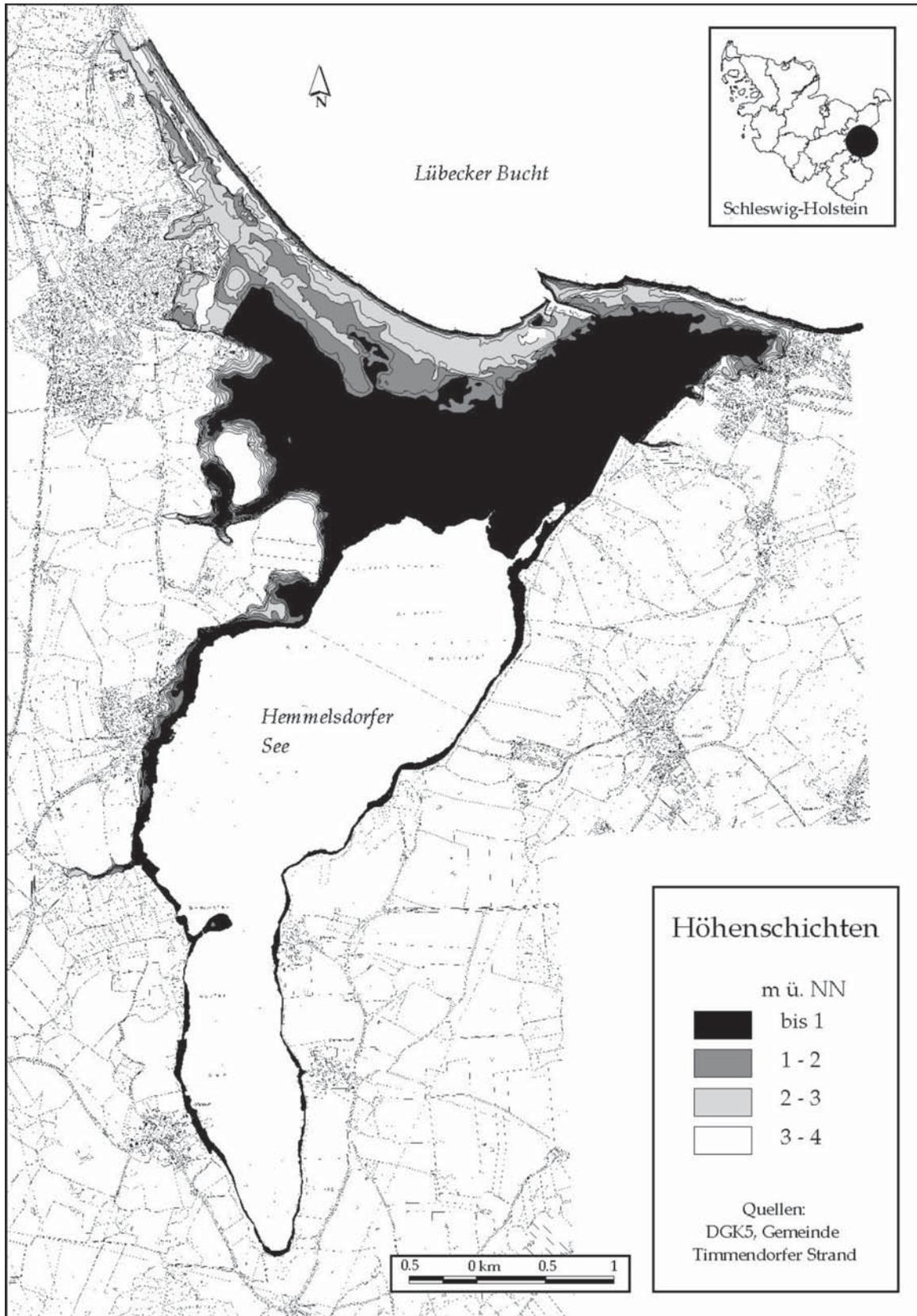


Abb. 6: Höhenschichten in Timmendorfer Strand

liefgestaltung in St. Peter-Ording resultiert aus den vorgelagerten Dünen und Geestkernen im Gemeindegebiet. Das Untersuchungsgebiet Scharbeutz im Bereich der Binnen- und Ausgleichsküste in der Lübecker Bucht zeigt mit ausgedehnten Strandwällen eine ähnliche Höhenverteilung wie St. Peter-Ording, während Timmendorfer Strand wesentlich größere Flächenanteile in niedrigen Bereichen aufweist. Das ist auf das rückwärtige Retentionsbecken des Hemmeldorfer Sees zurückzuführen (s. Abb. 6). Der große Flächenanteil höherer Bereiche in der Landeshauptstadt Kiel resultiert einerseits aus den relativ steil ansteigenden Seitenmoränen, andererseits aus der starken anthropogenen Überprägung sowie der Sicherung der Uferanlagen.

4.2 Gefährdungsanalyse

Die Gefährdungsanalyse stellt neben der Vulnerabilitätsanalyse die Basis für eine Risikoabschätzung im Küstenraum dar. Hierbei werden basierend auf verschiedenen Annahmen Sturmflutereignisse mit spezifischen Überflutungs- bzw. Deichbruchwahrscheinlichkeiten untersucht.

Mit einer statistischen Ereignisabschätzung werden die Intensität und Häufigkeit der betrachteten Szenarien auf der Basis von historischen Sturmfluten bestimmt. Von einem probabilistischen Ansatz wird hier abgesehen, da die Kenntnis der zahlreichen Systemkomponenten für befriedigende Wahrscheinlichkeitsbestimmungen nicht ausreicht. Der Bereich der probabilistischen Ereignisabschätzungen zeigt gegenwärtig noch dringenden Forschungsbedarf.

Die Modellierung der Extremereignisse sowie die Annahmen zu verschiedenen Szenarien und Deichbrüchen sind unter Berücksichtigung der hydrologischen und morphologischen Rahmenbedingungen sowie der jeweiligen Küstenschutzsituation in Absprache mit der Küstenschutzverwaltung des MLR und der Ämter für Ländliche Räume (ÄLR) entwickelt worden. Durch jeweils spezifische hydrologische Szenarien wird berücksichtigt, dass in den einzelnen Untersuchungsgebieten unterschiedliche Bedingungen für Ablauf und Auswirkungen der Sturmflutereignisse gelten.

Es wurden für alle Untersuchungsgebiete sowohl Minimal- als auch Maximalszenarien festgelegt. Hierbei werden folgende Möglichkeiten der Auswirkungen im Küstenraum betrachtet:

- Deichüberlauf
- Deichbruch
- Dünendurchbruch
- Überflutungen abhängig vom Scheitelwasserstand (kein Küstenschutz).

Erreicht der Sturmflutwasserstand eine Höhe von 2 m unter der Deichkrone, so ist von einer 100-prozentigen Deichbruchwahrscheinlichkeit auszugehen. Diese Annahme stützt sich auf Erkenntnisse, nach denen bei diesem Wasserstand die Wellen über die Deichkrone schlagen und es zu einer rückwärtigen Schädigung der Deichoberfläche und einer einsetzenden Tiefenerosion im Deichkörper kommen kann.

Folgende Parameter werden für die Überflutungssimulation in den Untersuchungsgebieten definiert:

- Sturmflutscheitelwasserstände
- Verweilzeiten der Sturmflutwasserstände unterschiedlicher Höhe (Ganglinien)
- Deichbruchstellen unter Berücksichtigung der Deichzustände
- Vertikale und horizontale Ausdehnung der Deichbruchstellen in zeitlicher Entwicklung bis zur Klimax (Bruchdynamik)

- Eindringdauer des Wassers durch die Deichbruchstelle
- Gesamtvolumen des einströmenden Wassers
- Ablaufdauer des Wassers bis auf Niveau der Deichbruchsohle
- Gesamtvolumen des ausströmenden Wassers
- Sunkraten unter Berücksichtigung von natürlicher Entwässerung und Pumpleistungen
- Verweilzeiten der Überflutungswässer in Senken.

Die Sturmflutscheitelwasserstände sowie die Verweilzeiten orientieren sich an den Ganglinien folgender historischer Extremereignisse:

- Nordseeküste: Sturmflut vom 3. Januar 1976
- Ostseeküste: Sturmflut vom 12./13. November 1872.

Die GIS-gestützte Überflutungssimulation basiert auf der Ermittlung der Einströmvolumina nach FÜHRBÖTER (1987) und POLENI (BOLLRICH, 2000) unter Berücksichtigung des geländespezifischen Fassungsvermögens der jeweiligen Überflutungsgebiete.

4.3 Vulnerabilitätsanalyse

Mit dem Instrument der Vulnerabilitätsanalyse werden die Sturmflutschäden evaluiert, die im Rahmen der Ereignisszenarien (s. Kapitel 4.2) zu erwarten sind. Sie umfasst eine Wertermittlung und eine Schadensschätzung.

4.3.1 Wertermittlung

Mikroskalige Wertermittlungen erfordern detaillierte, objektbezogene Informationen bezüglich aller potenziell vulnerablen Werte. So erfordert die Auswahl der für die Untersuchung relevanten Wertekategorien eine Identifikation der Elemente, die potenziell einen Schaden erleiden können. Abb. 7 zeigt mögliche Sturmflutschadenskategorien, wobei die Zuordnung von potenziellen Schadenselementen nicht immer eindeutig und teils subjektiv ist.

Direkte Schäden werden hierbei durch den unmittelbaren Einfluss des Ereignisses verursacht, während indirekte Schäden i.d.R. Langzeit- bzw. Folgeschäden darstellen, die in der Kausalität von dem eigentlichen Ereignis distanzierter sind als die direkten Schäden.

Direkte und indirekte Schäden lassen sich in tangible, d.h. monetär erfassbare und intangible Schäden gliedern. Intangible Wertekategorien sind in den meisten Fällen nur in ihrer Anzahl bzw. deskriptiv zu erfassen.

Im Rahmen des *MERK*-Projektes liegt der Fokus auf der Evaluation direkter, tangibler und teils auch intangibler Werte. Abb. 8 und 9 zeigen die Werte- bzw. Schadenskategorien, welche in *MERK* untersucht werden. Der Großteil der evaluierten Schadenselemente ist demnach den direkten tangiblen und primären Schäden zuzuordnen. Diese physischen Schäden an öffentlichem und privatem Eigentum lassen sich monetär erfassen und stellen eine wichtige Grundlage für die Ermittlung der Vulnerabilität dar.

Die direkten intangiblen und primären Personenschäden haben aber in der Risikobetrachtung gegenüber der Verletzbarkeit von Sachwerten eine prioritäre Bedeutung. So orientieren sich auch Küstenschutzplanungen vorrangig an den zu schützenden Einwohnern in den überflutungsgefährdeten Küstenniederungen.

Obwohl es verschiedene Ansätze für die monetäre Bewertung von Menschenleben gibt (vgl. NOWITZKI, 1997), wird in *MERK* die gefährdete Bevölkerung aus ethischen Gründen als intangible Kategorie betrachtet und lediglich quantitativ erfasst.

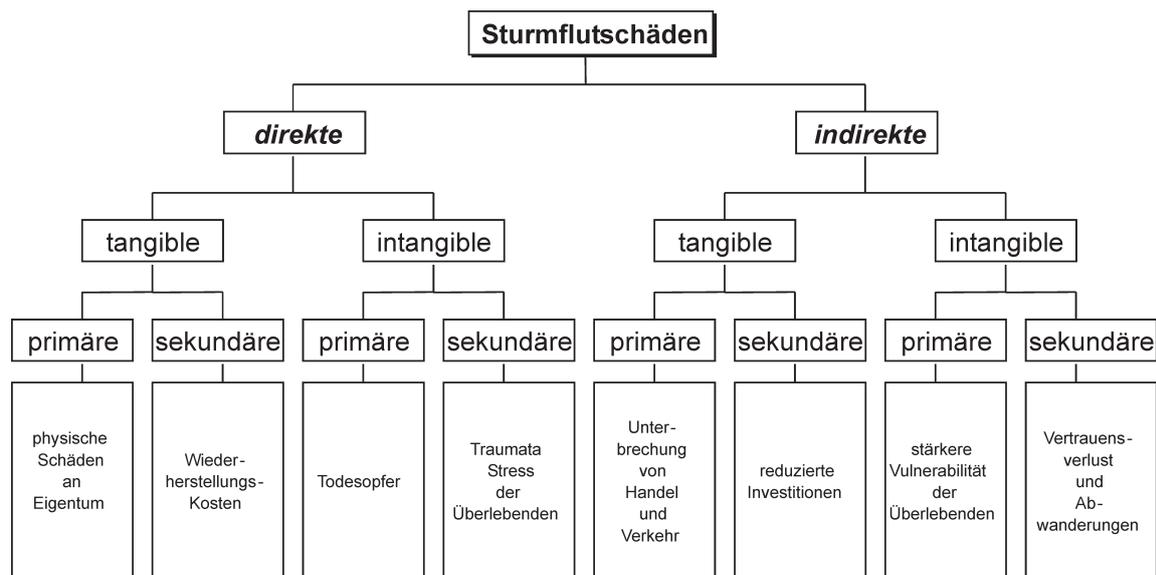


Abb. 7: Sturmflutschadenskategorien (nach SMITH u. WARD, 1998)

An tangiblen indirekten Schadenskategorien werden die Wertschöpfungsverluste durch Betriebsausfälle betrachtet. Gefährdete Arbeitsplätze und Gästebetten werden als indirekte intangible Schadenselemente lediglich in ihrer Anzahl bewertet. Ihre ökonomische Bedeutung und Monetarisierung wird bei der Betrachtung der Wertschöpfung berücksichtigt.

Im Einzelnen erfordert die Evaluation jeder Schadenskategorie eine eigene Methodik. Diese wird im Folgenden für die wichtigsten Schadenskategorien kurz erläutert.

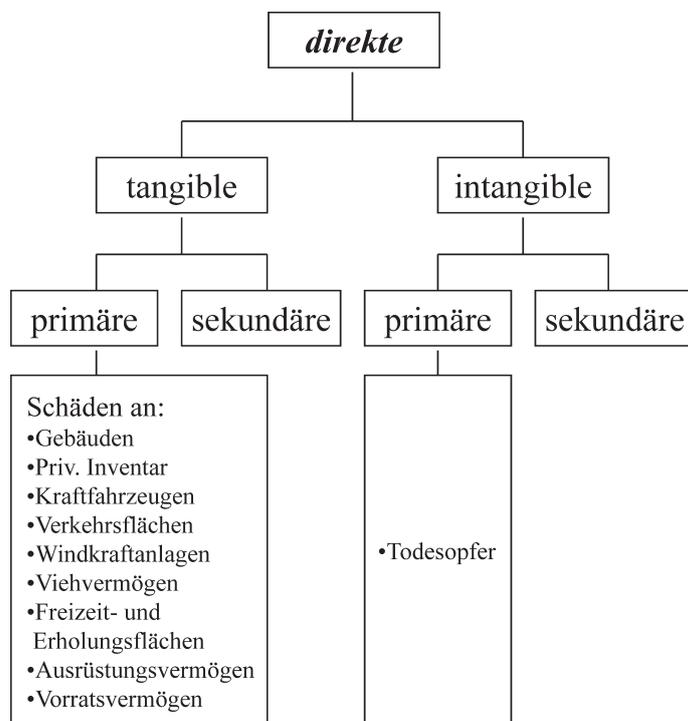


Abb. 8: Direkte Sturmflutschadenskategorien in MERK (nach SMITH u. WARD, 1998)

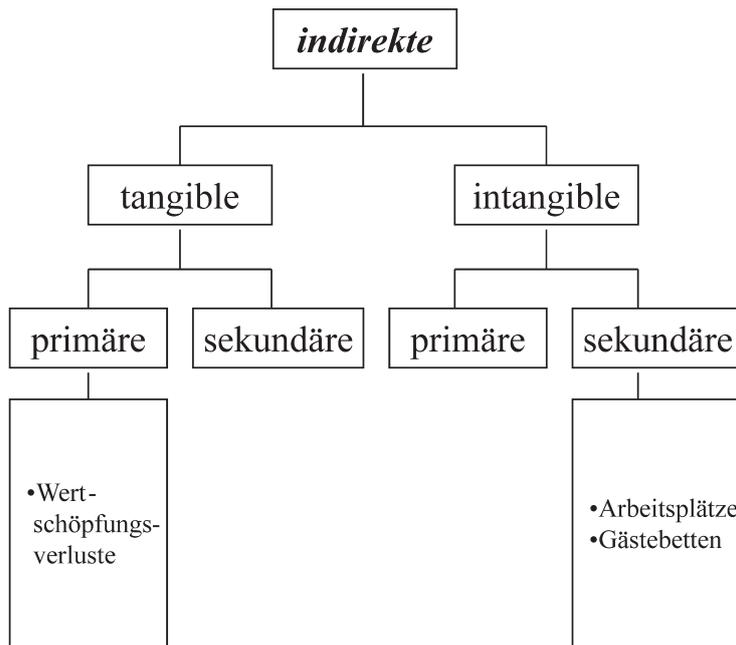


Abb. 9: Indirekte Sturmflutschadenskategorien in *MERK* (nach SMITH u. WARD, 1998)

Die Ermittlung der gefährdeten **Einwohner** wurde mit Hilfe der gemeindeinternen Einwohnermelderegister auf Basis von Gebäudeeinheiten durchgeführt. Die Zuordnung der amtlich gemeldeten Einwohner ist über die im Rahmen einer Gebäudekartierung identifizierten Straßen- und Hausnummern möglich. Da für touristisch geprägte Gemeinden auch die Zweitwohnsitze eine große Bedeutung haben, wurden sowohl Haupt- als auch Nebenwohnsitze erhoben. Abb. 10 zeigt die Ergebnisse der Einwohnerermittlung in den Untersuchungsgebieten.

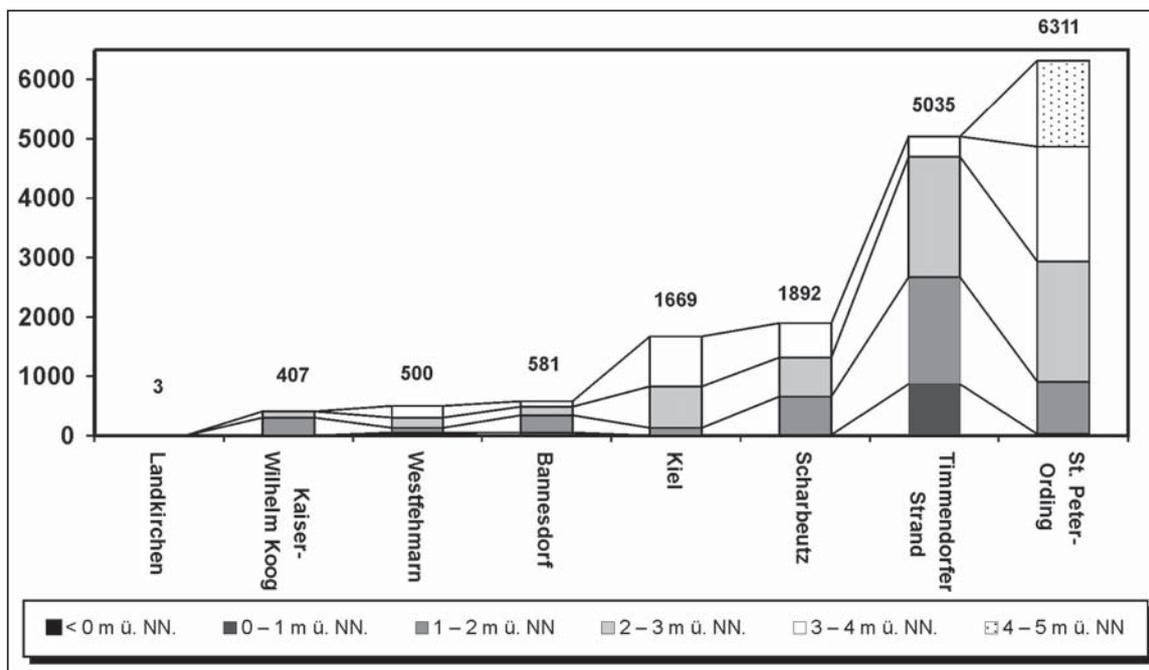


Abb. 10: Gefährdete Einwohner – Anzahl und Höhenverteilung

Die Kenntnis der Anzahl sowie der Verteilung der Einwohner im Raum und auf die Höhenschichten ist u.a. für Evakuierungsmaßnahmen von großer Bedeutung. So können für den Fall eines Extremereignisses Prioritätenlisten erstellt werden. Diese Informationen können mit Hilfe des GIS durch die Verschneidung des digitalen Geländemodells mit den Nutzungs- und Wertedaten gewonnen werden.

Die touristisch geprägten Untersuchungsgebiete zeigen die größte Anzahl gefährdeter Einwohner. Vergleicht man die einwohnerstärksten Gebiete, so fällt auf, dass in Timmendorfer Strand die Einwohner auf die niedrig gelegenen Höhenschichten konzentriert sind, während in St. Peter-Ording ein Großteil der potenziell gefährdeten Bevölkerung in höheren Geländebereichen wohnt. In den ländlich strukturierten Räumen sind aufgrund der geringen Siedlungsdichte vergleichsweise wenig Einwohner gefährdet.

Für die Ermittlung der **Gebäudewerte** konnten durch Nutzungskartierungen objektbezogene Informationen über die wertbestimmenden Parameter gewonnen werden (u.a. Geschosszahl, Bauart, Alter, Zustand). Die Bruttogrundfläche der Gebäude wurde mit Hilfe des Geographischen Informationssystems aus den digitalen Kartengrundlagen (DGK5 und Katasterkarten) extrahiert. Die *Wertermittlungs-Richtlinien und Normalherstellungskosten 1995* erlauben unter Berücksichtigung der genannten Gebäudespezifika eine sehr detaillierte Evaluation der Neubauwerte je Quadratmeter Grundfläche für unterschiedliche Gebäudetypen (KLEIBER, 1999). Da die Normalherstellungskosten regional sehr stark variieren, wurden bei der Berechnung verschiedene Korrekturfaktoren hinzugezogen, die u.a. die Ortsgröße sowie die regional differierenden Baukosten im Bundesgebiet berücksichtigen. Der Wert der Gebäudegrundstücke konnte zusätzlich durch die Bodenrichtwerte der Gemeinden ermittelt werden. Die Verschneidung der Werte mit dem digitalen Geländemodell erlaubt es dann, Aussagen über die Verteilung der Strukturen auf die Höhenschichten und dementsprechend deren potenzielle Gefährdung zu treffen.

Abb. 11 zeigt die Ergebnisse der monetären Wertermittlung für die untersuchten tangiblen Schadenskategorien der verschiedenen Untersuchungsgebiete.

Die höchsten Werte sind i.d.R. in Verbindung mit Gebäudestrukturen vorhanden. So dominieren die Gebäude-, Inventar- und Grundstückswerte die Werteverteilung (s. Abb. 11).

In der regionalen Verteilung sind die größten Schadenspotenziale in den städtisch geprägten Räumen zu erkennen, die eine Konzentration der wirtschaftlichen Aktivitäten und Siedlungsstrukturen im Küstenraum aufweisen (s. Abb. 11). Trotz der relativ geringen Größe des Untersuchungsgebietes sind die höchsten Werte in der Landeshauptstadt Kiel vorhanden. Aber auch die touristisch geprägten Räume St. Peter-Ording und Timmendorfer Strand zeigen im Vergleich zu den strukturschwächeren Räumen wie Bannesdorf und Kaiser-Wilhelm-Koog sehr hohe Werte.

Für die Darstellung der räumlichen Verteilung und Konzentrationsunterschiede des Schadenspotenzials wurde ein GIS-gestütztes Rasterverfahren entworfen. Hierbei wurde auf die Untersuchungsgebiete ein Raster mit einer Kachelgröße von 300 x 300 m projiziert.

Durch die Verschneidung dieses Rasters mit den verorteten Werten können den einzelnen Planquadraten die entsprechenden Schadenspotenziale zugeordnet werden. Durch die konzentrationsabhängige Farbgebung ist es möglich, Bereiche hervorzuheben, in denen besonders hohe bzw. niedrige Werte vorhanden sind. Abb. 12 zeigt exemplarisch eine Rasterkarte für das Untersuchungsgebiet Timmendorfer Strand.

Hier zeigen sich zwei unterschiedlich strukturierte Gebiete. In dem intensiv besiedelten Küstenraum zeigt sich im Vergleich zum Hinterland eine starke Häufung der Werte. Innerhalb dieses Agglomerationsraumes sind darüber hinaus deutliche Konzentrationsunterschiede zu erkennen.

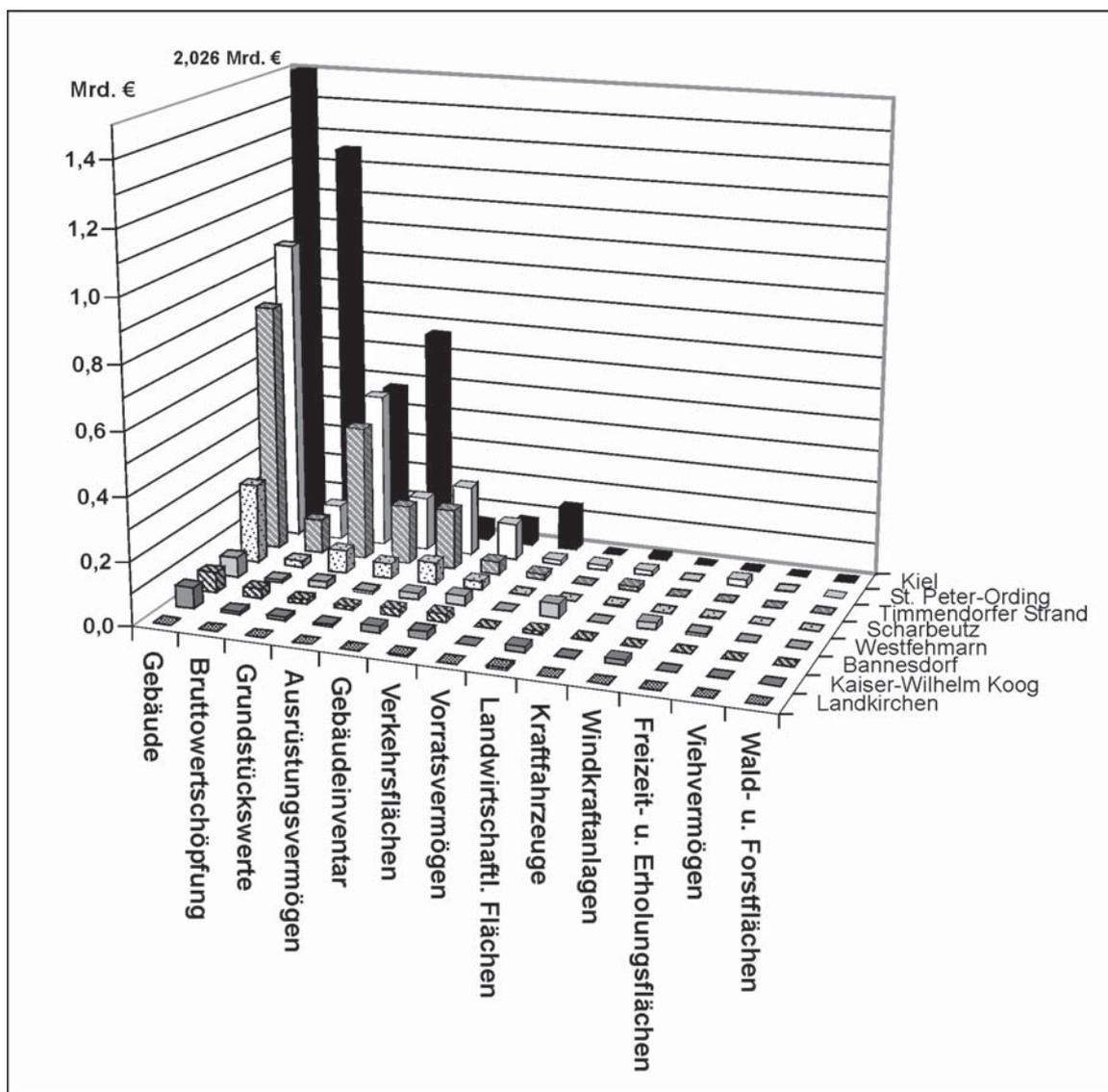


Abb. 11: Schadenspotenziale in den Untersuchungsgebieten nach Schadenskategorien

4.3.2 Schadensschätzung

Da Vermögenswerte bei einer Überflutung nicht zwangsläufig einen Totalschaden erleiden, kann das gesamte Schadenspotenzial nicht als Maß für die Schäden gelten. Daher wird die monetäre Schadenserwartung für verschiedene Überflutungsszenarien evaluiert. Mit der Modellierung der potenziellen Überflutungsgebiete und der Darstellung der Höhensituation im Untersuchungsraum können, unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen der betrachteten Überflutungsszenarien, die zu erwartenden Überflutungshöhen an den Risikoelementen ermittelt werden. Die Schäden können dann mit Hilfe von Hochwasserschadensfunktionen abgeschätzt werden, in denen die prozentuale Schädigung des Gesamtwertes der Objekte in Beziehung zur Überflutungshöhe gesetzt wird (s. Abb. 13).

In der Vergangenheit sind solche Schadensfunktionen lediglich für Flussüberschwemmungen generiert worden. Diese sind aber auf den schleswig-holsteinischen Küstenraum nicht übertragbar. So wären hier durch den Salzwassereinfluss und die stärkeren hydro-

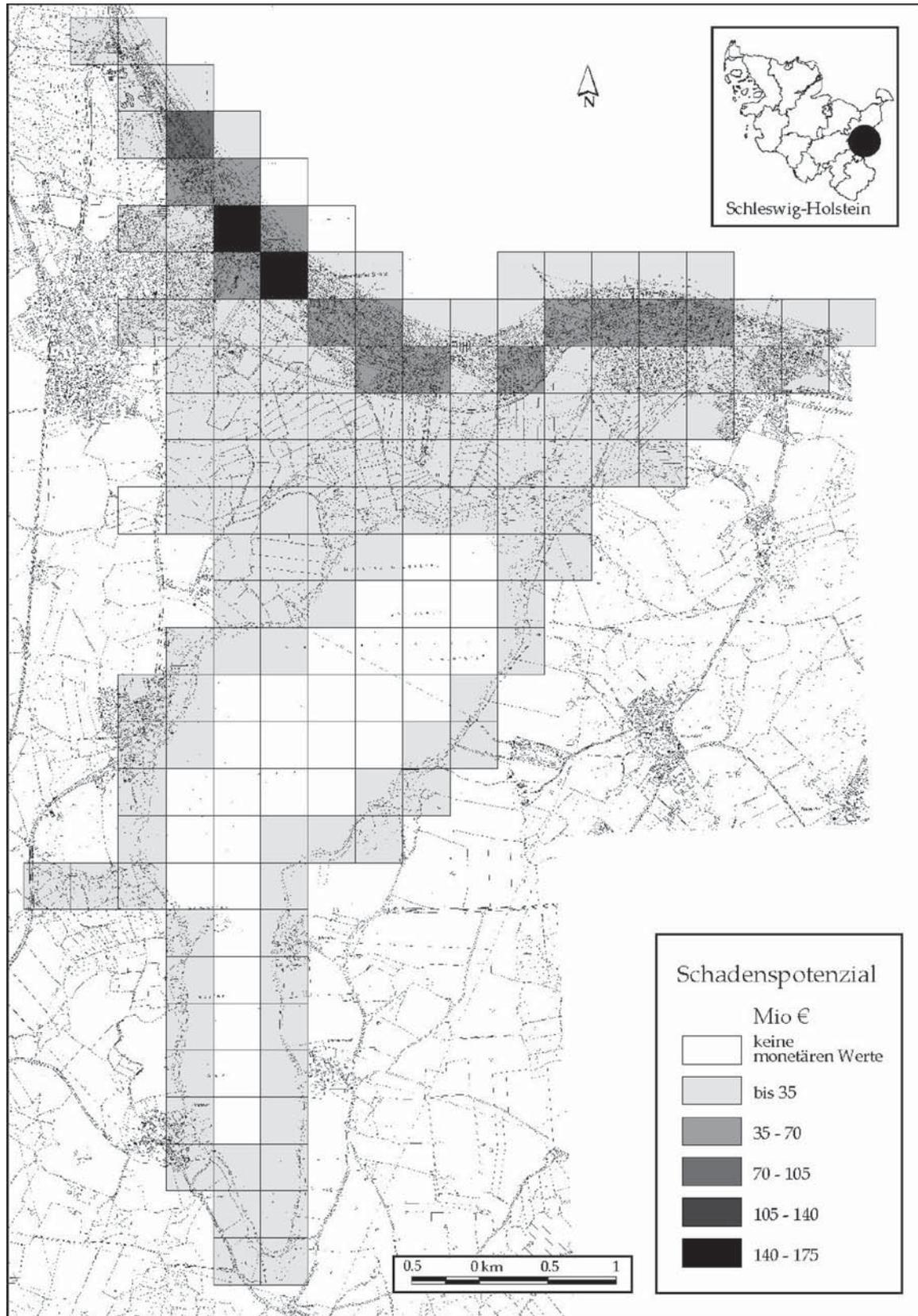


Abb. 12: Rasterkarte des Gesamtschadenspotenzials in Timmendorfer Strand

dynamischen Belastungen höhere Überflutungsschäden zu erwarten. Demnach ist es erforderlich, im Rahmen einer Expertenbefragung Hochwasserschadensfunktionen für den Küstenraum zu entwickeln. Hierbei werden insbesondere lokale Sachverständige aufgefordert, die Funktionen der Flussüberschwemmungen hinsichtlich einer Übertragbarkeit auf den Küstenraum zu modifizieren. Abb. 13 zeigt eine solche an den Küstenraum angepasste Funktion.

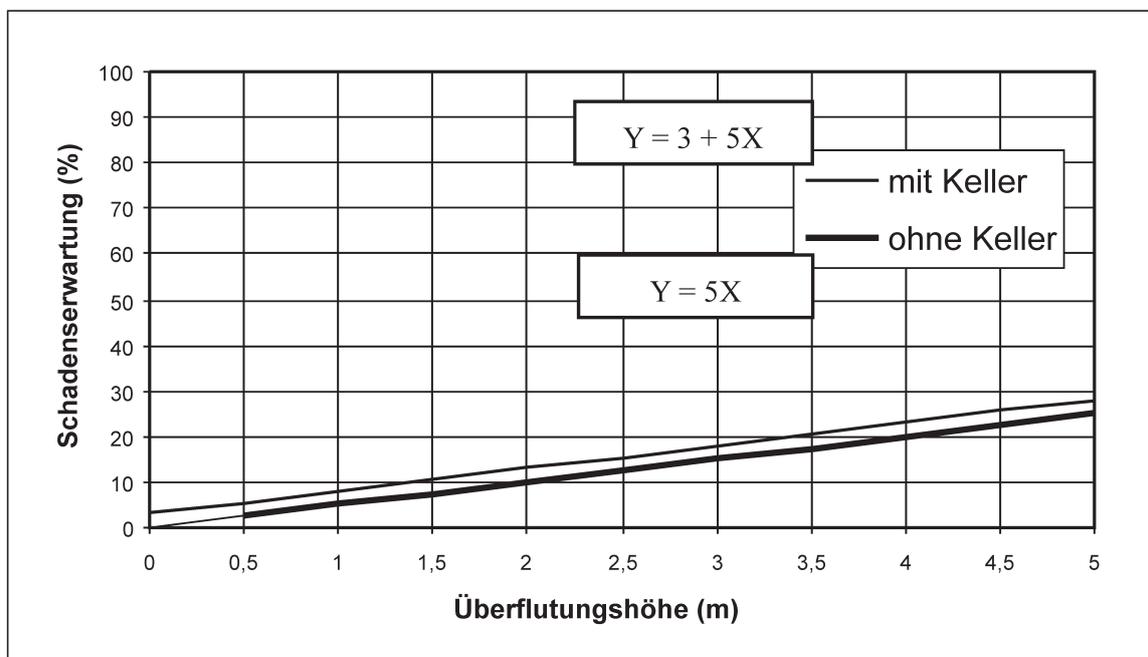


Abb. 13: Schadensfunktion für Gebäude mit zwei Geschossen

Die Schadensfunktionen zeigen teils große quantitative Unterschiede der Schäden in den einzelnen Schadenskategorien. So sind die höchsten Wertverluste an Gebäudestrukturen und privatem Hausrat zu erwarten. Dieses resultiert zum einen aus dem hohen Schadenspotenzial und zum anderen aus der relativ hohen Vulnerabilität dieser Objekte.

4.4 Risikoabschätzung

Auf der Basis der Gefährdungs- u. Vulnerabilitätsanalyse erfolgt die Ermittlung des gegenwärtigen und zukünftigen Risikos in den untersuchten Gebieten für die betrachteten Ereignisszenarien. Hierbei wird der naturwissenschaftlich-technisch orientierte Risiko-Ansatz verfolgt, bei dem sich das Risiko berechnen lässt als Produkt aus der Häufigkeit des Ereignisses und den zu erwartenden Schäden. Das Ergebnis ist demnach eine bestimmte Schadenshäufigkeit.

Spezifisches Risiko = Schaden x Überflutungshäufigkeit
(z.B.: 2 Mio €/a im pot. Überflutungsgebiet)

4.5 Risikomanagement

Zeigt die Risikoabschätzung einen Handlungsbedarf auf, so ist es erforderlich, das Risiko zu organisieren. Hierfür werden im Rahmen des Projektes konzeptionelle Grundlagen und Handlungsempfehlungen zum Risikomanagement erarbeitet. In einem ersten Schritt müssen die potenziell betroffenen Akteure im Küstenraum in einem Netzwerk zusammengebracht werden, um Leitbilder und Zielvorstellungen für einen zukünftigen Planungsprozess zu formulieren (s. Abb. 14). Trotz subjektiver und oftmals auch entgegengesetzter Interessen der Beteiligten ist eine konsensuelle Zielvorstellung unabdingbar, um eine Basis für die konkrete Maßnahmenplanung und den darauf folgenden Umsetzungsprozess zu schaffen (s. Abb. 15).

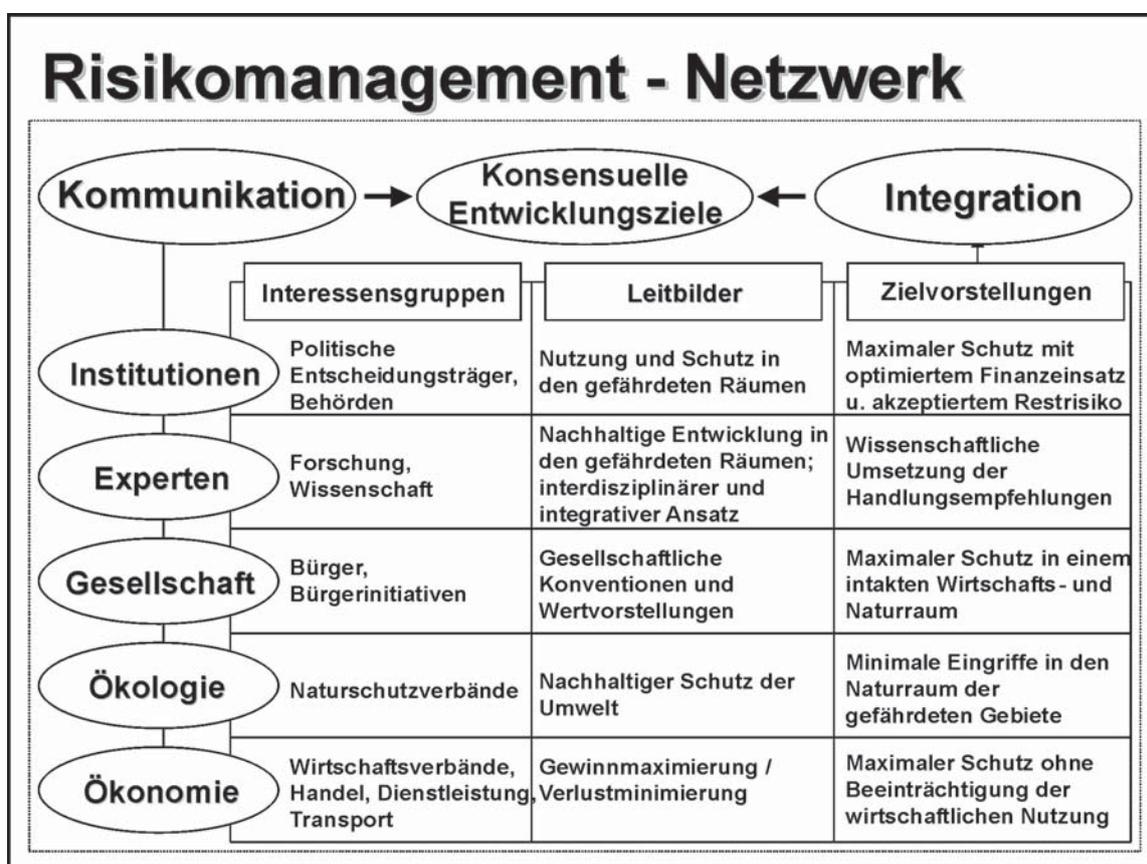


Abb. 14: Akteure und Zielfindung im Risikomanagement

Die Partizipation und Sensibilisierung der Bevölkerung hinsichtlich einer Sturmflutgefährdung haben in diesem Zusammenhang eine wichtige Bedeutung auch hinsichtlich der Akzeptanz zukünftiger Maßnahmen. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie werden dann, unter Berücksichtigung z.B. der bautechnischen Anforderungen und der Kosten, verschiedene Maßnahmenalternativen erarbeitet.

Trotz der Umsetzung geplanter Vorsorgemaßnahmen verbleibt aber zukünftig immer ein Restrisiko, welches im Rahmen eines Monitoringprozesses hinsichtlich der Veränderung

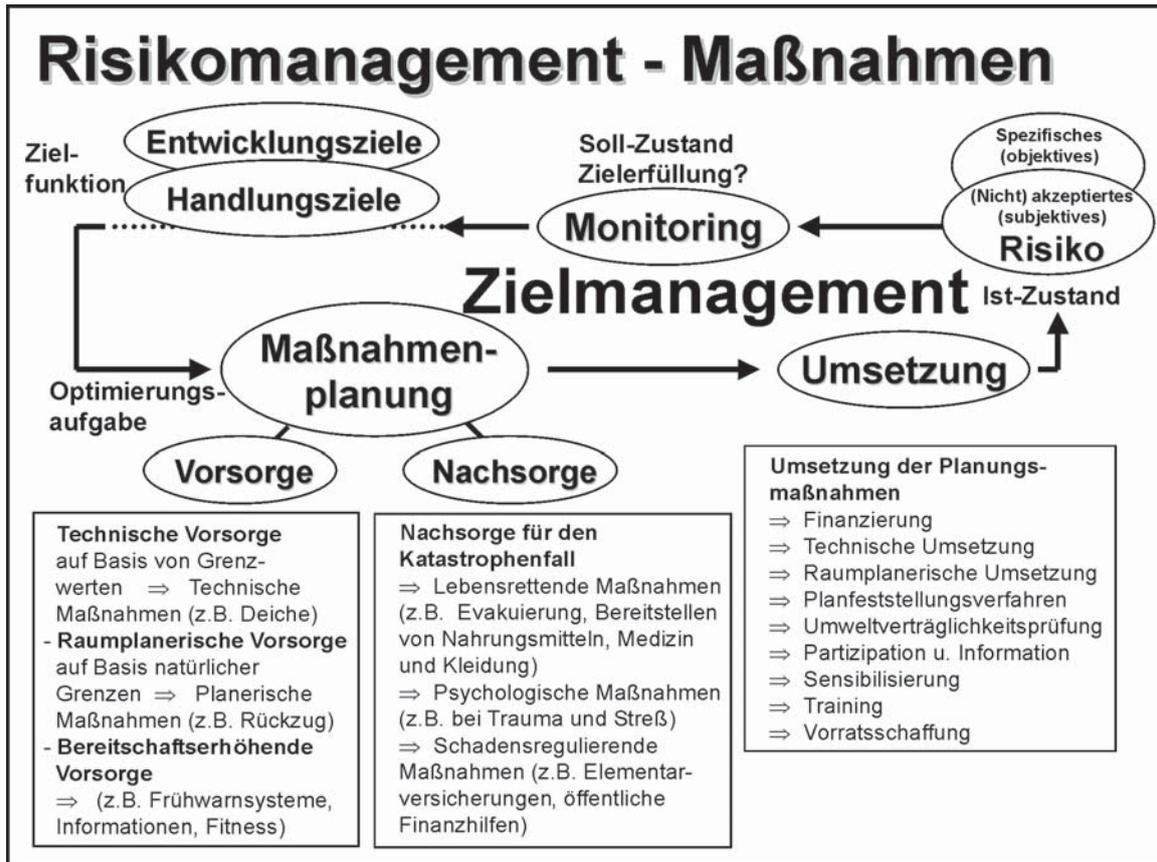


Abb. 15: Maßnahmen im Risikomanagement

der Rahmenbedingungen (z.B. hydrologische Parameter und gesellschaftliche Wertvorstellungen) kontrolliert werden muss. So gestaltet sich die Risikobetrachtung in ihren Segmenten Analyse, Bewertung und Management als dynamischer, partizipativer und teils iterativer Prozess.

5. Fazit

Mit dem „Integrierten Küstenschutzmanagement (IKM)“ ist in Schleswig-Holstein ein innovatives Planungsinstrument der raumbezogenen Risikobetrachtung installiert worden. Insbesondere die Kommunikation, Partizipation und Sensibilisierung der Bevölkerung erlangen hierbei zukünftig eine zunehmende Bedeutung.

Konkrete Küstenschutzmaßnahmen erfordern mikroskalige Untersuchungen in den potenziell von Überflutungen betroffenen Gebieten. Die Ergebnisse der Risikoanalysen, die im Rahmen des *MERK*-Projektes bis Ende des Jahres 2002 durchgeführt werden, erlauben es, standardisierte Instrumentarien zu entwickeln, die eine Übertragbarkeit auf andere Räume ermöglichen sollen. So können die Aufwendungen insbesondere für die kosten- und zeitintensive Evaluation des Schadenspotenzials minimiert werden. Die Projektarbeiten und die konzeptionellen Grundlagen der Risikobetrachtung zeigen insbesondere bei der Gefährdungsanalyse und der Risikobewertung weiteren Forschungsbedarf auf.

6. Anmerkungen

Förderer des KFKI-Projektes *MERK* sind das *Bundesministerium für Bildung und Forschung* und das *Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein*.

7. Schriftenverzeichnis

- BOLLRICH, G.: Technische Hydromechanik, Band 1 – Grundlagen. Berlin, 2000.
- FÜHRBÖTER, A.: Über den Sicherheitszuwachs im Küstenschutz durch eine zweite Deichlinie. *Die Küste*, H. 45, S. 181–208. Heide, 1987.
- HAMANN, M. u. KLUG, H.: Wertermittlung für die potentiell sturmflutgefährdeten Gebiete an den Küsten Schleswig-Holsteins. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein. Unveröffentlichter Endbericht, 1998.
- HOFSTEDE, J. u. PROBST, B.: Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein. *Hansa*, H. 11, S. 108–113. Hamburg, 1999.
- HOLLENSTEIN, K.: Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken. Zürich, 1997.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – COASTAL ZONE MANAGEMENT SUBGROUP (IPCC-CZMS): The seven Steps to the Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise: A Common Methodology. The Hague, 1991.
- KAUL u. REINS GBR-GESELLSCHAFT FÜR VERNETZTE SYSTEMUNTERSUCHUNG: Abschlussbericht der Sensitivitätsanalyse zu einem integrierten Küstenschutzkonzept für die Küstenniederung Timmendorfer Strand/Scharbeutz. Unveröffentlichter Abschlussbericht. 2000.
- KLEIBER, W.: Wertermittlungs-Richtlinien und Normalherstellungskosten 1995. Köln, 1999.
- NOWITZKI, K.-D.: Konzepte zur Risikoabschätzung und Bewertung. In: BECHMANN, G. (Hrsg.): Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung, S. 125–165. Opladen, 1997.
- SMITH, K. u. WARD, R.: Floods. Physical Processes and Human Impacts. Chichester, 1998.