

Deutsches Klimaforschungsprogramm DEKLIM

Schwerpunkt C: Klimawirkungsforschung

Projekt: Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement
an der deutschen Nordseeküste (KRIM)

Teilprojekt VII: Integrative Analyse und Decision Support System

ENDBERICHT

Auftraggeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung

Förderkennzeichen: 01 LD 0010

Dr. Michael Schirmer (Universität Bremen, Fachbereich 2, Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie, Abt. Aquatische Ökologie)

Dr. Bastian Schuchardt (BioConsult Schuchardt & Scholle GbR)

unter Mitarbeit von:

Stefan Wittig (BioConsult)

Bernhard Hahn (RIKS Maastricht, NL)

Sander Bakkenist (INFRAM Marknesse, NL)

September 2005

Inhaltsverzeichnis:

0. Zusammenfassung.....	5
1. KRIM: Ansatz, Ziel und interdisziplinärer Forschungsprozess	6
1.1 Klimawandel und Küstenzone	6
1.2 Aufgaben und Ansatz.....	7
1.2.1 Ansatz	8
1.2.2 Zeithorizont.....	8
1.2.3 Klimaszenario.....	8
1.2.4 Untersuchungsgebiet	9
1.2.5 Organisationsstruktur.....	11
1.3 Forschungsprogramm	13
1.3.1 Zentrale Forschungsfragen	13
1.3.2 Das zielführende Leitkonzept	14
1.4 Integrationsmanagement.....	17
2. KRIM: die Szenarien	18
2.1 Klimaszenario	19
2.2 Zukunftsbilder und Landnutzungsszenarien	23
2.3 Reaktionsvarianten des Küstenschutzes.....	28
2.4 Deichversagen	30
2.5 Morphodynamik	31
3. KRIM: Risikokonzept und Risikokonstrukte.....	33
3.1 Risikokonzepte der Teilprojekte	34
3.2 Risikokonzept KRIM.....	35
3.3 Risikokonstrukte als methodischer Ansatz.....	37
4. KRIM: das wissenschaftliche Risikokonstrukt	38
4.1 Aufgaben der Teilprojekte im wissenschaftlichen Risikokonstrukt.....	40
4.2 Methoden und Modelle im wissenschaftlichen Risikokonstrukt	42
4.2.1 Der natürliche Bereich.....	42
4.2.1.1 Wasserstände und Strömungen	42
4.2.1.2 Seegang	43
4.2.1.3 Topographie und Bodenschubspannung	45
4.2.2 Der Schutzsystembereich	45
4.2.2.1 Technischer Bereich.....	45
4.2.2.2 Natürlicher Bereich	47
4.2.3 Der Schadensbereich	47
4.2.3.1 Erweitertes Schadenskonzept	51
4.2.3.2 Ökonometrische Modellierung.....	52
4.2.3.3 Ökologische Schäden und Werte.....	53
4.2.4 Kosten-Nutzen-Analyse	57
4.3 Ergebnisse im wissenschaftlichen Risikokonstrukt.....	58
4.3.1 Der natürliche Bereich.....	58
4.3.1.1 Wasserstände und Strömungen	58
4.3.1.2 Seegang	60
4.3.1.3 Topographie und Bodenschubspannung	61
4.3.2 Der Schutzsystembereich	63
4.3.2.1 Technischer Bereich.....	64
4.3.2.2 Natürlicher Bereich	66
4.3.3 Der Schadensbereich	68
4.3.3.1 Erweitertes Schadenskonzept	72

5. KRIM: das öffentliche Risikokonstrukt.....	78
5.1 Öffentliches Konstrukt der Klima- und Küstenrisiken (Medienanalyse)	80
5.2 Schnittstelle Wissenschaft / Journalismus (Interaktionsstudie).....	81
5.3 Koppelung von medialer Risikorepräsentation und Risikobewusstsein der Bevölkerung (Rezeptionsstudie).....	81
5.4 Konsequenzen für den Küstenschutz	82
5.4.1 Präferenzen hinsichtlich des Küstenschutzes	83
5.4.2 Management der Adaption an den Klimawandel	84
5.4.3 Veränderungspotenziale: Sturmflut-„Signale“ und Krisen	85
5.5 Herausforderungen an die öffentliche Risiko- und Umweltkommunikation	87
5.5.1 Adaption vs. Mitigation.....	88
5.5.2 Interpretation von Ereignissen als Signale einer Klimaveränderung	89
6. KRIM: das politisch-administrative Risikokonstrukt.....	90
6.1 Wie wird sachliche Angemessenheit für den gegenwärtigen Küstenschutz begründet?	90
6.2 Wie wird das Adaptionspotenzial für potenzielle Ereignisse begründet?	92
6.3 Handlungsbereitschaft und zukünftiges Risikomanagement.....	94
7. KRIM: Küstenschutz als Anpassung an den Klimawandel.....	96
7.1 Hintergrund	96
7.2 Küstenschutz als Anpassung.....	97
7.2.1 Organisation des Küstenschutzes	98
7.2.2 Anpassungskapazität	100
7.3 Ergebnisse der Risikoanalyse: Input für die Definition von Handlungsbedarf.....	102
7.4 Anpassungsmaßnahmen an den beschleunigten Meeresspiegelanstieg	104
7.4.1 Reaktionsvarianten	105
7.4.1.1 Reaktionsvariante 1 „Verteidigung“	105
7.4.1.2 Reaktionsvariante 2 „Anpassung“.....	105
7.4.1.3 Reaktionsvariante 3 „Vordringen“.....	108
7.4.2 Kosten der verschiedenen Reaktionsvarianten.....	110
7.4.3 Vergleich der Risiken der Reaktionsvarianten	113
7.4.4 Kosten-Nutzen-Analysen der Reaktionsvarianten	114
7.4.5 Handlungsbereitschaft und Akzeptanz	117
7.5 Diskussion und Schlussfolgerungen.....	120
7.5.1 Berücksichtigung des prognostizierten beschleunigten Meeresspiegelanstiegs	120
7.5.2 Bemessungs- und Entscheidungskriterien	122
7.5.3 Reaktionsvarianten und -strategien	123
8. Das KRIM-DSS: ein Instrument der Forschung oder des Risikomanagements?	125
9. Klimawandel, Küstenschutz und integriertes Risikomanagement.....	128
9.1 Neue Herausforderungen für den Küstenschutz	128
9.2 Empfehlungen zur verbesserten Hochwasservorsorge und ihre Bedeutung für ein integriertes Risikomanagement im Küstenschutz.....	130
9.3 Rahmen eines integrierten Risikomanagements im Küstenschutz.....	134
9.4 Welche Aspekte muss ein Risikomanagement berücksichtigen / beinhalten?.....	137
9.5 Module eines integrierten Risikomanagements im Küstenschutz	139
9.5.1 Risikoanalyse	139
9.5.2 Risikobewertung.....	142
9.5.3 Risikosteuerung.....	143
9.5.4 Risikokommunikation	144

9.6 Konzept für ein integriertes Risikomanagement im Küstenschutz unter Klimawandelbedingungen	145
9.6.1 Ebene Generalplan Küstenschutz bzw. mittelfristige Planung	146
9.6.2 Ebene Planfeststellungsverfahren.....	148
10. KRIM: Übersicht über die Ergebnisse und Empfehlungen.....	150
10.1 Wissenschaftliches Risikokonstrukt.....	150
10.2 Öffentliches Risikokonstrukt	151
10.3 Politisch-administratives Risikokonstrukt.....	153
10.4 Integriertes Risikomanagement	154
10.5 Fazit und Empfehlungen	154
11. Begriffsdefinitionen	157
12. Literatur	159
13. Öffentlichkeitsarbeit (Auswahl)	171
14. Anhang: Dokumentation der Ergebnisverwertung des TP 6 „Klimawandel und Öffentlichkeit“	173
14.1 Verwertungsmaßnahme: Expertenworkshop „Klimawandel und Küstenschutz“ für Wissenschaftler, Küstenschützer und Journalisten	173
14.1.1 Zielsetzung	173
14.1.2 Durchführung.....	174
14.1.3 Ergebnisse (Thesen, Diskussionen)	175
14.2 Verwertungsmaßnahme: Medientraining für Experten.....	178
14.2.1 Zielsetzung	178
14.2.2 Durchführung.....	179
14.2.3 Erfahrungen.....	180

0. Zusammenfassung

Das interdisziplinäre Verbundprojekt „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“ hatte zum Ziel, Orientierungs- und Handlungswissen für die Zukunftsaufgabe „Küstenschutz im Klimawandel“ bereitzustellen. Der vorliegende Synthesebericht des Teilprojekts „Integrative Analyse und DSS“ beschreibt den Ansatz, die Vorgehensweise und den interdisziplinären Forschungsprozess des Verbundes, fasst die durch die 7 Teilprojekte gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse im Rahmen einer integrativen Analyse zusammen und entwickelt auf dieser Basis Empfehlungen für eine Berücksichtigung des Klimawandels in einem zukünftigen Küstenschutz.

Unter methodischen Gesichtspunkten sind der interdisziplinäre Ansatz, die Analyse von drei Risikokonstrukten (wissenschaftliches, öffentliches und politisch-administratives RK), die Weiterentwicklung bzw. Erweiterung der probabilistischen Risikoanalyse (PRA) und der forschungsstrukturierende Aufbau eines Entscheidungsunterstützungssystems (DSS) besonders hervorzuheben.

Wesentliche Handlungs-bezogene Ergebnisse sind, dass

- die kurz- und mittelfristige Anpassung an den Klimawandel auch mit den etablierten Bemessungsverfahren, der etablierten Küstenschutz-Strategie und der derzeitigen Organisation bei einer entsprechenden Erhöhung der finanziellen Ressourcen realisiert werden kann, wenn der beschleunigte Meeresspiegelanstieg als „neue Randbedingung“ vom politisch-administrativen System akzeptiert wird. Wir machen dazu einen Verfahrensvorschlag.
- die bisher weitgehend getrennten öffentlichen Diskurse zu Klimawandel und Sturmflut-Risiko bzw. Küstenschutz regional und überregional stärker miteinander verbunden werden sollten.
- probabilistische Risikoanalysen trotz der noch erforderlichen Weiterentwicklung als zusätzliches Entscheidungskriterium im Küstenschutz herangezogen werden sollten.
- mittel- bis langfristig die zukünftigen Herausforderungen durch den Klimawandel und weitere sich verändernde Randbedingungen voraussichtlich besser bewältigt werden können, wenn die derzeitige Strategie des Küstenschutzes zu einem integrierten Risikomanagement weiterentwickelt wird. Wir machen dazu einen Verfahrensvorschlag.
- langfristig der derzeitige linienhafte Küstenschutz zu einem raumbezogenen Küstenschutz weiter entwickelt werden sollte. Die Umsetzung sollte durch entsprechende Berücksichtigung in der Raumordnung unterstützt werden.
- die systematische und effiziente Adaptation an den Klimawandel durch die Implementation einer Nationalen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel unterstützt werden sollte.

1. KRIM: Ansatz, Ziel und interdisziplinärer Forschungsprozess

1.1 Klimawandel und Küstenzone

Ein globaler Klimawandel zeichnet sich immer deutlicher ab. Der Third Assessment Report (TAR) des IPCC (2001a, b) gibt keinerlei Entwarnung bezüglich der zukünftigen Emissionen von Treibhausgasen; der anthropogene Anteil wird als sicher eingestuft. Für das Jahr 2080 erwartet Nicholls 1999 eine Meeresspiegelanstiegsgeschwindigkeit von 60 cm pro Jahrhundert, was einer Verdreifachung der gegenwärtig beobachteten Werte entspricht. Aber bereits heute lassen sich beschleunigte Veränderungen klimatischer Parameter aufzeigen. So belegen neuere Statistiken für die Weltmitteltemperatur (Grieser et al. 2000, IPCC 2001a), Gezeitenstatistiken (Jensen 2000, Jensen & Muddersbach 2004) und Sturmflutstatistiken (Gönnert 1999, Jensen et al. 2004) den aktuell ablaufenden Klimawandel auch für Europa. Gestützt werden diese Erkenntnisse durch die Ergebnisse biogeographischer Analysen, die sowohl global (Walther et al. 2002, IPCC 2002a, Green et al. 2003, Parmesan & Yohe 2003, CBD 2003) als auch für West- und Mitteleuropa umfangreiche Arealverschiebungen von Tier- und Pflanzenarten belegen (Kinzelbach 1998, Vagts et al. 2000). Trotz der Bemühungen der Klimaschutzpolitik um eine Begrenzung und Reduzierung der Emission klimarelevanter Stoffe ist davon auszugehen, dass sich auch Mitteleuropa auf eine fortschreitende Klimaveränderung einzustellen und vorzubereiten hat (BMBF 2003, UBA 2005, Met Office 2004).

Nach wie vor sind allerdings alle Prognosen zur globalen Klimaentwicklung mit erheblichen Unsicherheiten behaftet (IPCC 2001a), auch bezogen auf die nähere Zukunft, in der heute zu treffende Entscheidungen wirksam werden (z.B. 30 Jahre für die Anpassung von Küstenschutzbauwerken; Standortentscheidungen für küstenorientierte Industrie). Diese Unsicherheiten gelten in besonderem Maße für die küstenrelevanten Folgen des verstärkten Treibhauseffekts, also den Anstieg des Meeresspiegels und die Veränderung der Intensität und Häufigkeit von sturmfluterzeugenden Stürmen (Sterr et al. 2000). So ist z.B. nach von Storch et al. (1997) diese Häufigkeitszunahme eher auf einen erhöhten mittleren Wasserstand und nicht auf vermehrte oder verstärkte Stürme zurückzuführen. Die Gründe für die statistisch belegbare erhöhte Häufigkeit von Sturmhochwassern sind also noch weiter zu erforschen.

Die Ergebnisse der kürzlich abgeschlossenen Forschungsvorhaben KLIMU („Fallstudie Weserästuar (Klimaänderung und Unterweserregion)“; Schirmer & Schuchardt 1999 und 2001, Schuchardt & Schirmer 2005), „Fallstudie Sylt“ (Daschkeit & Schottes 2002) und „Salzwiesen und Küstendünen“ (Vagts et al. 2000), die Ergebnisse einer trilateralen Arbeitsgruppe (CPSL 2001) sowie auch die Sensitivitätsanalyse von Ebenhöf et al. (1997) belegen die Relevanz des Klimawandels und seiner Folgen für den Natur- und Kulturräum Nordseeküste. Zusätzlich ändern sich auch die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für den Küstenschutz in der Region: die Kosten für Baumaßnahmen steigen stetig, während die öffentlichen Mittel und die allgemeine Zahlungsbereitschaft stagnieren bzw. zurückgehen. Gleichzeitig steigen die Risiken durch zunehmende Besiedlungs- und Nutzungsdichte und Wertzuwächse im zu schützenden Bereich bei ansteigenden Eintrittswahrscheinlichkeiten für Deichversagen (Plate 2000).

Die Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung der natürlichen Rahmenbedingungen, steigendes Risikopotenzial an der Küste und die Vielzahl von Interessen im Küstenraum erfordern neue, angemessene Erkenntnisse, Methoden und Instrumente für ein präventives Risikomanagement im Küstenschutz. Die Infragestellung der kulturellen Traditionen und Lebensbedingungen in einem so großen Siedlungsraum bedeutet eine nicht unerhebliche Herausforderung an die Problemlösungskompetenz und das Zusammenwirken eines weiten Spektrums relevanter Akteure. Um das komplexe Netz der Auswirkungen eines Klimawandels, der Betroffenheiten und der Risiken abzubilden und die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen im Rahmen eines umfassenden Risikomanagements zu fördern, hat das BMBF das interdisziplinäre Verbundvorhaben KRIM: „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste“ finanziert.

KRIM wurde vom BMBF im Rahmen des deutschen Klimaforschungsprogramms DEKLIM (www.deklim.de) gefördert.

1.2 Aufgaben und Ansatz

Das Verbundvorhaben KRIM hatte das Ziel, Orientierungs- und Handlungswissen für die gesamtgesellschaftliche Zukunftsaufgabe „Risikomanagement im Küstenschutz unter Unsicherheitsbedingungen“ bereit zu stellen und hat als zentrale Frage formuliert:

Welche Anforderungen stellen ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg und verstärkte Extremereignisse an den in ein integriertes Küstenzonenmanagement einzubindenden zukünftigen Küstenschutz und welche gesellschaftlichen Interpretationsmuster und Entscheidungsvorgänge beeinflussen diesen Prozess?

Die bereits in der Vorbereitung des Projektantrages durchgeführte Systemanalyse hatte gezeigt, dass im Relationsgeflecht „Küstenschutz im Klimawandel“ vor allem die folgenden Funktionen und Prozesse von Bedeutung sind:

- die Methodik der Herleitung von (Deichhöhen-)Bemessungsansätzen unter Klimawandelbedingungen,
- langfristige Anpassungsprozesse des natürlichen Systems an den Klimawandel,
- langfristige Anpassungsprozesse des gesellschaftlichen Systems, die langfristige Planung und Planungssicherheit erfordern,
- Kosten, Kosten/Nutzenanalysen und Akzeptanz verschiedener Küstenschutzoptionen,
- die Interessenlagen der beteiligten Gruppierungen und daraus resultierende Zielkonflikte,
- die gesellschaftliche Perzeption und Interpretationen von Umweltveränderungen,
- die politischen Entscheidungsstrukturen und die Organisationsstruktur im Küstenschutz,

- die historisch verankerte Partizipation der Küstenbewohner und ihrer Organisationen,
- die zunehmende Komplexität der im Risikomanagement zu berücksichtigenden Interessen.

1.2.1 Ansatz

Aus der komplexen Aufgabenstellung ergab sich zwingend die Notwendigkeit, verschiedene Fachdisziplinen der Natur-, Ingenieurs- und Sozialwissenschaften in einem interdisziplinären Verbund zusammenzuführen (s.u.) und es wurde für KRIM ein integriertes Forschungskonzept mit folgenden Grundsätzen implementiert:

- Interdisziplinäres Arbeiten,
- Fokussierung auf ein gemeinsames Risikokonzept,
- Strukturierung und Orientierung des Forschungsprozesses an einem Leitkonzept (top-down),
- Integration der Ergebnisse in einem Decision Support System (DSS),
- Methodischer Umgang mit Unsicherheiten durch Anwendung von Szenarien (Klima, Zukünfte),
- Bearbeitung der Thematik anhand repräsentativer Küstensituationen.

1.2.2 Zeithorizont

Der in KRIM betrachtete Zeithorizont ist das Jahr 2050. 50 Jahre sind einerseits ein realistischer Planungszeitraum für komplexe Küstenschutzvorhaben, andererseits laufen danach die verfügbaren Prognosen zu Klimawandel und auch zum Meeresspiegelanstieg stark auseinander und die Plausibilität sozioökonomischer Extrapolationen nimmt dramatisch ab. Die Unbestimmtheit der Kopplung zwischen sozialen und ökologischen Systemen (s. Becker et al. 1998), noch verstärkt durch den langen Zeithorizont des Verbundvorhabens, die zu berücksichtigenden Kommunikations- und Interpretationsprozesse und die Unsicherheit der Klimaprognosen gilt es in der Konzeption interdisziplinärer, problemorientierter Forschung als „Umgang mit Unsicherheit“ (s. Bechmann & Frederichs 1998) explizit zu berücksichtigen. KRIM arbeitet deshalb im Wesentlichen mit Szenarien sowohl bzgl. der Klimaveränderung als auch der Entwicklung der Region („Zukunftsbilder“) (siehe auch Kapitel 2).

1.2.3 Klimaszenario

Um angesichts der erheblichen Unsicherheitsmargen der Klimaprognosen eine effektive Klimawirkungsforschung gestalten zu können, hat sich die Formulierung von Szenarien bewährt (Pahl-Wostl

et al. 1998; Parry 2000). Für die küstenraumbezogene, vorsorgeorientierte Klimafolgenforschung sind im Rahmen des Forschungsprogramms „Klimaänderung und Küste“ vom Verbundvorhaben KLIMU (Schirmer & Schuchardt 2001) Klimaszenarien entwickelt worden, die auch für das FV KRIM eine geeignete Basis darstellen.

Während die Szenariodaten für Temperatur, Niederschlag, Wind, und windbedingten Tidehochwasserstand über Downscaling aus einem gekoppelten Atmosphären/Ozean-Modell (ECHAM 4/OPYC 3) gewonnen wurden (H. v. Storch und Mitarb.), müssen Annahmen zu Meeresspiegelanstieg und Tidehub nach wie vor festgesetzt werden. Für das Bezugsjahr 2050 wird ein um 55 cm erhöhter Meeresspiegel sowie ein um 25 cm vergrößerter Tidehub angenommen, der sich mit MThw +10cm und MTnw -15 cm auswirkt. Ein Meeresspiegelanstieg in dieser Größenordnung liegt im aktuellen Third Assessment Report (TAR) des IPCC (2001a) etwa im oberen, pessimistischen Viertel der SLR-Prognosen. Zusätzlich haben wir ein Extremszenario formuliert, das deutlich über den aktuellen Bemessungswasserständen liegt und das nicht auszuschließende Restrisiko im Küstenschutz anschaulich machen soll. Dazu haben wir uns an dem im Dezember 1999 über die Nordsee und Dänemark gezogenen Sturmtief „Anatol“ orientiert, welches dort der stärkste Orkan des Jahrhunderts war und bei einer südlicheren Zugbahn über die Deutsche Bucht nach Einschätzung des BSH (Gönnert & Müller-Navarra 2000) im Bereich von Hamburg womöglich zu 2 m höheren Wasserständen hätte führen können. Als „Anatol-Szenario“ haben wir deshalb ein Szenario mit dem Extremwasserstand HHThw + 55cm Meeresspiegelanstieg + 10 cm Tidehochwasserstand + 200 cm Anatol-Zuschlag formuliert (siehe auch Tab. 1 bis Tab. 5 in Kapitel 2).

Für die Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die angenommene Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs im oberen Bereich der IPCC-Prognosen liegt, also ein „worst case-Szenario“ darstellt.

1.2.4 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet für das Verbundvorhaben KRIM (Abb. 1) umfasste einen wegen seiner Vielfältigkeit besonders geeigneten Ausschnitt der deutschen Nordseeküste, der sich vom Weserästuar mit Bremerhaven und Bremen über die Halbinsel Butjadingen, die Meeresbucht Jadebusen mit Wilhelmshaven bis Wangerooge, dem Beginn der ostfriesischen Inseln, erstreckt. Die Jade-Weser-Region stellt somit einen charakteristischen Teilraum der deutschen Nordseeküste dar und gehört als Küstenlandschaft zum Typ der Nordseemarschenküste. Sie zeichnet sich durch die tiefen Schifffahrtsstraßen von Jade und Weser, großräumige von Priel durchzogene Wattgebiete, Sandbänke und Barriere-Inseln aus. Diese morphologischen Strukturen unterliegen einem dauernden Wandel durch Wind, Seegang und Strömungen. Die Wattflächen, Außensände und Vorländer wirken ihrer Seegangs- und Strömungsdämpfung wegen bei Sturmfluten als natürlicher Schutz und senken das Risiko, dass die Küstenschutzsysteme versagen und das Hinterland überflutet wird.

Die tiefen Schifffahrtsrinnen, insbesondere das trichterförmige Weserästuar, erlauben ein relativ ungehindertes Vordringen der Gezeitenwelle und von Sturmfluten in der Jade bis nach Wilhelmshaven und in der Weser bis nach Bremen. Dieses führt zu einer deutlichen Verlängerung der tidebeeinflussten Küstenlinie und bedarf erhöhter Anstrengungen, um die großen z.T. unterhalb des mittleren Tidehochwassers (MThw) liegenden Flächen des Untersuchungsgebietes zu schützen.

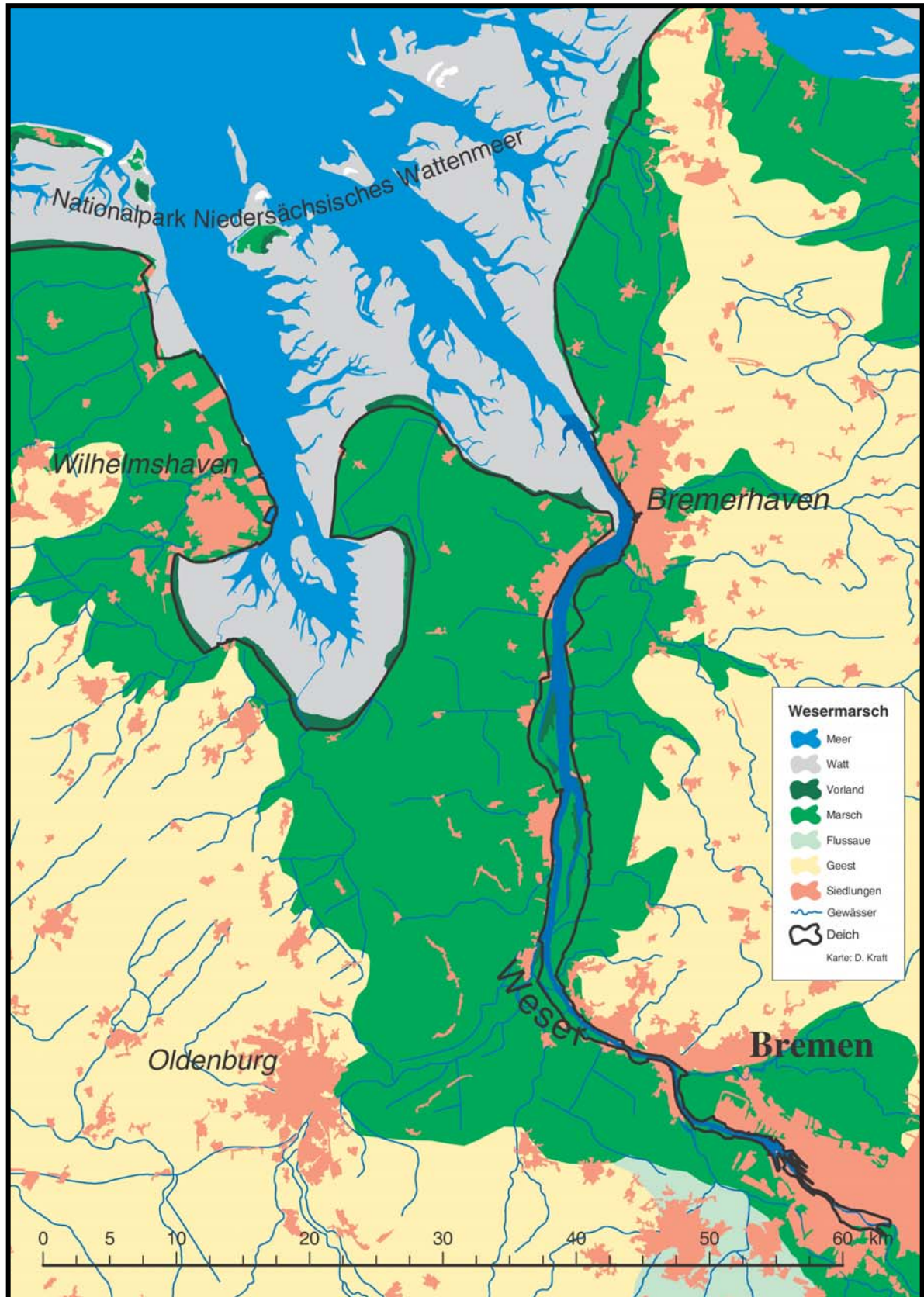


Abb. 1: Das gemeinsame Untersuchungsgebiet des Verbundvorhabens KRIM.

Trotz der für eine menschliche Nutzung und Besiedelung ungünstigen topographischen Voraussetzungen wird die Marschenküste seit Jahrhunderten besiedelt und dank der fruchtbaren Böden landwirtschaftlich genutzt. Ab dem 12. Jahrhundert erfolgte dazu die Anlage von Winterdeichen, um große geschlossene Flächen vor Überflutung zu schützen. Diese Küstenschutzbauwerke haben die Küstenlandschaft von einer Natur- zu einer Kulturlandschaft transformiert. Sie haben die vormalig natürliche tidebeeinflusste Übergangszone zwischen Land und Meer durch eine starre Küstenlinie ersetzt und somit die Voraussetzungen für eine intensive landschaftsformende anthropogene Nutzung des Hinterlands geschaffen. Die Nutzung der Küstenlandschaft als Standort für Besiedlung und wirtschaftliche Aktivitäten, z.B. für Landwirtschaft, Häfen und Touristik, hat zu einem fast vollständigen Verlust natürlicher bzw. naturnaher Flächen geführt.

Innerhalb des Untersuchungsgebietes sind 8 repräsentative Küstensituationen (Subsysteme bzw. „Fokusflächen“) ausgewählt worden und werden detailliert betrachtet, die sich insbesondere bezüglich ihrer Expositions-, Vorland-, Hinterland- und küstenschutztechnischen Situation unterscheiden. Dabei werden sowohl städtische wie auch ländliche Situationen berücksichtigt, die geschützte Buchtlage und die Inselform mit maximaler Exposition und unterschiedliche Kombinationen von Küstenschutz und Naturschutz. Das ausgewählte Untersuchungsgebiet erlaubt die Erfassung einer unterschiedlich strukturierten Küstengesellschaft, die gekennzeichnet ist durch eine große Spannweite ihrer Lebenssituationen und ihres historisch-gesellschaftlichen Bewusstseins. Die Zentrierung der Teilprojekte auf den genannten Ausschnitt der deutschen Nordseeküste hat zudem eine nicht zu unterschätzende Integrationswirkung für den Forschungsverbund und erlaubt eine vertiefte Analyse der Zusammenhänge.

1.2.5 Organisationsstruktur

Die Aufgabenstellung des Verbundvorhabens KRIM erfordert die Analyse funktionaler Zusammenhänge und Wechselwirkungen wie z.B. „Umweltveränderungen $\Leftrightarrow$ Küstenschutz“, „Gesellschaft $\Leftrightarrow$ Küstenschutz“ und „Umweltveränderungen $\Leftrightarrow$ Gesellschaft“, deren Bearbeitung nur durch die Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen erfolgen kann (von Storch & Stehr 1997). An KRIM sind deshalb verschiedene Disziplinen aus den Natur-, Ingenieurs- und Sozialwissenschaften beteiligt und in 7 Teilprojekten (TP) organisiert (siehe auch Abb. 2):

TP „Klimawandel und hydrodynamische und morphologische Auswirkungen im Küstenbereich“ (GKSS-Forschungszentrum Geesthacht): Beschaffenheit und Umfang von hydrodynamischen und morphologischen Änderungen als Folge eines Klimaszenarios sowie von Küstenschutzmaßnahmen und Zukunftsbildern werden mittels einer Kombination aus numerischer Modellierung und Informationen über die bisherige Entwicklung des Gebietes abgeschätzt. Hydrodynamische Situationen werden anhand von Wettersituationen klassifiziert. Simulationen werden sowohl für den Status quo und das Klimaszenario als auch für die in der Zusammenarbeit der Teilprojekte zu erarbeitenden Küstenschutzmaßnahmen und Zukunftsbilder vorgenommen.

TP „Klimaänderung und Küstenschutz“ (Franzius-Institut, Universität Hannover): Das TP untersucht mit dem Ansatz der Risikoanalyse das Verhalten ausgewählter Küstenschutzsysteme unter Klimaänderungsbedingungen. In Kooperation mit den anderen Teilprojekten des Verbundvorhabens werden Anpassungsmaßnahmen des Küstenschutzes entwickelt und ihre Funktionen unter Risikoaspekten betrachtet. Hierzu werden für die verschiedenen innerhalb von KRIM abgestimmten Vari-

anten und Szenarien, ausgehend von einer probabilistischen Analyse, die Belastungsgrößen sowie die Belastbarkeit der Küstenschutzsysteme berechnet und der Überflutungsvorgang im Hinterland bei Versagen eines Systems simuliert.

TP „Küstenökologische Aspekte des Klimawandels“ (Universität Bremen): Das TP untersucht die Bedeutung der Watten und Deichvorländer als Bestandteile der Küstenschutzsysteme und ihre Veränderung unter der Einwirkung eines definierten Klimaszenarios. Managementvorschläge unter Berücksichtigung der naturschutzfachlichen Bedeutung von Watten und Vorländern werden erarbeitet. Die ökologischen Konsequenzen von Deichversagen mit großräumigen Überschwemmungen mit Süß- und Seewasser werden untersucht. Zusammen mit dem TP Ökonomie werden ökologische Werte monetarisiert, so dass sie der Kosten-Nutzen-Analyse zugänglich sind.

TP „Regionalökonomische Risiko- und Reaktions-Analyse des Klimawandels“ (Universität Bremen): Die möglichen Folgen eines Klimawandels für die Ökonomie des Untersuchungsgebietes werden einschließlich handlungs- und management-orientierter Reaktionsfunktionen abgeschätzt. Im Vordergrund stehen die Analyse und Bewertung des Risikos von Überflutungsfolgen für die regionale Ökonomie, insbesondere den Kapitalstock. Mit einem ökonometrischen Regionalmodell werden Wirkungen auf das Einkommen, auf die Beschäftigung und auf das Bruttosozialprodukt der Region ermittelt. Es werden Kosten-Nutzen-Analysen für verschiedene Strategien und Anpassungsoptionen durchgeführt.

TP „Küstenschutz und politisch-administratives System“ (Universität Bremen): Das TP erstellt eine vergleichende Analyse (Stärken und Schwächen) der politisch-administrativen Prozesse des heutigen Küstenschutzes im Untersuchungsgebiet. Es konkretisiert die Herausforderungen des politisch-administrativen Systems durch die küstenschutzrelevanten Folgen des Klimawandels und die Perspektiven risikoadäquater Veränderungen bisheriger Wahrnehmungs-, Bewertungs- und Handlungsmuster der relevanten Akteure im Politikfeld Küstenschutz.

TP „Klimawandel und Öffentlichkeit“ (Forschungszentrum Jülich): Das TP analysiert gesellschaftliche Interpretationen des Klimawandels im Hinblick auf ihre Relevanz für den Küstenschutz sowie die kommunikativen Prozesse, in denen diese Interpretationen entstehen und verbreitet werden. Erkenntnisse zum anthropogen verursachten Klimawandel führen nicht direkt zu gesellschaftlichen Reaktionen, sondern erst nachdem sie in einem Kommunikationsprozess durch Selektion und Kontextualisierung mit „Bedeutung“ versehen wurden. Es wird untersucht, wie die Einschätzung der Risiken aufgrund des Klimawandels („Risikowahrnehmung“) sowie die Bewertung von Maßnahmen zur Adaption an seine Folgen von diesen Interpretationen abhängen und wie die öffentlich (in den Massenmedien) kommunizierten Interpretationen vom Medienpublikum rezipiert werden.

TP „Integrative Analyse im Verbundvorhaben KRIM und Decision Support System“ (Universität Bremen; BioConsult Schuchardt & Scholle Bremen): Die zielführende Steuerung und das Management des interdisziplinären Forschungsprozesses sind zusammen mit der Analyse der Interdependenzen, dem Identifizieren von Wissenslücken innerhalb des Verbundes und der Formulierung eines gemeinsamen Risikokonzeptes im Kontext Küstenschutz wesentliche Aufgabe des TP. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Konzeption und Entwicklung eines Decision Support Systems (DSS) zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels in einem interaktiven Prozess mit den anderen TP. Wesentliche Funktion der Entwicklung ist die Strukturierung des interdisziplinären Forschungsprozesses und die Unterstützung der Integration der verschiedenen Teilprojekte.

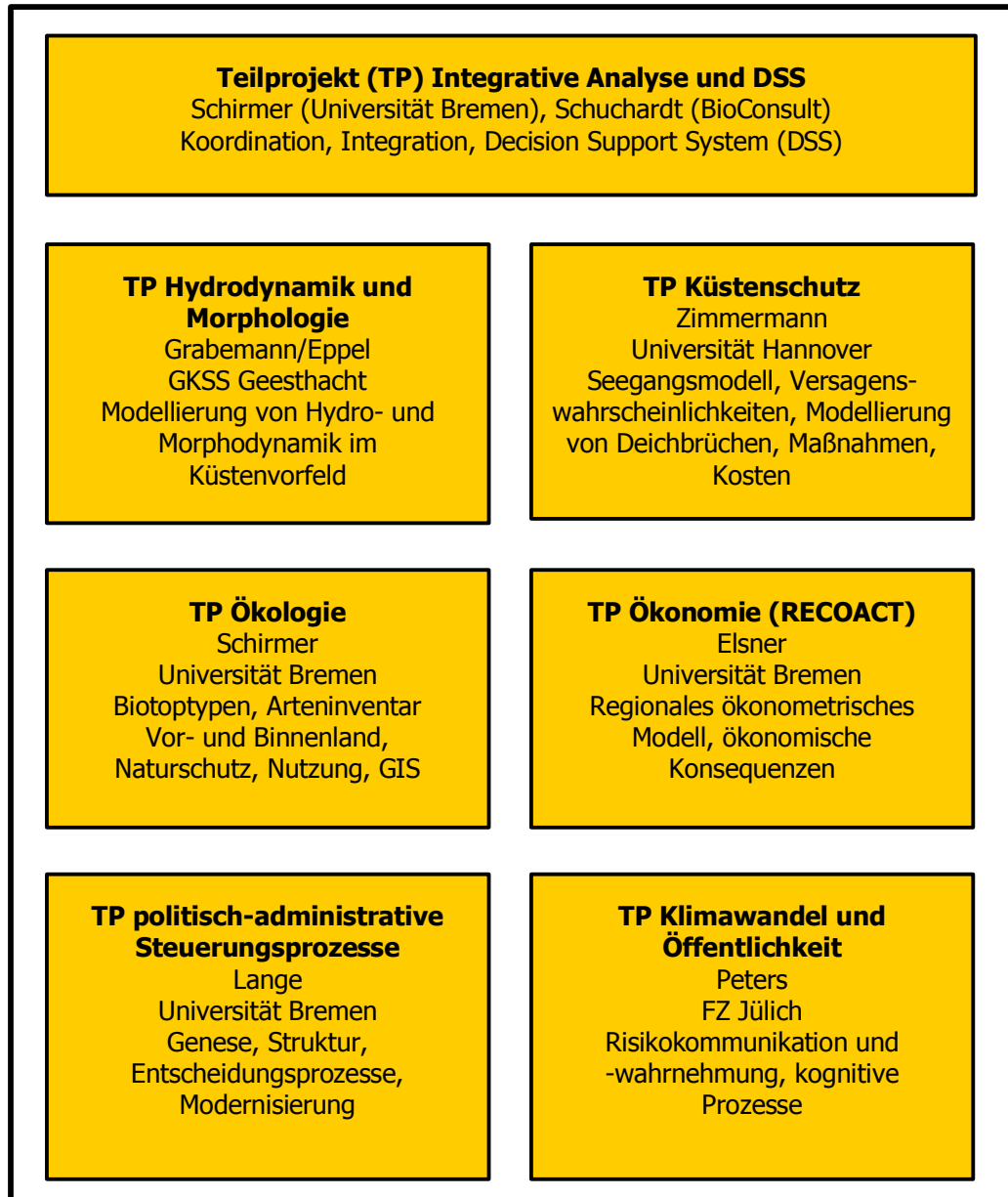


Abb. 2: Die im KRIM Verbundprojekt beteiligte Teilprojekte.

1.3 Forschungsprogramm

1.3.1 Zentrale Forschungsfragen

Aus der oben definierten Aufgabenstellung sind die folgenden forschungsleitenden Fragen abgeleitet worden:

Fragenkomplex 1: Analyse der möglichen Wirkungen einer Klimaänderung und von Anpassungsmaßnahmen:

- Welche Konsequenzen hat ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg für verschiedene repräsentative Küstensituationen sowie für deren Funktionen als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum?
- Welche Konsequenzen haben in Frequenz und/oder Intensität deutlich verstärkte Extremereignisse?
- Sind natürliche (oder unterstützte) morphodynamische Anpassungsprozesse zu erwarten?
- Mit welchen Anpassungsmaßnahmen kann die Gesellschaft auf die ermittelten Klimawirkungen reagieren und welche Konsequenzen hätten diese Reaktionen?
- Wie beeinflussen mögliche zukünftige (absehbare) Veränderungen des Küstenraumes die Empfindlichkeit gegenüber einer Klimaänderung?

Fragenkomplex 2: Konsequenzen für das Risikomanagement im Küstenschutz

- Wodurch und wann entsteht Handlungsbedarf für den Küstenschutz?
- Wie wird derzeit das Risiko im Küstenschutz unter heutigen und unter Klimaänderungsbedingungen kommuniziert?
- Welche Aspekte muss ein umfassendes Risikomanagement unter Klimawandelbedingungen im Küstenschutz umfassen?
- Wie können gemessen an welchen Zielen damit heutige und zukünftige Entscheidungsprozesse optimiert werden?
- Wie könnte und sollte ein zukünftiges umfassendes Risikomanagement in einem integrierten Küstenzonenmanagement einzubettenden Küstenschutz aussehen?

Das Verbundvorhaben zielt also insgesamt nicht nur auf die Analyse der Auswirkungen einer Klimaänderung, die Analyse der Anpassungsfähigkeit der betroffenen Systeme und die Konkretisierung von Anpassungsmaßnahmen, sondern auch auf die Optimierung des Entscheidungsfindungsprozesses im Sinne eines zukünftigen integrierten Risikomanagements im Küstenschutz.

1.3.2 Das zielführende Leitkonzept

Um trotz des inhaltlich erforderlichen interdisziplinären Ansatzes und der phasenweisen Zergliederung der Untersuchung das oben formulierte Ziel zu erreichen, sind ein integrierender Ansatz, ein zielorientierter systematischer Aufbau und ein Integrationsmanagement des Verbundvorhabens notwendig.

Es ist deshalb in einem „top-down-Ansatz“ ein zielführendes Leitkonzept entworfen und mit den verschiedenen Teilprojekten abgestimmt worden, das KRIM „vertikal“ in eine Reihe von Arbeitszie-

len bzw. -schritten gliedert, die den interdisziplinären Forschungsprozess strukturieren. Er gewährleistet nicht nur eine kontinuierliche interdisziplinäre Kooperation, sondern ermöglicht auch eine (projektinterne) Evaluation des disziplinären Forschungsprozesses u. a. bzgl. seiner stringenten Orientierung auf das Gesamtziel.

Im Folgenden werden die wichtigsten Arbeitsschritte des zielführenden Leitkonzepts kurz vorgestellt. Da die bereits in der Antragsphase durchgeführte Konzeption und Strukturierung des Verbundvorhabens nach unserer Erfahrung eine zentrale Bedeutung für den Verlauf und die Erfolgsaussichten hat, stellen wir auch diese Schritte (1-4) als integralen Bestandteil des Leitkonzeptes dar:

(1) Entwicklung der Fragestellung/Zieldefinition: der Arbeitsschritt 1 ist im Wesentlichen während der Antragserstellung erarbeitet worden. Abgeleitet aus der Global Change-Diskussion, der bekannten Sensitivität des Küstenraumes gegenüber Klimaveränderungen und dem auch in der DEKLIM-Ausschreibung formulierten gesellschaftlichen Bedarf nach querschnittsorientierten, regionsbezogenen, vorsorgenden Handlungsoptionen ist die oben beschriebene Fragestellung entwickelt worden.

(2) Klimaszenarien: zur qualifizierten Entwicklung der Fragestellung und, daraus abgeleitet, der Projektstruktur, war eine erste Einschätzung möglicher Wirkungen und Handlungsoptionen notwendig. Da dies nur sinnvoll auf der Grundlage von Klimaszenarien erfolgen konnte, sind bereits in der Antragsphase erste Einschätzungen vorgenommen worden. Mit Beginn der Projektförderung wurden die Klimaszenarien aktualisiert und für alle TP verbindlich definiert.

(3) Systemanalyse, Operationalisierung: dieser Arbeitsschritt war ebenfalls wesentlicher Teil der Antragsentwicklung. Auf der Grundlage einer ersten Systemanalyse des regionalen ökologischen und sozioökonomischen Systems Nordseeküste ist eine wirkungsbezogene Ableitung (also unter Berücksichtigung der definierten Klimaszenarien) der wesentlichen Systemparameter und ihre Operationalisierung erfolgt.

(4) Projektstruktur, Leitkonzept: Aus der Zieldefinition und der Systemanalyse ergab sich zwingend die Projektstruktur die erforderlich ist, um sowohl die möglichen Klimawirkungen als auch mögliche gesellschaftliche Handlungsoptionen qualifiziert bearbeiten zu können. Dazu gehörte sowohl die Zusammensetzung des Verbundes bzgl. der erforderlichen Fachkompetenz als auch die Erarbeitung eines zielführenden Leitkonzepts, aus dem heraus die Arbeitspläne der einzelnen Teilprojekte und ein für alle verbindlicher Zeitplan als wesentliche Elemente des Integrationsmanagements entwickelt worden sind.

(5) Analyse des Status quo und Modellierung: Mit dem Beginn der Projektlaufzeit wurde hier im Wesentlichen eine problemorientierte Bestandsaufnahme der naturräumlichen Situation und der gesellschaftlichen Strukturen und Aktivitäten im Untersuchungsgebiet durch die Sammlung und Aufbereitung vorhandener Daten und auch die Erhebung von Daten v.a. im sozialwissenschaftlichen Bereich durch die verschiedenen TP („sektoral“) durchgeführt und in Modellen bzw. Modellvorstellungen abgebildet.

(6) Risikoanalyse I: Unmittelbar hervorgehend aus Arbeitsschritt 5 werden entsprechend dem angestrebten erweiterten Ansatz der Risikoanalyse (Einbeziehung sozialwissenschaftlicher Aspekte)

in diesem Arbeitsschritt die Wirkungen der derzeitigen klimatischen Situation auf die Status quo-Situation des Untersuchungsgebietes analysiert. Dabei wird die „klassische“ naturwissenschaftlich-technische Risikoanalyse, zu der v.a. Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß (mit einem erweiterten Schadensbegriff) gehören, durch Aspekte der Risikowahrnehmung, -bewertung und -kommunikation (s. Klinke & Renn 1999) unter Berücksichtigung der kulturellen Genese der Perzeption von Sturmflutgefahren entsprechend dem Ansatz des WBGU (1999) erweitert.

(7) Risikoanalyse II: Entsprechend dem in Arbeitsschritt 6 entwickelten Ansatz wird hier eine Sensitivitäts- und Risikoanalyse unter Klimaänderungsbedingungen durchgeführt, indem die Klimaszenarien auf den Status quo des Untersuchungsgebietes angewendet werden. Der Aspekt der Risikokommunikation und -wahrnehmung hat hier besonders den Einfluss der Global Change Diskussion zu berücksichtigen.

(8) Formulierung von Zukunftsbildern: Die Wirkungen einer Klimaänderung werden sich in einer Zukunft manifestieren, in der sich verschiedene Aspekte des betrachteten natürlichen und gesellschaftlichen Systems in noch unbekannter Weise verändert haben werden. Dies kann nicht nur die im vorigen Arbeitsschritt analysierte Empfindlichkeit der Systeme gegenüber einer Klimaänderung verändern, sondern auch die gesellschaftliche Kommunikation und Perzeption beeinflussen und damit Konsequenzen für mögliche Anpassungsmaßnahmen haben. Um diesen Aspekt methodisch zu berücksichtigen, werden durch Fortschreibung vorhandener oder sich andeutender Trends für verschiedene Aspekte des Raumes, wie z. B. demographische Veränderungen, Veränderungen der Landnutzung oder der Risikowahrnehmung, sog. „Zukunftsbilder“ (s. Schuchardt & Schirmer 2005), als Szenarien formuliert.

(9) Risikoanalyse III: Entsprechend dem in Arbeitsschritt 6 entwickelten Ansatz wird hier eine Risikoanalyse unter Klimaänderungsbedingungen für verschiedene „Zukunftsbilder“ durchgeführt, indem die Klimaszenarien auf die in den Zukunftsbildern konkretisierte mögliche zukünftige Situation des Untersuchungsgebietes angewendet werden. Durch diesen Schritt wird eine mögliche Veränderung der Klimasensitivität des Raumes durch zukünftige Entwicklungen methodisch handhabbar gemacht.

(10) Anpassungsmaßnahmen: Die Wirkungen der Klimaszenarien sowohl auf den Status quo als auch auf verschiedene mit den Zukunftsbildern formulierte „Zukünfte“ werden voraussichtlich technische und gesellschaftliche Anpassungsmaßnahmen erfordern bzw. natürliche Anpassungsprozesse initiieren. Diese schließen mögliche auch alternative Maßnahmen des technischen Küstenschutzes, eventuell auch der Organisation und Finanzierung des Küstenschutzes, der Land- und Wasserwirtschaft, des Naturschutzes, der Hafenwirtschaft und weiterer Bereiche gesellschaftlicher Aktivitäten ein und stellen damit auch ein integratives Element für die Zusammenarbeit innerhalb des Verbundvorhabens dar. Auf der Grundlage der Ergebnisse zur Risikokommunikation, zur gesellschaftlichen Organisation des Küstenschutzes und den Konsequenzen der Klimaszenarien für die Versagenswahrscheinlichkeiten und das Schadensausmaß werden solche möglichen Anpassungsmaßnahmen abgeleitet.

(11) Risikoanalyse IV: Entsprechend dem in Arbeitsschritt 6 entwickelten Ansatz wird hier eine Risikoanalyse unter Klimaänderungsbedingungen für verschiedene Anpassungsmaßnahmen durchgeführt.

(12) Kosten-Nutzen-Analyse: Für die verschiedenen Handlungsoptionen, die in Schritt 11 einer Risikoanalyse unterzogen worden sind, wird hier eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt, die auch ökologische Veränderungen berücksichtigt.

(13) Handlungsempfehlungen: Auf der Grundlage der erarbeiteten Erkenntnisse werden abschließend Handlungsempfehlungen für einen vorsorgeorientierten Umgang mit den möglichen Folgen einer Klimaänderung formuliert. Diese sollen als Grundlage für einen gesellschaftlichen Diskurs über den Umgang mit den möglichen Klimafolgen dienen können.

1.4 Integrationsmanagement

Vorliegende Erfahrungen mit interdisziplinärer Forschung haben wiederholt deutlich werden lassen, dass Interdisziplinarität nur begrenzt als voraussetzungsloser, sich quasi selbstorganisierender Prozess funktioniert. Vielmehr muss, besonders bei angewandter problemorientierter Forschung mit begrenztem Zeitbudget, Interdisziplinarität mit separaten Koordinations- und Integrationsstrukturen erarbeitet und unterstützt werden (siehe Daschkeit 1998). Der interdisziplinäre Ansatz von KRIM umfasst zwar auch die sinnvolle Zergliederung der Gesamtfragestellung in disziplinär zu bearbeitende Teilthemen, vor allem fokussiert er aber auf eine integrative Analyse der Aufgabenstellung.

Interdisziplinarität und die damit notwendige Harmonisierung der Fragestellungen und die Integration der sektoralen Ergebnisse unter einheitlichen, auf die übergeordnete Fragestellung ausgerichteten Kriterien erfordert einen Ansatz, der die bekannten Schwierigkeiten von Interdisziplinarität wie Hegemonie-Bestrebungen einzelner Disziplinen, Kommunikationshemmnisse und das Fehlen einer spezifisch interdisziplinären Theorie handhabbar macht. Neben der Berücksichtigung von integrativen Aspekten wie der Entwicklung eines gemeinsamen Risikokonzeptes, der Definition von gemeinsamen Untersuchungsgebieten, Klimaszenarien und Zukunftsbildern, der einheitlichen Definition von Schlüsselbegriffen und der gemeinsamen Nutzung eines Geographischen Informationssystems stellt vor allem die gemeinsame Entwicklung eines Decision Support Systems (DSS, siehe auch Kapitel 8) einen zentralen Aspekt der Integration und interdisziplinären Kommunikation dar. Da es sich bei der Entwicklung eines DSS um einen iterativen Prozess handelt, sind in alle Phasen die Teilprojekte unmittelbar in die Entwicklung des DSS eingebunden (Engelen et al. 2000a). Deshalb und besonders auch durch die integrale Repräsentation von Wissen aus Natur- und Gesellschaftswissenschaften in einem dynamischen System erfüllt das DSS bereits während der Projektlaufzeit für die integrative Analyse und den interdisziplinären Forschungsprozess wichtige Funktionen.

Durch die Etablierung eines Teilprojektes „Integrative Analyse“ wird die organisatorische und inhaltliche Zusammenführung sichergestellt. Während der 3,5-jährigen Projektlaufzeit wurden neben einer Vielzahl kleinerer Treffen insgesamt 10 ein- bis zweitägige Workshops aller Projektbeteiligten durchgeführt, die wesentliche Kumulationspunkte des interdisziplinären Forschungsprozesses darstellten. Im Rahmen einer empirischen Studie zu den Erfahrungen mit der Organisation des interdisziplinären Forschungsprozesses von 21 Verbänden, die im Rahmen von DEKLIM durchgeführt wurde, ist auch der Forschungsprozess von KRIM befragt worden, so dass die gemachten Erfahrungen Eingang in allgemeinere Empfehlungen zur Organisation von Forschungsverbänden gefunden haben (Schuchardt et al. 2005b).

2. KRIM: die Szenarien

Das KRIM-Projekt arbeitet einerseits bei der Formulierung der zugrunde liegenden Klimaveränderungen und andererseits bei der Frage, wie das Untersuchungsgebiet zum zukünftigen Zeitpunkt des Eintretens der angenommen Klimaveränderungen im Jahr 2050 überhaupt „aussehen“ wird, mit Szenarien. Die Wirkungen einer Klimaänderung werden sich in einer Zukunft manifestieren, in der sich die verschiedenen Aspekte des betrachteten natürlichen, gesellschaftlichen und ökonomischen Systems in noch unbekannter Weise verändert haben werden. Um dies methodisch handhabbar zu machen, müssen verschiedene Zukünfte als Szenarien definiert werden, die jeweils unterschiedliche denkbare Entwicklungspfade der Region skizzieren.

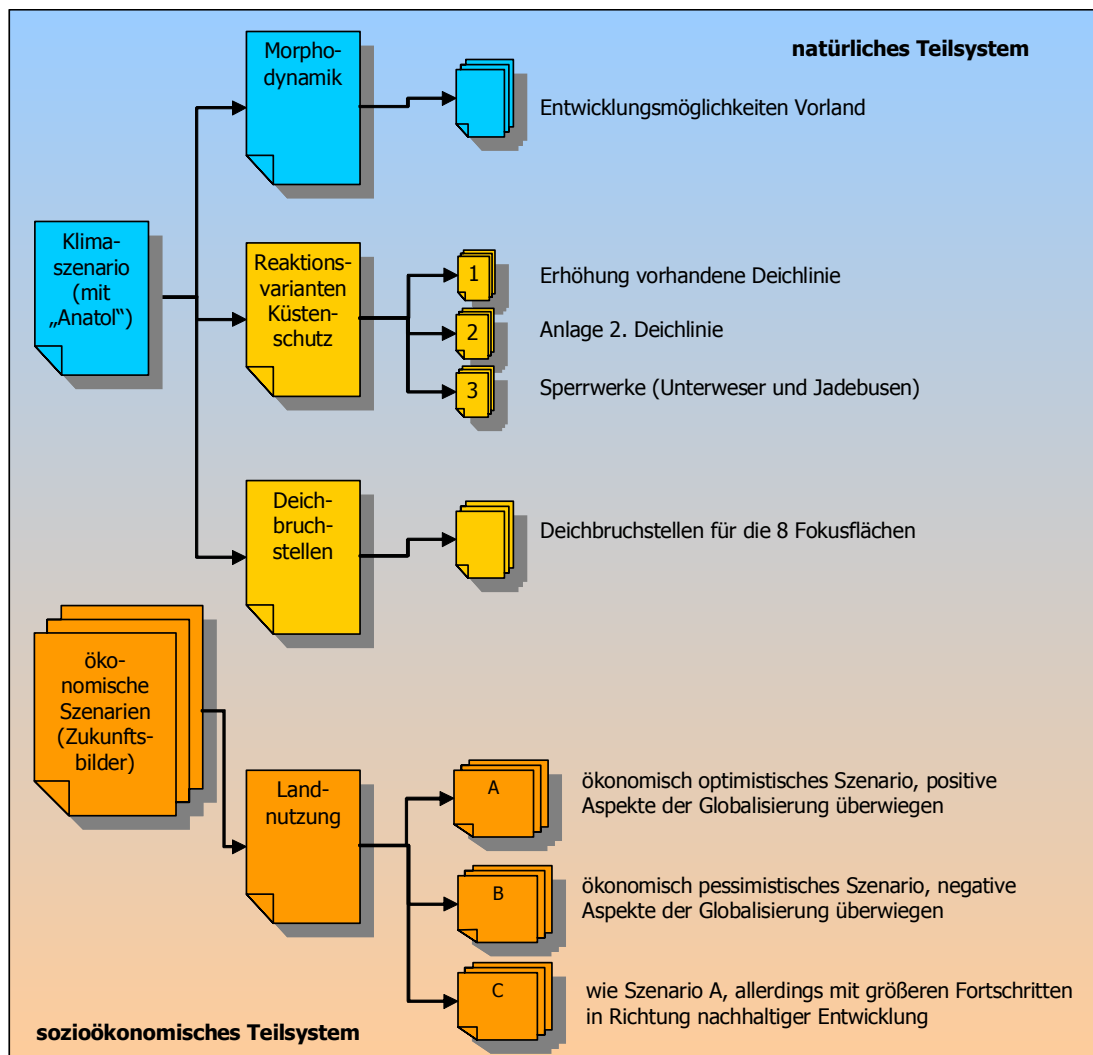


Abb. 3: Die Szenarien in KRIM.

Es lassen sich dabei unterschiedliche Typen von Szenarien unterscheiden, die sich in „Eingangsszenarien“ und „Folgeszenarien“ differenzieren lassen. Die beiden zentralen Eingangsszenarien sind das Klimaszenario und die ökonomischen Szenarien, die in KRIM auch als Zukunftsbilder bezeichnet werden (siehe Abb. 3). Sie sind z.T. extern entwickelt und definieren die Eingangsrandbedingun-

gen für die Analysen in KRIM. Klimaszenario und Zukunftsbilder sind für das gesamte KRIM-Projekt formuliert und damit für die Analysen der Teilprojekte vorgegeben. Die zweite Ebene der Szenarien (Folgeszenarien) umfassen gesellschaftliche Handlungsmöglichkeiten oder mögliche Anpassungsreaktionen des natürlichen Systems auf die in den Eingangsszenarien veränderten Randbedingungen. Diese Szenarien werden von den TP jeweils soweit berücksichtigt, wie es für die verschiedenen Fragestellungen erforderlich ist. Insgesamt dient die Szenariotechnik dazu, mögliche Spannweiten zukünftiger Entwicklungen aufzuzeigen und damit die Unsicherheiten, die Prognosen aus verschiedenen Gründen implizit sind, methodisch handhabbar zu machen.

2.1 Klimaszenario

Aufgrund des nichtlinearen Charakters des Klimas und der Unbekanntheit der Randbedingungen zukünftiger Entwicklungen, wie z.B. der Anstieg der Treibhausgasemissionen oder das Bevölkerungswachstum, kann es keine exakte Vorhersage der Klimaentwicklung geben. Für die Modellierung des Klimawandels werden vom IPCC deshalb Szenarien verwendet, die auf unterschiedlichen Annahmen der sozioökonomischen Entwicklung und damit der Emission klimarelevanter Gase beruhen. Als Resultat produzieren die globalen Klimamodelle Spannweiten für den Anstieg der global gemittelten Temperatur von + 1,4 bis + 5,8 °C und für den Meeresspiegel einen gemittelten Anstieg von 9 bis 88 cm (IPCC 2001a).

Die im Third Assessment Report (TAR) des IPCC (2001a) verwendeten Szenarien stützen sich auf verschiedene „Storylines“, in denen z.B. Annahmen über die Bevölkerungsentwicklung und zukünftige Energienutzung getroffen werden und produzieren somit vielfältige Projektionen der zukünftigen Emissionen von klimawirksamen Gasen, der Akkumulation in der Atmosphäre und der resultierenden Veränderungen des Energie- und Wasserhaushaltes. Die mit diesen Inputdaten gefütterten globalen und gekoppelten Klimamodelle können dann Veränderungen der Atmosphärentemperatur, des Niederschlags, des Windes oder der Oberflächentemperatur der Ozeane berechnen. Die Resultate der Klimamodellierung sind dabei aufgrund der genannten Unsicherheiten der Eingangsparameter v.a. der zukünftigen sozioökonomischen Entwicklung alle gleich wahrscheinlich und prinzipiell möglich. Der IPCC charakterisiert die Prognosen lediglich als „optimistisch“ oder „worst case“ und verweist auf das Problem der Prognostizierbarkeit zukünftiger Emissionsraten. Da sich diese Prognoseunsicherheit nicht beheben lässt, steht die Klimafolgenforschung vor der Herausforderung, schon heute eine Auswahl aus der Spannweite möglicher Entwicklungen der Klimaparameter treffen zu müssen. Das bedeutet, dass für regionale und saisonal differenzierte Aussagen eines zukünftigen Klimas Festlegungen getroffen werden müssen, die nicht oder nur im geringem Maße wahrscheinlichkeitsbasiert sind, ohne die Klimafolgenforschung aber nicht möglich wäre (Schirmer 2005). Im Sinne einer Sensitivitätsanalyse, die die Empfindlichkeit einer Untersuchungsregion analysieren möchte, spielen quantitative Unsicherheiten nur eine geringe Rolle, da sich Tendenzen in klimasensitiven Bereichen erkennen lassen. Ziel der Analysen der Klimafolgenforschung ist also die Beantwortung von Fragen wie „was kann passieren, wenn sich das Klima so ändert, wie angenommen“, wobei die Berücksichtigung von „kräftigen“ Signalen die Sensitivitäten häufig verdeutlichen kann.

Da aus den globalen Klimamodellen nur großräumige Veränderungen abzuleiten sind, muss für das Untersuchungsgebiet von KRIM mittels Downscaling eine regionale Differenzierung möglicher Klimaänderungen vorgenommen werden, wobei sich allerdings die Unsicherheiten verstärken. Dieses

konnte im Rahmen eines BMBF-Vorhabens erfolgreich vorgenommen werden und produzierte für eine Reihe von Klimafolgenforschungs-Projekten regional differenzierte Aussagen zu Atmosphären-temperaturen, Niederschlägen und Windstärken (von Storch et al. 1998, weitere Details in Schirmer 2005). Die daraus resultierenden Werte sowie weitere Setzungen sind in den folgenden fünf Tabellen dargestellt.

Tab. 1: Temperatur [°C] (Luft + 2m; Mittelwerte). [Randbedingungen für Tab. 1 bis Tab. 5: Region Bremen; Jahr 2050; Bezugszeitraum (= Nullvariante) 1961 - 1990; 11-jähriges gleitendes Mittel; Grundlagen: Modell ECHAM4/OPYC3 mit IPCC-Szenario IS92a und Downscaling mittels CCA (v. Storch et al. 1998); Ausgabe als Mittelwert pro Quartal beginnend mit Dezember; Ableitungen aus IPCC (1996) „business as usual“ und „high estimate“ für den Meeresspiegelanstieg und aus Hofstede (1994) für die Tidehubänderungen; CO₂: 2 x 360 ppm]

Quartal	Bezugszeitraum 1961-90	Jahr 2050	Differenz
DJF	1,5	4,4	+2,9
MAM	8,2	11,4	+3,2
JJA	16,6	19,3	+2,7
SON	9,6	11,8	+2,2
Jahr	9	11,7	+2,7

Tab. 2: Niederschlag [mm/d].

Quartal	Bezugszeitraum 1961-90	Jahr 2050	Differenz in %
DJF	1,715	+0,269	+15,7
MAM	1,732	+0,383	+22,1
JJA	2,251	-0,136	-6,0
SON	1,889	+0,231	+12,2
Jahr	1,897	+0,187	+9,86

Tab. 3: Wind [m/sec].

Quartal	Bezugszeitraum 1961-90	Jahr 2050	Differenz in %
DJF	5,02	+0,33	+6,6
MAM	4,65	+0,22	+4,7
JJA	3,97	-0,17	-4,3
SON	4,42	+0,30	+6,8
Jahr	4,51	+0,17	+3,8

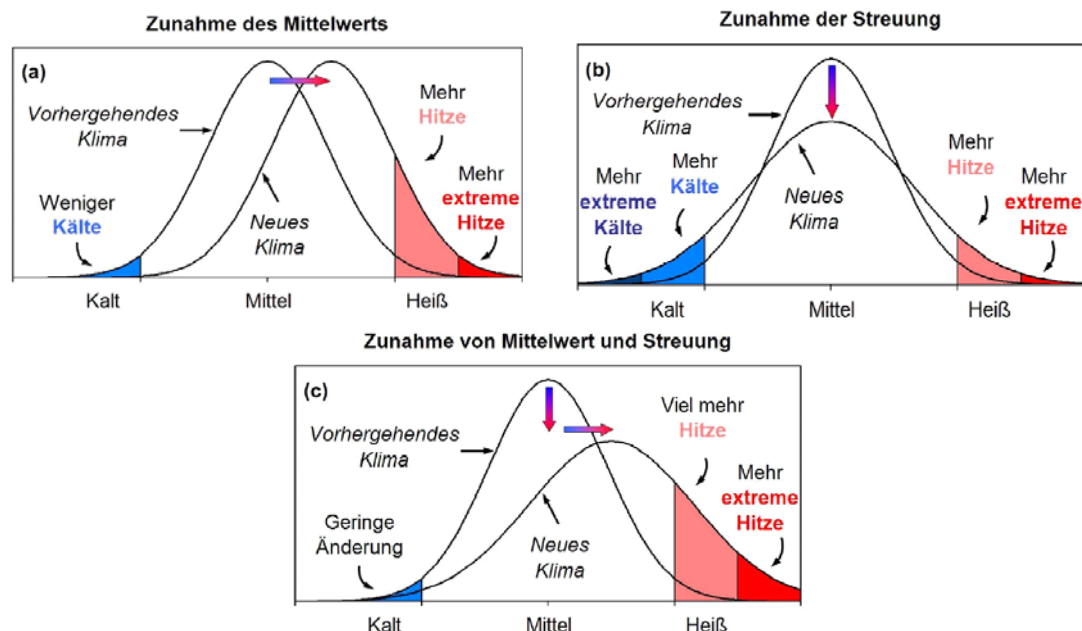
Tab. 4: Windbedingter Tidehochwasserstand [cm] (99% Quantil = Extremwerte).

Quartal	Bremen		Bremerhaven	
	Bezugszeitraum 1961-90	Jahr 2050	Bezugszeitraum 1961-90	Jahr 2050
DJF	107,1	+13,7	108,3	+14,4
MAM	76,7	+7,3	71,4	+7,5
JJA	67,3	-5,3	67,5	+0,1
SON	99,1	+7,4	105,2	+8,2
Jahr	87,6	+5,8	88,1	+7,5

Tab. 5: Meeresspiegel- und Tidehubänderung.

säkularer Meeresspiegelanstieg	+ 15 cm		
beschleunigter Meeresspiegelanstieg	+ 55 cm		
säkulare Zunahme Tidehub	+ 15 cm	MThw MTnw	+ 5 cm - 10 cm
beschleunigte Zunahme Tidehub	+ 25 cm	MThw MTnw	+ 10 cm - 15 cm
säkularer Trend (Meeresspiegelanstieg und Tidehub)		MThw MTnw	+ 20 cm + 5 cm
beschleunigter Trend (Meeresspiegelanstieg und Tidehub)		MThw MTnw	+ 65 cm + 40 cm

Für die Gesellschaft sind neben den Änderungen der mittleren Verhältnisse des Klimas, die v.a. in einer langfristigen Perspektive berücksichtigt werden müssen, insbesondere extreme Wetterereignisse von sehr hoher Bedeutung. Sie führen schon heute zu beträchtlichen Schäden und eine Zunahme ihrer Häufigkeit und/oder Intensität ist von großer volkswirtschaftlicher und gesellschaftspolitischer Relevanz. Eine Reihe von Klimamodellen prognostiziert bei steigenden atmosphärischen Konzentrationen von Treibhausgasen eine Änderung der Häufigkeit, Intensität und Dauer von Extremereignissen, wie z.B. Hitzewellen, Starkregen und starken Stürmen (siehe auch Abb. 4). Hochaufgelöste Modellstudien legen nahe, dass Windspitzen und Niederschlagsintensität von tropischen Zyklonen wahrscheinlich zunehmen. Über eine Zunahme der Intensität von Stürmen in mittleren Breiten, die mit Eigentums- und Infrastrukturverluste und vermehrten Schäden in Küstenökosystemen verbunden ist, herrscht zwischen den bestehenden Modellen bisher wenig Übereinstimmung (IPCC 2002b).

**Abb. 4: Schematische Diagramme der Häufigkeitsanalyse von extremen Klimazuständen am Beispiel einer Normalverteilung (nach IPCC 2002b, Hupfer & Börngen 2004).**

Zu den Extremereignissen, die besonders in den Küstenzonen unmittelbare Auswirkungen haben, gehören die Sturmfluten. Sie werden in der deutschen Bucht durch starke Nord-, Nordwest- und

Westwinde verursacht, die das Wasser der Nordsee an die Küste drücken. Wie groß der durch die Winde verursachte Windstau wird, hängt von der Dauer eines Sturmes ab und von der Meeresstrecke, auf die er einwirkt. Treffen Windstau und die normale Gezeitenflut zusammen auf die Küste, summiert sich ihre Höhe und eine Sturmflut droht. Dabei hat die Häufigkeiten von Sturmfluten in der Vergangenheit zugenommen; für die Schwere der Sturmflutereignisse ist jedoch noch keine statistisch abgesicherte Zunahme festzustellen (Zhang et al. 2004).

Schätzungen über regionale Änderungen der Sturmtätigkeit sind wegen der unzureichenden Auflösung der globalen Klimamodelle schwierig (von Storch et al. 2005). Das im Dezember 1999 über die Nordsee und Dänemark gezogene Sturmtief „Anatol“ (siehe Abb. 5) hätte bei einer südlicheren Zugbahn über die Deutsche Bucht nach Einschätzung des BSH im Bereich von Hamburg zu 2 m höheren Wasserständen führen können. Tatsächlich war die durch das „Anatol“ Tief verursachte Sturmflut vom 3.12.1999 mit 455 cm über NN für Cuxhaven und 595 cm NN in Hamburg St. Pauli die vierthöchste Sturmflut seit 1901 (Gönnert & Müller-Navarra 2000).

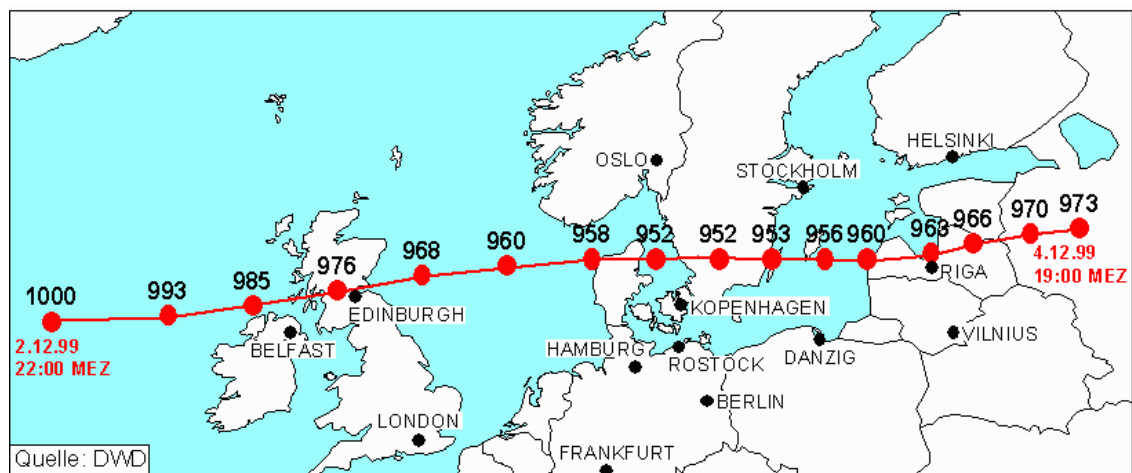


Abb. 5: Zugbahn und Kerndruck (in hPa) des Orkantiefs „Anatol“ im Abstand von 3 Stunden ab 02.12.1999 22:00 MEZ bis 04.12.1999 19:00 MEZ (aus DWD 1999).

Das Orkantief „Anatol“ war in Dänemark, wo besonders hohe Schäden und zahlreiche Menschenopfer zu beklagen waren, der stärkste Orkan des 20. Jahrhunderts. In Deutschland zählte er zu einem der schwersten Orkane der letzten Jahrzehnte. Dabei traten in Dänemark und im äußersten Norden Deutschlands Windböen auf, die neue Rekordmarken für die Windmessreihen einzelner Stationen darstellten (DWD 1999). Angesichts dieser bereits heute nicht unvorstellbaren Extremwasserstände wird das KRIM-Klimaszenario um die Extremwasserstandsvariante HHThw + 55cm Meeresspiegelanstieg + 10 cm Tidehochwasserstand + 200 cm „Anatolzuschlag“ ergänzt. Allerdings wird aufgrund der genannten Unsicherheiten für ein mögliches „Anatol-Ereignis“ keine Eintrittswahrscheinlichkeit angegeben und es dient im KRIM-Zusammenhang v.a. der „Veranschaulichung“ des Restrisikos.

2.2 Zukunftsbilder und Landnutzungsszenarien

Da sich der Klimawandel erst in der Zukunft im hier im KRIM-Klimaszenario formulierten Maße manifestieren wird, wird er auf eine veränderte Gesellschaft einwirken. Diese kann sowohl mehr als auch weniger sensitiv gegenüber dem Klimawandel sein als die heutige (s. dazu auch Schuchardt et al. 2005a). Deshalb ist es notwendig, mögliche zukünftige gesellschaftliche Zustände in Form von Szenarien zu skizzieren. Im Folgenden werden die ökonomischen Szenarien (Zukunftsbilder) und die daraus abgeleiteten Veränderungen in der Landnutzung beschrieben.

Zur Abbildung möglicher Entwicklungsrichtungen des Untersuchungsgebietes werden drei sog. Regionalszenarien entwickelt, die durch unterschiedliche Ausprägungen der Rolle des Staates, der ökonomischen, wirtschaftspolitischen und demografischen Rahmenbedingungen, des sektoralen Strukturwandels und der Entwicklung der Flächennutzung (bebaute Flächen, landwirtschaftliche Nutzflächen, Naturschutzflächen) charakterisiert sind. Ausgangspunkt für die Bildung dieser Szenarien waren von der Prognos AG formulierte regionale Entwicklungspfade (nähere Informationen zu diesen Entwicklungspfaden finden sich in Elsner & Knogge (2001)). Die Regionalszenarien werden zunächst qualitativ formuliert und dann für die regionalökonomische Modellierung quantitativ spezifiziert. Auf Grundlage der Szenarien wurde dazu ein Set modellexogener Variablen definiert, deren Veränderung für einen Untersuchungszeitraum bis 2040 zum Teil von Prognos und zum Teil durch eigene Berechnungen bestimmt wurde.

Die zwei Entwicklungspfade, die von der Prognos AG formuliert wurden und zur Quantifizierung möglicher Veränderungen der exogenen Modellvariablen im Prognosezeitraum dienen, basieren auf 2 verschiedenen Grundlagen: Grundlage für das **Basisszenario** sind die Ergebnisse des Deutschland Reports Nr. 2 (vgl. Prognos 1998, 2000), während die sog. „untere Variante“ des Prognos-Rentengutachtens von 1998 die Grundlage für das **Kontrastszenario** bildet. Die Entwicklungspfade wurden von Prognos mit Hilfe eines demographischen und eines makroökonomischen Modells generiert. Das demographische Modell basiert auf Annahmen zur Entwicklung der alters- und geschlechtsspezifischen Geburten- und Sterbeziffern und zu den Zuwanderungen und Abwanderungen. Hieraus werden jährlichen Veränderungen der Gesamtbevölkerung abgeleitet, die dann für die Einschätzung der Entwicklung des Erwerbspersonenpotenzials verwendet werden. Das makroökonomische Modell generiert mit zwei Sets alternativer gesetzlicher Rahmenbedingungen makroökonomischer Variablen auf der Bundesebene. Diese bilden zusammen mit den alternativen gesetzlichen Rahmenbedingungen und den durch das demographische Modell abgeleiteten Variablen die Zukunftsbilder, auf denen die zwei Regionalszenarien für Bremen und Niedersachsen beruhen. Unter der Annahme der geschilderten Rahmenbedingungen können von den Modellen alternative ökonomische Entwicklungen in Bremen und Niedersachsen bis zum Jahr 2040 berechnet werden und somit die Entwicklungen des Bruttoinlandsprodukts und der Beschäftigung in Bremen und Niedersachsen bis zum Jahr 2040 im Basis- und Kontrastszenario dargestellt werden (siehe auch Elsner et al. 2005).

Im ökonometrischen Modell wird nun zunächst eine Referenzsimulation berechnet. Diese Referenzsimulation beruht auf dem Basis- oder Kontrastszenario, die aus einem Bündel an Annahmen für die Werte der exogenen Modellvariablen im Simulationszeitraum bestehen. Die Ergebnisse der Referenzsimulation dienen als Vergleichsmaßstab für die Ergebnisse einer oder mehrerer Alternativsimulationen. Die Alternativsimulationen werden mit demselben Modell generiert, wobei Basis- und Kontrastszenario durch die Annahme von Klimaimpulsen bzw. von Küstenschutzmaßnahmen

umgewandelt werden können. Durch den Abzug der Werte der Alternativsimulation von denen der Referenzsimulation können die Folgen der Klimaimpulse bzw. spezifischen Küstenschutzmaßnahmen identifiziert werden. Der in Tab. 6 dargestellte alternative Entwicklungspfad, das sog. Alternativszenario C, dient der Ableitung eines zusätzlichen dritten Landnutzungsszenarios.

Tab. 6: Zukunftsbilder für die ökonomische Entwicklung.

Aspekt	Szenario A: Basisszenario	Szenario B: Kontrastszenario	Szenario C: Alternativszenario
allgemeiner Hintergrund	ökonomisch optimistisches Szenario, positive Aspekte der Globalisierung überwiegen	ökonomisch pessimistisches Szenario, negative Aspekte der Globalisierung überwiegen	wie Szenario A, allerdings mit größeren Fortschritten in Richtung nachhaltiger Entwicklung
ökonomische Rahmenbedingungen	starkes Wachstum des Welthandels, breite Liberalisierung aller Märkte führt zu zunehmenden internationalen Investitionen in Entwicklungsländern, hohes Maß an Geldwertstabilität in der EU, relativ schwaches Wirtschaftswachstum in der EU, aber Behauptung im globalen Wettbewerb, Technische Innovationen sind am Markt erfolgreich	schwaches Wachstum des Welthandels, zunehmende Abschottung regionaler Handelsblöcke nach außen und Subventionierung einheimischer Industrien, geringeres Maß an Geldwertstabilität in der EU, schwaches Wirtschaftswachstum in der EU, die EU verliert als Standort an Attraktivität, verschleppter Strukturwandel und geringe Investitionsbereitschaft bremsen technischen Fortschritt	grundsätzlich analog Szenario 1, allerdings stärkere Betonung von Nachhaltigkeitsaspekten, wie z.B. Beachtung sozialer und ökologischer Standards im Welthandel, Einhaltung internationaler Konventionen zu Klima- und Ressourcenschutz, Ausrichtung technischer Innovationen auf Ressourcenschonung, Ergänzung technologischer Effizienzfortschritte durch verändertes Konsum- und Nutzerverhalten etc.
Rolle des Staates	genereller Rückzug des Staates, Verwendung ökonomischer statt ordnungs-rechtlicher Instrumente verstärkte Anwendung des Subsidiaritätsprinzips, Abnahme der politischen Partizipation	Rolle des Staates und Instrumenteneinsatz wie bisher, Keine Veränderung der politischen Partizipation	neue Rolle des Staates als Förderer einer nachhaltigen Entwicklung, eher Moderator als Regulierer, verstärkte Anwendung des Subsidiaritätsprinzips, Zunahme der politischen Partizipation
wirtschafts-politische Rahmenbedingungen	Orientierung der Tarifpolitik an Produktivitätsentwicklung, Flexibilisierung der Arbeitszeit, Reduzierung der staatlichen Defizite bei Erhalt der finanziellen Handlungsfähigkeit des Staates, geringe Subventionen, die v.a. in den Bereich F+E fließen, hoher Stellenwert der Forschungs- und Bildungspolitik	Orientierung der Tarifpolitik an Verhandlungsmacht der Tarifparteien, Reduzierung der Arbeitszeit, weiteres Ansteigen der staatlichen Defizite trotz höherer Steuersätze, hohe Subventionen insbesondere zur Stützung international nicht wettbewerbsfähiger Industrien, keine konsequente staatliche Förderung von Humankapitalinvestitionen	grundsätzlich analog Szenario 1, allerdings stärkere Betonung von Nachhaltigkeitsaspekten, wie z.B. Reform der sozialen Sicherungssysteme, Umsetzung internationaler Umweltschutz- und Sozialabkommen in nationales Recht
demografische Rahmenbedingungen	Durch aktive Zuwanderungspolitik wird Bevölkerungsabnahme ausgeglichen oder gemildert	Bevölkerungsabnahme	Bevölkerungsabnahme
sektoraler Strukturwandel	Land- und Forstwirtschaft, produzierendes Gewerbe und öffentlicher Sektor verlieren an Bedeutung, Handel und Verkehr und Dienstleistungen gewinnen hinzu, Strukturwandel in Bremen grundsätzlich ausgeprägter als im Durchschnitt	Gewinner und Verlierer wie im Szenario 1, allerdings mit weniger stark ausgeprägten Veränderungen, Strukturwandel in Bremen grundsätzlich ausgeprägter als im Durchschnitt	nicht definiert

Aus den gesamtökonomisch formulierten Zukunftsbildern können konkrete Szenarien für die Landnutzung abgeleitet werden. Diese kommen in KRIM einerseits bei der Modellierung der zukünftigen landwirtschaftlichen Nutzung und der daraus resultierenden Biotoptypenverteilung zum Einsatz, andererseits können aus ihnen auch Veränderungen in der Größe der Siedlungsflächen und Infrastrukturausdehnung abgeleitet werden. Aus den Landnutzungsszenarien können dann in einem GIS Karten der Landnutzung erstellt werden, die als Grundlage für eine flächenhafte Risikoabschätzung dienen. Diese Karten sind v.a. für die Analyse und Darstellung der landwirtschaftlichen Nutzbarkeit und den Konfliktpotenzialen mit naturschutzfachlich hoch bewerteten Flächen geeignet und damit Hauptaspekt der ökologischen Analysen im Binnenland (Schirmer et al. 2004).

Die Auswirkungen der aus den Zukunftsbildern abgeleiteten Landnutzungsszenarien manifestieren sich für die ökologischen Fragestellungen neben den allgemeinen ökonomischen Rahmenbedingungen und der zukünftigen Rolle des Staates v.a. durch eine veränderte Flächennutzung, eine unterschiedliche Intensität im Ausbau der Infrastruktur und eine unterschiedliche Rolle des Naturschutzes. Die veränderte Flächen- bzw. Landnutzung, die z.B. aus einem sektoralen Strukturwandel mit veränderten agrarpolitischen Rahmenbedingungen resultiert, hat Konsequenzen für die Größe und Nutzungsart landwirtschaftlicher Flächen, die Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung, die Entwicklung bebauter Flächen sowie für die Ausdehnung und den Status von Naturschutzflächen. Veränderungen in der Infrastruktur resultieren z.B. aus der möglichen Realisierung des Jade-Weser-Ports bei Wilhelmshaven und der damit verbundenen Infrastruktur im Binnenland sowie des zukünftigen Ausbaus der Außen- und Unterweser (siehe Tab. 7).

Tab. 7: Die aus den ökonomischen Szenarien (Zukunftsbilder) abgeleiteten Landnutzungsszenarien (aus Schirmer et al. 2004).

Aspekt	Szenario A: Intensivierung	Szenario B: „Nutzung-wie-heute“	Szenario C: Extensivierung
allgemeiner Hintergrund	ökonomisch optimistisches Szenario, positive Aspekte der Globalisierung überwiegen	ökonomisch pessimistisches Szenario, negative Aspekte der Globalisierung überwiegen	wie Szenario A, allerdings mit größeren Fortschritten in Richtung nachhaltiger Entwicklung
Flächennutzung Bebaute Flächen	starke Zunahme der bebauten Fläche durch weiteren Anstieg der Pro-Kopf-Wohnfläche und starke Nachfrage nach modernen Gewerbeflächen bis 2050: ca. + 20%	moderate Zunahme der bebauten Fläche, da weniger Einkommen für Wohneigentumsbildung vorhanden und geringere Nachfrage nach neuen Gewerbeflächen bis 2050: ca. + 10%	keine Zunahme der bebauten Fläche durch gezielte Förderung der Attraktivität innenstädtischen Wohnens und Recycling von Gewerbeflächen bis 2050: ca. ±0%
landwirtschaftliche Nutzfläche	Liberalisierung der Agrarmärkte und Rückführung der Agrarsubventionen führen zur Aufgabe von Grenzflächen und zur Intensivierung auf Gunstflächen bis 2050: - 2% Zunahme Ackernutzung	Abschottung des EU-Agrarmarktes und weiterhin hohe EU-Agrarsubventionen lassen die landwirtschaftliche Nutzfläche nicht zurückgehen bis 2050: - 1% Nutzungsarten unverändert	Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzfläche wie beim Szenario 1, zusätzlich forciert durch ökologisch motivierte Flächenstilllegungen , höherer Anteil ökologischen Landbaus auf verbleibenden Flächen bis 2050: ± 0% Zunahme Grünlandnutzung
Naturschutzflächen	moderate Ausweitung von Schutzflächen durch Umwandlung ehemals landwirtschaftlich genutzter Flächen bis 2050: auf ca. 10% der Fläche	keine Ausweitung von Schutzflächen bis 2050: ±0%	stärkere Ausweitung von Schutzflächen als im Szenario 1; Aufgabe der Nutzung im Vorland; Extensivierung binnen bis 2050: auf ca. 20% der Fläche

Aus den Landnutzungsszenarien sind in einem GIS Flächennutzungskarten abgeleitet worden. Auf der Basis der Zukunftsbilder der ökonomischen Entwicklung sind, über die mit dem Landnutzungsmodell BONU (Kraft 2004) modellierten landwirtschaftlichen Nutzflächen hinaus, räumlich explizit die Veränderung der Siedlungs- und Gewerbeflächen berechnet und in GIS-Karten dargestellt worden (siehe Abb. 6). Dazu werden aus den Zukunftsbildern Szenarien für den Flächenverlust und –gewinn einzelner Nutzungs- oder Objekttypen abgeleitet. Zudem werden anhand von Standortanalysen solche Flächen identifiziert, die sich für einzelne Nutzung geeignet oder ungeeignet zeigen. Dabei werden Parameter wie Geländehöhe, Bodeneigenschaften und aktuelle Nutzung sowie landschaftsplanerische Entwicklungsziele, aber auch die Lage von Ballungsräumen und die Verkehrsinfrastruktur berücksichtigt.

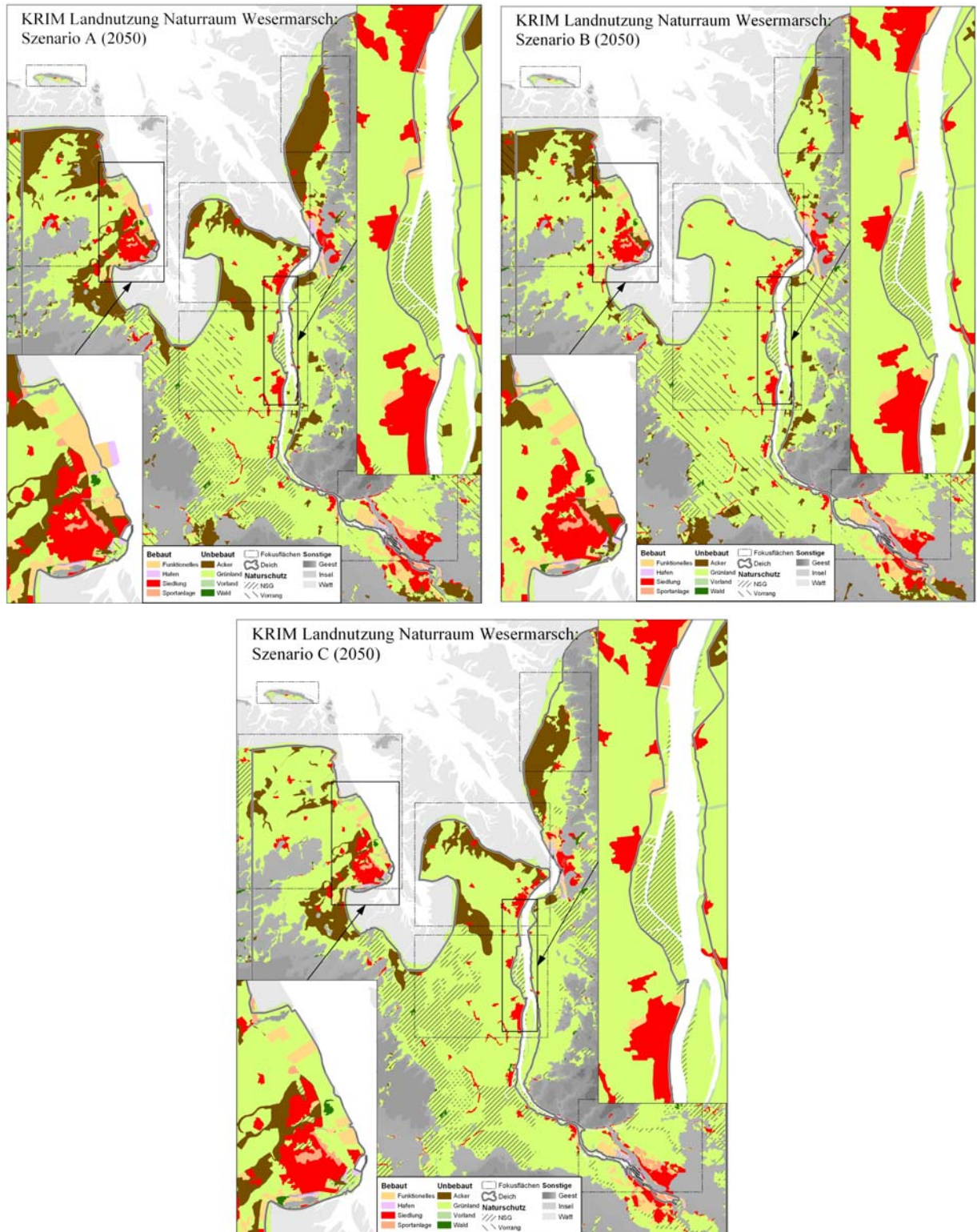


Abb. 6: Zukünftige Landnutzung unter Anwendung der Szenarien A (oben), B (mitte) und C (unten)(Kartenlayout: D. Kraft, Schirmer et al. 2004).

Als Kartengrundlage für die Landnutzungskarten werden die für das gesamte Untersuchungsgebiet zugänglichen CORINE Landcover (CLC)-Daten verwendet. Die CLC unterscheidet insgesamt 52

Nutzungsklassen von denen 23 im Untersuchungsgebiet anzutreffen sind. Für die Landnutzungskarten werden daraus acht Landnutzungsklassen gebildet, die sich aus den CLC-Klassen ableiten lassen. Zusätzlich werden die CLC-Klassen so zusammengefasst, dass die Teilmengen mit den ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem)-Klassen möglichst groß ausfallen, um Landnutzungs- und ATKIS-Karten vergleichen zu können. Dabei ist deutlich geworden, dass die Flächenanteile der zusammengefassten CLC-Klassen gut mit den ATKIS-Klassen übereinstimmen. Allein beim Grünland sind Unterschiede zu erkennen (KRIM-Landnutzungskarte 68%, ATKIS 61% Flächenanteil).

Die Landnutzungsszenarien werden nun durch Festlegung bestimmter Regeln auf die Landnutzungskarten angewendet. So werden für die Klassen „Siedlung“ und „Funktionelles“ anhand des LROP (Landesraumordnungsprogramm Niedersachsen) solche Gebiete ausgewählt, in denen mit Wachstum der Flächen zu rechnen ist, wie z.B. für die Mittel- bzw. Oberzentren des Untersuchungsgebietes oder Flächen an Autobahnen und Fernstraßen. Die so ausgewählten Flächen erweitern sich an allen Standorten um 50 m im Szenario B bzw. um 100 m im Szenario A. Dabei „wächst“ zuerst die Klasse „Hafen“, dann die Klassen „Siedlung“ und „Funktionelles“ und schließlich die Klasse „Sportanlagen“. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen (LNF) sind nachgeordnet, wobei aber Naturschutzgebiete (NSG) nicht bebaut werden können. Weitere Regeln sind: Vorland kann bebaut werden; Wasserflächen können mit Ausnahme des Jade-Weser-Ports nicht bebaut werden; im Szenario A wird der Jade-Weser-Port entsprechend den aktuellen Planungen fertig gestellt (siehe Abb. 6). Die landwirtschaftliche Nutzung verändert sich entsprechend der prozentualen Angaben in den Landnutzungsszenarien und auf Grundlage der klimaabhängigen Veränderungen der Standorte, wie sie im bodenkundlichen Nutzungsmodell (BONU) modelliert sind (siehe auch Kapitel 4.2.3.3). Dabei ist Ackerbau in NSG nicht möglich und zusätzliche NSG können nur auf Grünlandflächen (Szenario C) bzw. auf Vorranggebieten (Szenario A) entstehen. Die Ergebnisse der resultierenden prozentualen Veränderungen der Flächenanteile ist in Abb. 6 dargestellt.

2.3 Reaktionsvarianten des Küstenschutzes

Dem im Klimawandel prognostizierten beschleunigten Meeresspiegelanstieg und der Häufung von Sturmfluten kann grundsätzlich durch die Strategien Verteidigung, Anpassung, Vordringen und Rückzug des Küstenschutzes begegnet werden. Beispiele für solche Reaktionsmöglichkeiten des Küstenschutzes sind Verstärkung und Ertüchtigung vorhandener Küstenschutzsysteme, Bau von Großsperrwerken an Jade und Weser, Errichtung zweiter Deichlinien, Deichrückverlegung, Schaffung von Flutraum an den Nebenflüssen, Wiedervernässung tiefliegender Flächen oder Ergänzung von Küstenschutzelementen im System z.B. durch Sommerdeiche.

Verteidigung: Die aktuell verbreitete Strategie einer Anpassung an den säkularen Meeresspiegelanstieg ist die „Verteidigung“ der vorhandenen Hauptdeichlinie, d.h. deren Ausbau auf die festgelegten Bemessungshöhen (Abb. 7). Eine Voraussetzung hierfür ist jedoch das Vorhandensein von genügend Fläche für die mit einer Erhöhung einhergehende Verbreiterung des Deichfußes. Zudem muss der Untergrund ausreichend stabil sein, um dem zusätzlichen Gewicht standzuhalten. Ein weiteres Problem stellt die Verfügbarkeit von ausreichenden Mengen Kleibodens dar, der zur Abdeckung des Deichkörpers benötigt wird. Dieser darf aufgrund der Unterschützstellung der Vordeichflächen als Teil des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer dort nur noch eingeschränkt

abgebaut werden. Die Gewinnung des benötigten Kleibodens binnendeichs kann v.a. mit der Landwirtschaft Konflikte verursachen und ist mit höheren Kosten verbunden.

Anpassung: Die Strategie der „Anpassung“ umfasst u.a. die Möglichkeit der Anlage einer 2. Deichlinie, auch Schlafdeich genannt, im Hinterland. Diese Deichlinie stellt eine zusätzliche Deichlinie dar, die nicht die Funktion der bestehenden Hauptdeichlinie übernehmen soll, sondern den Schaden nach einem Versagen des Hauptdeiches begrenzen soll (Abb. 7). Die Höhe der 2. Deichlinie kann je nach Ort und Situation zwischen 3 und 4 m NN variieren. Eine zweite Möglichkeit der „Anpassung“ stellen die Flutraumgewinnung im Weserästuar durch die Nutzung der Nebenflüsse sowie der Bau von Poldern mit entsprechenden Polderflächen zum Wasserrückhalt und Bauwerken zur Wassersteuerung dar. Lokal kann unter „Anpassung“ auch die Anlage von Wurten beim Neubau von Gebäuden oder eine hochwassersichere Bauweise verstanden werden.

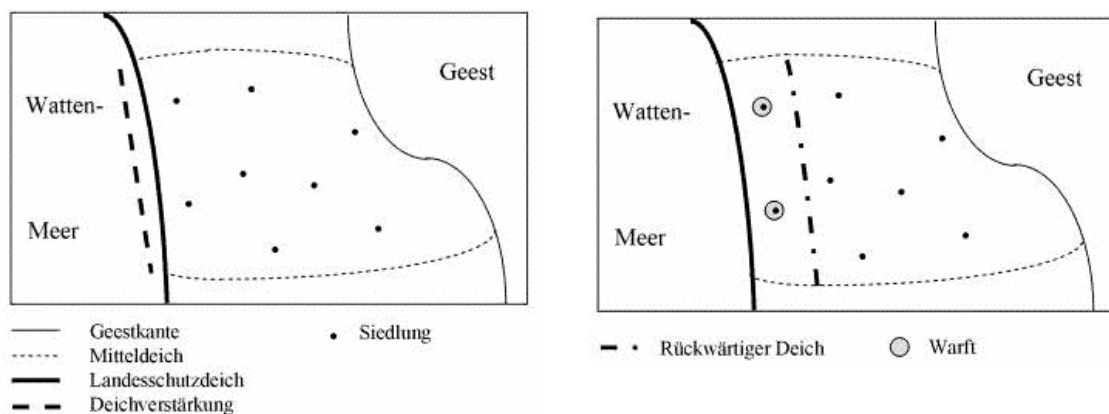


Abb. 7: Schematische Darstellung der Reaktionsvarianten „Verteidigung“ (links) und „Anpassung“ (rechts) des Küstenschutzes (aus Hofstede & Probst 2002).

Vordringen: Die Strategie „Vordringen“ beinhaltet traditionell die Verkürzungen der Deichlinie durch Begradigungen oder das Abdeichen von Buchten. Diese Maßnahmen spielten historisch im Küstenschutz, verstärkt durch die Motivation der Landgewinnung, eine zentrale Rolle, sind aber nicht mehr aktuell. Sie kann heute durch Vordeichungen, d.h. die Vorverlegung des Hauptdeiches ins jetzige Deichvorland in abgeschwächter Weise realisiert werden. Für den Erfolg dieser Maßnahme muss ein ausreichend breites Vorland vorhanden sein, welches jedoch an vielen Küstenabschnitten sowie an den tidebeeinflussten Flüssen nicht existiert. An den Küsten kann diesem Problem an geeigneten Stellen durch die Schaffung eines Vorlandes mit Hilfe von Lahnungsfeldern bzw. Vorschüttungen begegnet werden, welche in der Vergangenheit zur Landgewinnung erfolgreich angewendet wurden. Im Bereich der Ästure gehört zur Variante „Vordringen“ auch der Bau von Sturmflutsperrwerken, wodurch die Gebiete hinter dem Sperrwerk aus dem unmittelbaren Gefahrenbereich einer Sturmflut herausgenommen werden. Allerdings müssen die hinter dem Sperrwerk liegenden Flussdeiche weiterhin unterhalten und evt. angepasst werden, damit sie im Verschlussfall das sich stauende Wasser zurückhalten können.

Rückzug: Zur Strategie des „Rückzugs“ gehört die Aufgabe einzelner Deichabschnitte mit der Folge, dass die bestehenden Nutzungen der Gebiete hinter diesen Abschnitten aufgegeben werden müssen und ein Rückzug z.B. auf höher gelegenen Geestflächen nötig wird. Diese Strategie hat gegenwärtig sicherlich die geringste Akzeptanz, da die Aufgabe von Flächen aufgrund der histo-

risch gewachsenen Bedeutung der Küstensicherung auf den größten Widerstand in der Bevölkerung stößt und auch ökonomisch dramatisch ist. Sie ist im Rahmen von KRIM nicht als mögliche Reaktionsvariante betrachtet worden.

Die genannten Strategien werden in KRIM zu drei konsistenten Reaktionsvarianten verdichtet (siehe Kapitel 7.4.1), die den einzelnen Fokusflächen zugeordnet und in ihren Konsequenzen z.B. für die ökologischen Systeme des Vorlandes (siehe Kapitel 4.3.2.2) oder den volkswirtschaftlichen Größen Bruttoinlandsprodukt und Erwerbstätigenzahl analysiert werden (siehe Kapitel 7.4.2). Die aus den Reaktionsvarianten abgeleiteten Konsequenzen für die zukünftige Entwicklung der ökologischen Systeme v.a. des Vorlandes sind in Tab. 8 dargestellt. Von Bedeutung sind v.a. Art und Unterhaltungsintensität der Küstenschutzelemente im Vorland, zu denen neben den Haupt- und Sommerdeichen auch Lahnungen und Lahnungsfelder zur Vorlandgewinnung, Deckwerke an den Vorlandkanten sowie Buhnen und Entwässerungsgräben (Gruppen) zur Vorlandsicherung gehören.

Tab. 8: Die für die ökologischen Systeme des Vorlandes relevanten Aspekte der Reaktionsvarianten (aus Schirmer et al. 2004).

Küstenschutzvariante	Konsequenzen für die ökologischen Systeme	zusätzliche Annahmen
Verteidigung Verstärkung der vorhandenen Deichlinie; Anpassungen bzw. Ertüchtigungen der Küstenschutzelemente im Vorland	alle Küstenschutzelemente im Vorland werden dem steigenden Meeresspiegel angepasst; Funktionsfähigkeit bleibt erhalten	keine seeseitige Verstärkung der Hauptdeichlinie
Anpassung Anlage einer 2. Deichlinie; weniger Aufwand für den Erhalt der Küstenschutzelemente im Vorland; Öffnung bzw. Schleifung von Sommerdeichen; Anlage von Polderflächen und Öffnung der Nebenflüsse zur Flutraumgewinnung (nur Vorländer der Unterweser)	Küstenschutzelemente im Vorland werden dem steigenden Meeresspiegel nicht angepasst; Funktionsfähigkeit ist reduziert; weitgehend natürliche morphologische Entwicklung (verbleibende Küstenschutzelemente können diese Entwicklung nur kurzfristig verlangsamen); keine Konsequenzen aus der Öffnung bzw. Schleifung von Sommerdeichen (Sommerpolder ist Bestandteil des Vorlandes); Entwicklungstendenz bleibt identisch, aber potenziell mehr morphologisch aktive Fläche; Zeitpunkt der Öffnung der Sommerdeiche: kurzfristige Öffnung erlaubt Mitwachsen	Pflanzengesellschaften der Salzwiesen besitzen im Gegensatz zu den Grünländern der Sommerpolder verbesserte Sedimentationseigenschaften (Geschwindigkeit ihrer Ansiedlung im geöffneten Sommerpolder ist wichtig); morphologische Entwicklung in den Sommerpoldern im Status quo nicht gleich Null (1 bis 10 Überflutungen pro Jahr); Höhenentwicklung der Sommerpolder könnte deshalb evt. auch ohne Sommerdeichöffnung eintreten: negative Breitenentwicklung ist dann durch den Sommerdeich begrenzt
Vordringen Bau von Sperrwerken; Vordeichungen durch Ausweitung des Lahnungsbaus oder Vorschüttungen	Konsequenzen nur lokal; Bau eines Sperrwerkes mit lokalen Vorlandverlusten; Ausweitung des Lahnungsbaus und Vorschüttungen lokal mit Vorlandgewinn (bei Vordeichungen Verlust); Küstenschutzelemente im Vorland wie in Variante 2 (Funktionsverlust)	weitere Differenzierung der Baumaßnahmen sowie deren Verortung notwendig; aber keine wesentlichen Auswirkungen auf die Vorlandökologie

2.4 Deichversagen

Um die Auswirkungen eines Versagens des Küstenschutzsystems analysieren zu können, sind verschiedene Deichbruchstellen angenommen wurden. Sie beruhen auf plausiblen Analysen der derzeitigen „Schwachstellen“ im Küstenschutzsystem. Sie sind damit nicht wahrscheinlichkeitsbasiert,

sondern an den Stellen gewählt, an denen entweder die Ist-Höhe der Deiche im Vergleich zur Umgebung geringer ist oder es sind Bauwerke als Versagensort gewählt, die eine höhere Versagenswahrscheinlichkeit besitzen (z.B. Siele oder Schleusen). Dabei wird als Randbedingung für die hydraulische Modellierung jeweils angenommen, dass die Deichbruchstelle sich bis auf 100 Meter Länge verbreitert und die Geländehöhe in der Umgebung der Deichbruchstelle bei 1 bis 2 m über NN liegt (siehe auch Mai et al. 2004).

2.5 Morphodynamik

Vor dem Hintergrund, dass Aussagen über die zukünftige Morphodynamik im Wattenmeer und auf den Vorländern in der Folge eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs derzeit nur eingeschränkt möglich sind, werden Annahmen über mögliche morphodynamische Entwicklungen für die Watten vom TP 1 (Hydro- und Morphodynamik; Grabemann et al. 2005b) und für die Vorländer vom TP 3 (Ökologie; Schirmer et al. 2004) getroffen.

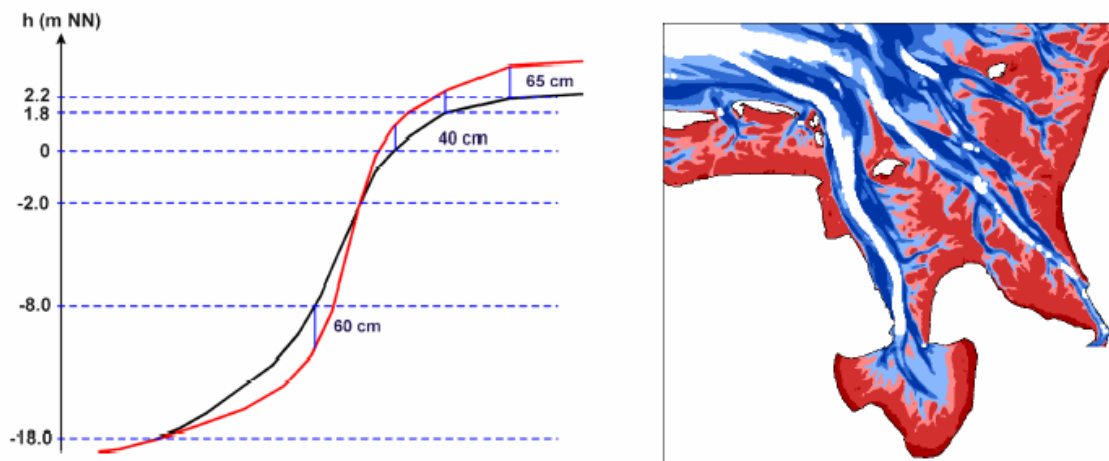


Abb. 8: Links: Schema zur Ermittlung der modifizierten Topographie. Rechts: Räumliche Verteilung der Differenz zwischen der Status quo und der modifizierten Topographie (rot: Erhöhung, blau: Vertiefung)(aus Grabemann et al. 2005b).

Vom TP 1 werden die Auswirkungen des Klimaszenarios auf die Wasserstände mit der heutigen (Status quo) und einer zukünftig modifizierten Topographie untersucht. Grundlage für die Erstellung einer solchen modifizierten Topographie sind Untersuchungen von Ferk (1995) und Hofstede (1999a und 1999b), wonach das Watt bei einem moderat beschleunigten Meeresspiegelanstieg mitwachsen kann, während sich die Priele und Rinnen vertiefen würden. In der modifizierten Topographie wird zwischen Flächen unterhalb und oberhalb - 2 Meter NN (entspricht etwa der mittleren Niedrigwasserlinie) differenziert, wobei angenommen wird, dass die Wattflächen oberhalb von NN - 2 m um 40 cm und in Deichnähe um 65 cm mit dem Meeresspiegelanstieg mitwachsen. Im Gegensatz dazu wird für die Wattrinnen unterhalb - 2 m NN eine Vertiefung angenommen, die bei - 8 m NN ein Maximum von 60 cm erreicht (siehe Abb. 8). Eine zeitliche Evolution des Meeresspiegelanstiegs mit Änderung der Topographie wird nicht simuliert (siehe auch Kapitel 4.3.1.3).

Innerhalb des TP sollte insbesondere für die Abschätzung der zukünftigen Vorlandentwicklung ein Szenario der Morphodynamik formuliert werden. Neben der oben erwähnten Möglichkeit des Mitwachsens insbesondere der deichnahen Flächen um bis zu 65 cm, muss solch ein Szenario auch die Breitenentwicklung der Deichvorländer berücksichtigen. Werden die Erkenntnisse der Vorlandentwicklung in der Vergangenheit berücksichtigt (z.B. Bunje & Ringot 2003) und mit den Daten der Biotoptypentwicklung des Niedersächsischen Nationalparks Wattenmeer verglichen (siehe Schirmer et al. 2004), so kann als Trend einer mögliche Entwicklung ein „zusammenquetschen“ der Vorländer vor der feststehenden Hauptdeichlinie angenommen werden. Eine solche Entwicklung kann analog zur Bezeichnung „waddensea-squeeze“ (Hofstede 1994, 1996) als „squeeze“-Entwicklung der Vorländer bezeichnet werden. Nach Festlegung dieses Entwicklungstrends, erfolgt im zweiten Schritt eine Quantifizierung der Breitenentwicklung im Szenario. Dabei wird für die Annahmen über die zukünftige Morphodynamik neben dem klimawandelbedingten zusätzlich eine Fortschreibung des säkularen Meeresspiegelanstiegs betrachtet. Resultat sind teilgebietsspezifische Aussagen zur Breitenabnahme bei einem säkularen Meeresspiegelanstieg von 0 bis 100 Meter und für einen beschleunigten Meeresspiegelanstieg von 100 bis 200 Meter (siehe auch Kapitel 4.3.2.2). Es steht damit eine Spannweite möglicher Entwicklungen zur Verfügung, die die heutigen Prognosen über den Anstieg des MThw im Sinne einer moderaten und einer sehr starken Erhöhung abdecken.

3. KRIM: Risikokonzept und Risikokonstrukte

Das interdisziplinäre Verbundvorhaben KRIM hat die Aufgabe zur Bewältigung der beschriebenen Risikodimensionen Orientierungs- und Handlungswissen für die gesamtgesellschaftliche Zukunftsaufgabe Küstenschutz als Teil eines integrierten Küstenzonenmanagements unter Klimawandelbedingungen bereit zu stellen. Vor diesem Hintergrund ist in KRIM ein integrierter Risikoansatz entwickelt worden, der Risikoanalyse und Risikobewertung sowie die Grundzüge eines Risikomanagements einschließt, um einen Ansatz zur Diskussion zu stellen von dem wir glauben, dass er für die Herausforderungen eines modernen Küstenzonenmanagements unter Klimawandelbedingungen geeignet ist.

Im Zeitalter der Moderne sind vom Menschen früher als extern gesehene Gefahren, denen man sich weitgehend passiv ausgesetzt fühlte, in durch die Gesellschaft regelbare Risiken transformiert worden (Luhmann 1993) (der Autor spricht dann von Risiken, wenn Gefahren erkannt und charakterisiert worden sind). Sicherheit gegen zukünftige Gefahren und vorausschauendes Risikomanagement sind inzwischen zentrale Anliegen nahezu aller Bevölkerungsgruppen (BMU 1996). Risikomanagement als Instrument zur Regelung und Reduzierung unerwünschter Risiken ist zu einem immer komplexeren, auch soziale Konsequenzen und den Aspekt der Risikokommunikation berücksichtigendem Werkzeug geworden. Eine explizite Ausgestaltung für den derzeitigen und einen zukünftigen Küstenschutz steht allerdings noch aus und die Entwicklung von Ansätzen dazu stellt einen wesentlichen inhaltlichen Schwerpunkt von KRIM dar. Der Risikobegriff wird sowohl in den ingenieurwissenschaftlichen (z.B. Plate 2000), den naturwissenschaftlichen (Mathes & Ranke 1999) und auch den sozialwissenschaftlichen Wissenschaften (Bechmann 1997) verwendet. Er ist für alle an KRIM beteiligten Disziplinen auch theoretisch anschlussfähig und stellt ein Werkzeug der Integration innerhalb von KRIM dar.

Der Begriff des Risikos wird in verschiedenen sozial- und naturwissenschaftlichen Disziplinen recht unterschiedlich verwendet. In KRIM haben wir ein Risikokonzept entwickelt, das sowohl eine „integrative“ Funktion im Projektrahmen bilden kann, indem es für die verschiedenen disziplinären Definitionen anschlussfähig ist, als auch als Grundlage für ein Risikomanagement dienen kann.

Wir schließen dabei wesentlich an ein Risikokonzept an, das der WBGU (1999) in seinem Jahresgutachten „Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken“ entwickelt hat. Risiko umfasst danach in einer technischen Risikoperspektive v.a. die Variablen Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und Schadensausmaß. In einer sozialwissenschaftlichen Perspektive stehen die Aspekte der sozialen und psychischen Risikoerfahrung und Risikowahrnehmung im Vordergrund, während sozioökonomische Ansätze sich mit Risiken der Überlebenssicherung beschäftigen (WBGU 1999).

Auch u.a. nach Bonß (1991) lässt sich der Begriff des Risikos nicht auf technische Phänomene beschränken, sondern ist vielmehr als eine bedeutend breitere soziale und kulturelle Konstruktion zu begreifen, die unter soziologischen Perspektiven als spezifischer Typus sozialen Handelns zu beschreiben wäre, nämlich als ein Handeln unter Bedingungen der Unsicherheit, das je nach den sozialen Konstellationen unterschiedlich konstruiert wird.

3.1 Risikokonzepte der Teilprojekte

Die verschiedenen TP haben deshalb als Teil des interdisziplinären Forschungsprozesses disziplinäre Risikokonzepte formuliert, die Grundlage einer breiteren Diskussion innerhalb des Verbundes wurden, der die Spannweite der Sichtweisen deutlich werden ließ:

TP 1 „Hydrodynamik und Morphologie“ und TP 2 „Klimawandel und Küstenschutz“: Risiko = Versagenswahrscheinlichkeit x Folgeschaden. Der Folgeschaden bezeichnet den Anteil des Wertbestandes (Vermögensschäden), der infolge der Überflutung bei Versagen des Schutzsystems zerstört wird. Folgeschaden = Schadenspotenzial x Schädigungsgrad.

TP 3 „Küstenökologische Aspekte des Klimawandels“: Das ökologische Risiko ist das Produkt aus ökologischem Schaden und Eintrittswahrscheinlichkeit eines schadenauslösenden Ereignisses. In Anlehnung an die klassische technische Risikodefinition kann das ökologische Risiko durch die Multiplikation eines möglichen Schadens mit der Wahrscheinlichkeit seines Eintretens bestimmt werden. Das Schadenverursachende Ereignis ist z.B. eine Sturmflut mit Deichbruch oder der beschleunigte Meeresspiegelanstieg, der zu ökologischen Schäden führt. Die reduzierte Nutzungsmöglichkeit ökologischer Funktionen stellt dabei den ökologischen Schaden dar. Das schadenauslösende Ereignis tritt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit ein und hat dabei Auswirkungen mit entsprechenden Folgen für die ökologischen Strukturen und Eigenschaften. Ökologisches Risiko wird also als wahrscheinlichkeitsbasierter Verlust der Funktionen oder der Funktionsfähigkeit der ökologischen Strukturen aus verschiedenen gesellschaftlichen Perspektiven definiert. Im weiteren Sinne ist die ökologische Dimension des Risikobegriffs immer dort eingeschlossen, wo auf Entscheidungsalternativen basierendes menschliches Handeln Wechselwirkungen mit der Natur verursacht. Diese Wechselwirkungen sind durch Ungewissheit charakterisiert.

TP 4 „Politisch-administratives-System“: Bei Risiken sind Schäden die Folge von Entscheidungen, während bei Gefahren der Schaden extern verursacht wird. Während man Gefahren ausgesetzt ist, geht es im Falle von Risiken um Entscheidungen. Wissenschaft und Technik werden bei Klimarisiken selbst sowohl als Risikoverursacher und als –bearbeiter thematisiert. Risiko als Produkt aus Schadens Erwartung und Eintrittswahrscheinlichkeit ist immer dann anwendbar, wenn die Wahrscheinlichkeit eines Schadens bestimmbar ist und sich der Schaden quantifizieren lässt. Das ist bei den neuartigen Gefährdungslagen nicht der Fall, die eine Reihe von zusätzlichen Unsicherheiten enthalten. Im Zusammenhang mit Handlungen und Handlungsfolgen erscheinen Risiken somit als Zurechnungsproblem.

TP 5 „Regionalökonomische Folgen des Klimawandels“: Das Risiko eines Deichversagens ist das Produkt aus Versagenswahrscheinlichkeit und den resultierenden Folgeschäden (gemessen in Einheiten der Folgeschäden). Bei Verwendung des Begriffs Risiko existieren objektive Zustandswahrscheinlichkeiten. Diese bleiben allerdings mathematische Konstrukte und stimmen nicht immer mit den subjektiven Wahrscheinlichkeiten realer Wirtschaftssubjekte überein. Folgende sozioökonomische Schadensarten werden unterschieden: Personenschäden (physische und psychische), Vermögensschäden, Schäden an Kulturgütern. Naturgefahren werden zu Naturrisiken, wenn Entscheidungsfreiheiten existieren. Sturmflutereignisse werden in diesem Zusammenhang als Quelle von Risiken verstanden, deren Schadensausmaß nicht nur durch meteorologische Faktoren bestimmt wird, sondern auch durch das politisch festgelegte Niveau der Küstenschutzaktivitäten und die politisch und privat determinierte Vermögensakkumulation im Küstengebiet. Der Versuch, den

Begriff Risiko empirisch anwendbar zu definieren, wird i.d.R. mit Hilfe der beiden Kategorien Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit unternommen. Vor diesem Hintergrund ist die Bezeichnung Risikoräume so zu verstehen, dass Küsten im Vergleich zu anderen Regionen ein relativ hohes Risiko aufweisen, da das Produkt aus Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit einen vergleichsweise hohen Wert annehmen kann. Hierzu tragen beide Faktoren gleichermaßen bei. Die Hauptprobleme dieser Gleichung liegen jedoch auch auf der Hand, nämlich die Notwendigkeit, für beide Faktoren quantifizierte Werte zu bestimmen und die verschiedenen Komponenten des Schadensausmaßes in einer einheitlichen Dimension auszudrücken, um sie vergleichbar und addierbar zu machen.

TP 6 „Klimawandel und Öffentlichkeit“: Risiken sind kalkuliert in Kauf genommene Schadensmöglichkeiten mit den Aspekten hypothetische (für die Zukunft zu erwartende) Schäden, Ungewissheit (z.B. wann, wo, wie werden welche Schäden eintreten) und dem Aspekt, dass Schäden mit Entscheidungen verknüpft sind, in denen Abwägungen vorgenommen werden. Im weiteren Sinne sind Risiken Schadensbefürchtungen, über die Unsicherheit oder Ungewissheit im Hinblick auf Risikoquellen, Konsequenzen und Eintrittswahrscheinlichkeiten bestehen.

3.2 Risikokonzept KRIM

Die kurze Gegenüberstellung zeigt, dass die spezifischen Risikobegriffe jeweils bestimmte Unsicherheitsquellen in den Fokus rücken und andere ausblenden und auf unterschiedliche Schadenskategorien fokussieren. Den naturwissenschaftlich-technischen Risikobegriffen ist gemeinsam, dass sie Unsicherheit/Ungewissheit nur als Eintrittswahrscheinlichkeit betrachten. Intentionales Handeln wie z.B. die Möglichkeit von Sabotage wird aus der Risikoabschätzung ausgeschlossen. Die Schadensdimensionen sind auf Gesundheits- und Vermögensschäden beschränkt. Weitere denkbare und noch nicht gedachte Schadensdimensionen wie Erosion von Wertordnungen, Festlegung künftiger Generationen, ethische Konflikte etc. werden ausgeklammert. Das Risiko wird in der naturwissenschaftlich-technischen Perspektive definiert als Produkt von Schadenshöhe x Eintrittswahrscheinlichkeit.

Die Risikobegriffe der TP „Ökologie“ und „Ökonomie“ sind eng an den technischen Risikobegriff angelehnt. Im TP „Ökologie“ ist Risiko definiert als Verlust oder Veränderung der Funktionen oder der Funktionsfähigkeit der ökologischen Strukturen aus verschiedenen menschlichen Perspektiven. Risiko ist hier breiter definiert als bei den naturwissenschaftlich-technischen Varianten, da Eintrittswahrscheinlichkeiten, Kausalbeziehungen und Schadensdimensionen schwieriger zu erfassen sind. Deshalb wird hier eine hohe Unsicherheit, subjektive Gewichtung und individuelle Wertsetzung berücksichtigt. Die Bedeutung gesellschaftlicher Interessen und Wertvorstellungen für die notwendigen Setzungen im Hinblick auf die Unsicherheitsquellen und gewünschten ökologischen Funktionen wird darüber hinaus hervorgehoben.

Der ökonomische Risikobegriff steht zwischen den naturwissenschaftlich-technischen und den sozialwissenschaftlichen Konzepten durch die Differenzierung von Risiko und Unsicherheit, von objektiven Wahrscheinlichkeiten als mathematischen Konstrukten und subjektiven Wahrscheinlichkeiten realer Wirtschaftssubjekten, bei denen die Handlungsentscheidungen eher nach persönlich empfundenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen getroffen wird. Als Risikoquelle wird die Überflutung angenommen und als Schadensdimensionen werden Personenschäden, Vermögensschäden, Pro-

duktionsausfall und Schäden an Kulturgütern betrachtet. Entscheidend für den ökonomischen Risikobegriff ist die monetäre Bewertung. Ähnlich wie im TP „Ökologie“ verweist auch die Definition des TP „Ökonomie“ auf die Relevanz soziokultureller Randbedingungen als erklärende Faktoren des Schadenspotenzials.

Der soziologische Risikobegriff, der den TP „PAS“ und „Öffentlichkeit“ zu Grunde liegt, lässt sich folgendermaßen spezifizieren: Schäden interessieren nur, insofern sie in Entscheidungskalkülen auftreten. Risiko und Gefahr werden dazu unterschieden. Man spricht von Gefahren, die Gesellschaften bedrohen und schädigen können, wenn sie nicht menschlichem Entscheidungshandeln zugerechnet werden. Risiken sind demgegenüber gebunden an menschliche Entscheidungskalküle. Dementsprechend werden vormalige Naturgefahren zu Naturrisiken, wenn sie in ihren Konsequenzen als entscheidungsabhängig betrachtet werden. In Themenfeld „Klimawandel und Küstenschutz“, in dem Naturgefahren, Naturrisiken (Klimawandel) und Technologierisiken (Küstenschutz) zusammentreffen, haben wir es demnach mit entscheidungsabhängigen Umweltrisiken zu tun.

Die Unsicherheit / Ungewissheit von Schäden im soziologischen Risikoverständnis ist die subjektive Ungewissheit und kann alle möglichen Gründe haben, wie z.B. auch mangelndes Wissen oder Vertrauen in Experten oder politische Entscheidungsträger. Im Hinblick auf die potentiellen Schadensdimensionen werden alle möglichen Arten von negativ bewerteten Auswirkungen als Schäden betrachtet: neben Gesundheits- und Vermögensschäden z.B. auch Erosion der Wertordnung, Festlegung künftiger Generationen, internationale Spannungen u.v.m. Ebenso kommen alle denkbaren Risikoquellen in Betracht. Während in naturwissenschaftlich-technischen Risikobegriffen durch eine ausgrenzende Betrachtung eine größere Detailauflösung erreicht werden soll, versucht der soziologische Begriff die Vielfalt risikobezogener Entscheidungskalküle zu erfassen: Risiken sind demnach definiert als kalkuliert in Kauf genommene Schadenmöglichkeiten (Peters & Heinrichs schriftl.).

Hinter dem Begriff Risiko stehen also in den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen divergierende Bedeutungen und Konzepte. Diese vielfältigen Risikobegriffe sind aber nicht völlig disparat, sondern es lässt sich ein allgemeines übergeordnetes Risikokonzept definieren, das für unterschiedliche Risikoperspektiven anschlussfähig ist und der Arbeit in KRIM zugrunde liegt:

Risiko ist ein mentales Konstrukt, um Gefahren näher zu bestimmen. Es hat weder eine direkte Entsprechung in der Wirklichkeit, noch ist es kontextunabhängig konstruierbar, sondern es wird von verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen /Individuen unterschiedlich „erarbeitet“. Es können die intuitiven Bestandteile stärker im Vordergrund stehen (Öffentlichkeit) oder aber natur- und / oder sozialwissenschaftliche Methoden. Der Kern sind auf Gefahren beruhende Schadensbefürchtungen, deren Art und Ausmaß durch gesellschaftliche und / oder individuelle Entscheidungen beeinflussbar ist und die ein Handeln unter Bedingungen der Ungewissheit erfordern. In einer naturwissenschaftlich-technisch-ökonomischen Perspektive umfasst der Begriff Risiko v.a. die Variablen Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und Schadensausmaß, wobei der Begriff Schaden in verschiedenen Disziplinen unterschiedlich gefasst wird. In einer sozialwissenschaftlichen Perspektive ist der Begriff Risiko v.a. um die Aspekte der Risikoerfahrung, -wahrnehmung, und -kommunikation erweitert.

3.3 Risikokonstrukte als methodischer Ansatz

Anschließend an unser Risikokonzept gehen wir davon aus, dass Risiko in der Wissenschaft, im politisch-administrativen System und in der Öffentlichkeit unterschiedlich konstituiert oder konstruiert wird. In den Mittelpunkt unseres Risikokonzeptes für den Küstenschutz stellen wir deshalb drei Risikokonstrukte (RK), die u. E. die Wesentlichen für ein Risikomanagement sind: ein wissenschaftliches RK, ein politisch-administratives RK und ein öffentliches RK (Abb. 9). Eine wesentliche Forschungsfrage ist: wie entstehen diese drei Risikokonstrukte, was beeinflusst ihre Ausprägung und welche Wechselwirkungen bestehen zwischen ihnen.

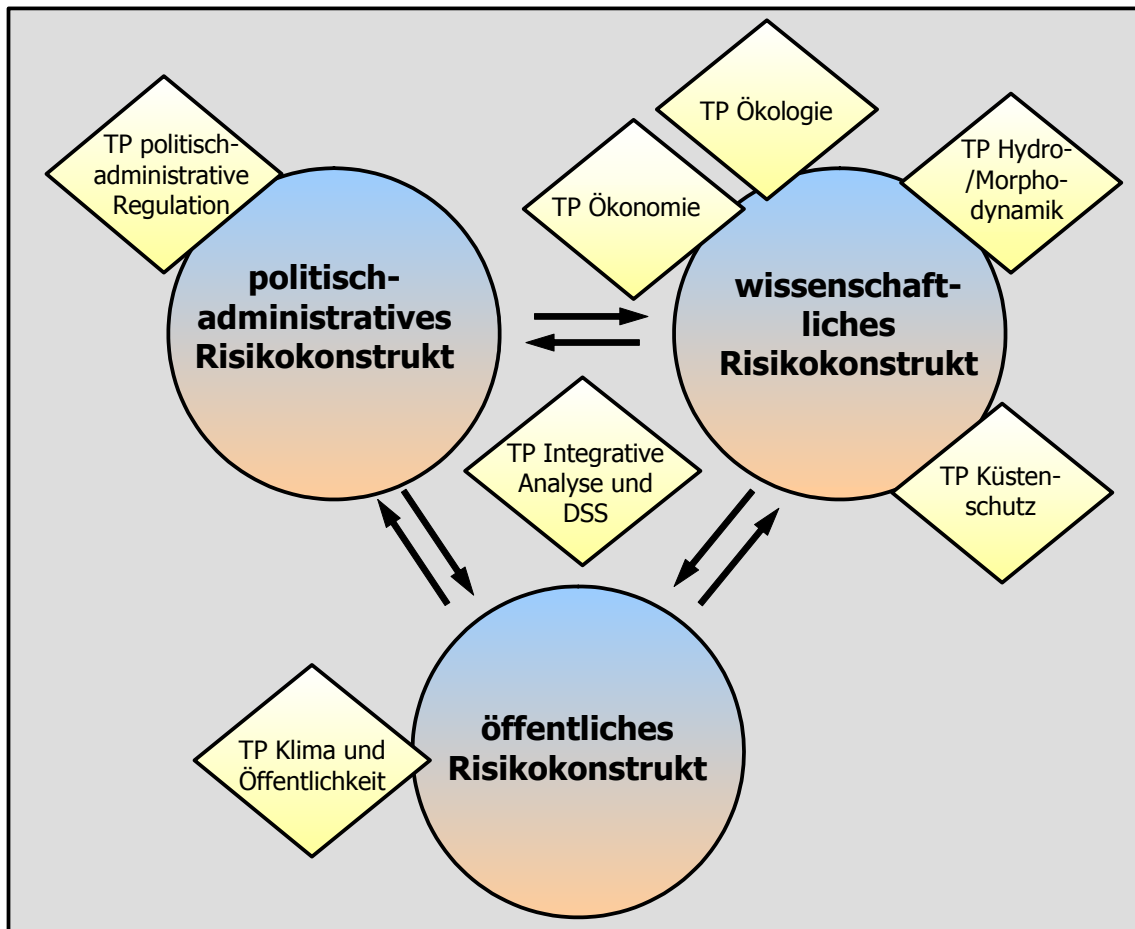


Abb. 9: Die drei Risikokonstrukte von KRIM und die Zuordnung der Teilprojekte.

Das wissenschaftliche Risikokonstrukt stellt den das Risiko analysierenden Teil der Risikobetrachtung in KRIM dar und ist Basis eines integrierten Risikomanagements. Die sozialwissenschaftlichen bzw. durch die Sozialwissenschaften beschriebenen Risikokonstrukte (politisch-administratives Risikokonstrukt und öffentliches Risikokonstrukt) fokussieren hingegen auf einen gestaltenden Teil der Risikobetrachtung, d.h. dass Bewertung und Umgang mit Risiken im Vordergrund stehen.

4. KRIM: das wissenschaftliche Risikokonstrukt

Im wissenschaftlichen Risikokonstrukt können durch eine prozessorientierte Systembeschreibung die einzelnen Systemkomponenten und ihre Interaktionen im System erfasst und dargestellt werden. Dabei hat sich herausgestellt, dass eine Gliederung in drei Prozessbereiche möglich und sinnvoll ist: 1. der natürliche Bereich, 2. der Schutzsystembereich und 3. der Schadensbereich (vgl. Markau 2003). Die einzelnen Teilprojekte mit ihren disziplinären Aufgaben und Methoden können den drei Bereichen zugeordnet werden bzw. untersuchen in den einzelnen Bereichen charakteristische Komponenten. Durch die interdisziplinäre Verknüpfung der Analysen in den drei Bereichen, die in Form von Schnittstellen zwischen den Teilprojekten bearbeitet und an denen Daten ausgetauscht bzw. weitergegeben werden, lässt sich eine „Wirkungskette“ identifizieren, die vom natürlichen Bereich über den Schutzsystembereich zum Schadensbereich verläuft.

Zusätzlich lassen sich auch die Inputdaten bzw. -annahmen, die in KRIM über die Szenarien definiert werden (siehe Kapitel 2), diesen drei Bereichen zuordnen. So wirkt der Klimawandel auf den natürlichen Prozessbereich, die Berücksichtigung der Reaktionsvarianten des Küstenschutzes verändert den Prozessbereich des Schutzsystems und die Zukunftsbilder beeinflussen den Prozessbereich des Schadens. Die Analysen im wissenschaftlichen Risikokonstrukt beinhalten also in den drei Bereichen folgende Parameter bzw. Komponenten und Szenarien (siehe Abb. 10):

- **natürlicher Prozessbereich:** Die Parameter Windfelder (Richtung und Stärke), Wasserstände und Tidenhub, Seegang und Wellenhöhe sowie die durch Erosions- und Sedimentationsprozesse geformte Topographie und Bathymetrie wirken auf das zentrale Kompartiment Meeresspiegelhöhe und Sturmflutereignisse. Das Klimaszenario und die Szenarien über die zukünftige Morphodynamik (Topographie, Bathymetrie, Vorlandentwicklung) beschreiben die Veränderungen der genannten Parameter.
- **Schutzsystembereich:** Die Parameter Belastung, Versagensmechanismen, Elemente des Küstenschutzsystems und die Belastbarkeit der Küstenschutzelemente verändern das Kompartiment Zuverlässigkeit der Küstenschutzsysteme. Dabei erhöhen die im natürlichen Bereich analysierten Komponenten Meeresspiegel und Sturmflut die Belastungssituation, während als Reaktion hierauf Szenarien der Reaktionsmöglichkeiten des Küstenschutzes die Sicherheit erhöhen bzw. die Versagenswahrscheinlichkeit der Küstenschutzsysteme reduzieren. Auch eine prognostizierte Veränderung der Morphodynamik hat Konsequenzen für die Komponente Zuverlässigkeit der Küstenschutzsysteme.
- **Schadensbereich:** Die Parameter der nach einem möglichen Deichbruch resultierenden Überflutungsfläche und -höhe, die von der Überflutungshöhe abhängige Schädigungsrate, das im Hinterland auf möglichen Überflutungsflächen vorhandene Schadenspotenzial, die Empfindlichkeit der ökologischen Systeme und die Struktur der regionalen Ökonomie wirken auf das Kompartiment Schadenshöhe, welches Vermögens- und Anlageschäden, Wertschöpfungsverluste sowie ökologische Schäden beinhaltet. Dieses Kompartiment wird einerseits aus einer veränderten Zuverlässigkeit der Küstenschutzsysteme, wie sie im Schutzsystembereich beschrieben ist, und andererseits durch

die szenariobasierten wirtschaftlichen Impulse aus den Reaktionsvarianten des Küstenschutzes und den Zukunftsbilder beeinflusst.

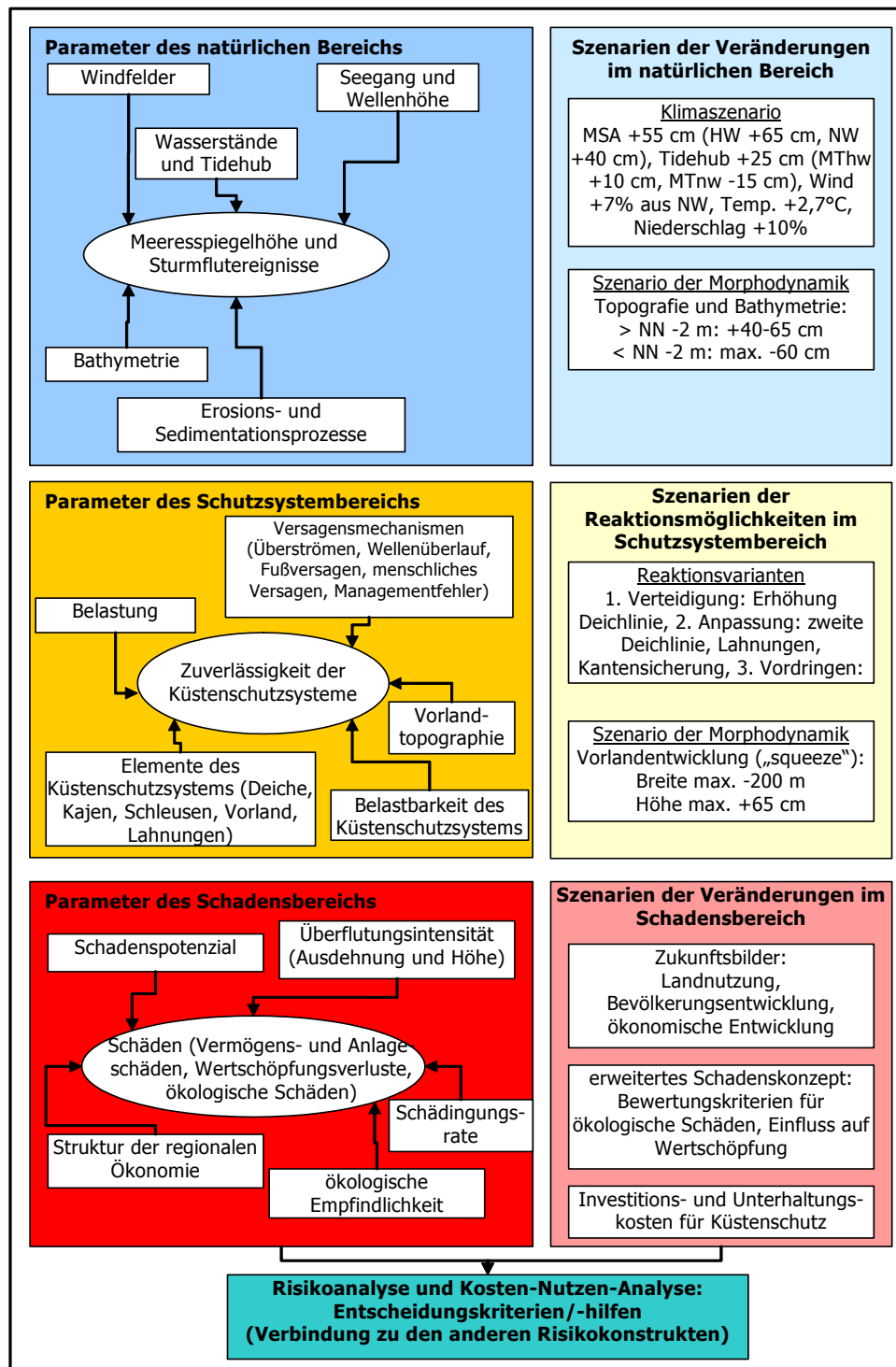


Abb. 10: Die Parameter und Szenarien im wissenschaftlichen Risikokonstrukt.

Im wissenschaftlichen Risikokonstrukt wird das Risiko aus natur- und ingenieurwissenschaftlicher sowie ökonomischer Sicht beschreiben bzw. konstruiert. Dementsprechend wird in ihm für die Risi-

kodierung ein naturwissenschaftlich-technischer Ansatz gewählt und die Analyse und Beschreibung der zwei Risikobestandteile Eintrittswahrscheinlichkeit und Schaden ist zentrales Anliegen der an dem wissenschaftlichen Risikokonstrukt beteiligten Disziplinen. So führen z.B. die Wahrscheinlichkeitsverteilungen bzw. -basierten Parameter des natürlichen Bereichs und des Schutzsystembereichs in Kombination mit den in den Szenarien definierten Veränderungen zu berechenbaren Versagenswahrscheinlichkeiten der Küstenschutzsysteme. Im Zusammenhang mit dem Kompartiment Schaden, für das ein erweitertes Konzept erarbeitet werden konnte, lassen sich für konkrete Ausschnitte des Untersuchungsgebietes Risikosituationen benennen, die in jährlichen Schäden ausgedrückt werden können (€ pro Jahr). Unter Verwendung von Kosten-Nutzen-Analysen, in denen verschiedenen Anpassungsmaßnahmen des Küstenschutzes verglichen werden, können so in Verbindungen mit den beiden anderen Risikokonstrukten (siehe Kapitel 5 und 6) Kriterien zur Unterstützung von risikovermindernden Entscheidungen generiert werden.

4.1 Aufgaben der Teilprojekte im wissenschaftlichen Risikokonstrukt

Dem wissenschaftlichen Risikokonstrukt sind die Teilprojekte „Hydrodynamik und Morphologie“, „Küstenschutz“, „Ökologie“ und „Ökonomie“ zugeordnet (siehe Abb. 9).

Zu den Aufgaben des TP 1 „Hydrodynamik und Morphologie“ gehören

- die Beschreibung der heutigen hydrodynamischen Gegebenheiten (Status quo), um durch den Vergleich mit den in den verschiedenen Szenarien definierten Änderungen der Hydrodynamik Auswirkungen eines Klimawandels abzuschätzen,
- die Untersuchung der Änderungen in der Hydrodynamik für das Klimaszenario sowohl für die heutige als auch für eine modifizierte Topographie, wobei davon ausgegangen wird, dass das Watt bei dem angenommenen Meeresspiegelanstieg mitwachsen kann und
- die Modellierung der Auswirkungen der in KRIM diskutierten Küstenschutzmaßnahmen auf die Sturmflutwasserstände.

Die Analysen des TP 2 „Küstenschutz“ beinhalten

- die Modellierung der hydrodynamischen Belastung der Küstenschutzanlagen durch Tidehochwasser und Seegang,
- die Beschreibung der Versagensmechanismen und der Zuverlässigkeit der Küstenschutzelemente als Funktion von Belastbarkeit und Belastung, um Versagenswahrscheinlichkeiten benennen zu können,
- die räumliche Verteilung und Verortung von Vermögenswerten und Zuordnung zu Flächennutzungsarten zur Bestimmung des Schadenspotenzials,
- die Simulation von Überflutungen (Fläche, Ausdehnung, Höhe, Strömungsrichtung und -geschwindigkeit) für die angenommenen Deichbruchszenarien und

- die Quantifizierung des Risikos als Ergebnis der in der Schadensanalyse berechneten Schadenverteilung multipliziert mit der Versagenswahrscheinlichkeit auch unter Berücksichtigung verschiedener Reaktionsvarianten des Küstenschutzes.

Der Ansatz des TP 3 „Ökologie“ für eine „ökologische Risikoanalyse“ beinhaltet

- die Analyse der ökologischen Funktionen und Leistungen, die für eine Nutzergruppe verwertbare Eigenschaften darstellen und die sich aus den ökologischen Strukturen und Prozesse ableiten lassen,
- die Definition von ökologischen Werten, die aus der Inanspruchnahme bzw. den Nutzungsmöglichkeiten der durch ökologische Strukturen bereitgestellten Funktionen resultieren,
- die Beschreibung des ökologischen Schadens als die Beeinträchtigung eines aus den ökologischen Funktionen ableitbaren Wertes,
- die Abgrenzung relevanter Nutzerperspektiven, die aus den Funktionstypen abgeleitet werden können und für die der Nutzen aus der Erfüllung von Ansprüchen an die Funktionen resultiert und
- die Ableitung des ökologischen Risikos als Produkt aus ökologischem Schaden und Eintrittswahrscheinlichkeit eines schadenauslösenden Ereignisses.

Zu den Aufgaben des TP 4 „Ökonomie“ gehören

- die Analyse der Schäden am regionalen Sachkapitalstock aufgrund des Klimawandels und der mit ihm einhergehenden Extremereignisse,
- die ökonometrische Modellierung der volkswirtschaftlichen Wertschöpfungs-, Einkommens- und Arbeitsplatzeffekte aufgrund der Kapitalstockverluste (sekundäre Wirkungen),
- die Berücksichtigung des monetarisierbaren Teils der ökologischen Schäden,
- die quantitative Berücksichtigung der Schäden und Verluste, die durch bestimmte öffentliche Küstenschutzinvestitionen vermieden werden können (Nutzen) sowie die aus diesen Investitionen resultierenden positiven Impulse für das Bruttoinlandsprodukt und die Zahl der Erwerbstätigen und
- die vergleichende Analyse der Nutzen und Kosten verschiedener Küstenschutzinvestitionen.

Das ökonomische TP fokussiert also auf klimawandelinduzierte Kapitalstockschäden und sekundäre Wertschöpfungsverluste als Folge der Reaktionen des regionalen ökonomischen Systems, die durch das ökonometrische Modell abgebildet werden. Die Berechnung der Schäden, die als vermiedene Schäden bzw. als Nutzen einer möglichen Küstenschutzstrategie und eines öffentlichen Investiti-

onsprojektes interpretierbar sind, und der Kosten eben solcher Investitionsmaßnahmen des Küstenschutzes lassen sich dann für Kosten-Nutzen-Analysen verschiedener Küstenschutzvarianten verwenden.

4.2 Methoden und Modelle im wissenschaftlichen Risikokonstrukt

Im folgenden Kapitel werden die für den natürlichen Bereich, den Schutzsystembereich und den Schadensbereich in KRIM benutzten Methoden und Modelle zur Analyse der relevanten Prozesse und Parameter innerhalb des wissenschaftlichen Risikokonstrukts beschrieben (siehe auch Abb. 10 in 4.1).

4.2.1 Der natürliche Bereich

4.2.1.1 Wasserstände und Strömungen

Die Untersuchung der Auswirkungen der Klimaszenarios und verschiedener Anpassungsmaßnahmen des Küstenschutzes (siehe Kapitel 2) auf hydrologische und morphologische Parameter wird anhand numerischer Simulationen mit einem dreidimensionalen Zirkulationsmodell (TRIM) und einem Seegangmodell (SWAN) durchgeführt. Dabei werden für die Szenarien und den Status quo zeitabhängige Wasserstands- und Strömungsfelder simuliert. Antriebsdaten für die Simulationen werden dabei den operationellen Wetter- und Gezeitenvorhersagemodellen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) entnommen. Um direkte Rückwirkungen von Wasserstand und Strömung auf den Seegang zu berechnen, werden die Felder im TP „Küstenschutz“ als Input für die Seegangssimulationen verwendet. Aus den Feldern für Wasserstand, Strömung und Seegang werden die Kenngrößen, die die hydrodynamische Belastung des Gewässerbodens beschreiben, abgeleitet. Zur Quantifizierung der Bodenbelastung wird ein Bodenschubspannungsmodul implementiert, das auf Formeln für gekoppelte Wellen-Strömungsumgebungen nach Soulsby (1997) aufbaut (siehe auch Kapitel 4.2.1.3).

Die Topographie für das 100 m Gitter der Jade-Weser-Region wird anhand feinerer Gitter und Peildaten der Wasser- und Schifffahrtsämter und des BSH konstruiert. In diese Topographien werden die strömungsbeeinflussenden Buhnen und Leitwerke in Jade, Weser, bei Wangerooge und im Gebiet von Minsener Oog nach Angaben in den Seekarten von 1998 und 2001 eingebaut. Diese erweiterten Topographien werden ebenfalls für die Seegangssimulationen genutzt.

Für die Status quo Simulationen werden stündliche Winddaten (räumlich gemittelt zu homogenen Windfeldern) und halbstündliche Wasserstands- und Strömungsdaten aus den operationellen Wetter- und Gezeitenvorhersagemodellen des DWD und des BSH als Randwerte für das Modell TRIM genutzt. Zusätzlich wird das jeweilige Wasserstands- und Strömungsfeld am Anfangszeitpunkt jeder Wettersituation als Anfangsbedingung vorgegeben. Die Zuflüsse von Elbe bzw. Weser (Deutsche Gewässerkundliche Jahrbücher, Unteres Elbegebiet bzw. Weser-/Emsgebiet) werden etwa bei Brake bzw. Brunsbüttel berücksichtigt.

Die Variabilität der Hydrodynamik wird durch die Simulationen verschiedener ausgewählter Wettersituationen abgeschätzt. Zur Analyse der hydrodynamischen Bedingungen für den Status quo werden Simulationen der Wasserstände und Strömungen für zwei aufeinander folgende Spring-Nipp-Zyklen im September 1999 (Wettersituation 1) mit schwachen bis mittleren Winden aus wechselnden Richtungen, für einen Zeitraum mit starken ablandigen Winden von etwa einer Woche im Oktober 1999 (Wettersituation 2) und für 2 Zeiträume mit starken bis stürmischen auflandigen Winden von jeweils knapp einer Woche im Februar und Dezember 1999 (Wettersituationen 3a und 3b) durchgeführt.

Zusätzlich wird die Überflutungsdauer der Wattflächen aus den modellierten Datensätzen abgeleitet. Des Weiteren werden die Größe von Sublitoral, Eulitoral und Supralitoral und Tideprismen für einzelne Wateinzugsgebiete für die verschiedenen Szenarien bei mittleren Wetterbedingungen bestimmt (Grabemann et al. 2005b).

4.2.1.2 Seegang

Der Seegang wird mit Hilfe des Modells SWAN mit zwei genesteten Gittern (400 m und 200 m) simuliert, wobei Seegangsinformationen aus dem operationellen Seegangsmodell des BSH an den seeseitigen Modellrändern sowie die zeitabhängigen Wasserstands- und Strömungsfelder aus den TRIM-Simulationen (siehe oben) und die bei den TRIM-Simulationen vorgegebenen zeitabhängigen homogenen Windfelder Verwendung finden (Abb. 11). SWAN berücksichtigt eine variable Topographie und die Wechselwirkung mit dem Boden wie z.B. Diffraktion und nichtlineare Dissipation. Die Informationen über Seegangsspektrum und -richtung werden aus den Simulationen mit dem 200 m Gitter auf das 100 m Gitter des Untersuchungsgebietes interpoliert. Die Verwendung der zeitabhängigen Wasserstands- und Strömungsfelder aus den TRIM-Simulationen garantierte die starke Rückwirkung der Hydrodynamik auf den Seegang.

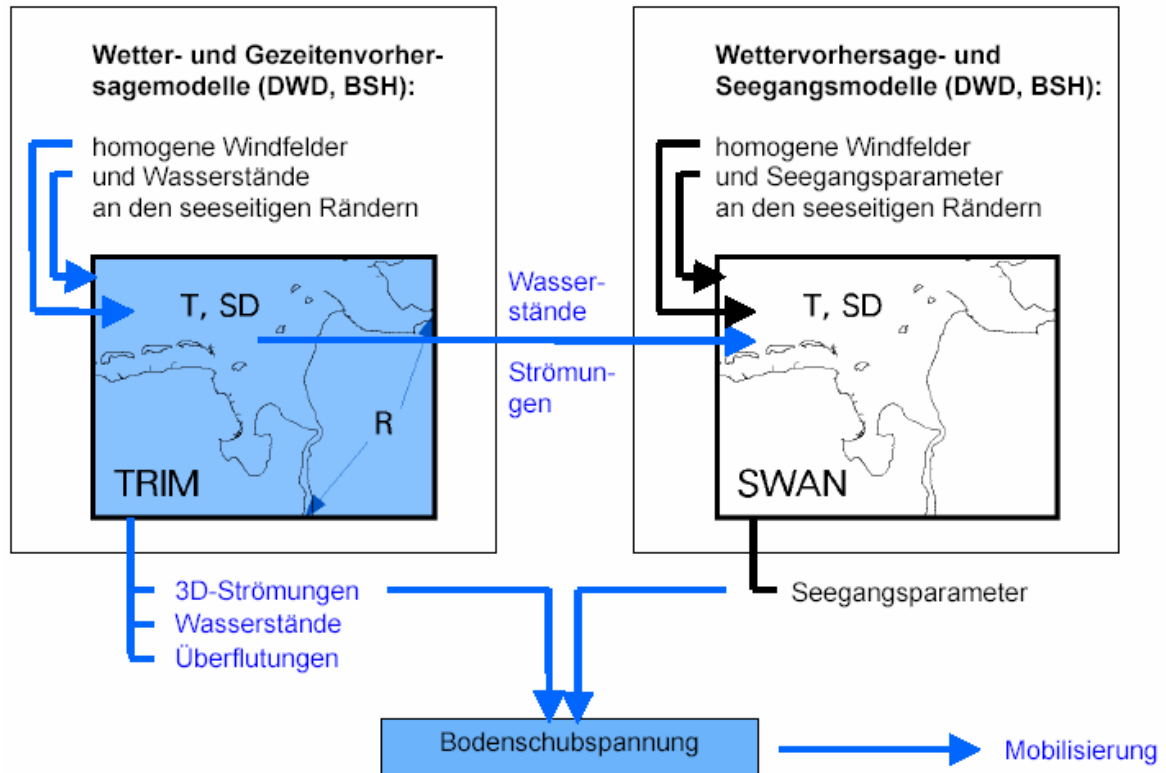


Abb. 11: Schematische Darstellung der Simulationen mit TRIM und SWAN, ihrer Wechselwirkungen sowie die Antriebs-, Eingabe und Ausgabedaten. T: Topographie, SD: Sedimentverteilung, R: Oberwasserabfluss von Elbe und Weser. SWAN Simulationen erfolgen im TP „Küstenschutz“ (aus Grabemann et al. 2005b).

Neben stationären Seegangssimulationen werden für charakteristische Tide- und Windverhältnisse instationäre Seegangssimulationen durchgeführt. Diese charakteristischen Tideereignisse des Jahres 1999 sind eine Sturmflut im Zeitraum 02.02.1999 - 07.02.1999, eine mittlere Tide bei Schwachwind von 01.09.1999 - 15.09.1999 und eine mittlere Tide bei ablandigem Wind im Zeitraum 18.10.1999 - 26.10.1999. Dabei sind folgende Situationen untersucht worden:

- Hindcast der im Jahre 1999 abgelaufenen Tiden (Ist-Zustand / Status quo)
- Wirkung des Wasserstandsanstiegs des Klimaszenarios
- Wirkung eines Wasserstandsanstiegs mit gleichzeitiger Intensivierung des Windes (Klimaszenario)
- Wirkung eines Wasserstandsanstiegs mit gleichzeitiger Intensivierung des Windes bei klimabedingt geänderter Bathymetrie im Jade-Weser-Gebiet (Klimaszenario + Szenario der morphologischen Entwicklung / modifizierte Topographie)

Als Randbedingungen gehen in die instationären Modellrechnungen des Seegangszeitreihen der Windgeschwindigkeit und -richtung und des Seegangs am nördlichen und westlichen Modellrand sowie die zeitliche Entwicklung der Verteilung von Tidewasserstand und -strömungen über die Zeit

ein. Die Randbedingungen des Seegangs können dem operationellen Seegangmodell des BSH entnommen werden (Mai et al. 2004). Die Zeitreihen der Tidewasserstände und -strömungen werden im TP „Hydrodynamik und Morphologie“ für das Jade-Weser-Gebiet berechnet.

4.2.1.3 Topographie und Bodenschubspannung

Um Trends über mögliche morphologische Aktivitäten und die damit verbundenen Topographieänderungen zu erhalten, werden auf Standardformeln des so genannten Bedload-Transports basierende relative Sedimenttransportraten berechnet. Der Sedimenttransport wird dabei allerdings nicht betrachtet, da die Vorhersagegenauigkeit der derzeitigen Sedimenttransportmodelle unbefriedigend ist. Die Auswirkungen des Klimaszenarios mit einem um 55 cm erhöhten Meeresspiegel und eine Tidenhubänderung von 25 cm auf die Wasserstände werden mit der heutigen (Status quo) und einer modifizierter zukünftigen Topographie untersucht. Dabei wird in der modifizierten Topographie für das Watt ein Mitwachsen angenommen, während die Watttrinnen vertieft werden (siehe auch Kapitel 2.5).

Aus numerischen Simulationen werden die durch Strömung und durch Seegang induzierten Bodenschubspannungen, die auf das Sediment einwirken, getrennt berechnet und nach Soulsby (1997) zu effektiven Bodenschubspannungen kombiniert. Die Raum-Zeit-Verteilungen der Bodenschubspannungen werden mit den zur Mobilisierung des jeweils vorhandenen Sedimenttyps erforderlichen kritischen Schubspannungen verglichen, um Gebiete intensiver Mobilisierung zu identifizieren. Die räumliche Verteilung der Zeitdauer (Überschreitungsdauer), in der die kritische Bodenschubspannung überschritten wird, wird jeweils für Ebbe und Flut berechnet. Des Weiteren wird die räumliche Verteilung der relativen Änderung des Gewässerbodens für Ebbe und Flut ermittelt. Ebbe und Flut werden dabei durch den Zeitraum zwischen Hoch- und Niedrigwasser und Niedrig- und Hochwasser für jede untersuchte Tide an jedem Gitterpunkt festgelegt. Aus Messungen der Korngrößen (van Bernem et al. 2000) wird eine Korngrößenverteilung inter- bzw. extrapoliert und durch die in Soulsby & Whitehouse (1997) beschriebene Shields-Kurve wird die Verteilung der kritischen Schubspannung berechnet (Grabemann et al. 2005b).

4.2.2 Der Schutzsystembereich

Im Schutzsystembereich werden die Daten zur Status quo-Situation der Küstenschutzsysteme im Untersuchungsgebiet erhoben und v.a. die Zuverlässigkeiten und Versagenswahrscheinlichkeiten der technischen Küstenschutzelemente untersucht. Zusätzlich werden die ökologischen Konsequenzen eines Klimawandels für das Vorland hier angeführt, da sie als Bestandteil des Küstenschutzsystems angesehen werden müssen.

4.2.2.1 Technischer Bereich

Die quantitative Analyse der Zuverlässigkeit der technischen Küstenschutzbauwerke erfolgt für jeden Versagensmechanismus durch die Definition einer Zuverlässigkeitsfunktion (Z) (reliability function) bzw. Grenzzustandsgleichung (limit state function). In ihr wird die Zuverlässigkeit als Differenz von Belastbarkeit (R) (resistance) und Belastung (S) (stress) beschrieben (Abb. 12). Die

Voraussetzung für diese Analyse des Grenzzustands ist die Existenz und die mathematische Handhabbarkeit von Transferfunktionen und von theoretischen Modellen. Aus ihnen wird die Belastungen als Funktionen der die Naturgefahren charakterisierenden Parameter beschrieben und die Belastbarkeit aus den Eigenschaften der Küstenschutzbauwerke abgeleitet. Wird die Zuverlässigkeitsfunktion negativ, d.h. überschreitet die Belastung die Belastbarkeit, so liegt ein Versagen des Küstenschutzsystems vor. Je größer der Betrag der negativen Zuverlässigkeit, desto größer ist der Grad der Funktionseinschränkung bzw. des Versagens, wobei funktionelles und strukturelles Versagen unterschieden werden kann (Mai et al. 2004).

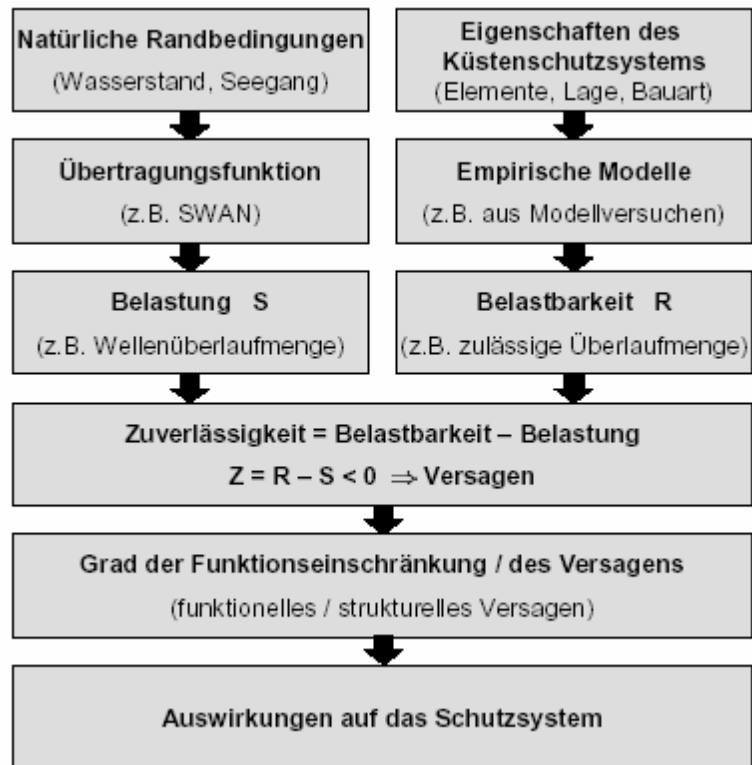


Abb. 12: Zuverlässigkeitsanalyse von Küstenschutzelementen (aus Mai et al. 2004).

Die Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit in einem probabilistischen Verfahren erfolgt durch numerische Integration und ohne Voraussetzung einer bestimmten Form der Verteilung der Basisvariablen (probabilistische Verfahren der Stufe III). Den Ausgangspunkt einer probabilistischen Bemessung bildet auf der Belastungsseite die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsverteilung von Wasserstand, Windgeschwindigkeit und -richtung. Diese wird mit Hilfe von Übertragungsfunktionen in die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Belastung transformiert. Die Wahrscheinlichkeitsdichte der Belastung ist unter Vernachlässigung der Unsicherheiten in der Übertragungsfunktion eine Funktion der Wahrscheinlichkeitsverteilung von Wasserstand und Wind (siehe auch Mai et al. 2004).

4.2.2.2 Natürlicher Bereich

Neben den technischen Bauwerken des Küstenschutzes gehören auch die natürlichen Strukturen zum Gesamtschutzsystem des Küstenschutzes. Insbesondere die Vorländer und die ihnen vorgelagerten Pionierzonen sind wichtiger Bestandteil der Küstenschutzsysteme, da sie die Belastung der Küstenschutzelemente reduzieren und somit ihre Versagenswahrscheinlichkeit verringern (Mai & Zimmermann 2000). Inwieweit sich dieses belastungsreduzierende Funktion unter den Annahmen des Klimaszenarios verändern wird, hängt wesentlich von der zukünftigen Vorlandentwicklung ab.

Für die Abschätzung der Vorlandentwicklung stellen die Biotoptypen die wesentliche Bearbeitungsebene dar. Sie werden als Summenparameter und Indikator für den Systemzustand verwendet und bilden die Grundlage der Erfassung, Darstellung und Bearbeitung ökologischer Informationen. Dabei wird zu Grunde gelegt, dass alle Biotope gleicher Vegetationsausstattung und ähnlicher Standortbedingungen auf klimatische Veränderungen, einen Wechsel der Nutzung oder auf Überflutung analog reagieren. Biotoptypen sind damit geeignet, landschaftsökologische Informationen differenziert und flächenscharf zu erfassen und in einem Geo-Informationssystem abzubilden. Ihre Korrelation mit Standorteigenschaften wie Topographie, Bodenart, Überflutungsintensität, Nutzung, etc. sind bekannt und definiert. Sie sind zudem hinreichend differenziert, um die Folgen klimatischer Veränderungen, Meeresspiegelanstieg, Versalzung, Nutzungsänderungen usw. anzuzeigen. Die Implementierung dieser Informationen im GIS ermöglicht eine Modellierung von Biotoptypveränderungen in Kombination mit z.B. Überflutungs-, Nutzungs- und Versalzungsannahmen. Die funktionalen Beziehungen zwischen Vorlandeigenschaften und Küstenschutzsystem können somit im GIS modelliert werden. Gleiches gilt für die Folgen von Überschwemmungen infolge von Deichbrüchen (siehe auch Kapitel 4.2.3.3).

Für die Analyse Überflutungsintensität (Häufigkeit und Dauer) der Biotoptypen und der in ihnen beschriebenen Pflanzengesellschaften muss eine umfangreiche Datenanalyse durchgeführt werden. Für die Systemanalyse der Überflutungsintensität der Biotoptypen werden die mittleren Höhenlagen der Biotoptypen berechnet und mit den modellierten Wasserständen abgeglichen (siehe Kapitel 4.2.1.1). Grundlage der Analyse der mittleren Höhen der Biotoptypen im Untersuchungsgebiet bilden die von der Nationalparkverwaltung des Niedersächsischen Wattenmeers aufgenommenen Höhenpunkte. Nach Auswahl und Korrektur dieser Höhenpunkte und anschließender Anordnung in senkrecht zum Deich verlaufenden Linien, standen 3255 Datensätze mit Biotoptypinformationen in 189 Transekten zur Analyse im GIS zur Verfügung. Ergebnis dieser Analysen sind Aussagen über die Sensitivitäten der Biotoptypen gegenüber veränderten Wasserständen in den einzelnen Teilgebieten, aus denen dann Prognosen für die gesamte Vorlandentwicklung ableitbar sind. Im Zusammenhang mit den Szenarien über die Morphodynamik und die Reaktionsvarianten des Küstenschutzes (siehe Kapitel 2) können über die hydrodynamischen Modelle zukünftige Veränderungen der Belastung der Küstenschutzelemente durch Veränderungen des natürlichen Bereichs berechnet werden (Schirmer et al. 2004).

4.2.3 Der Schadensbereich

Der „klassische“ Teil der Analysen im Schadensbereich beschäftigt sich mit der Quantifizierung der Folgeschäden bei einer simulierten Überflutung nach einem Deichversagen. Der erste Schritt ist dabei die Bestimmung des Schadenspotenzials im Binnenland, wobei das Schadenspotenzial als die

Gesamtheit der Werte, die von einer möglichen Überflutung betroffen wären, definiert ist. Der tatsächliche Schaden errechnet kann hieraus mit Hilfe von Wasserstandschadensfunktionen errechnet werden. Die Schadensfunktionen geben den geschädigten Anteil am Schadenspotenzial in Abhängigkeit von der Überflutungshöhe an. Die in KRIM durchgeführte Schadenspotenzialanalyse ermittelt Werte verschiedener Wertkategorien, die bei einem Deichversagen direkt geschädigt werden und sich zudem monetär bewerten lassen (zur Klassifizierung von Hochwasserschäden siehe Smith & Ward 1998). Zusätzlich wird mit der Bruttowertschöpfung eine Wertkategorie erhoben, die nur indirekt geschädigt werden kann, da sie durch eine Überflutung lediglich unterbrochen wird. Die Quantifizierung monetärer ökologischer Schadenspotenziale bzw. Schäden und Prognosen langfristiger Schäden durch ökonometrische Modellierungen sind zusätzliche Bestandteile eines in KRIM entwickelten und erweiterten Schadenkonzepts. Kulturelle Schadenspotenziale und der Verlust von Menschenleben finden hingegen keinen Eingang in die Schadensanalyse.

Die Schadenspotenzialanalyse der Vermögenswerte erfolgt in KRIM über eine mesoskalige Vorgehensweise (Klaus & Schmidtke 1990, Colijn et al. 2000, Kiese & Leineweber 2001, MURL 2000). Mesoskalige Analysen zur Quantifizierung der Werte verwenden aggregierte Daten aus den amtlichen Statistiken, die dann über eine räumliche Modellierung (Verortung) Flächen entsprechender Nutzungen zugeordnet werden können. Mit den entsprechenden Schadensfunktionen für die sektoral aggregierten Daten kann dann die Schadensberechnung erfolgen (siehe Abb. 13). Ziel der Quantifizierung des Vermögensbestandes auf Gemeindeebene ist es, auf der kleinstmöglichen administrativen Ebene die Gesamtheit der in diesen Einheiten befindlichen Werte zu erheben und in monetären Einheiten zu bemessen, wobei einheitliches Bezugsjahr das Jahr 2000 ist. Generell wird bei der Erhebung der Werte das Nettokonzept verfolgt wobei versucht wird, den zum Untersuchungszeitpunkt aktuellen Wert (den Zeitwert) zu ermitteln, so dass der zeitbedingte Wertverlust von Objekten berücksichtigt werden kann. Wo lediglich Neuwerte zu ermitteln sind, wird ein durchschnittlicher Zeitwert von 50% angenommen, was einen linearen Wertverlust des Bestandes impliziert. Durch diese mesoskalige Methode können Untersuchungsgebiete größerer Ausdehnung behandelt werden. Die für KRIM entwickelte Methodik stellt eine Weiterentwicklung des Ansatzes von Kiese & Leineweber (2001) dar und soll im Folgenden beschrieben werden.

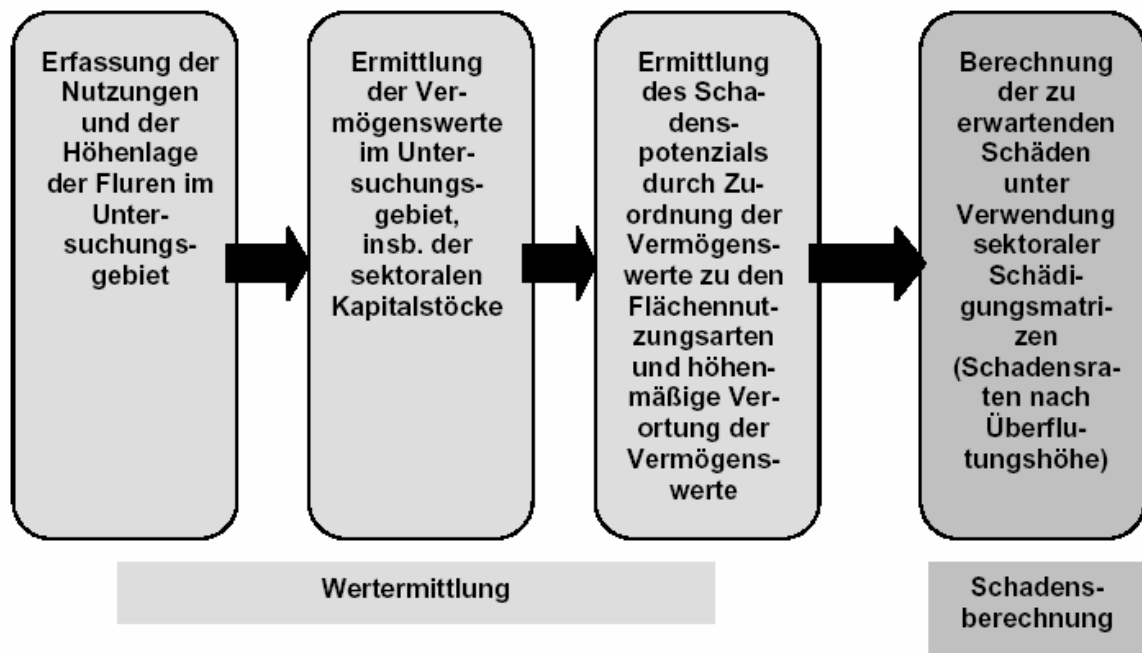


Abb. 13: Vorgehensweise für den mesoskaligen Ansatzes nach Klaus & Schmidtke (1990) (aus Elsner et al. 2005).

Zu den in KRIM analysierten Wertkategorien gehören Wohnkapital, Hausrat, PKW-Werte und das Anlage- und Umlaufvermögen der Unternehmen und des Staates, welches alle dauerhaften reproduzierbaren Produktionsmittel und damit den Bestand an Ausrüstungen und Bauten umfasst. Verwendet wird das in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) der Länder ausgewiesene Nettoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen (NAVw), da dieses im Gegensatz zum Bruttoanlagevermögen Abschreibungen und damit den Wertverlust berücksichtigt und so den aktuellen Zeitwert der Anlagen am besten wiedergibt. Aus dem NAV der jeweiligen Wirtschaftsbereiche werden die Wertkategorien Wohnkapital, der Wert der Straßen, Bahnlinien und öffentlichen Freiflächen herausgerechnet und gesondert verortet (s.u.).

Weitere Wertkategorien sind das Vorratsvermögen und die Bruttowertschöpfung (BWS), die ein Maß für die wirtschaftliche Leistung einer Volkswirtschaft als Ganzes bzw. ihrer regionalen und sektoralen Teilbereiche darstellt. Um die BWS auf Stadt-/Gemeindeebene zu ermitteln, wird analog zum NAV der Landeswert mit Hilfe der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten disaggregiert, d.h. es werden zunächst wirtschaftsbereichsspezifische Wertschöpfungsintensitäten pro Beschäftigten auf Landesebene gebildet und diese dann auf die Beschäftigten der Stadt/Gemeinde angewandt.

Die Wertkategorien Viehvermögen, öffentliche Freiflächen, Straßen, Bahnlinien und Bodenwerte, die durch eine Überflutung nicht direkt geschädigt werden (es sei denn durch eine Kontamination des Bodens durch toxische Stoffe) werden ebenfalls erfasst. Eine Erfassung der Bodenwerte erscheint auch deshalb sinnvoll, da eine veränderte Risikowahrnehmung der Bevölkerung mittelfristig Einfluss auf die Bodenpreise haben könnte.

Nach der Quantifizierung des Vermögensbestandes und damit des Schadenpotenzials ist der nächste Schritt die Verortung des Vermögensbestandes. Die durch die Quantifizierung erzielten Ergeb-

nisse stellen eine Abschätzung des Gesamtschadenspotenzials einer Stadt/Gemeinde dar. Da die erhobenen Werte jedoch innerhalb der administrativen Ebenen sehr heterogen verteilt sind, wird über die räumliche Modellierung (Verortung) versucht, sich der realen Wertverteilung anzunähern. Die erhobenen Wertkategorien werden dabei auf entsprechende Flächennutzungen verortet. Die Basis für diese räumliche Modellierung bilden dabei die digitalen Flächennutzungsdaten (Digitales Landschaftsmodell – DLM) des Amtlich Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS). Die Nutzungsklassifikation des DLM wird durch den Objektartenkatalog (ATKIS-OK, Adv 2002) wiedergegeben. Die technische Umsetzung der räumlichen Modellierung der sozioökonomischen Werte erfolgt in einem GIS, wobei die räumliche Verteilung und Konzentration jeder Wertkategorie oder der aufsummierten Vermögenswerte sich in Form von Karten abrufen lässt (Mai et al. 2004).

Inwieweit diese modellierte Verteilung mit der Realität übereinstimmt lässt sich nur schwer abschätzen. Ein wesentlicher Grund für mögliche Fehler sowohl bei der Quantifizierung als auch der Verortung der Werte ist das unterschiedliche Aggregationsniveau der verwendeten Daten aus den amtlichen Statistiken zum Anlage-, Vorratsvermögen und der Bruttowertschöpfung. Auch die Objektarten des ATKIS-OK stellen aggregierte Flächennutzungskategorien dar, die eine exakte Zuordnung zu den Wertkategorien erschweren. Außerdem sind aus den ATKIS-Objektarten nur eingeschränkt Aussagen zur Intensität der Nutzung und damit der Höhe des Wertbestandes zu entnehmen. Ein weiterer wesentlicher Grund für eine mögliche Überschätzung bzw. Fehlverortung von Schadenspotenzialen ist die Mobilität von Einwohnern, PKW und Vieh. Sie werden deshalb den Orten zugeordnet, wo sie sich vermutlich die meiste Zeit befinden.

Nach der Bestimmung des Schadenspotenzials und der Verortung der Vermögensschäden ist der dritte Schritt der Analysen im Schadensbereich die Ermittlung der Überflutungsintensität, also der Überflutungsfläche und Überflutungshöhe nach einem Versagen der Küstenschutzsysteme. Die Simulation der Überflutungsflächen, die im Falle eines Versagens des Schutzsystems von einer Überflutung betroffen werden, ist Grundvoraussetzung für die Berechnung des zu erwartenden Schadens. Bei der Ausweisung solcher Flächen können zwei verschiedene Methoden zur Anwendung kommen. Eine vereinfachende Methode ist die Verschneidung der Geländehöhen mit einem definierten Sturmflutwasserstand. Dies führt jedoch bei großflächigen Niederungsgebieten in der Regel zu einer Überschätzung der Überflutungsfläche. In KRIM wird diese vereinfachte Form beispielhaft für das Anatol-Szenario benutzt.

Bei einem Deichbruch muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Ausdehnung der Überflutung im Hinterland auf die Wassermenge begrenzt ist, die während des Tideverlaufs durch die Deichlücke ins Hinterland fließen kann. Um die Ausdehnung der Überflutung realitätsnäher bestimmen zu können, werden in KRIM die Überflutungsflächen mit dem zweidimensionalen Finite-Differenzen Model MIKE21 des Danish Hydraulic Institute (DHI) errechnet. Eine Flächenausweisung über eine solche Überflutungssimulation hat den Vorteil, dass der dynamische Prozess des Überflutens widergespiegelt werden kann. Durch die Berücksichtigung der Strömungsrichtung und -geschwindigkeit, mit der sich das Wasser ausbreitet, kann die Überflutungsausdehnung und -höhe bestimmt werden. Zusätzlich lassen sich aus der Zeitserie der Überflutung Informationen über die Vorwarnzeit und die Verweildauer des Wassers gewinnen (Mai et al. 2004).

Basis für die Überflutungsrechnung ist ein digitales Geländehöhenmodell (DGM), in das Lage und Höhen der Deichlinien eingebunden sind. Als weitere Parameter werden die Tideverhältnisse bzw.

Abflussmengen der Fließgewässer für die Durchführung der Simulation benötigt. In den tidebeeinflussten Bereichen wird der sich während des Tideverlaufs ändernde Wasserstand über eine Tidekurve am Modellrand eingesteuert. Unterliegt das Modellgebiet dem Einfluss eines Flusses wird dessen Abflussmenge ebenfalls eingesteuert. Für alle Fokusflächen werden so Überflutungssimulationen durchgeführt und für jedes Teilgebiet kann ein angenommenes Deichversagen mit einer abgelaufenen Sturmflut simuliert werden. Um die Auswirkungen eines beschleunigt ansteigenden Meeresspiegels auf die Überflutungstiefe und -ausdehnung abschätzen zu können, wird zudem für jede Fokusfläche die Überflutung mit einem entsprechend höherem Meeresspiegel modelliert.

Nach der Ermittlung der Überflutungsflächen kann die Schadensberechnung erfolgen. Bei einem Versagen der Küstenschutzsysteme sind die zu erwartenden Schäden vom Schadenspotenzial, dem Ausmaß und der Höhe der Überflutung und dem Grad der „Empfindlichkeit“ der betroffenen Objekte abhängig. Die Empfindlichkeit wird in der empirischen Literatur zur Überflutungsfolgenabschätzung in der Regel durch Schadensfunktionen ausgedrückt, in denen ein Zusammenhang zwischen den Parametern des auslösenden Überflutungsereignis (z.B. Überflutungshöhe, Einstaudauer, Fließgeschwindigkeit) und dem damit verbundenen Schadensausmaß beschrieben wird. In KRIM werden sie als reine Wasserstandsschadensfunktionen formuliert, die allein von der Überflutungshöhe bestimmt werden. Aufgrund der mesoskaligen Schadenspotenzialanalyse werden entsprechende mesoskalige auf sektorale Kapitalstöcke bezogene Schadensfunktionen angewendet.

Für die Erstellung und Auswahl der Schadensfunktionen dienen drei ausgewählten Studien als Lieferanten von „Datenpaaren“. Ein Datenpaar besteht dabei aus einem Überflutungswasserstand (ausgedrückt in Metern über Geländehöhe) und einer zugehörigen relativen Schadensrate (ausgedrückt in % des jeweils betroffenen Vermögenswertes). Zu den gesammelten Datenpaaren, die sich jeweils auf eine Wertkategorie beziehen lassen, wird dann mittels einer Regressionsanalyse eine Schadensfunktion berechnet. Insgesamt konnten so zehn Schadensfunktionen ermittelt werden (Elsner et al. 2005).

Mit Hilfe der wertkategorieabhängigen Schadensfunktion und den maximalen Überflutungstiefen auf den Flächen kann nun für jede Wertkategorie der Schadensgrad ermittelt werden. Durch Multiplikation des Schadensgrades mit dem Vermögenswert einer Wertkategorie ergibt sich der Schaden der einzelnen Wertkategorie. Der Schaden eines Nutzungstyps folgt aus der Addition der Einzelschäden der Wertkategorien, die für den Nutzungstyp relevant sind. Der Gesamtschaden einer Überflutung berechnet sich schließlich aus der Summe der Schäden für jeden Nutzungstyp.

4.2.3.1 Erweitertes Schadenskonzept

Für eine umfassende Analyse des Schadensbereichs werden in KRIM neben den Vermögensschäden und Kapitalstockverlusten, die direkt durch Überflutungsschäden entstehen, auch daraus resultierende indirekte Wertschöpfungsverluste und ökologische Schäden berücksichtigt. Solch ein erweitertes Schadenskonzept berücksichtigt also Vermögensschäden am industriellen, sektoral differenzierten Sach- und Haushaltskapitalstock (Wohnhäuser, Kfz usw.), am infrastrukturellen Kapitalstock (Strassen, Schienen usw.) sowie mit der Schädigung der Kapitalstöcke verbundene sekundäre Wertschöpfungsverluste (Bruttoinlandsprodukt und Erwerbstätige) sowie ökologische Schäden (Vorland und Binnenland). Grundlegender neuer Bestandteil bzw. Weiterentwicklung des erweiterten Schadenskonzept ist also die Berücksichtigung von sog. „Flow“-Verlusten, also durch die Ver-

luste am Kapitalstock verursachte Änderungen des Bruttoinlandsprodukts und Effekte für die Anzahl der Erwerbstätigen.

Für den Sachkapitalstock werden Schadensfunktionen in Abhängigkeit von der Überflutungshöhe ermittelt (siehe oben). Detaillierte geographische Informationen über Flächenhöhen und Flächennutzungen lassen sich so mit Informationen zu sektoralen Kapitalstöcken zu konkreten flächenbezogenen Kapitalstockwerten und gemeinsam mit Überflutungssimulationen zur Berechnung konkreter Kapitalstockverluste kombinieren.

Für die Wertschöpfungsverluste lassen sich zwei Dimensionen unterscheiden, die durch kurzfristig bzw. direkt oder langfristig bzw. indirekt charakterisiert werden. Zum einen kann es in direkter Folge einer Überflutung zu Produktionsausfällen kommen, deren Ausmaß von der Überflutungsdauer und den danach notwendigen Instandsetzungsarbeiten bestimmt wird. Die zweite Dimension sind so genannte „Prosperitätsschäden“, deren Effekte zeitlich und räumlich über das eigentliche Überflutungsereignis hinausragen. Die Schäden am Kapitalstock der von der Sturmflut betroffenen Unternehmen und staatlichen Infrastrukturen wirken sich dabei nicht nur auf deren unmittelbare Wirtschaftstätigkeit und Beschäftigungssituation aus, sondern auch auf die ihrer Lieferanten und Kunden. Es kommt zu Veränderungen der Beschäftigung und der Wertschöpfung, die sich ausgehend vom direkt betroffenen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette ausbreiten und bei denen man von indirekten oder multiplikativen Wirkungen spricht. Je arbeitsteiliger eine Volkswirtschaft organisiert ist und je niedriger die Lagerhaltung bei den Unternehmen ist, desto stärker sind diese Auswirkungen in monetären Größen (Elsner et al. 2005).

Die Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzverluste werden im Rahmen eines regionalökonomischen Modells für die Länder Bremen und Niedersachsen in Längstfristsimulationen verschiedener Zukunftsszenarien berechnet. Die vorherige Längstfriskalibrierung des Modells (Szenarien „ohne Klimaimpuls“) geschieht u.a. mithilfe von Setzungen exogener Variablen (s.u.). Der Vorteil modellgestützter, regionalökonomischer Kalkulation liegt in der empirisch gesicherten Abbildung der ökonomischen Zusammenhänge der Untersuchungsregion, da es Informationen über die Struktur und die Verflechtungen der Sektoren und Aggregate in der Region enthält. Diese wiederum bestimmen die Reaktionsfähigkeit der regionalen Ökonomie hinsichtlich eines externen Schocks durch z.B. eine Sturmflut mit Versagen der Küstenschutzsysteme. Werden hingegen die Wertschöpfungsverluste lediglich pauschal in Form einer festen Quote der Vermögensschäden berechnet, so werden diese Informationen über die ökonomischen Wirkungszusammenhänge der Region nicht ausreichend berücksichtigt. Die Informationen zu den verschiedenen Schadenskategorien (als vermiedene Schäden: Nutzen) können schließlich mit Informationen über die Kosten der verschiedenen in KRIM entwickelten Reaktionsvarianten des Küstenschutzes für Kosten-Nutzen-Analysen verwendet werden (siehe Kapitel 7.4.4).

4.2.3.2 Ökonometrische Modellierung

Das in KRIM verwendete regionalökonomische Modell umfasst außer den Finanzmärkten alle wesentlichen Aspekte der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in den Ländern Bremen und Niedersachsen. Es soll mit zwei Szenarien (Basisszenario und Kontrastszenario: siehe Kapitel 2.2) die Struktur der regionalwirtschaftlichen Entwicklung der Länder Bremen und Niedersachsen prognostizieren sowie zur Abschätzung der ökonomischen Folgen von Überflutungsereignissen und des

Nutzens präventiver Küstenschutzmaßnahmen alternative Simulationen durchführen. Die zwei Teilmodelle für Bremen und Niedersachsen bestehen jeweils aus einem dynamischen interdependenten System von Gleichungen.

Im Interesse einer konkreten raumbezogenen Kapitalstockermittlung wurde der Ansatz eines regionalen ökonomischen Modells mit Längstfristkalibrierung (hier: 2040) und Sektoralisierung von Kapitalstöcken und Produktionsfunktionen gewählt, d.h. das ökonomische Modell liegt mit sektoraler Differenzierung von Kapitalstock und Produktion vor. Dies gestattet es, Kapitalstöcke mit konkreten Nutzungen mit konkreten Flächeninformationen (Höhenlage, Nutzungsart, etc.), die vom geographischen Informationssystem (GIS) bereitgestellt werden, in Verbindung zu bringen und damit Kapitalstöcke und Kapitalstockverluste räumlich detaillierter zu ermitteln (Elsner et al. 2005).

Mit Hilfe der ökonomischen Modelle kann abgeschätzt werden, wie sich die zentralen ökonomischen Größen in der Region (Kapitalstock, Bruttowertschöpfung, Beschäftigung, Bruttoinlandsprodukt) verändern werden, wenn es aufgrund eines Überflutungsereignisses zu einem Kapitalstockverlust und es in Folge des fortschreitenden Klimawandels zu Produktionseinschränkungen bei den Unternehmen der Region kommt (Elsner et al. 2005).

4.2.3.3 Ökologische Schäden und Werte

Die Vorgehensweise bei der Quantifizierung ökologischer Schäden, die im Fall eines Sturmflutereignisses mit Versagen der Küstenschutzsysteme entstehen können, ähnelt der bei der Ermittlung der Kapitalstockverluste angewandten Methode. Zunächst wird auch hier das Schadenspotenzial, dann die im Falle des Eintretens des Ereignisses zu erwartenden Schäden und schließlich durch Gewichtung mit der Eintrittswahrscheinlichkeit das Risiko berechnet (Schirmer et al. 2004, Elsner et al. 2005).

Die Ermittlung der ökologischen Schäden erfolgt mit einem mesoskaligen Ansatz. Dabei wird nicht versucht, Informationen zur spezifischen ökologischen Situation des Untersuchungsgebietes zu erheben, sondern nur eine Zuordnung des Untersuchungsraumes zu einem vorherrschenden Landschaftstyp. Eine für diesen Typ repräsentative Ausstattung mit „ökologischem Kapital“ wird dann auch für das Untersuchungsgebiet angenommen. Für die mesoskalige ökologische Bewertung des Jade-Weser-Raums ist v.a. relevant, dass es sich einerseits um eine Küstenlandschaft und andererseits um eine Kulturlandschaft handelt.

Nach dieser Zuordnung des Untersuchungsgebietes zum Landschaftstyp „Kulturlandschaft Nordsee-Marschenküste“ werden nun hierzu passende Bewertungsinformationen benötigt. Dabei geht es um die Frage, wie hoch die Wertschätzung der Gesellschaft für die von diesem Landschaftstyp produzierte Summe ökologischer Güter ausfällt. Da für dieses Untersuchungsgebiet keine solche Bewertungsstudie existiert, muss auf das Instrument des Benefit Transfer zurückgegriffen werden. Hierfür wird eine Primärstudie benötigt, die sich möglichst gut auf den gerade spezifizierten Landschaftstyp beziehen muss. Darüber hinaus sollte sie sich der Contingent-Valuation-Methode bedienen, um das gesamte Spektrum an Use- und Non-Use-Values zu erfassen, das mit der Landschaft als Ganzes und nicht lediglich mit einzelnen ihrer Komponenten verbunden ist. Als Primärstudie zur Gewinnung von Bewertungsinformationen wird in KRIM eine englische Untersuchung von Goodman et al (1998) verwendet (siehe auch Elsner et al. 2005).

Insgesamt vollzieht sich der Benefit Transfer in folgenden Schritten:

- Normierung der Ausgangszahlungsbereitschaft auf 1 km Küstenlänge: Gemäß dem World Factbook der CIA beträgt die Küstenlänge Großbritanniens 12.429 km. Dies ergibt eine durchschnittliche Zahlungsbereitschaft von 0,003891 £ (1996) pro Haushalt und Küstenkilometer.
- Korrektur der Zahlungsbereitschaft um die Preisniveauentwicklung von 1996 bis 2000: Die Korrektur erfolgt mit Hilfe der Jahresdurchschnittswerte des britischen Consumer Price Index. Dieser wurde im Jahr 1996 auf 100 gesetzt und hatte 2000 den Wert 105,6. Die korrigierte durchschnittliche Zahlungsbereitschaft beträgt somit 0,004109 £ (2000) pro Haushalt und Küstenkilometer.
- Umrechnung der Zahlungsbereitschaft auf „deutsche“ Euro: Bei diesem Schritt geht es nicht nur darum, die Zahlungsbereitschaft von einer Währung in eine andere umzurechnen, sondern zu berücksichtigen, dass zwischen den Ländern Preisniveauunterschiede existieren können.
- Berücksichtigung der Küstenlänge und der Zahl der Haushalte in Deutschland: Gemäß dem World Factbook der CIA beträgt die Küstenlänge Deutschlands 2.389 km. Dies ergibt eine durchschnittliche jährliche Zahlungsbereitschaft von 15,22 € (2000) pro Haushalt für die gesamte Küstenlänge. Gemäß des Mikrozensus des Statistischen Bundesamtes gab es im Jahr 2000 in Deutschland 38,124 Millionen private Haushalte. Damit würde sich die inländische Gesamtzahlungsbereitschaft für den Erhalt der deutschen Küstenlandschaft auf gut 580 Mill. € p.a. belaufen.
- Von der Küstenlinie zur Fläche der Küstenlandschaft: Um die Wertschätzung für eine Schadensberechnung einsetzen zu können ist es notwendig, einen Flächenbezug herzustellen, da die Überflutungsinformationen sich auf die Größe der in Folge eines Versagens der Küstenschutzsysteme binnendeichs gelegenen überfluteten Flächen beziehen. Das Besondere an einer Küstenlandschaft ist das Zusammentreffen von Land und Meer. Dies unterscheidet sie von anderen Landschaftstypen und macht ihren besonderen Wert aus. Wir gehen daher im Folgenden von der Annahme aus, dass sich die geäußerte Wertschätzung auf die Landschaft in unmittelbarer Nähe der eigentlichen Küstenlinie bezieht und wählen einen Streifen von 1 km Breite entlang der Küste als Bezugsraum. Dies ergibt nunmehr also pro km² Küstenlandschaft die durchschnittliche jährliche Zahlungsbereitschaft von 0,006372 € (2000) pro Haushalt und unter Berücksichtigung der Zahl der Haushalte eine Gesamtzahlungsbereitschaft von 242.926 € (2000) p.a. pro km² Küstenlandschaft.

Mit der Berechnung dieser Wertschätzung für eine Flächeneinheit Küstenlandschaft wurde definitiv onsgemäß das ökologische Schadenspotenzial ermittelt. Um hieraus die ökologischen Schäden einer Überflutung kalkulieren zu können, muss dieses Schadenspotenzial mit Sensibilitätsinformationen für die ökologischen Systeme kombiniert werden. Da die potenziell betroffenen Flächen größtenteils äußerst robust hinsichtlich einer Überflutung sind und ökologische Schäden wahrscheinlich nur in der unmittelbaren Umgebung der Deichversagensstelle z.B. durch Auskolkung und Bildung von Schwemmkegeln entstehen würden, machen die geschädigten Flächen nur einen kleinen Teil der Gesamtüberflutungsfläche und die ökologischen Schäden dementsprechend nur einen geringen

Anteil am ökologischen Schadenspotenzial aus. Um ein mögliches Schadensspektrum zu erfassen, wird vereinfacht angenommen, dass 1, 2 oder 5 % der Gesamtüberflutungsfläche ökologisch geschädigt werden.

Neben der aus Zahlungsbereitschaftsanalysen über den Benefit Transfer abgeleiteten monetären ökologischen Werte erfolgt in KRIM zusätzlich eine nutzerorientierte Bewertung ökologischer Schäden zur Abwägung und Beurteilung unterschiedlicher Nutzerinteressen. Hierzu werden landschaftsökologische Kriterien herangezogen, abgeleitet aus den Biotoptypen mit typischen ökologischen Strukturen und Eigenschaften, die die durch einen Klimawandel und Nutzungsänderungen hervorgerufenen ökologischen Veränderungen bewerten.

Für diese Bewertung kamen Kriterien der Struktur, der räumlichen und zeitlichen Dimension sowie Kriterien des anthropogenen Einflusses zum Einsatz. Allerdings sind solche landschaftsökologischen Bewertungskriterien nur zum Teil ökologisch begründet, da meistens zusätzlich ethische, ästhetische, ökonomische oder rechtliche Kriterien hinzugezogen werden, die die dahinter stehenden Wertungen verdeutlichen (Schirmer et al. 2004).

Vor diesem Hintergrund sind in einer Funktionsanalyse der ökologischen Systeme solche Funktionen berücksichtigt, deren Nutzen auf Basis vorhandener Daten, der gewählten Bearbeitungsebene und für ausgewählte Nutzer von Bedeutung ist. Die dominante Nutzer der betrachteten ökologischen Systeme sind die Landwirtschaft, der Naturschutz, der Küstenschutz und das Landschaftserleben, aus deren „Sicht“ die Funktionen der ökologischen Strukturen bewertet werden können und die in typischer Weise ihre Ansprüche an die Abschöpfung dieser Funktionen formulieren und durchsetzen (Wittig et al. 2004).

Die Bewertung der ökologischen Funktionen erfolgt dabei auf drei räumlichen Ebenen: den Biototypen, den Landschaftsausschnitten und, als größter räumlicher Maßstab, den Landschaftsräumen. Die Bewertung der einzelnen Biototypen und der abgrenzbaren Landschaftsausschnitte ist überall im Untersuchungsgebiet identisch und erst bei der Aggregation verschiedener räumlicher Betrachtungsebenen können die Biototypen und die Landschaftsausschnitte in den Küstenabschnitten unterschiedliche Funktionswerte aufweisen. Die Landschaftsräume (Salzwiesentypen im Vorland, Fokusflächen des Binnenlands) werden hingegen mit ihren Funktionen für die betrachteten Gebiete differenziert bewertet, da sie durch das Auswahlverfahren repräsentative Funktionseinheiten darstellen (Schirmer et al. 2004).

Binnenland

Wesentliches methodisches Werkzeug für die Vorhersage und Bewertung der ökologischen Situation im Binnenland ist das Bodenkundliche Nutzungsmodell BONU (Kraft et al. 2005, Kraft 2004). Mit BONU können auf der Grundlage von bodenkundlichen Kennwerten Standortverhältnisse, Nutzungseignung und die zukünftige zu erwartende Nutzung für die Marschstandort modelliert und anhand naturschutzfachlicher Vorgaben bewertet werden. Das Modell berücksichtigt veränderbare hydrologische, bodenkundliche und klimatische Randbedingungen und arbeitet mit Szenarien zur zukünftigen Landnutzung und damit kann das Modell klimaabhängige Standortveränderungen räumlich explizit und plausibel vorhersagen. Zudem wird eine Bewertung von Konflikten zwischen Naturschutz und Landwirtschaft durch landschaftsplanerische Kriterien ermöglicht.

Das Modell arbeitet auf der Grundlage der Bodenkundlichen Übersichtskarte 1:50.000 (BÜK 50) und modelliert Bodenkennwerte wie Bodenfeuchte, Grundwasserstand und Grundnässe. Die Bodenkennwerte wurden für jede Kartiereinheit (Flächen gleicher Bodeneigenschaften) der BÜK 50 an die lokale Topographie angepasst und mit Angaben über Meliorationsmaßnahmen aktualisiert. Niederschlag und Verdunstung (Evapotranspiration) wurden für heute und unter Berücksichtigung des Klimaszenarios ermittelt und auf die Kartiereinheit herunter gebrochen. In die Berechnung der Kennwerte gehen zudem klimabedingt veränderte Grundwasserstände ein (Hofmann et al. 2005). Durch die Berücksichtigung der Topographie und des lokalen Klimas können auf jeder Kartiereinheit (Größe von 0,1 bis 100 Hektar) die Kennwerte neu berechnet werden (Kraft 2004).

Aus den Bodenkennwerten wird in BONU über die Bodenart die mögliche Nutzung bestimmt. Die mögliche Nutzung spiegelt unmittelbar das biotische Ertragspotenzial wieder, indem eine Intensitätsabfolge von Wiese über Weide zu Grünland und Acker aufgespannt wird. Diese Nutzungseignung lässt sich in digitalen Karten darstellen und damit können in einem GIS klimaempfindlichen Standorte lokalisieren werden. Mit Hilfe der Nutzungsszenarien lässt sich zudem die tatsächliche Nutzung, die Realnutzung, vorhersagen. Im Unterschied zu der reinen Nutzungseignung spiegelt diese die ökonomische Bedeutung der Flächen wieder. Die Realnutzung ist, in Abhängigkeit von der Nutzungseignung, Resultat der charakteristischen Wirtschaftsweise der lokalen Landwirtschaft. Diese ist marktabhängig und somit ständigen Veränderungen unterlegen, die sich in der Realnutzung manifestieren. Für die gegenwärtige wie zukünftige Realnutzung werden, abgeleitet aus Zukunftsbildern, Landnutzungsszenarien definiert (Schirmer et al. 2004).

Vorland

Die Bewertung der Funktionen des Vorlandes erfolgt v.a. über ihre Bedeutung als Bestandteil des Küstenschutzsystems. Das Wattenmeer wirkt mit seinen Außensänden, Wattflächen und v.a. den Vorländern als eine mehrfach gestaffelte Energieumwandlungszone, in der der aus der Nordsee anlaufende Seegang durch flächenhafte Brandung einen Teil seiner Energie abgibt und die Landeschutzdeiche nur noch mit reduzierter Wellenhöhe erreicht (Dieckmann 1987). Die Bedeutung der Vorländer beruht also auf ihrer Fähigkeit die Seegangs- und Strömungsenergie des Tide- und Sturmflutgeschehens umzuwandeln und somit die hydrodynamische Belastung des Hauptdeiches zu reduzieren (Mai et al. 1998). Die Prozesse der Bodenreibung und des Wellenbrechens der Vorländer reduzieren dabei Höhe und Periode der den Hauptdeich erreichenden Wellen (Mai & Zimmermann 2000).

Die Ansprüche der Nutzerperspektive Küstenschutz an die Vorländer resultieren also aus den ökologischen Eigenschaften und Strukturen, die Funktionen hinsichtlich der Regulation von Wellen- und Strömungsenergie besitzen. Diese Regulationsfunktion beruht im Wesentlichen auf charakteristischen Strukturen des Pflanzenbewuchses der Vorländer wie sie in den Biotoptypen beschrieben sind. Es kann zwischen den drei Funktionsansprüchen Erosionsschutz, Sedimentationsvermögen und Energietransmission unterschieden werden. Zusätzlich lassen sich auch auf größerer räumlicher Ebene Funktionen identifizieren. Für die Perspektive „Küstenschutz“ spielt auf der Ebene der Landschaftsausschnitte das Vorlandgeländeprofil (Vorlandbreite und -höhe) eine wichtige Rolle. Auf der Ebene der Landschaftsräume (entspricht im Binnenland den Fokusflächen und im Vorland den Salzwiesentypen) ist zusätzlich die Exponiertheit gegenüber windinduzierten Wellen ein wesentliches Bewertungskriterium (Schirmer et al. 2004).

Die Wirkungen der aus den Entwicklungsmöglichkeiten abgeleiteten Vorlandprofile hinsichtlich der Reduzierung von Wellenhöhe und Wellenperiode kann für verschiedene Wasserstände und Windfelder modelliert werden. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten verschiedener Wasserstände, Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten werden dabei für alle Varianten zu einer Gesamtwahrscheinlichkeit integriert und mit der aktuellen Deichhöhe verglichen. Daraus kann dann die erforderliche Deicherhöhung bzw. der existierende Überschuss an Deichhöhe abgeleitet werden, wenn die Versagenswahrscheinlichkeit der jeweiligen Deichabschnitte so wie heute bleiben soll.

Neben der qualitativen Funktionsbeschreibung kann aus den berechneten Werten für erforderliche Deichverstärkung den Deichvorländern ein monetärer Wert zugeordnet werden. Die ökonomische Bewertungsmethode für die Regulationsfunktion der Vorländer folgt einem utilitaristischen Ansatz, der die vermiedenen Kosten (avoided costs) für die Anpassung der küstenschutztechnischen Anlagen an einen Klimawandel einer Monetarisierung zugänglich macht (Brampton 1992). Da die Wellenhöhe in die Bemessungshöhe des Deiches einfließt, führt eine Reduzierung zu geringeren Anforderungen an die Höhe des Hauptdeichs und damit zu geringeren Kosten für den Deichbau. Die Monetarisierung des Vorlandes erfolgt also über die eingesparten Kosten für den Deichbau.

4.2.4 Kosten-Nutzen-Analyse

Für die Kosten-Nutzen-Analysen gehen auf der Nutzenseite die durch Investitionsmaßnahmen verursachten direkten Effekte, also der Anstieg des Bruttoinlandsprodukts, und die vermiedenen Schäden, als die Summe aus den Vermögensschäden, den ökologischen Schäden und den Verlusten am Bruttoinlandsprodukt ein. Auf der Kostenseite stehen die Investitionskosten und die durch die Investitionen verursachten höheren Unterhaltungskosten dem gegenüber.

Bei der Kosten-Nutzen-Analyse einer Küstenschutzmaßnahme ist die Berücksichtigung der Kostenseite unter methodischen Gesichtspunkten relativ unproblematisch. Die Investitionskosten werden zu Beginn des Projektes entsprechend der Bauzeit berücksichtigt und wenn die Nutzungsdauer geringer als der Untersuchungszeitraum ist, sind darüber hinaus noch entsprechende Ersatzinvestitionen zu einem späteren Zeitpunkt einzubeziehen. Unterhaltungskosten für die geschaffenen Infrastruktureinrichtungen müssen als jährliche Kosten einfließen. Jedoch fallen die Kosten und Nutzen der Reaktionsvarianten des Küstenschutzes in den meisten Fällen nicht gleichzeitig an. Den hohen Kosten zu Beginn des Untersuchungszeitraumes stehen häufig deutlich geringere, aber kontinuierlich auftretende Nutzen in den Jahren danach gegenüber. Daher ist die Höhe des Diskontsatzes in einer Kosten-Nutzen-Analyse von zentraler Bedeutung.

Für die Kalkulation der Nutzen der Küstenschutzmaßnahmen in Form der durch sie vermiedenen Überflutungsschäden müssen hingegen die vermiedenen Schäden als kontinuierlicher Nutzenstrom entsprechend der Jährlichkeiten bzw. Eintrittswahrscheinlichkeiten des Versagens der Küstenschutzsysteme berücksichtigt werden. Da durch die Angabe einer Versagenswahrscheinlichkeit keine Information über den Zeitpunkt des Versagens getroffen werden kann, ist es bei einem Ereignis, das statistisch gesehen alle 50 Jahre stattfindet, also genauso wahrscheinlich, dass es im ersten Jahr eintritt wie im fünfzigsten und es deshalb eine konstante durchschnittliche jährliche Eintrittswahrscheinlichkeit von 2 % besitzt. Multipliziert man diese mit dem zu erwartenden Schaden, so ergibt sich das jährliche Schadensrisiko für ein in diesem Fall fünfzigjähriges Ereignis. Reduziert sich nun durch eine Küstenschutzinvestition die Eintrittswahrscheinlichkeit, so reduziert sich

analog das jährliche Schadensrisiko. Diese Risikominderung der Schadenssumme wird dann jährlich als Nutzengröße in der Kosten-Nutzen-Analyse verwendet werden (siehe auch Kapitel 7.4.4).

Die Berechnung des sog. Gegenwartswert K_0 , in dem die Kosten von dem Nutzen abgezogen werden, erfolgt durch folgende Formel:

$$K_0 = -\text{Investitionen} + \sum_{i=1}^{\text{Untersuchungszeitraum}} \frac{\text{jährlicher Nutzen} - \text{Unterhaltungskosten}}{(1 + \text{Diskontsatz})^i}$$

Für die Berechnung des Gegenwartswertes der betrachteten Küstenschutzmaßnahmen bzw. Reaktionsvarianten werden dabei folgende Annahmen getroffen: Untersuchungszeitraum 50 Jahre, Unterhaltungskosten ca. 7.000 € pro Jahr und Deichkilometer, Diskontsatz 0%, 2% und 5%. Zusätzlich kann als Informationsindikator auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis für die ökonomisch effizienteste Variante herangezogen werden. Ist das Verhältnis größer eins, so übersteigt der Nutzen die Kosten. Aus ökonomischer Sicht ist der Vergleich verschiedener Alternativen durch das Kosten-Nutzen-Verhältnis sinnvoller, da der absolute Gegenwartswert sehr stark schwanken kann, ohne Aussagen über das tatsächliche Verhältnis liefern zu können (Elsner et al. 2005).

4.3 Ergebnisse im wissenschaftlichen Risikokonstrukt

Ziel des wissenschaftlichen Risikokonstrukts ist die Analyse der Konsequenzen eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs und von stärkeren Extremereignissen (Sturmfluten) für die natürlichen und sozioökonomischen Verhältnisse in der Küstenregion der Nordsee. Die zentralen Ergebnisse der im wissenschaftlichen Risikokonstrukt durchgeführten Risikoanalysen werden im Folgenden getrennt nach den drei im Kapitel 4.2 eingeführten Prozessbereichen (natürlicher Bereich, Schutzsystembereich und Schadensbereich) dargestellt.

4.3.1 Der natürliche Bereich

Ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg führt einerseits zu höheren Wasserständen und hat damit direkte Auswirkungen auf die Küstenschutzsysteme. Ein derartiger Anstieg hat andererseits auch Änderungen der morphodynamischen Gegebenheiten zur Folge, die sich auf die Stabilität der Watten und Vorländer auswirken und damit ebenfalls auf die Küstenschutzsysteme auswirken. Da diese Änderungen in Abhängigkeit von den lokalen Verhältnissen in den unterschiedlichen Küstenabschnitt variieren können, sind Abschätzungen über mögliche lokale hydro- und morphodynamische Änderungen somit für die Planung von mittel- und langfristigen Küstenschutzmaßnahmen, für die nachhaltige Nutzung der Küstenzone und auch für die Ermittlung ökologischer Trends im Küstenvorfeld von Bedeutung (Grabemann et al. 2005b, Schirmer et al. 2004).

4.3.1.1 Wasserstände und Strömungen

Für das Jahr 2050 wird ein um 55 cm erhöhter Meeresspiegel und eine Tidenhubänderung von 25 cm (d.h. Hochwasser + 65 cm und Niedrigwasser + 40 cm) angenommen (siehe auch Kapitel 2.1).

Die hydrodynamische Modellierung der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Hydrodynamik berücksichtigt weder eine zeitliche Evolution des Meeresspiegelanstiegs noch eine damit verbundene mögliche Topographieänderung im Modellgebiet. Durch den im Klimaszenario angenommenen Anstieg des Meeresspiegels erhöhen sich die Hochwasserstände und damit die Belastung der Küstenschutzsysteme sowie das Risiko ihres Versagens im ganzen Untersuchungsgebiet, wobei diese Entwicklung im Jadebusen geringfügig stärker ausfällt als an den anderen Küstenabschnitten.

Unter Berücksichtigung der Status quo Topographie setzen sich die an den Modellrändern eingesteuerten Erhöhungen des Hochwassers von 65 cm und die des Niedrigwassers von 40 cm mit Abweichungen von im Mittel 5 bis 10 cm (Mittel über die untersuchten Wettersituationen) in das Jade-Weser-Gebiet fort. Diese Abweichungen können örtlich von Tide zu Tide variieren und sind sowohl bei schwachen bis mittleren Winden als auch bei starken auf- und ablandigen Winden in Küstennähe in der Regel kleiner als ± 15 cm. Das generell feststellbare räumliche Muster einer Erhöhung der Hochwasser in Richtung Jadebusen und Außenweser im Mittel über die 65 cm hinaus und einer Erhöhung im Wurster Watt von im Mittel weniger als 65 cm stimmt in der Tendenz mit Simulationsergebnissen anderer Untersuchungen überein.

Wird bei Stürmen aus nordwestlichen Richtungen zusätzlich die Windstärke um 7% erhöht, so nimmt der Windstau an den südlichen und östlichen Küsten zu. Für die Sturmflut im Februar 1999 kommt es z.B. im Weserästuar flussab von Bremerhaven und an der Wurster Küste zu einer zusätzlichen Erhöhung des Hochwassers um bis zu 5 cm. Die Erhöhung der Häufigkeit von den Deich erreichenden Wasserständen führt dabei zu einer stärkeren Belastung der Küstenschutzsysteme. Wird das Klimaszenario und die modifizierte Topographie berücksichtigt, so erhöhen sich die Wasserstände im Mittel um bis zu weiteren 4 cm in Richtung Süden und Osten. Die Niedrigwasser sinken dabei um einige Zentimeter ab.

Der resultierende Tidenhub im Klimaszenario beträgt unter Berücksichtigung der Status quo Topographie ca. 25 cm, wobei er im Jadebusen am größten ist. Für den Tidenhub im Klimaszenario mit modifizierter Topographie nimmt die Differenz zum Status quo weiter zu, so dass er jetzt im Jadebusen und äußeren Weserästuar im Mittel bei 35 cm liegt.

Wie auch bisher, jedoch im Zusammenhang mit dem beschleunigten Meeresspiegelanstieg und der Zunahme der Windgeschwindigkeiten verstärkt, kann es zu extrem hohen Sturmfluten kommen, deren Höhe im Klimaszenario von KRIM definiert ist und als „Anatol-Ereignis“ zur Veranschaulichung des Restrisikos dient. Allerdings erfolgten für ein solches Ereignis keine hydrodynamische Modellierung und auch keine Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten.

Ein Anstieg des mittleren Meeresspiegels kann sich nicht nur durch erhöhte Sturmflutwasserstände auf den Küstenschutz auswirken, sondern führt auch zu Änderungen der Überflutungsdauer und -höhe im Watt und der Tideprismen in den Wateinzugsgebieten. So ist im Klimaszenario die Fläche der temporär bzw. periodisch überfluteten Wattflächen (Eulitoral zwischen MTnw und MThw) gegenüber dem Status quo kleiner und hat sich in Richtung Küste verschoben. Das Supralitoral (Vorländer oberhalb MThw) nimmt ebenfalls ab. Die prozentualen Flächenanteile betragen im Status quo für das Sublitoral 59%, für das Eulitoral 39% und für das Supralitoral 2%. Im Klimaszenario mit Status quo-Topographie ergeben sich für die Litoralflächen 68%, 32% und 0,1% und im Klimaszenario mit modifizierter Topographie 67%, 32% und 0,8%. Die ermittelten Tendenzen der Änderungen in den Flächenanteilen zwischen Status quo und Klimaszenario erscheinen plausibel, wenn

sie z.B. mit den ökologischen Analysen der Flächengrößen von Eulitoral und Supralitoral verglichen werden. Insgesamt hat die Überflutungsdauer der Watten zugenommen, wobei diese Zunahme bei modifizierter Topographie weniger ausgeprägt ist als bei Status quo Topographie. Das Wasser steht also nicht nur länger, sondern auch höher über dem Watt (Grabemann et al. 2005b).

Die daraus resultierenden Werte für die Überschreitungshäufigkeiten bestimmter Pegelhöhen nehmen ebenfalls zu. Sie betragen z.B. in Bremerhaven für den Wasserstand MThw + 2 m im Status quo 30 Überschreitungen, unter Berücksichtigung des Klimaszenarios und heutiger Topographie 70 Überschreitungen und mit modifizierter Topographie sogar 80 Überschreitungen. Die Überschreitungshäufigkeit für diese hohen Hochwasser nimmt also unter den genannten Annahmen im Klimaszenario etwa um den Faktor 2,3 (Status quo Topographie) bzw. 2,7 (modifizierte Topographie) zu.

Die durch die angenommene Klimaänderung hervorgerufenen Änderungen der oberflächennahen Strömungen werden durch den Vergleich der mittleren und maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgenden Hochwassern ermittelt. Starke Gezeitenströmungen kommen v.a. in den größeren Priel und Tidekanälen vor und übersteigen im Status quo in den Fahrwassern von Jade und Weser 1,5 m/s. Über den Wattflächen erreichen die Strömungen etwa 0,5 m/s.

Im Klimaszenario mit Status quo Topographie verstärken sich die Oberflächenströmungen. In der Regel ist die Erhöhung der maximalen Oberflächenströmungen kleiner als 0,2 m/s. In den tiefen Fahrwassern und großen Prielen kann die Erhöhung 0,3 m/s überschreiten. Da die maximalen Oberflächenströmungen hier bereits im Status quo vergleichsweise groß sind, ist die Zunahme im Klimaszenario in der Regel kleiner als 20% der entsprechenden Geschwindigkeiten im Status quo. Über den Wattflächen ist der Anstieg der Oberflächenströmung in der Regel kleiner als 0,1 m/s. Hier können jedoch kleine Änderungen zu Abweichungen von 100% führen. Außerdem werden im Klimaszenario Flächen überflutet und damit überströmt, die im Status quo trocken bleiben.

Auch im Klimaszenario mit modifizierter Topographie nehmen die Oberflächenströmungen zu. Die Zunahme ist allerdings sowohl bei den maximalen als auch bei den mittleren intertidalen Strömungsgeschwindigkeiten geringer als im Klimaszenario mit Status quo Topographie. Entsprechend sind auch die Änderungen der Strömungsmuster verhältnismäßig gering. Auch hier sind die Unterschiede im Klimaszenario mit modifizierter Topographie gegenüber dem Status quo kleiner als im Klimaszenario mit Status quo Topographie. Insgesamt sind die Veränderungen der Tideellipsen der Oberflächenströmungen, die durch verschiedene Windrichtungen hervorgerufen werden, deutlich größer als die Veränderungen, die auf den Differenzen zwischen Klimaszenario und Status quo beruhen (Grabemann et al. 2005b).

4.3.1.2 Seegang

Die Größenordnung der Änderungen des Seegangs unter Berücksichtigung des Klimaszenarios wird durch die Änderungen der maximalen intratidalen signifikanten Wellenhöhe dargestellt. Die Stärke des Seegangs ist v.a. vom Wind-Fetch und der lokalen Strömungsgeschwindigkeit abhängig. Im Jade-Weser-Gebiet treten die größten Wellenhöhen im nordwestlichen tieferen Seebereich auf. Dort können bei Stürmen die signifikanten Wellenhöhen größer 2 m sein, bei schwachen bis mittleren Winden liegen sie dort im Mittel bei 0,5 m. Je weiter der Seegang Richtung Küste läuft, desto

mehr wird er gedämpft und desto geringer werden die Wellenhöhen. Auf dem Watt zeigt die Wellenhöhe eine deutliche Abhängigkeit von der Wassertiefe (u.a. Niemeyer 1987). Bei schwachen bis mittleren Winden und bei starken ablandigen Winden werden auf dem Watt Wellenhöhen von 0,2 bis 0,3 m erreicht. Bei Stürmen aus westlichen bis nördlichen Richtungen können dagegen signifikante Wellenhöhen von größer 1 m auf den seeseitigen Watten erreicht werden.

Im Klimaszenario mit Status quo Topographie nehmen die signifikanten Wellenhöhen aufgrund der höheren Wasserstände und der veränderten Strömungen zu. Die Zunahme der maximalen signifikanten Wellenhöhen auf dem Watt beträgt bei schwachen bis mittleren Winden im Mittel zwischen 0,02 und 0,05 m, bei Stürmen kann die Zunahme 0,1 m übersteigen. Auch bei starken ablandigen Winden können die signifikanten Wellenhöhen um 0,1 m ansteigen. Der Anstieg der Wellenhöhen im Klimaszenario ist im nordwestlichen Teil des Gebietes, in den tiefen Rinnen von Jade und Weser und in den größeren Prielen kleiner als 10% der Status quo Wellenhöhen, auf den Watten kann sie 50% übersteigen (Grabemann et al. 2005b, Mai et al. 2004).

Eine Erhöhung der Windstärke im Klimaszenario mit Status quo Topographie um 7% führt bei stärkeren bis stürmischen Winden in der Außenweser bzw. auf dem Wurster Watt zu einer Erhöhung der signifikanten Wellenhöhe um 12% bzw. 25%. Die entsprechenden Erhöhungen ohne Zunahme der Windstärke sind an den genannten Orten 5% bzw. 18%. Die Änderung der Wellenperiode beträgt im Klimaszenario ohne bzw. mit Erhöhung der Windstärke in der Außenweser im Mittel 2% bzw. 6%, auf dem Wurster Watt im Mittel 10% bzw. 13% (Mai & Zimmermann 2004).

Auch im Klimaszenario mit modifizierter Topographie nehmen die Wellenhöhen bei schwachen bis mittleren richtungsunabhängigen Winden und bei starken auflandigen Winden und Stürmen zu. Diese Zunahme fällt allerdings insbesondere auf den Wattflächen wegen des geringen Anstiegs der Wassertiefen kleiner aus als im Klimaszenario mit Status quo Topographie.

4.3.1.3 Topographie und Bodenschubspannung

Die Annahmen über die durch einen Klimawandel veränderte Topographie gehen davon aus, dass sich v.a. die Wattpriele und -rinnen vertiefen werden und es über den flachen Wattbereichen eher zu einer Erhöhung kommen wird. Die daraus konstruierte modifizierte Topographie ist gekennzeichnet durch eine Erhöhung in den Bereichen oberhalb - 2 m NN und eine Vertiefung in den Bereichen unterhalb -2 m NN (Grabemann et al. 2005b; siehe auch Kapitel 2.5). Die Veränderungen in der Hydro- und Morphodynamik führen insgesamt zu einer starken Abnahme des Supralitorals, also der über der MThw-Linie liegenden Vorlandflächen, deren Flächengröße z.B. für die Salzwiesen im Status quo ca. 3.800 ha beträgt und im Klimaszenario je nach Entwicklungsmöglichkeit auf max. 2.300 ha abnimmt (Schirmer et al. 2004).

Die Veränderungen in den die Topographie bestimmenden Sedimentations- und Erosionsprozessen können über die wellen- und strömungsabhängige Modellierung der effektiven Schubspannung näherungsweise bestimmt werden. Die maximalen Bodenschubspannungen als Maß für die Belastung des Gewässerbodens durch Strömung und Seegang sind in den Fahrrinnen von Jade und Weser und in den tieferen Bereichen der größeren Priele im Status quo am Größten und auf den höher gelegenen Wattbereichen am Kleinsten. Im tieferen Wasser wird die kritische Schubspannung des Sediments am häufigsten überschritten und der Zeitraum, in dem Material mobilisiert

werden kann, ist dort am längsten (Grabemann et al. 2005b). Zur Abschätzung der Wirkung von Strömung und Seegang auf den Gewässerboden müssen die strömungs- und die seegangsinduzierten Bodenschubspannungen getrennt betrachtet werden.

Die strömungsinduzierten Bodenschubspannungen zeigen entsprechend der Verteilung der Strömung in den tieferen Rinnen die größten Werte, während sie auf den Watten verhältnismäßig klein sind. In den tieferen Rinnen wird die kritische Bodenschubspannung im Mittel zu 60 bis 80% im Tidezyklus, d.h. während über der Hälfte bis 2/3 der Ebbe und der Flut überschritten. Auf dem Watt beträgt die Überschreitungsdauer dagegen weniger als 20%, wobei etwa je 10% auf Ebbe und Flut entfallen. In der Regel ist die Überschreitungsdauer bei Flut etwas länger als bei Ebbe.

Die seegangsinduzierten Bodenschubspannungen sind dagegen auf dem Watt am Größten und in den Rinnen klein. Bei ruhigem Wetter werden die kritischen Schubspannungen in den Rinnen und im tiefen Wasser kaum und auf dem Watt weniger als 20% im Tidezyklus überschritten. Dagegen beträgt die Überschreitungsdauer bei der untersuchten Sturmflut im größten Teil des Jade-Weser-Gebietes 100% und ist in der Regel bei Ebbe etwas länger als bei Flut. Das Vorkommen von Gebieten mit intensiver Belastung durch den Seegang, d.h. mit relativ großen seegangsinduzierten Bodenschubspannungen und einer relativ hohen Überschreitungsdauer, hängt von Windrichtung und -stärke ab. In Perioden mit länger anhaltenden stärkeren westlichen oder östlichen Winden werden z.B. der Inselsockel nördlich Wangerooge und die Außensände durch den Seegang stark angegriffen. Bei stärkeren westlichen Winden wird der östliche Teil des Jadebusen und bei stärkeren östlichen Winden der westliche Teil stärker belastet.

Im Klimaszenario mit Status quo Topographie nehmen die Bodenschubspannungen und die entsprechende Überschreitungsdauer im Vergleich zum Status quo in den tiefen Rinnen und seewärts zu. Die Unterteilung der Bodenschubspannungen in strömungs- und seegangsinduzierte Schubspannungen zeigt, dass im tiefen Wasser die Zunahme strömungsinduziert ist - entsprechend der Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit - und auf dem Watt die Abnahme seegangsinduziert hervorgerufen wird, da der windrichtungsabhängige Fetch stark variiert. Die über die Halbtide gemittelten seegangsinduzierten Bodenschubspannungen ändern sich dabei im tiefen Wasser kaum und nehmen über den Watträndern und den Wattflächen je nach Windsituation und Höhe des mittleren Wasserstandes zu oder ab. Bei moderaten Winden wirken zwei Effekte entgegengesetzt: Aufgrund der im Klimaszenario angestiegenen Wassertiefe kann der Seegang zwar höher auflaufen, aber bei zunehmender Wassertiefe weniger zum Boden durchgreifen. Es hängt also sehr stark von der Änderung des Quotienten „signifikante Wellenhöhe zu Wassertiefe“ ab, ob die seegangsinduzierten Bodenschubspannungen und die Überschreitungsdauer gegenüber dem Status quo zu- oder abnehmen. Da Seegang und Strömung im Klimaszenario aufgrund der längeren und höheren Überflutung des Wattes weiter Richtung Küste auf das Sediment wirken können, können nahe der Küste die Bodenschubspannungen und teilweise auch die Überschreitungsdauer zunehmen (Grabemann et al. 2005b).

KRIM: Klimawandelbedingte Veränderungen der Topographie von Watten und Vorländern können zu einer höheren Belastung der Hauptdeichlinie führen.

Im Klimaszenario mit modifizierter Topographie nehmen die Bodenschubspannungen und die Überschreitungsdauer insgesamt etwas weniger zu als bei unveränderter Topographie. Entsprechend der geringeren Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit nehmen die strömungsinduzierten Boden-

schubspannungen und die Überschreitungsdauer bei modifizierter Topographie weniger zu als bei Status quo Topographie. Die seegangsinduzierten Schubspannungen nehmen auf dem Watt bei modifizierter Topographie dagegen etwas stärker zu, da die Wasserstände und damit der Wassertiefe auf dem Watt ebenfalls größer werden. Allerdings nimmt die Wassertiefe weniger stark zu als bei unveränderter Topographie, so dass der Seegang bei modifizierter Topographie stärker zum Gewässerboden durchgreifen kann.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Bodenschubspannungen im tiefen Wasser aufgrund der Zunahme der strömungsinduzierten Schubspannungen größer werden. Auf dem Watt und über den Rändern sind die Änderungen von strömungs- und seegangsinduzierten Schubspannungen dagegen teilweise entgegengesetzt. Dieses gilt auch für die Überschreitungsdauer. Im Klimaszenario mit modifizierter Topographie sind die Änderungen gegenüber dem Status quo sowohl für die Bodenschubspannungen als auch für die Überschreitungsdauer auf den Rändern und im tiefen Wasser kleiner als bei unveränderter Topographie. Auf dem Watt sind die Änderungen bei modifizierter und bei Status quo-Topographie ähnlich groß (Grabemann et al. 2005b).

Die Dynamik der Watteinzugsgebiete, in denen die Größen Tideprisma und Seegattquerschnitt in einem Gleichgewicht zueinander stehen und ein Maß für ihre Stabilität darstellen (z.B. Ferk 1995), wird sich durch die Veränderungen der Wasserstände ebenfalls verschieben. Demnach ist in einigen Watteinzugsgebieten zukünftig mit höherer Dynamik zu rechnen, als in anderen, mit entsprechenden Konsequenzen für die Stabilität. Für die Watteinzugsgebiete im Untersuchungsgebiet kann nun festgestellt werden, dass sie im Klimaszenario mit modifizierter Topographie morphologisch stabiler wären als im Klimaszenario mit Status quo Topographie, vorausgesetzt, sie befinden sich auch gegenwärtig in einem Gleichgewichtszustand.

Abschließend kann festgestellt werden, dass ein Vergleich der Veränderungen der hydro- und morphodynamischen Parameter Tideprisma, Überflutung des Watts, Strömungsgeschwindigkeit, Seegang und Bodenschubspannung zwischen Klimaszenario mit Status quo-Topographie und Klimaszenario mit modifizierter Topographie ergibt, dass die Auswirkungen für die Wattflächen im Fall der modifizierten Topographie kleiner sind und deshalb bei modifizierter Topographie die Verhältnisse denen im Status quo ähnlicher sind als bei unveränderter Topographie.

4.3.2 Der Schutzsystembereich

Die aus den entsprechenden Berechnungen der Hydrodynamik unter Berücksichtigung des Klimaszenarios und veränderter Topographie resultierenden erhöhten Wasserstände reduzieren das derzeitige Sicherheitsniveau bzw. erhöhen die Versagenswahrscheinlichkeiten der Küstenschutzelemente (s.u.). Dieses resultiert v.a. aus der höheren Belastungen, die durch die Veränderung der Parameter, die den natürlichen Bereich charakterisieren, beschrieben werden kann. Für die Sicherheit bzw. Zuverlässigkeit des Küstenschutzsystems ist weiterhin die Belastbarkeit, die aus den Eigenschaften der Küstenschutzbauwerke abgeleitet werden kann, wichtig. Da sowohl die Belastung als auch die Belastbarkeit wahrscheinlichkeitsverteilte Größen sind, ist auch die Zuverlässigkeit der Küstenschutzelemente wahrscheinlichkeitsverteilt.

KRIM: Ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg reduziert das derzeitige Sicherheitsniveau an der Küste und erfordert entsprechende Anpassungsmaßnahmen des Küstenschutzes.

4.3.2.1 Technischer Bereich

Die Hauptdeiche bilden die wichtigste Schutzlinie der Küstenschutzsysteme im Jade-Weser-Gebiet. In Abhängigkeit von den der Hauptdeichlinie vorgelagerten Küstenschutzelementen werden Schardeiche sowie Vorlanddeiche, welche z.T. auch weitere Schutzelemente wie Lahnungen oder Sommerdeiche aufweisen, unterschieden. Weitere Elemente der Hauptschutzlinie sind Kajenanlagen mit Küstenschutzfunktion, z.B. die Kaje des Containerterminals Bremerhaven, sowie die aufgesetzten Hochwasserschutzwände, wie sie z.B. auf der Columbuskaje in Bremerhaven zu finden sind. Neben den linearen Hauptschutzelementen finden sich auch Schutzelemente punktueller räumlicher Ausprägung, wie Siele, Schöpfwerke sowie Schleusen und Sperrwerke (siehe Abb. 14). Weitere Charakterisierungen der Küstenschutzelemente einzelner Fokusflächen sind in Mai et al. 2004 zu finden.

Hauptursache eines Deichversagens stellen die Mechanismen „Überströmen/Wellenüberlauf“, „Gleiten“, „Erosion/Böschungsbruch der Außenböschung“, „Erosion/Böschungsbruch der Binnenböschung“ und „Durchsickerung/rückschreitende Erosion“ dar. Analysen historischer Ereignisse eines Deichversagens bei Sturmfluten haben gezeigt, dass einem Deichbruch typischerweise ein Überströmen oder Wellenüberlauf vorausgeht. Das heißt, dass zur mathematischen Formulierung des Grenzzustands des Versagensmechanismus „Überströmen/Wellenüberlauf“ einerseits die theoretische Höhe des Wellenaufbaus und andererseits die Überlaufmenge am Deich benötigt wird. Die Ermittlung des Wellenaufbaus erfolgt in diesem Zusammenhang in der Regel durch Berechnung der Seegangsbedingungen am Deichfuß unter Berücksichtigung der Bauwerkseigenschaften Deichneigung und Rauigkeit. Die zulässige Wellenüberlaufmenge pro lfd. m Deichlänge beträgt für Grasdeiche zwischen 1,0 l/s/m und 10 l/s/m (zu weiteren Details siehe auch Mai et al. 2004).

Der mit dem Versagen eines Hauptdeichs verbundene Deichbruch erfolgt, wie historische Deichbruchereignisse an Ems und Elbe gezeigt haben, auf einer Länge von 60 m bis 200 m. Unmittelbar hinter der Deichbruchstelle entstehen Kolke, deren Tiefe bei vergangenen Deichbruchereignissen bis zu 12 m betragen hat. Die genannten Abmessungen von Deichbruchlücken werden in ihrer Größenordnung auch durch numerische Simulationen bestätigt und zeigen, dass der Endzustand des Deichbruchs etwa 30 Minuten nach Überschreiten des Grenzzustandes des Deiches einsetzt.

Die Hauptversagensformen von Schleusen und Sperrwerken sind wie für Hochwasserschutzwände hydraulisches, geotechnisches sowie strukturelles Versagen. Insbesondere hydraulisches Versagen stellt den Ausgangspunkt eines Gesamtversagens dar. Dieses ist insbesondere bei Überströmung zu erwarten, da Wellenüberlauf aufgrund der geschützten Lage der Schleusen und Sperrwerke im Untersuchungsgebiet von untergeordneter Bedeutung ist.

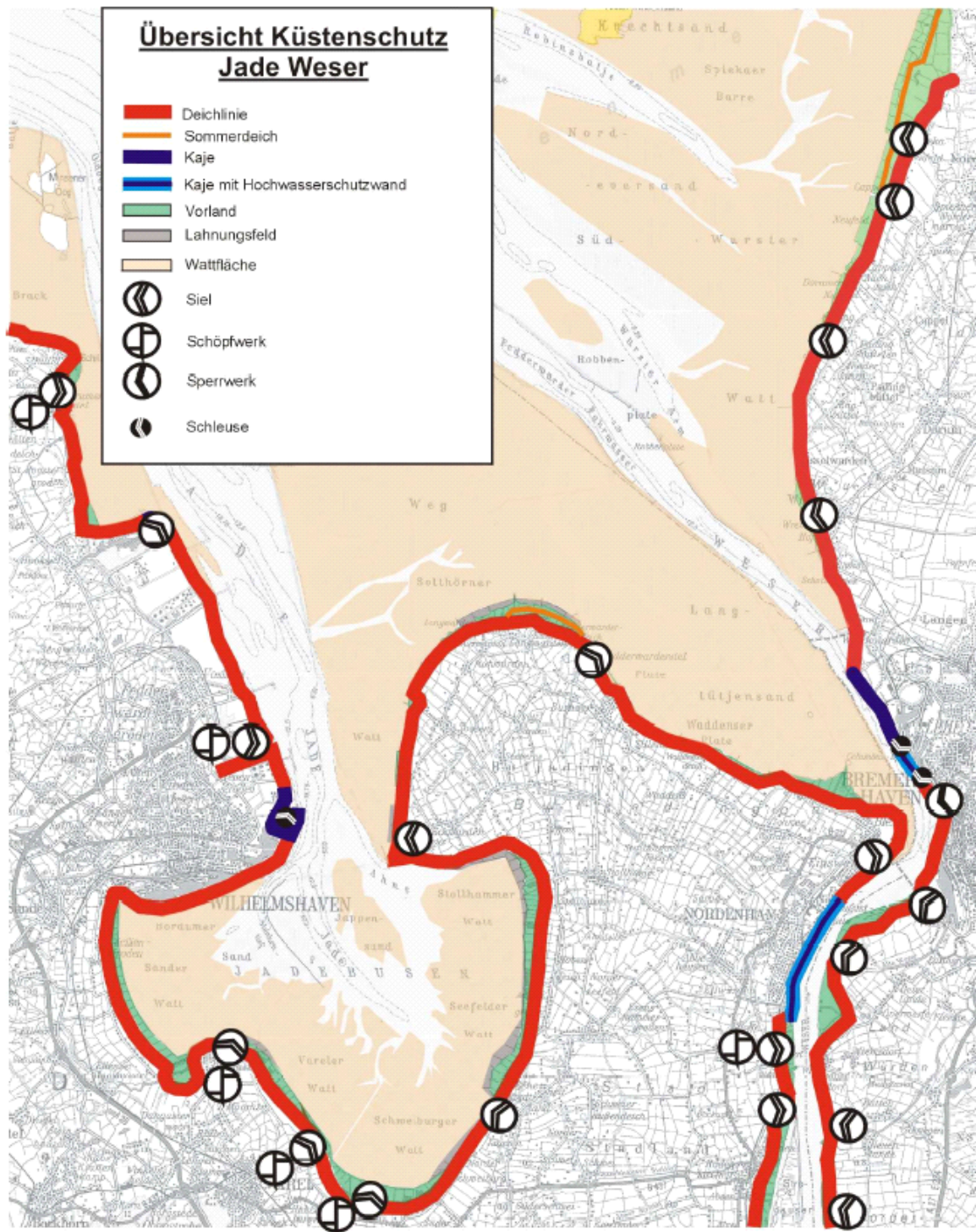


Abb. 14: Zusammenstellung der Schutzelemente an der Festlandküste des Jade-Weser-Gebiets (aus Mai et al. 2004).

Für die Hauptdeiche in den Fokusflächen ist die Wahrscheinlichkeit der oben beschriebenen Versagensmechanismen durch den Wellenauflauf berechnet worden. Durch Zuordnung der gemeinsamen Eintrittswahrscheinlichkeit von Wasserstand und Wind zu den Ergebnissen der Zuverlässigkeit folgt die Wahrscheinlichkeit bzw. die Jährlichkeit des Wellenüberlaufs.

Aus Tab. 9 wird deutlich, dass die heutige Versagenswahrscheinlichkeit der Deiche in den einzelnen Fokusflächen sehr unterschiedlich ist. Während sie für die Deiche der Fokusfläche Butjadingen und die Schleuse der Fokusfläche Wilhelmshaven ca. 1:5.000 beträgt, ist sie mit ca. 1:1.000 und 1:1.500 in den Fokusflächen Brake, Bremerhaven und Wangerooge auch schon heute deutlich geringer. Mit ca. 1:400 für die Nordschleuse in Bremerhaven und die Dünen auf Wangerooge erreicht sie ihr Minimum.

Im Vergleich zum Status quo erhöht sich im Klimawandel die minimale Versagenswahrscheinlichkeit maximal um den Faktor 6,25 für die Fokusfläche Bremen. Allerdings sind die Versagenswahrscheinlichkeiten für den Klimawandel nur unter der Annahme eines um 55 cm steigenden Meeresspiegels berechnet, so dass sich das Versagen bei Berücksichtigung des veränderten Tidenhubs und der Windstaueffekte v.a. im inneren der deutschen Bucht noch wahrscheinlicher würde (siehe Tab. 9). Betrachtet man nun die minimalen jährlichen Versagenswahrscheinlichkeiten für das Klimaszenario, so sind außer in Wilhelmshaven die Werte unter 1:1.000. Die städtischen Fokusflächen Bremen, Brake und Bremerhaven wiesen sogar Werte von 1:200 bzw. 1:400 auf, während die eher ländlich geprägten Fokusflächen Butjadingen, Wangerland und Wursten Werte von 1:1.200, 1:800 und 1:500 aufweisen.

Tab. 9: Versagenswahrscheinlichkeiten der Küstenschutzelemente (Daten nach Mai et al. 2004).

Fokusfläche	Minimale jährliche Versagenswahrscheinlichkeit in der Fokusfläche (1/a)		Faktor
	Status quo	Klimaszenario	
Brake	1.000	200	5
Bremen	2.500	400	6,25
Bremerhaven	1.400	450	3,11
	400 (Schleuse)	100 (Schleuse)	4
Butjadingen (Tossens)	5.350	1.200	4,46
Wangerland	3.000	800	3,75
Wangerooge	1.500 (Deich)	350 (Deich)	4,29
	380 (Dünen)	90 (Dünen)	4,22
Wilhelmshaven	5.000 (Schleuse)	950 (Schleuse)	5,26
Wursten (Dorum)	2.150	512	4,2

Es wird also deutlich, dass die derzeitige Bemessung der Hauptdeiche nach dem deterministischen Einzelwertverfahren (siehe Kapitel 7.5.2) aus Sicht einer probabilistischen Bemessung nicht ausgewogen ist. Wird eine jährliche Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs von 1:1.400 zugrunde gelegt, so wäre nördlich von Spieka-Neufeld auch eine Deichhöhe von NN + 7,7 m ausreichend. Eine Deicherhöhung um 1 m führt zu einer Verminderung der jährlichen Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs um den Faktor 9, wenn man den Zusammenhang zwischen jährlicher Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs und der Deichhöhe berücksichtigt (Mai et al. 2004).

4.3.2.2 Natürlicher Bereich

Die Bedeutung der Wattflächen und Vorländer liegt in ihrer Seegangsreduzierenden Wirkung. Die Wellenhöhe des von der Nordsee in die südliche Deutsche Bucht einlaufenden Seegangs über den Watten hängt von der dortigen Wassertiefe ab (u.a. Niemeyer & Kaiser 1999). Deshalb können im

Klimaszenario aufgrund der höheren und längeren Überflutung der Watten energiereichere Wellen die Vorländer und Deiche erreichen und dort zu einer morphologischen Destabilisierung führen. Durch die Zunahme höherer Wasserstände nehmen derartige Situationen in ihrer Häufigkeit ebenfalls zu. Da Sedimentverteilung und Biotopzonierung in den Vorländern u.a. vom örtlichen Seegang beeinflusst werden (Niemeyer 1987), hat die Erhöhung des Seegangs auch ökologische Konsequenzen. Allerdings ist der Einfluss der prognostizierten morphologischen Änderung auf den Seegang deutlich geringer als der des Klimawandels. Das wahrscheinliche Mitwachsen der Wattgebiete kann daher die durch den Anstieg des Meeresspiegels bedingte Intensivierung des Seegangs nicht kompensieren (Grabemann et al. 2005b, Schirmer et al. 2004).

Tab. 10: Bedeutung zusätzlicher Küstenschutzelemente für die Sicherheit der Hauptdeiche (Daten aus Mai et al. 2004).

Lage des Deichabschnitts (zugehörige Fokusfläche)	Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs am Hauptdeich (1/a)	
	mit vorgelagerten Küstenschutzelementen (Vorland V, Sommerdeich S)	ohne vorgelagerte Küstenschutzelemente
Langwarden (Butjadingen)	ca. 3.500 (V)	ca. 1.250
Wremertief (Wursten)	ca. 5.600 (V)	ca. 4.000
nördlich Solthörn (Wursten)	ca. 2.1500 (V)	ca. 1.100
Spieka-Neufeld (Wursten)	ca. 3.200 (V+S)	ca. 890

Wie aus Tab. 10 erkenntlich wird, ergibt sich für die Küste Butjadingens und Wursten eine Verminderung der jährlichen Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs im Vergleich zu einem scharliegenden Deich auf ca. 35% bis 70%. Nördlich von Spieka-Neufeld ergibt eine Kombination von Vorland und Sommerdeich eine Verminderung der jährlichen Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs auf ca. 25%.

KRIM: Natürliche Anpassungsprozesse, die die Wahrscheinlichkeit eines Deichversagens reduzieren, sind ein Mitwachsen von Watt und Vorland. Ob dieses eintreten wird ist derzeit nicht sicher zu sagen, aber wahrscheinlich. Stützende Maßnahmen wären der vermehrte Bau von Lahnungen zur Vorlandsicherung und u.U. eine Einstellung von Materialentnahmen im Wattenmeer und dem Küstenvorfeld. Hier besteht allerdings noch Forschungsbedarf.

Die zukünftige Salzwiesenentwicklung hängt von den Faktoren Sedimentverfügbarkeit, Höhen- und Breitenwachstum in Abhängigkeit von der Morphodynamik und der Intensität der küstenschutztechnischen Unterhaltung der Küstenschutzelemente im Vorland ab. Bei einem beschleunigten Meeresspiegelanstieg ist außer im westlichen und südwestlichen Jadebusen überall ein Rückgang der Vorlandkante von bis zu 200 m zu erwarten, wenn die aufgestellten Szenarien für die oben genannten Faktoren eintreffen. Im westlichen Jadebusen wären dann nur minimale Veränderungen zu erwarten und die Vorlandkante im südlichen Bereich des Jadebusens würde nur um 100 m in Richtung Deich verschoben (Schirmer et al. 2004).

Die Vorländer bzw. die Pflanzen der Vorlandbiotope besitzen die Fähigkeit, dass im Wasser befindliche Material zurückzuhalten und so Veränderungen des Meeresspiegels auszugleichen. Diese Fähigkeit erlaubt es ihnen, einen Anstieg des Meeresspiegels von bis zu max. 20 mm pro Jahr durch Höhenwachstum zu kompensieren. Allerdings sieht die Situation im Detail etwas anders aus. Ers-

tens besitzen die Biotoptypen von Vorland und Pionierzone (also v.a. Queller- und Schlickgraswatt sowie untere und obere Salzwiese) unterschiedliche Toleranzen gegenüber Überflutungshäufigkeit und –dauer, zweitens unterscheiden sich die heutigen Höhenlagen gleicher Biotoptypen in den Vorlandbereichen der untersuchten Küsten und drittens sind die Biotoptypen der verschiedenen Salzwiesentypen gegenüber Wellen- und Strömungsenergie unterschiedlich exponiert. Daraus folgt, dass sich ihre Klimasensitivität auch unterscheidet und es voraussichtlich Bereiche geben wird, in denen das Höhenwachstum dem beschleunigten Meeresspiegelanstieg nicht folgen kann (Schirmer et al. 2004).

Zur Unterstützung der natürlichen Anpassungsfähigkeit hat sich in der Vergangenheit die Anlage von Lahnungen und Lahnungsfeldern bewährt. Dadurch wird die Sedimentrückhaltekapazität verstärkt (vorausgesetzt die Lahnungshöhe steht in einem bestimmten Verhältnis zur Lage des MThw). Weiterhin darf das sich vor dem Vorland befindende Watt nicht zu tief liegen, da sonst die Wellen- und Strömungsenergie, die auf die Lahnungen wirkt, eine Sedimentation verhindert und das Bauwerk in seiner Stabilität gefährdet. Die Anlage von Lahnungen zur Unterstützung der natürlichen Anpassungskapazität erfordert also erheblichen Aufwand und ist gerade bei einem steigenden Meeresspiegel nicht überall im Küstenvorfeld realisierbar.

Eine weitere küstenschutztechnische Maßnahme ist die Sicherung der Vorlandkante durch Buhnen, Deckwerke oder Steinschüttungen. Hier wird allerdings die natürliche Dynamik unterbunden, was unter naturschutzfachlichen Aspekten negativ bewertet wird und auch in benachbarten Bereichen oft Erosionsprozesse verstärkt bzw. Sedimentation verhindert.

Die natürliche Anpassungskapazität des Wattenmeeres wird insgesamt wesentlich von der Sedimentverfügbarkeit beeinflusst; ob diese durch Sedimententnahmen im Wattenmeer und im Küstenvorfeld reduziert wird ist unklar und sollte Gegenstand weiterer Forschung sein.

4.3.3 Der Schadensbereich

Die Ermittlung der Vermögensschäden im Schadensbereich vollzieht sich, wie schon in Kapitel 4.2.3 dargestellt, in vier Schritten (Mai et al. 2004, Elsner et al. 2005):

- **Wertermittlung:** Identifizierung von Art, Anzahl, Wert und geographische Lage der Objekte und Wertkategorien im Untersuchungsgebiet. Hieraus ergibt sich das Schadenspotenzial, also der maximal mögliche Vermögensschaden.
- **Verortung:** Zuordnung der Wertkategorien zu räumlichen Nutzungstypen und deren räumliche Modellierung in einem GIS.
- **Überflutungssimulation:** Simulation der bei einem Deichversagen resultierenden Überflutungsfläche und –höhe.
- **Schadensberechnung:** Prozentuale Ermittlung der Empfindlichkeit der Vermögensobjekte gegenüber einer Überflutung. Für die Schadenskalkulation müssen dann die Ergebnisse der Wertermittlung, der jeweilige Grad der Empfindlichkeit und die Parameter des Überflutungsereignisses (v.a. Überflutungshöhe) miteinander multipliziert werden.

KRIM: Das Schadenspotenzial und die Schäden nach einem Deichversagen unterscheiden sich je nach Versagensort sehr stark; in Teilen des Untersuchungsgebietes sind sie relativ begrenzt. Das gilt auch bei Anwendung eines erweiterten Schadensbegriffs (s.u.), der nicht nur die direkten Schäden (Vermögensschäden), sondern auch ökologische Schäden und Sozialproduktsverluste berücksichtigt.

Das Schadenspotenzial der Gemeinden im Untersuchungsgebiet (Fokusflächen) beträgt 133 Mio. € für die Insel Wangerooge, 688 bzw. 834 Mio. € für die ländlichen Fokusflächen Wursten bzw. Wangerland, 1.715 Mio. € für Brake und 8.127, 11.293 bzw. 53.084 Mio. € für die städtischen Fokusflächen Wilhelmshaven, Bremerhaven bzw. Bremen. Betrachtet man nun das Schadenspotenzial in den durch eine simulierte Überflutung betroffenen Flächen, also nicht das für die Gemeinden aggregierte Schadenspotenzial, mit den Wasserständen des Status quo, des Klimaszenarios und des Anatol-Ereignisses, so wird deutlich, dass im Status quo und im Klimaszenario v.a. die Fokusfläche Wilhelmshaven ein hohes Schadenspotenzial aufweist, während dies in Bremen im Anatol-Ereignis am höchsten ist (siehe Tab. 11). Das Schadenspotenzial schwankt zwischen 54 Mio. € (Wangerooge) und 7.484 Mio. € (Wilhelmshaven) für den Status quo, erhöht sich bis auf 7.510 Mio. € für das Klimaszenario (Wilhelmshaven) und beträgt maximal 22.657 Mio. € in Bremen beim Anatol-Ereignis. Dieser sehr hohe Wert resultiert einerseits aus der hohen Wertkonzentration in der Stadt Bremen, andererseits ist aber zu beachten, dass für das Anatol-Ereignis hinsichtlich der Überflutungsausdehnung vereinfachend eine Höhenverschneidung (bis + 5 m NN) durchgeführt wurde und dementsprechend die resultierende Überflutungsfläche überschätzt wird.

Tab. 11: Vergleich von Schadenspotenzial auf den von Überflutungen bei einem Deichbruch betroffenen Flächen und den Vermögensschäden in den Fokusflächen (Daten nach Mai et al. 2004, Elsner et al. 2005).

Fokusfläche	Status quo			Klimaszenario			Anatol-Ereignis		
	Schadenspotenzial (Mio. €)	Schaden (Mio. €)	Anteil (%)	Schadenspotenzial (Mio. €)	Schaden (Mio. €)	Anteil (%)	Schadenspotenzial (Mio. €)	Schaden (Mio. €)	Anteil (%)
Brake	1.096,69	126,337	11,52	1.370,73	169,177	12,34	3.662,54	1.457,922	39,81
Bremen	2.099,90	385,106	18,34	2.102,46	453,585	21,57	22.657,26	6.530,159	28,82
Bremerhaven	417,74	37,804	9,05	-	-	-	7.038,01	2.031,875	28,87
Butjadingen	460,42	74,709	16,23	617,89	103,772	16,79	2.974,17	1.151,238	38,71
Wangerland	465,0	48,742	10,48	535,5	62,687	11,71	2.559,7	366,431	14,32
Wangerooge	53,81	6,066	11,27	53,86	10,005	18,58	53,89	10,992	20,40
Wilhelmshaven	7.484,43	1.634,057	21,83	7.510,19	1.794,049	23,89	8.054,71	3.088,202	38,34
Wursten	247,11	25,634	10,37	333,46	35,137	10,54	575,55	265,545	46,14

Die in Abhängigkeit von der Überflutungshöhe resultierenden Schäden an den Vermögenswerten und der prozentuale Anteil der Schäden am Schadenspotenzial in den Überflutungsflächen sind in Tab. 11 dargestellt. Hierfür wird eine Verrechnung der Schadenspotenziale in den überfluteten Flächen mit den aufgestellten Schadensfunktionen vorgenommen. Der prozentuale Anteil der Schäden am Schadenspotenzial schwankt zwischen 9% (Bremerhaven) und ca. 22% (Wilhelmshaven) für den Status quo. Für das Anatol-Ereignis erhöht sich der prozentuale Anteil bis auf ca. 40% für die Fokusfläche Brake und 46% für die Fokusfläche Wursten. Es ist also festzustellen, dass im Status quo und im Klimaszenario die Fokusfläche Wilhelmshaven besonders hohe absolute Schadenswerte aufweist, während die prozentuale Schädigungsrate in allen Fokusflächen mit 10 bis 20% relativ gleich ist.

Wie aus Tab. 11 weiterhin erkennbar, macht das Schadenspotenzial der Städte Brake, Bremen und Wilhelmshaven den größten Teil des Schadenspotenzials im Untersuchungsgebiet aus. Andererseits besitzen die Überflutungsflächen der Fokusflächen Wangerooge, Wangerland, Butjadingen und Wursten nur relativ geringe Vermögenswerte bzw. Schadenspotenziale. Damit deutet sich an, dass aufgrund der großen Heterogenität der Schadenspotenziale und Schäden an den Vermögenswerten im Untersuchungsgebiet in einem künftigen Risikomanagement die bisherige Küstenschutzstrategie der gleichen Sicherheit entlang der gesamten Küste überprüft werden sollte (s.u.).

KRIM: Ein erhöhter Meeresspiegel führt auch bei einem Konstanthalten der Versagenswahrscheinlichkeit durch entsprechende Deichverstärkung zu einer Vergrößerung der potenziellen Schäden, da mehr Wasser einströmt.

Die durch einen höheren Wasserstand im Klimaszenario einströmenden Wassermassen vergrößern das Überflutungsgebiet bei einem simulierten Deichbruch um bis zu 22% (Fokusfläche Wangerland)(siehe Tab. 12). Allerdings sind für die Fokusflächen Bremen und Wangerooge unter Berücksichtigung der Wasserstände im Klimaszenario nur Flächenzunahmen von 0,4 und 1% zu verzeichnen. Dieses beruht z.B. für Bremen auf der topographisch bedingten Begrenzung der Wasserausdehnung durch Straßen und aufgeschüttete Gewerbegebiete. Die aus den größeren überfluteten Flächen resultierenden Schäden können sich sogar um bis zu 64% erhöhen (Fokusfläche Wangerooge) und nehmen abgesehen von Wilhelmshaven zwischen 30 bis 40% zu. Die größte absolute Erhöhung der Schäden am Vermögen erfolgt in der Fokusfläche Wilhelmshaven (+ 160 Mio. €), während die relative Zunahme nur ca. 10% beträgt. Für Wilhelmshaven ist also schon bei einem Versagen der Schleuse bei den Status quo Wasserständen das Risikopotenzial aufgrund der hohen Schäden erhöht.

Tab. 12: Veränderungen von Überflutungsfläche und Vermögensschäden zwischen Status quo und Klimaszenario (Daten nach Mai et al. 2004).

Fokusfläche	Überflutungsfläche (ha)		Schaden (Mio. €)		Zunahme Fläche (%)	Zunahme Schaden (%)
	Status quo (Ist-Szenario)	Klima-Szenario	Status quo (Ist-Szenario)	Klima-Szenario		
Brake	16.560	19.430	126,3	169,2	17,3	34,0
Bremen	1.334	1.339	385,1	453,6	0,4	17,8
Butjadingen	7.000	8.300	74,7	103,7	18,6	38,8
Wangerland	9.000	11.000	48,7	62,7	22,2	28,7
Wangerooge	479	484	6,1	10	1,0	63,9
Wilhelmshaven	7.200	7.964	1.634,1	1.794,1	10,6	9,8
Wursten	5.600	6.200	25,63	35,1	10,7	36,9

Die im Vergleich zur Fläche deutlich stärkere Zunahme der Schäden beruht v.a. auf der Zunahme der Überflutungshöhen durch die höheren Wasserstände im Klimaszenario, da die Schadensfunktionen wasserstandsabhängig sind. Das bedeutet, dass ein größerer Schaden sowohl aus einer größeren Überflutungsfläche als auch aus einem höheren Schädigungsgrad der betroffenen Vermögenswerte resultieren kann. Deutlich wird dieses z.B. für Bremen, wo trotz einer fast gleich bleibenden Überflutungsfläche der Schaden im Klimaszenario um knapp 18% zunimmt (siehe Tab. 12). Für die Simulation der Überflutungsflächen und der Überflutungshöhen spielen die angenommenen Wasserstände (historisch gemessene Sturmflutwasserstände; für die Weser zusätzlich die

Abflussmenge), die Breite des Deichbruchs (ca. 100 m), die Sohle der Deichbruchlücke (Höhe des umgebenden Geländes: ca. 2 m NN) und die Topographie des Hinterlands eine wichtige Rolle.

Insgesamt ist also festzuhalten, dass schon aufgrund der sehr unterschiedlichen Schäden an den direkten Vermögenswerten eine Strategie der Risikominderung innerhalb des Untersuchungsgebietes differenzieren muss. Selbst unter Vernachlässigung der Eintrittswahrscheinlichkeit, die ja die zweite Teilkomponente einer Risikobetrachtung darstellt und in Kapitel 7 und Kapitel 9 beschrieben ist wird deutlich, dass die städtischen Fokusflächen Schadensschwerpunkte darstellen und das deshalb Schadensminderungsstrategien hier besonders effektiv sein können.

KRIM: Das (auch ohne Klimawandel vorhandene) räumlich unterschiedliche Schadenspotenzial findet bei der derzeitigen Praxis der Bemessung der Küstenschutzanlagen im Untersuchungsgebiet keine Berücksichtigung; es gilt: gleiche Sicherheit für alle bzw. überall eine gleich große Versagenssicherheit.

Ein weiterer Aspekt bei der Betrachtung der Schadensdimensionen stellt die Landnutzung dar. Durch ihre zukünftige Veränderung wird das in den potenziellen Überflutungsflächen existierende Schadenspotenzial entweder größer (Szenario A „Intensivierung“) oder geringer (Szenario B „Nutzung-wie-heute“). Die aus den ökonomischen Zukunftsbildern abgeleiteten Landnutzungsszenarien (s. Tab. 7) und -karten (s. Abb. 6) sowie deren Datengrundlagen sind in Kapitel 2.2 dargestellt. An dieser Stelle sollen nun die prozentualen Veränderungen der Flächenanteile an der Landnutzung dargestellt sowie die Konsequenzen für das Schadenspotenzial qualitativ beschrieben werden (siehe Tab. 13).

Tab. 13: Prozentuale Flächenanteile an der Landnutzung aufgeteilt nach Landnutzungstypen für „heute“ und für die drei Landnutzungsszenarien (Daten nach Schirmer et al. 2004, Kraft 2004).

Land-nutzungs-typ	Land-nutzungsart	Anteil heute	Szenario A		Szenario B		Szenario C	
			Anteil 2050	Diff. zu heute	Anteil 2050	Diff. zu heute	Anteil 2050	Diff. zu heute
bebaut	Funktionelles	2%	2%	+ 31%	2%	+ 21%	2%	+ 0%
	Hafen	0%	1%	+ 76%	0%	+ 8%	0%	+ 0%
	Siedlung	5%	6%	+ 18%	5%	+ 9%	5%	+ 0%
	Sportanlage	1%	1%	- 7%	1%	- 2%	1%	+ 0%
Summe: bebaut		8%	9%	+ 22%	9%	+ 11%	8%	+ 0%
unbebaut	Acker	14%	19%	+ 34%	14%	- 1%	9%	- 36%
	Grünland	77%	71%	- 8%	76%	- 1%	82%	+ 7%
	Vorland	1%	1%	- 11%	1%	- 7%	1%	+ 0%
	Wald	0%	0%	- 5%	0%	- 2%	0%	+ 0%
Summe: unbebaut		92%	91%	- 2%	91%	- 1%	92%	+ 0%

Ein erhöhtes Schadenspotenzial ist demnach v.a. beim Szenario A zu erwarten, da hier die bebaute Fläche im Untersuchungsgebiet um 22% zunimmt. Eine eher moderate Zunahme entsteht durch die 11%-ige Zunahme der bebauten Flächen im Szenario B. Allerdings ist im gesamten Gebiet der Anteil der bebauten Siedlungs- und Wirtschaftsflächen mit heute 8% und zukünftig möglichen 9% sehr gering, so dass sich das Schadenspotenzial nicht bedeutend ändert. Da sich jedoch wahrscheinlich die Zunahme der bebauten Flächen auf die Mittel- und Oberzentren konzentriert, wird

sich das oben beschriebene hohe Schadenspotenzial der städtischen Fokusflächen noch weiter erhöhen.

Eine zusätzliche Schadenspotenzialerhöhung auf den unbebauten Flächen könnte durch die Erhöhung der Ackerflächen im Szenario A entstehen, da die Zunahme um 34% auf einen Flächenanteil von 19% im Jahr 2050 deutlich ist. Allerdings ist die Erhöhung des Schadenspotenzials aber aufgrund der relativ geringen ökologischen Empfindlichkeit der Flächen wahrscheinlich durch Veränderungen des Nutzungsregimes (häufigere Neueinsaat, vermehrte Düngung) zu kompensieren. Demgegenüber könnte sich das Schadenspotenzial der landwirtschaftlich genutzten Flächen im Szenario C aufgrund des höheren Grünlandanteils, welches klimaunempfindlicher als Ackerflächen ist, verringern.

4.3.3.1 Erweitertes Schadenskonzept

Bestandteil des in KRIM entwickelten erweiterten Schadenskonzepts sind neben den ökologischen die indirekten ökonomischen Schäden. Da es aufgrund der durch einen Deichbruch verursachten Schäden am Nettoanlagevermögen zu Kapitalstockverlusten kommt, können als Folge dieser negativen Impulse Verluste am Bruttosozialprodukt und negative Effekte für die Beschäftigungssituation entstehen. Diese indirekten Auswirkungen werden mit Hilfe des regionalökonomischen Modells abgeschätzt (Elsner et al. 2005). Das heißt, dass die Kapitalstockverluste die Impulsgröße für die regionalökonomische Modellierung darstellen, wobei allerdings u.a. die Preisentwicklung auf die angenommenen Investitionszeitpunkte berücksichtigt werden muss. Die Schäden am Nettoanlagevermögen betragen für das Klimaszenario zwischen 6,8 Mio. € (Wangerooze) und 1.091 Mio. € (Wilhelmshaven). Die resultierenden realen Kapitalstockverluste in 2015 betragen unter Berücksichtigung des Basisszenarios (siehe auch Kapitel 2.2) 21,7 Mio. € (Wangerooze) und 3.502 Mio. € (Wilhelmshaven). Für das Anatol-Ereignis erhöhen sich die Schäden am Nettoanlagevermögen (nominal in 2000) auf 3.601 Mio. € und die entsprechenden Kapitalstockverluste auf 11.719 Mio. € für die Fokusfläche Bremen. Die Tab. 14 fasst für die Fokusflächen die Werte der (negativen) Impulse in dem Jahr ihres Eintreffens (2015) und deren Folgen für das reale Bruttoinlandsprodukt (im jährlichen Durchschnitt) sowie für die Beschäftigung (im jährlichen Durchschnitt) unter den drei Überflutungsszenarien zusammen.

Tab. 14: Schäden am Nettoanlagevermögen und Kapitalstockverluste in den Fokusflächen bei einem Deichversagen. Ökonomische Szenarien: B = Basisszenario und K = Kontrastszenario (Daten nach Elsner et al. 2005).

Fokusfläche	Impulse: Schäden bei Deichversagen					
	Schaden am Nettoanlagevermögen (nominal) in 2000 (Mio. €)			Kapitalstockverlust (real) in 2015 (Mio. €)		
	Status quo	Klimaszenario	Anatol	Status quo	Klimaszenario	Anatol
Brake	81,950	109,812	767,539	B 262,946 K 258,518	B 352,342 K 346,409	B 2.462,741 K 2.421,275
Bremen	238,805	282,734	3.601,350	B 777,070 K 768,454	B 920,013 K 919,813	B 11.718,757 K 11.588,831
Bremerhaven	25,946	-	1.209,049	B 84,432 K 83,492	- -	B 3.898,234 K 3.890,614
Butjadingen	50,736	68,143	568,244	B 162,792 K 160,051	B 218,644 K 214,964	B 1.823,273 K 1.792,574
Wangerland	31,530	40,922	160,170	B 101,167 K 99,465	B 131,303 K 129,092	B 513,923 K 505,270
Wangerooge	4,357	6,752	7,3160	B 13,980 K 13,744	B 21,664 K 21,300	B 23,474 K 23,075
Wilhelmshaven	1.011,89	1.091,49	1.631,23	B 3.246,781 K 3.183,114	B 3.502,125 K 3.443,218	B 5.233,990 K 5.145,864
Wursten	17,026	23,022	117,797	B 54,630 K 53,713	B 73,869 K 72,625	B 377,515 K 371,601

Die durch ein Deichversagen ausgelösten Folgen der Impulse betragen für den jährlichen Durchschnitt am Bruttoinlandsprodukt unter Berücksichtigung von Klima- und Basisszenario zwischen 3,1 Mio. € (Wangerooge) und 508,7 Mio. € (Wilhelmshaven) und erhöhen sich für das Anatol-Ereignis auf 1.652 Mio. € (Bremen). Der Verlust an Erwerbstätigen als jährlicher Durchschnitt beträgt im Status quo max. 1.952 (Wilhelmshaven), im Klimaszenario max. 2.106 (Wilhelmshaven) und für das Anatol-Ereignis max. 26.178 € (Bremen)(siehe Tab. 15).

Tab. 15: Folgen einer Überflutung für das reale Bruttoinlandsprodukt und für die Anzahl der Erwerbstätigen in den Fokusflächen. Ökonomische Szenarien: Basis = Basisszenario und Kontrast = Kontrastszenario (Daten nach Elsner et al. 2005).

Fokusfläche		Folgen der Impulse (durch Deichversagen)					
		Verlust an Bruttoinlandsprodukt, jährlicher Durchschnitt (Mio. €)			Verlust an Erwerbstätigen, jährlicher Durchschnitt		
		Status quo	Klimaszenario	Anatol	Status quo	Klimaszenario	Anatol
Brake	Basis	36,480	48,662	348,540	152	206	1.456
	Kontrast	35,480	47,517	340,000	150	202	1.441
Bremen	Basis	107,340	126,930	1.652,300	1.732	2.048	26.178
	Kontrast	95,109	112,410	1.464,200	1.549	1.831	23.388
Bremerhaven	Basis	12,767	-	610,920	203	-	9.607
	Kontrast	11,256	-	537,460	181	-	8.517
Butjadingen	Basis	22,429	30,221	260,140	94	127	1.088
	Kontrast	21,975	29,562	251,15	93	126	1.064
Wangerland	Basis	14,622	19,197	73,141	61	80	305
	Kontrast	14,195	18,587	71,361	59	77	301
Wangerooze	Basis	2,150	3,144	3,516	9	13	15
	Kontrast	1,941	3,047	3,237	7	12	13
Wilhelmshaven	Basis	471,340	508,670	761,750	1.952	2.106	3.150
	Kontrast	459,870	496,150	742,890	1.930	2.081	3.112
Wursten	Basis	7,674	10,225	52,665	33	43	221
	Kontrast	7,364	9,972	51,558	31	42	219

Die ökonomische Bestimmung der Schäden im erweiterten Schadenskonzept versucht also die Vermögensschäden (Stocks) und Wertschöpfungsverluste (Flows) sowie insbesondere Kapitalstockverluste auch als Impulse für Wertschöpfungsfolgen gemeinsam zu analysieren. Nur so können die naturwissenschaftlich bestimmten Klimaimpulse in primäre Kapitalstock-Schäden bzw. in primäre Wertschöpfungsverluste übersetzbar und sekundäre Folgen als Reaktionen des ökonomischen Systems ökonometrisch modelliert werden (Elsner et al. 2005). Insbesondere die Berücksichtigung der Flow-Verluste ist gesellschaftlich relevant, da sie ab einer bestimmten Größe für eine Volkswirtschaft kritisch werden können (Elsner mündl. Mitteilung). So kann es durch die jahresdurchschnittlichen Sozialproduktsverluste für das Klimaszenario in Teilen des Untersuchungsgebietes zu gravierenden ökonomischen Situationen kommen. Dabei schätzt das ökonometrische Modell die Flow-Verluste eher konservativ ein, während jedoch die Effekte für die Arbeitsplatzverluste eher überschätzt werden. Wird das Anatol-Ereignis berücksichtigt, so steigen die Flow-Schäden drastisch an. Für Bremen steigen z.B. die Kapitalstockverluste um mehr als das Zehnfache auf über 11 Mrd. € an, was für das Basisszenario über 7% am gesamten Kapitalstock in Bremens ausmacht. Die BIP-Verluste in Bremen von ca. 1,5 Mrd. € stellen genauso wie die Arbeitsplatzverluste über 8% am BIP bzw. an der Gesamtzahl der Erwerbstätigen dar. Solche hohen, wenn auch für einen „worst-case“-Fall angenommenen Effekte können für die gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung gravierende Probleme verursachen (Elsner et al. 2005).

Zweiter Bestandteil des erweiterten Schadenskonzepts sind die ökologischen Schäden und Werte von Vorland und Binnenland (Schirmer et al. 2004, Elsner et al. 2005). Die ökologischen Schäden sind aufgrund der geringen Klimasensitivität der ökologischen Systeme im Untersuchungsgebiet (Binnenland) relativ gering. Das ökologische Schadenspotenzial ist hingegen v.a. in den ländlich

geprägten Fokusflächen relativ hoch. Die heutige natürliche Entwicklung wird v.a. durch die landwirtschaftliche Nutzungen bestimmt und zukünftig spielen z.B. agrarpolitische Rahmenbedingungen für die Ausprägung der überwiegend als Grünland genutzten Biotop eine größere Rolle als Veränderungen klimatischer Parameter. Dementsprechend kann für die Berechnung der ökologischen Schäden angenommen werden, dass sie bei einer Überflutung auf maximal 5% der betroffenen Fläche auftreten (Elsner et al. 2005). Der ermittelte monetäre Schaden, der aus einer Studie zur Zahlungsbereitschaft abgeleitet ist (zur Methode siehe Kapitel 4.2.3.3) und einen aggregierten nationalen Wert pro Hektar von 2.429,26 € bezogen auf das Jahr 2000 ergeben hat, bewegt sich zwischen 51.136 € für die Fokusfläche Bremerhaven und 2.011.306 € für die Fokusfläche Brake. Diese Werte steigen bei der Berücksichtigung des KRIM-Klimaszenarios um max. 24% an (siehe Tab. 16). Es sind also v.a. die ländlich geprägten Fokusflächen, in denen die höchsten ökologischen Schäden zu verzeichnen sind. Einschränkend muss allerdings gesagt werden, dass sich die 5%-ige Schädigungsquote auf die gesamte Überflutungsfläche bezieht und die bebauten Bereiche davon nicht abgezogen werden. Da die bebauten Flächen im Untersuchungsgebiet aber nur ca. 10% ausmachen, ist diese Vorgehensweise näherungsweise akzeptabel, wobei die ökologischen Schäden in den städtischen Bereichen geringfügig überschätzt werden (deutlicher v.a. in Wilhelmshaven).

Tab. 16: Ökologische Schäden im Binnenland (Daten nach Elsner et al. 2005).

Fokusfläche	ökologische Schäden bei einer Schädigungsquote von 5%							
	Status quo		Klimaszenario			Anatol		
	Fläche (ha)	Schaden (€)	Fläche (ha)	Schaden (€)	Zunahme (% zu SQ)	Fläche (ha)	Schaden (€)	Zunahme (% zu SQ)
Brake	827,95	2.011.306	971,75	2.360.633	17,4	1799,10	4.370.482	117,3
Bremen	66,70	162.032	66,95	162.639	0,4	706,55	1.716.394	959,3
Bremerhaven	21,05	51.136	-	-	-	210,25	510.752	898,8
Butjadingen	353,00	857.529	415,05	1.008.264	17,6	1.012,80	2.460.355	186,9
Wangerland	448,85	1.090.373	556,80	1.352.612	24,1	887,20	2.155.239	97,7
Wangerooge	23,95	58.181	24,20	58.788	1,0	24,25	58.910	1,3
Wilhelmshaven	360,00	874.534	398,20	967.331	10,6	510,05	1.239.045	41,7
Wursten	279,30	678.492	309,25	751.249	10,7	481,05	1.168.596	72,2

Ein weiterer Aspekt für eine umfassende Schadensaufnahme stellt die monetäre Bewertung ökologischer Funktionen dar, die in KRIM beispielhaft anhand der Regulationsfunktion der Vorländer vorgenommen werden konnte (Schirmer et al. 2004). Da die dem Hauptdeich vorgelagerten Vorländer als Bestandteil des Küstenschutzsystems erhebliche Bedeutung für die Sicherheit des Binnenlands haben (siehe Kapitel 4.2.2.2), kann der Verlust dieser Funktion über die zusätzlichen Kosten bewertet werden, die dann entstehen, wenn der Deich zur Beibehaltung der Sicherheit ohne Vorland verstärkt werden müsste. Die monetäre Bedeutung der Regulationsfunktion der Vorländer resultiert also aus der erforderlichen Anpassung der Hauptdeiche, da v.a. die Wellenenergie (Wellenhöhe und -periode) nicht mehr reduziert wird und sich damit die Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs z.B. in der Fokusfläche Wursten von 1:3.200 (mit Vorland und zusätzlich Sommerdeich) auf 1:890 bei Spieka-Neufeld erhöhen kann (s. Tab. 10). Für das Vorland an der Küste Butjadingens und im Land Wursten ergibt sich je nach Vorlandbreite somit eine deutliche Verminderung der jährlichen Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs gegenüber einem Schardeich.

Die ökologischen Schäden, die durch einen Klimawandel in den Ökosystemen des Vorlandes entstehen können, hängen von der Fähigkeit dieser Systeme ab, einen beschleunigten Meeresspiegelanstieg zu kompensieren. Unter Berücksichtigung der Entwicklungsmöglichkeiten für die Vorländer,

in denen weder die Unterhaltung bzw. Erhaltung der Küstenschutzelement im Vorland die Kanten-erosion verhindert und das Höhenwachstum ausbleibt sowie es in Teilbereichen dadurch zum vollständigen Verlust der Deichvorländer kommt (Schardeichsituation), ist für Fokusfläche Wursten ein Schaden von bis zu 1.647.000 € zu verzeichnen (siehe Tab. 17). Diese Kosten beziehen sich auf eine Gesamtlänge des Hauptdeichs an der exponierten Wurster Küste von ca. 33 km. Zu beachten ist allerdings, dass sich die reduzierten Breiten in den veränderten Profilen nur unter Berücksichtigung der Küstenschutzvariante 2 („Anpassung“) einstellen, da die Kantenerosion nicht durch technische Küstenschutzmaßnahmen verhindert wird. Für die Küstenschutzvariante 1 („Verteidigung“) würde in den kantengesicherten Bereichen das Vorlandprofil unverändert bleiben, so dass die Kosten eines Verlust der Regulationsfunktion nur in den ungesicherten Deichabschnitten aufgewendet werden müssten und damit deutlich kleiner ausfallen. Der prozentuale Anteil der durch Küstenschutzbauwerke gesicherten Vorlandkante an der Wurster Küste beträgt über 75% und ist damit im Vergleich zu den anderen Fokusflächen im Untersuchungsgebiet relativ hoch (Schirmer et al. 2004).

Tab. 17: Monetäre Bedeutung einer veränderten Regulationsfunktion des Vorlandes für den Hauptdeich im Teilgebiet Wurster Küste (Fokusfläche Wursten)(Daten aus Schirmer et al. 2004).

zukünftiges Vorlandprofil (abgeleitet aus den Entwicklungsmöglichkeiten)	erforderliche Deicherhöhung (+) bzw. Überschuss an Deichhöhe (-) in Meter	Kosten pro lfd. Meter in € (bei 500 € pro lfd. m)	Kosten für die Deicherhöhung im Teilgebiet in €
Breite: wie heute; Höhe: + 0,2 m	-0,03	-15	-494.100
Breite: wie heute; Höhe: + 0,65 m	-0,06	-30	-988.200
Breite: - 100 m; Höhe: + 0,2 m	-0,01	-5	-164.700
Breite: - 100 m; Höhe: wie heute	0,02	10	329.400
Breite: - 200 m; Höhe: + 0,65 m	-0,04	-20	-658.800
Breite: - 200 m; Höhe: bis max. - 2 m (Schardeichsituation)	0,1	50	1.647.000

Allerdings wird aus Tab. 17 auch ersichtlich, dass unter Berücksichtigung der Entwicklungsmöglichkeiten, die ein Höhenwachstum und keine Breitenabnahme prognostizieren, ein „Überschuss“ an Deichhöhe vorhanden ist. Das bedeutet, dass sich unter Berücksichtigung eines höheren Vorlands die Versagenswahrscheinlichkeiten durch Wellenüberlauf verringern. Die Bestimmung des monetären Werts für das Vorland hat also zwei Aspekte: einerseits müssten bestimmte Kosten aufgewendet werden, wenn kein Vorland vorhanden wäre und die Deichsicherheit erhalten werden soll und andererseits könnte man sich eine bestimmte Summe für die Erhaltung der Deichsicherheit sparen, wenn Vorland vorhanden ist. Eine zukünftige, durch geeignete Maßnahmen unterstützte Vorlandentwicklung hätte also nicht nur einen naturschutzfachlichen Wert, sondern könnte auch Kosten für die technische Anpassung der Hauptdeiche sparen.

Vergleicht man nun die einzelnen Schadenskomponenten des in KRIM benutzten erweiterten Schadenskonzepts unter Berücksichtigung des Klimaszenarios, dann lässt sich erkennen, dass v.a. die ökologischen Schäden relativ klein sind (siehe Tab. 18). Da sich die Unterschiede zwischen den ökologischen Schäden der Fokusflächen bei der hier angewandten mesoskaligen Vorgehensweise vollständig auf die Größe der Überflutungsflächen und die angenommenen Schädigungsquoten beziehen, ist eine ökologische Interpretation der Schadenshöhen nicht sinnvoll. Unter Berücksichtigung verschiedener Landnutzungsszenarien v.a. für die Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung

kann sich der ökologische Schaden qualitativ durch veränderte Konfliktpotenziale z.B. zwischen Landwirtschaft und Naturschutz erhöhen.

Tab. 18: Vergleich der für das erweiterte Schadenskonzept berechneten Schäden im Klimaszenario (Daten nach Mai et al. 2004, Elsner et al. 2005).

Fokusfläche	Schadenskategorien (in €)			
	Vermögensschaden	Schaden am Nettoanlagevermögen (nominal in 2000)	Verlust an Bruttoinlandsprodukt (Basisszenario)	ökol. Schaden (5% der Fläche)
Brake	169.177.000	109.812.000	48.662.000	2.360.633
Bremen	453.585.000	282.734.000	126.930.000	162.639
Butjadingen	103.772.000	68.143.000	30.221.000	1.008.264
Wangerland	62.687.000	40.922.000	19.197.000	1.352.612
Wangerooze	10.005.000	6.752.000	3.144.000	58.788
Wilhelmshaven	1.794.049.000	1.091.498.000	508.670.000	967.331
Wursten	35.137.000	23.022.000	10.225.000	751.249

Insgesamt verdeutlicht aber auch das erweiterte Schadenskonzept die großen Unterschiede in den Schadenshöhen für die einzelnen Fokusflächen. Die relativ erhöhten ökologischen Schäden in den ländlichen Fokusflächen gleichen bei weitem nicht die hohen Stock- und Flow-Verluste der städtischen Fokusflächen aus. Geeignete Strategien zur effektiven Schadensminderung sollten die verschiedenen Schadenskomponenten berücksichtigen. Dieses v.a. vor dem Hintergrund von normativen Setzungen, die notwendiger Bestandteil von Strategien zur Schadensreduzierung sind, da in ihnen abgewogen werden muss, mit welchem Aufwand an welcher Stelle welche potenziellen Schäden optimal reduziert werden können.

Die in KRIM ermittelten Werte aller Schäden und Schadenskategorien, die Bestandteil des erweiterten Schadenskonzepts sind, werden zweifach weiter verwendet. Einerseits bilden sie die Schadenskomponenten der Risikoanalyse (siehe Kapitel 9) und andererseits fließen sie als Nutzenkomponente im Sinne „vermiedener Schäden“ in die Kosten-Nutzen-Analysen der Reaktionsvarianten des Küstenschutzes ein (siehe Kapitel 7). So können die Analysen in den Teilbereichen des wissenschaftlichen Risikokonstrukts in Verbindung mit dem öffentlichen und dem politisch-administrativen Risikokonstrukt zur Unterstützung von zukünftig zu treffenden Entscheidungen beitragen.

5. KRIM: das öffentliche Risikokonstrukt

Das öffentliche Risikokonstrukt (RK) ist in KRIM durch das TP 6 (Peters & Heinrichs 2004) analysiert worden, deren Ergebnissen hier wesentlich gefolgt werden soll. Das öffentliche RK beschreibt, in welcher Weise die Kommunikation der Risiken durch einen Klimawandel und durch Sturmfluten in den Medien erfolgt und wie die Einschätzung der Öffentlichkeit bezüglich dieser Risiken entsteht und aussieht. Dazu muss erstens eine differenzierte Beschreibung des öffentlichen Konstrukts der Risiken des Klimawandels, vor allem in Bezug auf das Sturmflutrisiko an der deutschen Nordseeküste erfolgen. Zweitens ist die Analyse einiger der interpretativen Prozesse, in denen das öffentliche Konstrukt geformt, reproduziert und modifiziert wird notwendig. Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse können dann Konsequenzen für den Küstenschutz sowie die Kommunikation über Klimawandel und Küstenschutz abgeleitet werden.

Die Erkenntnisse der Soziologie, dass soziale Konstrukte von Umweltveränderungen und nicht die Umweltveränderungen selbst soziale Effekte haben, haben deswegen Relevanz und Brisanz, weil die gesellschaftlichen Konstrukte sich nicht direkt und eindeutig vom physischen Phänomen ableiten lassen, sondern in interpretativen Prozessen der Bedeutungskonstruktion entstehen. Dies gilt im Prinzip sowohl für die Wissensgenerierung innerhalb der Wissenschaft (vgl. z.B. Knorr Cetina 1981 und 1999, Latour & Woolgar 1986) als auch für den Aufbau von Bedeutungskonstruktionen in der Öffentlichkeit und innerhalb des politisch-administrativen Systems. Ein Unterschied zwischen den Bedeutungskonstruktionen der verschiedenen Systeme besteht im Wesentlichen hinsichtlich der Regeln, nach denen die Konstrukte entstehen, und den Kriterien, an denen sie sich messen lassen müssen.

Aus der Tatsache, dass soziale Konstrukte Grundlage gesellschaftlicher Reaktionen sind, folgen zwei wichtige Konsequenzen:

1. Um die gesellschaftlichen Reaktionen auf den globalen Klimawandel verstehen zu können, muss man die gesellschaftlichen Konstrukte (und ihre individuellen Internalisierungen) kennen.
2. Versuche einer gezielten Beeinflussung des globalen Klimawandels (Mitigation) bzw. der Anpassung daran (Adaption) müssen – sofern sie umfangreiche Ressourcen und größere Eingriffe erfordern – vor allem auch das öffentliche Problemkonstrukt berücksichtigen, um Aussicht auf Erfolg zu haben.

Das Ziel der Analysen im öffentlichen Risikokonstrukt ist, aus mikrosoziologischer und kommunikationswissenschaftlicher Perspektive zu untersuchen, wie die Interpretationen des anthropogenen Klimawandels in der Berichterstattung der Massenmedien entstehen, welchen Einfluss dabei wissenschaftliche Expertise hat, welcher Art die öffentlich kommunizierten Interpretationen sind und wie diese Interpretationen vom Medienpublikum rezipiert werden. Gemäß der Zielsetzung des KRIM-Verbundprojekts liegt dabei der Schwerpunkt auf den Konsequenzen der Interpretationen des Klimawandels für die Wahrnehmung von Risiken für die deutsche Nordseeküste und die Ausbildung von Einstellungen zu Maßnahmen des vorbeugenden Küstenschutzes.

Die Forschungsfragen lassen sich in vier Bereiche gliedern (Peters & Heinrichs 2004):

1. Wie sieht das öffentliche Risikokonstrukt im Hinblick auf die Themenfelder „Klimawandel“ und „Küstenschutz“ aus? Dieses öffentliche Risikokonstrukt soll in der vom Journalismus geschaffenen symbolischen Umwelt und in den Meinungen und Einstellungen der Bevölkerung analysiert werden. Von Interesse ist dabei sowohl die detaillierte Charakterisierung des Risikos, seine Bewertung sowie die Ansichten zu den möglichen Bewältigungsmaßnahmen (Mitigation und Adaption). Ein besonderes Augenmerk wird auf mögliche Überschneidungen der beiden Themenfelder gerichtet, also auf die Frage, ob der lokale Küstenschutz im Zusammenhang mit dem globalen Klimawandel behandelt wird oder ob es sich um disjunkte Themenfelder handelt (siehe Kapitel 5.1).
2. Wie interagieren Wissenschaftler (bzw. Experten) und Journalisten bei der Berichterstattung über Klimawandel und Küstenschutz? Dabei interessieren sowohl die Beziehungsebene der Interaktionen, also z.B. das Zustandekommen und der Ablauf der Kontakte, als auch die Prozesse der semantischen Integration wissenschaftlicher Expertise in die Medieninhalte, also die journalistische Bedeutungskonstruktion. Ziel ist es, die Schnittstelle von Wissenschaft (bzw. Experten-Community) und Journalismus aus der Akteurperspektive zu analysieren und damit den Einfluss der Wissenschaft auf die medialen Interpretationen des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf den Küstenschutz besser zu verstehen (siehe Kapitel 5.2).
3. Wie sind die Darstellung der Risiken in der symbolischen Umwelt, repräsentiert durch die Medienberichterstattung, und die individuellen Risikoeinschätzungen und -kalküle von Mediennutzern miteinander „gekoppelt“? Vor allem interessieren hier die kognitiven Prozesse, mit denen Mediennutzer die in der Berichterstattung vorfindbaren Informationen in ihre vorhandenen Wissens- und Einstellungsstrukturen integrieren und so subjektive Bedeutungen konstruieren. Außerdem wird nach dem Einfluss von Merkmalen der Mediennutzer auf die Medienrezeption sowie nach den persuasiven Effekten der Medienberichterstattung auf die Risikoeinschätzungen der Bevölkerung gefragt (siehe Kapitel 5.3).
4. Wie wird sich das öffentliche Risikokonstrukt bei verschiedenen Klimaszenarien mutmaßlich entwickeln und welche Konsequenzen ergeben sich daraus für den Küstenschutz und die Kommunikation über Klima- und Küstenrisiken? Diese Frage lässt sich wegen ihres – teils hypothetischen, teils normativen – Charakters nicht rein empirisch beantworten. Sie ist aber im KRIM-Projektverbund, der nicht nur Forschung sondern auch die Generierung von politikberatungsrelevanter Expertise zum Ziel hat, von Bedeutung. Diese Frage soll auf der Basis der Erkenntnisse aus den empirischen Erhebungen beantwortet werden, darüber hinaus muss jedoch auf allgemeinere theoretische Konzepte, Plausibilitätsüberlegungen sowie normative Vorstellungen zurückgegriffen werden (siehe Kapitel 5.4).

5.1 Öffentliches Konstrukt der Klima- und Küstenrisiken (Medienanalyse)

KRIM: Der Diskurs zum Klimawandel wird deutlich von der Wissenschaft bzw. dem wissenschaftlichen Risikokonstrukt geprägt; sowohl die Medien als auch die Öffentlichkeit haben die Mehrheitspositionen der Klimawissenschaftler zum globalen Klimawandel übernommen und gehen davon aus, dass es einen globalen Klimawandel gibt, dass dieser (auch) anthropogen verursacht ist und dass mit ihm gravierende Risiken verbunden sind. Dabei gibt es keine Hinweise auf eine Externalisierung der Verantwortung und es gibt eine hohe (verbal geäußerte) Handlungsbereitschaft.

Auf allen drei Ebenen der Medienanalyse (mediale Repräsentation, medienstimulierte kognitive Reaktionen und Risikobewusstsein) zeigt sich die eindeutige Einschätzung des globalen Klimawandels als ein relevantes Risiko und die Akzeptanz der These, dass dieser Klimawandel anthropogen verursacht ist. Quantitativ gesehen spielt die „skeptische Kommunikation in der Klimadebatte“ (Weingart et al. 2002) in den Medien nur eine untergeordnete Rolle. Weit überwiegend bestätigen die expliziten Aussagen zu den Ursachen des Klimawandels die Bedeutung der anthropogenen Treibhausgas-Emissionen. Zudem unterstellen die zahlreichen Medienbeiträge über Mitigationsmaßnahmen implizit diese anthropogene Verursachung durch Treibhausgase. Es gibt in Deutschland in der journalistisch geprägten symbolischen Umwelt eine sehr hohe Konsonanz hinsichtlich Existenz und Verursachung des globalen Klimawandels.

Die verbal geäußerte Handlungsbereitschaft bzw. Akzeptanz von mit Opfern verbundenen Maßnahmen zum Klima- und Küstenschutz ist sehr hoch. Diese wird man sicher nicht wörtlich nehmen dürfen. Interessant ist aber der Zusammenhang mit dem Vertrauen in den Küstenschutz: Vertrauen scheint die Risikoeinschätzung und die Akzeptanz von Maßnahmen zu reduzieren.

KRIM: Auffällig ist das hohe Vertrauen von Medien und Bevölkerung in die Wissenschaft hinsichtlich des Herausfindens der „Wahrheit“ und der Problemdiagnose.

Der hohe Anteil wissenschaftlicher Quellen ist ein Beleg für die Verwissenschaftlichung des politisch-gesellschaftlichen Diskurses über Risikothemen, speziell den Klimawandel. Die Verteilung der Primärquellen zu den unterschiedlichen Aspekten der Berichterstattung spiegelt dabei die gesellschaftliche Funktionsdifferenzierung, nach der die Wissenschaft für die „Wahrheit“ und die Diagnose von Problemen, Politik und Administration dagegen für das Treffen verbindlicher Entscheidung und ihre Umsetzung zuständig sind.

Im Vergleich zu anderen Quellen und Akteuren werden wissenschaftliche Institutionen und Wissenschaftler besonders positiv in den Medien bewertet und genießen in der Bevölkerung ein sehr hohes Vertrauen. In voller Übereinstimmung mit früheren deutschen und internationalen Studien (z.B. Weingart et al. 2002, Bell 1991, Trumbo 1996, Wilkins 1993) erweist sich also auch in unserer Medienanalyse, dass die Wissenschaft ein zentraler Themenprotagonist ist und maßgeblich das öffentliche Risikokonstrukt über den Klimawandel prägt (Peters & Heinrichs 2004).

5.2 Schnittstelle Wissenschaft / Journalismus (Interaktionsstudie)

KRIM: Die Experten für den Bereich Klimawandel stammen überwiegend aus der wissenschaftlichen Forschung, während sie für den Bereich Küstenschutz eher aus Behörden und Verbänden kommen und damit praxisorientiert sind. Die Schnittstelle zu den Journalisten ist durch eine relativ problemlose und konfliktfreie Interaktion gekennzeichnet und kann als Co-Orientierung beschrieben werden.

Die von den Medien im Bereich „Klimawandel“ zitierten Experten stammen überwiegend aus dem Bereich der Wissenschaft, d.h. sind in Universitäten und Forschungseinrichtungen beschäftigt und geben als Tätigkeitsschwerpunkt „Forschung“ an. Mehr als ein Viertel dieser in den Medien zitierten und von uns befragten Wissenschaftler kommt aus dem Ausland, meist aus englischsprachigen Ländern. Im Bereich „Küstenschutz“ kommen dagegen über die Hälfte der in den Medien zitierten Experten aus Praxisbereichen, vor allem aus Behörden und Verbänden. Mehr als 50 % der Experten geben an, dass sie „häufig“ Kontakte zu Medien haben.

Eine ganze Reihe von Experten-Statements kommt ohne weiteres Zutun des Experten zustande, indem Journalisten z.B. ohne zusätzliche Recherche Pressemitteilungen verwenden oder Publikationen zitieren. Die Mehrzahl der Experten-Statements, über die uns Angaben vorliegen, beruht jedoch auf direkten (persönlichen oder telefonischen) Kontakten zwischen dem Autor des Beitrags und dem im Beitrag zitierten Experten. Bei diesen Gesprächen gibt es überwiegend keine gravierenden Verständigungsprobleme, obwohl die Experten gelegentlich auf die begrenzte Fachkompetenz und mangelnde Vorbereitung der Journalisten hinweisen.

KRIM: Der öffentliche Diskurs zu Sturmflut-Risiken wird v.a. von den regionalen Küstenschutz-Akteuren geprägt; die Wissenschaft spielt hier keine wichtige Rolle. Die für den Küstenschutz zuständigen regionalen politisch-administrativen Institutionen sind im Mediendiskurs präsenter als wissenschaftliche Primärquellen.

Alles in allem ergibt sich aus der detaillierten Analyse der Schnittstelle von Wissenschaft und Journalismus in den untersuchten Bereichen „Klimaforschung“ nicht der Eindruck eines Antagonismus von Medien und Wissenschaft, sondern im Gegenteil der einer starken Co-Orientierung und einer „geteilten Kultur“ beider Gruppen. Jedenfalls gibt es im Feld der Klima- und Küstenschutzproblematik Gruppen von Experten und Journalisten, die relativ problemlos und konfliktfrei miteinander interagieren, weitgehend zufrieden mit diesen Interaktionen und den resultierenden Berichten sind und ein eher positives Bild vom Interaktionspartner haben (Peters & Heinrichs 2004).

5.3 Koppelung von medialer Risikorepräsentation und Risikobewusstsein der Bevölkerung (Rezeptionsstudie)

Die Rezeptionsstudie hat zum Ziel, die Bewertung der Medienberichterstattung über Klimawandel und Küstenschutz sowie ihre Rezeption und Wirkungen am Beispiel von Test-Artikeln zu untersuchen. In Bezug auf die Bewertung der Berichterstattung ganz allgemein zeigen die Ergebnisse, dass die Mehrheit aller Befragten – Testleser, Experten und Journalisten – den Umfang der Berichterstattung über den globalen Klimawandel und den Küstenschutz für zu gering hält. Es ist

keine systematische Unzufriedenheit mit dem Tenor der Berichterstattung (über- oder untertreibende Darstellung der Risiken) zu erkennen. Wohl aber hält eine signifikante Minderheit der Befragten die Berichterstattung über den Küstenschutz für zu unkritisch.

KRIM: Es gibt (in allen Untersuchungsorten übereinstimmend) einen Konsens darüber, dass es ein Sturmflutrisiko gibt; aber auch einen Konsens darüber, dass dieses Risiko durch die Küstenschutzmaßnahmen derzeit auf ein akzeptables Niveau reduziert wird.

Die vorherrschenden Meinungen zu den Klimawandel- und Sturmflut-Risiken sowie das hohe Vertrauen der Testpersonen in den existierenden Küstenschutz führten in den Gedanken der Testpersonen zu einer klaren inhaltlichen Bestätigung der Klimawandel-Hypothese und zu einer klaren Feststellung von existierenden Risiken (Peters & Heinrichs 2004).

5.4 Konsequenzen für den Küstenschutz

Ziel der Analyse des öffentlichen Risikokonstrukts ist die Untersuchung der gesellschaftlichen Interpretationen des Klimawandels im Hinblick auf ihre Relevanz für das gesellschaftliche Management der Sturmflutrisiken an der deutschen Nordseeküste. Grundsätzlich stellt sich bei der Ableitung von Antworten auf praktischen Fragestellungen ein Prognoseproblem. Es können zwar der Ist-Zustand der Risikoüberzeugungen sowie die Charakteristika der gegenwärtigen öffentlichen Diskussion detailliert beschreiben werden, damit ist es aber noch nicht möglich, die Reaktionen des Kommunikationssystems bzw. des öffentlichen Risikokonstrukts auf Veränderungen der Randbedingungen (z.B. erhöhte Schadenfrequenz und -intensität) und Eingriffe (z.B. verändertes Kommunikationsverhalten der Akteure) zu prognostizieren. Es führt daher kein direkter Weg von der Beschreibung des Status quo zur Vorhersage von Reaktionen auf externe Ereignisse und gezielte Eingriffe.

Der Klimawandel stellt in mehrfacher Hinsicht Anforderungen an den Küstenschutz (Peters & Heinrichs 2004):

1. Vordergründig geht es um die technische Aufrüstung der Küstenverteidigung z.B. in Form von Deicherhöhungen und den Bau neuer Sperrwerke oder um „sanfte“ Alternativen des Küstenschutzes wie beispielsweise den Rückbau der küstennahen Besiedlung oder die Rückverlagerung von Deichen. Es kann davon ausgegangen werden, dass dabei keine unüberwindbaren technischen Hindernisse auftreten und dass die Anpassung – den entsprechenden politischen Willen vorausgesetzt – in Deutschland auch zu finanzieren ist (siehe Kapitel 5.4.1).
2. Aus gesellschaftlicher Sicht stellt sich dagegen die Frage nach den Präferenzen der Akteure – Politiker, Experten der Fachbehörden, lokale Bevölkerung – bei zwei miteinander verbundenen Entscheidungen: bei der Bestimmung des erwünschten Sicherheitsniveaus und bei der Auswahl einer von mehreren nutzengleichen aber unterschiedlichen Strategien. Welche Fortentwicklungen oder Änderungen der Küstenschutzstrategie angesichts des globalen Klimawandels sind am ehesten mit den öffentlichen Interpretationen und den Präferenzen der Bevölkerung kompatibel? Ruft die Öffentlichkeit angesichts des Klimawandels nach drastischen neuen Schutzmaßnahmen und verlangt vom Staat die Herstellung absoluter Sicherheit oder akzeptiert sie ein gewisses Maß an Risiko (siehe Kapitel 5.4.2)?

3. Für die Planung des Küstenschutzes ist eine Antizipation der neuen Bedrohungslage notwendig, die nicht – wie in der Vergangenheit – aus Erfahrungswerten abgeleitet werden kann. Dabei gibt es nach wie vor Unsicherheiten über die Details der Auswirkungen des Klimawandels. Die Schlüsselfrage lautet nun, ob es trotz dieser Unsicherheit gelingt, rechtzeitig genügend gesellschaftliche und politische Unterstützung zu mobilisieren, um die Anpassung rasch genug vornehmen zu können (siehe Kapitel 5.4.3).

5.4.1 Präferenzen hinsichtlich des Küstenschutzes

KRIM: Die empirischen Indikatoren zeigen, dass die Bevölkerung an der Küste mit dem bestehenden Küstenschutz zufrieden ist und v.a. Küstenschutzmaßnahmen akzeptieren wird, die die derzeitige Strategie fortsetzen.

Die erhobenen empirischen Indikatoren weisen auf eine hohe generelle Zufriedenheit der Bevölkerung mit dem bestehenden Küstenschutz sowie auf eine affirmative Thematisierung des Küstenschutzes in den regionalen Medien hin. Natürlich kommt es lokal immer wieder zu Interessenkonflikten, vor allem weil Küstenschutzmaßnahmen Grundbesitz und dessen Nutzungsmöglichkeiten tangieren. Die gegenwärtige Küstenschutzstrategie als solche wird von der Bevölkerung in den untersuchten Orten sowie in der regionalen Medienberichterstattung aber weitgehend bejaht. Wenn man daher nach den gegenwärtigen Präferenzen hinsichtlich des Küstenschutzes fragt, so lautet die primäre Antwort: Fortführung der gegenwärtigen Praxis. Offenbar gibt es einen breiten Konsens über den Küstenschutz.

KRIM: Die Öffentlichkeit geht davon aus, dass der Küstenschutz die aus dem Klimawandel resultierenden Herausforderungen im Rahmen der etablierten Strategie bewältigen können.

Derzeit geht die Bevölkerung an der Küste offenbar davon aus, dass der Klimawandel zwar eine Herausforderung für den Küstenschutz darstellt, dass der Küstenschutz diese Herausforderung jedoch durch moderate Modifikationen bewältigen kann. Es gibt einige Zustimmung zu „sanften“ Küstenschutzmaßnahmen (Änderung der Flächennutzung) im Allgemeinen, aber eine vehemente Ablehnung drastischer Küstenschutzmaßnahmen wie des fiktiven Plans eines „Ostfriesendamms“. Um ihre Präferenz für die moderate Küstenschutzvariante zu rechtfertigen, spielen unsere Testleser sogar das Sturmflutrisiko herunter.

KRIM: Die Diskurse zum Klimawandel und zu Küstenschutzrisiken sind bisher sowohl in den Medien als auch in der Wahrnehmung der Öffentlichkeit (anders als in der Fachöffentlichkeit) kaum miteinander verbunden: obwohl der Klimawandel als unabweisbar und als „Gefährdung“ gesehen wird, besteht jedoch kaum Besorgnis über die Zunahme der Sturmflutrisiken durch den Klimawandel.

Von den möglichen Maßnahmen zur Adaption des Küstenschutzes an den Klimawandel würden unter den derzeitigen Bedingungen am ehesten solche akzeptiert, die in den Rahmen der bereits eingeführten Küstenschutz-Strategie passen. Es bedürfte einer massiven Krise (z.B. durch Sturmflut-Ereignisse, öffentlichkeitswirksame alarmierende wissenschaftliche Studien oder Skandale um Küstenschutz-Institutionen), um die Überzeugung der Bevölkerung zu erschüttern, dass die ver-

traute Küstenschutz-Strategie das Sturmflut-Risiko derzeit und künftig beherrscht. Nur dann würde eine Grundlage für die Akzeptanz neuartiger Küstenschutz-Maßnahmen entstehen (Peters & Heinrichs 2004).

5.4.2 Management der Adaption an den Klimawandel

KRIM: Öffentliches und politisch-administratives Risikokonstrukt der Sturmflut-Risiken sind auf der regionalen Ebene zwar nicht identisch, aber weitgehend widerspruchsfrei (im Zusammenhang mit dem „Versprechen“, Sicherheit zu garantieren). Dies wird auch durch das hohe Vertrauen deutlich, dass der Küstenschutz (als Teil des politisch-administrativen Systems) in den drei Untersuchungs-orten Bremen, Wilhelmshaven und Wangerland genießt.

Eine für die Adaption notwendige Ressource ist neben finanziellen Mitteln vor allem gesellschaftliche Legitimität. Diese ist notwendig, um Betroffene zur Inkaufnahme von individuellen Nachteilen zugunsten des Allgemeinwohls zu bewegen oder Institutionen zur Änderung von eingeschliffenen Routinen zu veranlassen, mit denen jeweils auch bestimmte Budgets, Kompetenz- und Machtverteilungen sowie finanzielle oder sonstige Interessen verbunden sind.

Die meisten „Probleme“, die in unserer Gesellschaft gelöst werden, werden nicht-öffentlich und durch etablierte Routinen in den dafür zuständigen Teilsystemen und Institutionen bearbeitet. Öffentliche Aufmerksamkeit entsteht in erster Linie bei neuen Problemen, für die Zuständigkeiten erst noch bestimmt und akzeptierte Routinen entwickelt werden müssen, oder bei Anzeichen eines Versagens der zuständigen Institutionen und etablierten Routinen. Gründe für das Versagen können beispielsweise Inkompetenz, Ressourcenmangel, moralische Korruption, veränderte Randbedingungen oder der gesellschaftliche Wertewandel sein.

Die Einbeziehung der lokalen bzw. regionalen Öffentlichkeit in die Konzeptionierung des Küstenschutzes kann aus verschiedenen Gründen sinnvoll sein: (1) zur Ermöglichung von politischer Partizipation im Sinne einer Mitgestaltung der Lebensbedingungen vor Ort; (2) zum Einbezug lokalen Wissens in Entscheidungsprozesse, die ansonsten von allgemeinem Expertenwissen dominiert werden; (3) zur Schaffung von Legitimität für Veränderungen, die dann zu öffentlichem Druck auf Entscheidungsträger führt.

Es ist gegenwärtig unklar, ob die Anpassung des Küstenschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels tatsächlich öffentlicher Aufmerksamkeit und Legitimierung bedarf. Wenn es eher um kleinere Anpassungen der Küstenschutz-Strategie geht, die technischen Charakter haben, dürfte die Anpassung der Routinen evolutionär innerhalb des Systems des Küstenschutzes möglich sein. Sind dagegen in erheblichem Umfang finanzielle Umverteilungen notwendig oder stoßen die notwendigen Veränderungsprozesse auf organisatorische, mentale oder interessenbedingte Barrieren, kann politischer Druck seitens der betroffenen Bevölkerung zusammen mit einem entsprechenden Mediendiskurs ein Weg sein, um Strukturen aufzuweichen und so Veränderungspotenziale zu schaffen.

Angesichts der starken Unterstützung der derzeitigen Küstenschutzstrategie sind weitergehende Maßnahmen für die Bevölkerung dann am ehesten akzeptabel, wenn sie der Sache nach und argumentativ als Fortführung, Verbesserung oder Modifikation der gegenwärtigen Strategie einge-

führt würden. Ein Bruch mit der Tradition des bewährten Küstenschutzes oder ein „Neuanfang“ wäre allenfalls nach krisenhaften Ereignissen durchsetzbar.

KRIM: Das hohe Vertrauen in den Küstenschutz ist Chance und Problem zugleich: Es bietet für den Küstenschutz die Chance, Unterstützung bei der Überwindung externer Widerstände zu gewinnen, wenn allerdings Veränderungen von außerhalb durchgesetzt werden sollen, ist ein erhebliches Beharrungsvermögen zu erwarten.

Eine zentrale Frage hinsichtlich der möglichen Rolle der lokalen oder regionalen Bevölkerung beim Risikomanagement an der Küste ist die nach den möglichen Koalitionen: Wer hätte bei der Bevölkerung gute Karten und könnte am ehesten ihre Unterstützung gewinnen?

In dieser Hinsicht ist das hohe Vertrauen in den Küstenschutz potentiell Problem und potentielle Chance: Es ist eine Chance, wenn der Küstenschutz Veränderungen gegen externe Widerstände initiieren möchte. Der Küstenschutz hat die Möglichkeit, das hohe Vertrauen als Ressource zu nutzen, um die Bevölkerung und Öffentlichkeit als Verbündeten zu gewinnen und mit dieser Unterstützung die als notwendig erachteten Modifikationen vorzunehmen.

Das hohe Vertrauen des Küstenschutzes ist andererseits ein Problem, wenn sich die Akteure des Küstenschutzes gegen notwendige Veränderungen stellen. Dann nämlich können Veränderungen der Küstenschutz-Strategie nur schwer durchgesetzt werden. Die Öffentlichkeit oder lokale Bevölkerung gegen den Küstenschutz zu mobilisieren, dürfte gegenwärtig kaum möglich sein. Wenn es doch einmal zu einer solchen Konfliktlage käme, dann ist die Wissenschaft diejenige Institution (möglicherweise in Koalition mit küstenschutzkritischen Initiativen oder NGOs), die die lokalen Akteure des Küstenschutzes mit der höchsten Erfolgswahrscheinlichkeit herausfordern könnte (Peters & Heinrichs 2004).

5.4.3 Veränderungspotenziale: Sturmflut-„Signale“ und Krisen

Folgende Annahmen zur Abschätzung mutmaßlicher Reaktionen der Öffentlichkeit auf die Manifestation verschiedener denkbarer Risikoszenarien können benannt werden. Es soll dabei analysiert werden, unter welchen Bedingungen das öffentliche Risikokonstrukt zu einer Krise des Küstenschutzes führen könnte. Damit wird nicht impliziert, dass dieses notwendig oder wünschenswert wäre oder dass der derzeitige Küstenschutz defizitär ist. Das Potenzial zur Initiierung von Veränderungsprozessen ist jedoch eine wichtige gesellschaftliche Ressource, die für die Adaption an neue Herausforderungen, wie den Klimawandel entscheidend ist.

1. Eine Risikoerhöhung, die sich lediglich in Form von abstrakten Messdaten (z.B. durchschnittliche Pegelstände, Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen) oder probabilistisch ermittelten Risikomaßen manifestiert, führt nicht zu einer durchgreifenden Änderung der bestehenden öffentlichen Einschätzung des Sturmflut-Risikos, die derzeit von Vertrauen in den Küstenschutz geprägt ist. Numerische Kennzahlen haben nur eine geringe Relevanz für die Risikowahrnehmung von Laien; Medien berichten über sie allenfalls gelegentlich als Popularisierung wissenschaftlicher Studien.

2. Nach der Theorie der Ressourcenmobilisierung bedarf es sozialer Akteure (Institutionen oder soziale Bewegungen) für die Umsetzung von allmählichen Veränderungen in politischen Handlungsdruck. Beim Klimawandel haben die Wissenschaft sowie die ökologische Bewegung diese Aufgabe übernommen. Bei den Sturmflutrisiken fehlen solche Akteure bislang: Die Wissenschaft spielt derzeit eine geringe Rolle in der öffentlichen Diskussion der Küstenrisiken, das für den Küstenschutz zuständige politisch-administrative System müsste Druck gegen sich selbst erzeugen (d.h. sich selbst de-legitimieren), die ökologische Bewegung sieht den Küstenschutz teilweise als Hindernis zu einer naturnahen Gestaltung des Küstenraumes. Von der ökologischen Bewegung wäre allenfalls Unterstützung bei einem Strategiewechsel von einem weitgehend auf technische Anlagen beruhenden Küstenschutz (Deiche, Sperrwerke etc.) hin zu einem stärker auf Extensivierung der Nutzung des Küstenraumes gerichteten Küstenschutz zu erwarten. Allerdings würde die ökologische Bewegung als Akteur in der Küstenschutz-Diskussion stets mit dem Vorbehalt betrachtet, dass es ihr primär um den Schutz der Natur und nicht um die Sicherheit der Bevölkerung geht.
3. Medien reagieren bevorzugt auf tatsächliche oder hypothetische Schadenereignisse, nicht dagegen auf die Eintrittswahrscheinlichkeit solcher Schäden (Singer & Endreny 1993). Wenn sich Entwicklungen hin zu einem größeren Risiko nicht als Änderung der eintretenden oder erwartbaren Schadenereignisse selbst, sondern nur in einer größeren Wahrscheinlichkeit solcher Schadenereignisse manifestieren, bleibt dies vermutlich ohne große Auswirkungen auf die Medienberichterstattung. Treten dagegen tatsächliche Schadenereignisse, Beinahe-Schadenereignisse oder neue Schadensszenarien auf, erwarten wir eine starke Intensivierung der Medienaufmerksamkeit, vor allem auch außerhalb der potentiell betroffenen Küstenregionen.
4. Krisen de-legitimieren bestehende Praxis und schaffen so Veränderungspotenziale. Krisen, die den Küstenschutz betreffen, würden also die derzeitige Küstenschutz-Praxis in Frage stellen und das Vertrauen in die für den Küstenschutz zuständigen Institutionen reduzieren. Es würde Schuldvorwürfe geben und eine Bereitschaft entstehen, Änderungen an der Organisation und der technischen Ausführung des Küstenschutzes vorzunehmen. Wodurch können nun solche Krisen entstehen? In erster Linie natürlich durch Schadenereignisse, die als Versagen des Küstenschutzes beurteilt werden würden, also vor allem durch Sturmfluten verursachte Überschwemmungen hinter der Deichlinie. Aber auch soziale „Katastrophen“ – Korruptionsskandale, offenkundiges Missmanagement oder das Aufdeckung von gravierenden Irrtümern und Fehleinschätzungen – können entsprechende Krisen auslösen.
5. Wiederholung von Krisen steigert deren Effekte. Die Wiederholung schließt bestimmte Interpretationen („Sonderfall“, „Schicksal“) aus und macht klar, dass man es mit einer Klasse von Ereignissen zu tun hat, mit denen man ständig rechnen muss und für die man organisatorisch und/oder technisch vorsorgen muss. Zwar ist es denkbar, dass die Öffentlichkeit jedes Mal schwächer auf ein wiederholtes Ereignis reagiert, aber die Umsetzung neuer Herausforderungen in neue gesellschaftliche Routinen der Problembearbeitung dürfte von der Wiederholung stark gefördert werden. Für die zuständigen Risikomanager (Küstenschutz) wird mit jeder Wiederholung die Zurückweisung des Vorwurfs schuldhaften Versagens mit dem möglichen Argument „Das Ereignis war unvorhersehbar“ weniger glaubwürdig.

Die Effekte von Entwicklungen und Ereignissen unterhalb der Schwelle von Schadenereignissen (oder Beinahe-Schadenereignisse), wie z.B. Erhöhung von Pegelständen, beunruhigende Risikoabschätzungen, Studien zum Zustand des Küstenschutzsystems oder Skandale um Küstenschutz-Institutionen, sind stark kontingent, d.h. abhängig davon, wer diese subtilen Gefahrenindikatoren öffentlichkeitswirksam nutzt. Wie oben angedeutet ist kein offensichtlicher Akteur vorhanden, um den Küstenschutz herauszufordern. Am ehesten könnte vermutlich eine informelle regionale oder lokale Koalition bestehend aus einer Initiative besorgter betroffener Bürger und der einschlägigen Küstenschutz-Forschung eine öffentliche Krise des Küstenschutzes inszenieren (Peters & Heinrichs 2004).

5.5 Herausforderungen an die öffentliche Risiko- und Umweltkommunikation

Ein weiteres Ziel der Analyse des öffentlichen Risikokonstrukts ist die Analyse der Randbedingungen der öffentlichen Kommunikation über den Klimawandel, Kommunikationsbarrieren und -probleme zu identifizieren und Schlussfolgerungen hinsichtlich einer Beratung der an der öffentlichen Kommunikation beteiligten Kommunikatoren, vor allem Journalisten, wissenschaftliche Experten und Risikomanager aus dem politisch-administrativen Bereich, zu ziehen.

An der öffentlichen Kommunikation über den globalen Klimawandel sind maßgeblich der Journalismus sowie als Primärkommunikatoren Akteure aus den Bereichen Wissenschaft und Politik beteiligt. Obwohl es sich um ein Umweltthema handelt, spielen NGOs als Primärquellen quantitativ eine überraschend geringe Rolle. Die Wissenschaft thematisiert in der Berichterstattung schwerpunktmäßig Art, Höhe und Ursachen der klimabedingten Risiken; die Politik fokussiert auf Maßnahmen zur Bewältigung des Problems. Die Abgrenzung ist aber nicht trennscharf, d.h. wissenschaftliche Informationsquellen thematisieren auch politische Aspekte, politische Informationsquellen machen Aussagen über Art und Höhe der Risiken. Das Thema „Klimawandel“ ist ein Beispiel, in dem wissenschaftliche und politische Akteure in aufeinander bezogener Kommunikation die Medienberichterstattung prägen. Dies hat sich sowohl bei der Inhaltsanalyse der Medienberichterstattung als auch bei der Befragung der an der öffentlichen Kommunikation involvierten Experten und Journalisten gezeigt.

Die offenbar problemlos funktionierende Integration wissenschaftlicher Expertise in den öffentlichen Diskurs ist eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung sachlich adäquater gesellschaftlicher Reaktionen auf die Herausforderungen des Klimawandels. Die relativ hohe Zufriedenheit der miteinander interagierenden Wissenschaftler und Journalisten ist eine wichtige Vorbedingung dafür, dass eine funktionierende Schnittstelle zustande kommt. Sie ist aber kein Beweis für die Qualität der öffentlichen Kommunikation bzw. der Medienberichterstattung. Diese ist an drei normativen Kriterien zu messen (Peters & Heinrichs 2004):

1. der adäquaten Darlegung der mit der Klimaproblematik verbundenen gesellschaftlichen Entscheidungsprobleme (siehe Kapitel 5.5.1),
2. dem Angebot an meinungsbildungs-relevantem Wissen für das Medienpublikum (siehe Kapitel 5.5.2),

3. der Gewährleistung eines Zugangs zur Öffentlichkeit für alle Akteure, die zu dem Thema Relevantes zu sagen haben.

5.5.1 Adaption vs. Mitigation

KRIM: Als Maßnahmen zur Bewältigung der mit dem Klimawandel verbundenen Risiken fokussieren Medien und Öffentlichkeit fast ausschließlich auf Mitigation, also Vermeidung von Klimawandel; Anpassung spielt in den Diskursen (zum Zeitpunkt der Erhebung) fast keine Rolle.

Die vermutlich notwendige Adaption an den Klimawandel, also die Anpassung von Industrie, Landwirtschaft, Infrastruktur sowie natürlich Küsten- und Hochwasserschutz an die zu erwartenden neuen klimatischen Bedingungen (Windgeschwindigkeiten, Temperaturen, Niederschläge) sowie an den steigenden Meeresspiegel, spielt im öffentlichen Diskurs derzeit nur eine untergeordnete Rolle. Als Konsequenz der Fokussierung auf Mitigation stehen auch die vermutlich mittel- und langfristig notwendigen Anpassungen des Küstenschutzes nicht auf der nationalen Agenda.

Einer der Gründe für die relative Vernachlässigung der Adaption ist vermutlich die wissenschaftliche Unsicherheit über das Ausmaß des Klimawandels und der damit verbundenen Folgen (z.B. Temperaturänderungen und Anstieg des Meeresspiegels), die sich beispielsweise in einem breiten Spektrum an für denkbar gehaltenen Entwicklungen in den IPCC Reports äußert. Unsicherheit gibt es ferner über die Rolle der anthropogenen Treibhausgas-Emissionen. Diese Diskussion der Unsicherheit mit der Präsentation immer neuer „neuester“ Erkenntnisse zieht journalistische Aufmerksamkeit auf sich. Gleichzeitig gibt es mit der Wissenschaft einen interessierten und glaubwürdigen Primärkommunikator, der immer wieder Informationen dazu anbietet. Ein weiterer Grund ist vermutlich die Präferenz der ökologischen Bewegung, die Ursachen von Umweltproblemen zu bekämpfen statt nur die Schäden zu reparieren. Außerdem ist die Forschung, die sich ganz explizit mit Klima-Adaption befasst, rein quantitativ weitaus weniger umfangreich als die für die Diskussion der Mitigation relevante Forschung zur Klimaentwicklung und -modellierung. Mit einer geänderten Förderstrategie z.B. des Bundesministeriums für Bildung und Forschung könnte sich das durchaus ändern. Möglicherweise verfügt die für die Entwicklung von Adaptionsmaßnahmen relevante Wissenschaft und Technik auch nicht über ein so effektives Interface zum Journalismus wie die Klimaforschung.

Unter dem Gesichtspunkt des Risikomanagements muss man sich fragen, ob die relative Vernachlässigung der Adaption in der öffentlichen Kommunikation negative Konsequenzen hat. Dieses wäre zu bejahen, wenn die Adaption nicht innerhalb der existierenden gesellschaftlichen Routinen möglich wäre, sondern ihre Änderung erfordern würde. In diesem Fall könnte öffentliche Kommunikation diesen Prozess beschleunigen.

Ein Problem könnte darin bestehen, sowohl Mitigation als auch Adaption öffentlich zu thematisieren. Eine stärkere Fokussierung auf Adaption würde den Mitigationsmaßnahmen tendenziell die gesellschaftliche Unterstützung entziehen, weil die Forderung nach Adaption das implizite Eingeständnis darstellt, dass die Mitigation wirkungslos ist. Es bedürfte also elaborierter und differenzierter Argumentationsstrategien, um die Position zu unterstützen, dass sich die Gesellschaft auf die unvermeidlichen Folgen des Klimawandels einstellen, gleichzeitig aber Vermeidungsstrategien ergreifen muss, um das Ausmaß des Klimawandels für die Zukunft zu begrenzen. Dies gelingt nicht

mit einer alternierenden Darstellung von Mitigation und Adaption in getrennten Kommunikationsakten. Dies würde das Medienpublikum tendenziell irritieren. Vielmehr bedarf es Argumentationsformen und Medienberichte, die explizit die beiden Strategien – Mitigation und Adaption – und ihr Verhältnis zueinander thematisieren (Peters & Heinrichs 2004).

5.5.2 Interpretation von Ereignissen als Signale einer Klimaveränderung

KRIM: Die Klimaforschung und die -folgenforschung sollte nicht nur ihre Erkenntnisse, sondern auch ihren Erkenntnisprozess verständlich kommunizieren um deutlich zu machen, dass Unsicherheiten in Aussagen über zukünftige Entwicklungen kein Resultat „schlechter“ Wissenschaft, sondern prognostischer Forschung implizit sind.

Unabhängig davon, ob die Verbindung von konkreten Einzelbeobachtungen und dem globalen Klimawandel im Einzelfall gerechtfertigt ist oder nicht, ist die Argumentation mit Beobachtungen für Laien relativ überzeugend, weil sie zu ihrer intuitiven Epistemologie passt. Für Kommunikatoren, die die Bevölkerung von der Existenz und Bedrohlichkeit des globalen Klimawandels überzeugen möchten, liegt es daher nahe, mit nachvollziehbaren Beobachtungen zu argumentieren. Allerdings ist dieses „persuasive Schwert“ zweischneidig: Ein paar untypisch kalte Tage können als Evidenz gegen die Existenz des globalen Klimawandels gewertet werden. Letztlich bestärkt die auf Beobachtungen verweisende Art der Kommunikation über die Evidenz des Klimawandels die simple Epistemologie der Laien und behindert damit indirekt ein tieferes Verständnis der Gründe, die die Wissenschaft zum Schluss kommen lässt, dass ein globaler Klimawandel im Gange ist.

Zweifellos bedarf es eines höheren Aufwandes, die epistemischen Grundlagen der wissenschaftlichen Aussagen über den globalen Klimawandel besser zu erklären. Dieser Aufwand lohnt jedoch, weil die Erklärung des Erkenntnisprozesses zu einem besseren Verständnis der Wissenschaft, der wissenschaftlichen Ergebnisse sowie der Gründe für vorhandene Unsicherheit führt. Unsicherheit von Ergebnissen und deren regelmäßige Revision durch neue Erkenntnisse würden dann eher als prinzipielles Problem des Erkenntnisprozesses und nicht als Beleg für defizitäre Wissenschaft verstanden. Katherine E. Rowan (1999) empfiehlt daher, nicht nur die wissenschaftlichen Ergebnisse, sondern auch den Erkenntnisprozess, der zu den Erkenntnissen führt, in verständlicher Form zu kommunizieren. Dies ist vor allem eine Herausforderung an die Klimaforschung sowie an den Wissenschaftsjournalismus (Peters & Heinrichs 2004).

6. KRIM: das politisch-administrative Risikokonstrukt

Das politisch-administrative Risikokonstrukt (RK) ist in KRIM durch das TP 5 (Lange et al. 2005) analysiert worden, deren Ergebnissen hier wesentlich gefolgt werden soll. Auf der Grundlage der Analysen im politisch-administrativen RK lässt sich die Frage nach dem Entscheidungsdruck und der Anpassungsfähigkeit des politisch-administrativen Küstenschutzes in Niedersachsen und Bremen sowohl bezogen auf gegenwärtige Risiken wie auf mögliche Auswirkungen einer Klimaänderung beantworten. Um zu verdeutlichen, wie das für den Küstenschutz zuständige politisch-administrative System (PAS) dabei sowohl die Gefahr von Extremereignissen als auch die potenziellen Auswirkungen eines erhöhten Meeresspiegelanstiegs in ein bearbeitbares Risiko transformiert, wird in einem ersten Schritt das Risikoprogramm des PAS zusammengefasst. Dieses ergibt sich aus den Aussagen der Experten zum Status quo der Küstenschutzsysteme sowie zum Adaptionspotenzial des Küstenschutzes gegenüber potenziellen zukünftigen Ereignissen (KRIM-Szenarien, Klimaforschung und Unsicherheit). Daran anknüpfend werden in einem zweiten Schritt die unterschiedlichen Dimensionen der Handlungsbereitschaft des politisch-administrativen Küstenschutzes dargestellt. Hierbei geht es zentral um die Frage, wodurch und wann Handlungsbedarf entsteht. Beides – Risiko- und Handlungsprogramm des PAS – bildet die Grundlage für Handlungsempfehlungen für ein zukünftiges Risikomanagement (siehe Kapitel 10).

Diskurse stellen immer auch ein Handlungsprogramm dar, das darüber Auskunft gibt, welche Institution Wissen liefern soll, wer entscheiden soll, und was entschieden werden soll (vgl. Hajer 1995). Die gegenwärtig praktizierte Art der Deichbemessung wird dabei von Akteuren aller administrativen Ebenen als politischer Auftrag bzw. als Produkt gesellschaftspolitischer Entscheidung verstanden. Gleichzeitig stellt diese Leitlinie jedoch aus Sicht der Küstenschutzexperten ein historisch bewährtes und vor allem sachlich machbares, d.h. realistisches Maß bereit, das der Politik im Sinne eines - zu optimierenden - Handlungsprogramms entgegengebracht wird. Die sachliche Angemessenheit ihres Risiko- und Handlungsprogramms machen die Akteure einerseits in der Bewertung des aktuellen Status quo der Schutzsysteme, andererseits in ihrer Einschätzung zukünftiger potenzieller Ereignisse deutlich (Lange et al. 2005).

6.1 Wie wird sachliche Angemessenheit für den gegenwärtigen Küstenschutz begründet?

KRIM: Der Zusammenhang zwischen den Diskursen Klimawandel und Sturmflutrisiken wird bei den Akteuren des PAS zwar weitgehend gesehen, Konsequenzen aber aufgrund der noch zu großen Unsicherheiten über die Entwicklung noch abgelehnt. „Handeln erst auf Basis sicheren Wissens“ wird als Handlungsmaxime genannt; dies ist mit den implizit unsicheren Ergebnissen der Klimaforschung nicht kongruent.

Kennzeichnend für die Bewertung des aktuellen Zustands der Sicherungssysteme ist im Fall der Deichbemessung ein Sicherheitsdiskurs, in dem lokale bzw. regionale Sicherheit durch gleiche Sicherheitsstandards für alle gewährleistet werden soll. Im Kontext des dabei von der Mehrheit der Küstenschützer thematisierten Sicherheitsdiskurses werden jedoch eine Reihe von Risiken genannt, die sich grob in natürliche bzw. traditionelle Risiken und hybride, weil teilweise menschengemach-

te, situativ-kontextabhängige oder wissenschaftlich-technische Risiken unterscheiden lassen. Allen behördlichen Ebenen des Küstenschutzes gemein ist in diesem Zusammenhang die Thematisierung verschiedener und komplexer Risikodimensionen, ohne diese explizit als hybride Risiken zu interpretieren. Entsprechend ihren jeweiligen Aufgaben thematisieren die verbandlichen Küstenschützer und obersten Deichbehörden vielmehr das ökonomische Risiko häufiger, während die Deichbehörden als Umsetzungsinstitutionen neben wissenschaftlich-technischen Risiken vor allem auf lokal unterschiedliche Gefährdungslagen und Restrisiken hinweisen. Bei der Darstellung solcher Risiken wissen die Experten aufgrund ihrer langjährigen praktischen Erfahrung sowohl um die natürlichen Sturmflutgefahren wie um die damit verbundenen Versagensmöglichkeiten ihrer Schutzsysteme.

Die Thematisierung von Risiken erfolgt allerdings überwiegend im Rahmen eines systemisch begründeten Vertrauens in den derzeitigen Küstenschutz. Dies verdeutlicht auch, weshalb die Küstenschützer etwa mit Blick auf den Klimawandel nicht von „neuen“ Risiken sprechen. Eingebettet in einen Sicherheitsdiskurs wird vielmehr ein situatives Risikokonzept sichtbar, das mit der Vorstellung der Kontrollierbarkeit, aktiven Herstellbarkeit und wissenschaftlich-technischen Optimierung von Sicherheit durchaus koexistiert. Indem sie ebenso gute wissenschaftlich-technische wie organisatorische und wirtschaftliche Bemessungsstandards anführen, mit denen bislang lokal und regional aktiv Sicherheit hergestellt wurde, aktivieren die Akteure dabei mit dem Bemessungsverfahren den Kern ihrer jeweiligen Expertenrationalität und machen dieses Verfahren zu ihrer Handlungsgrundlage. Mit Hilfe des Verweises auf den gesetzten Sicherheitsstandard werden Gefahren und Risiken dabei einerseits durch Ausschluss (Restrisiko) andererseits durch ihre wissenschaftlich-technische, rechtliche und institutionelle Überführung in einen Sicherheitsstandard in politisch-administrativ zu bewältigende Risiken transformiert. Obwohl eine große Anzahl von Küstenschutzexperten auf allen behördlichen Ebenen in diesem Zusammenhang dazu tendiert, das gegenwärtige Sicherheitssystem durch Hinzufügen neuer Elemente zu verbessern, votieren die zentralen administrativen Akteure mit Blick auf den Sicherheitsstandard somit deutlich für die Kontinuitätsoption.

Diese Kontinuitätsoption bestätigt sich bei der Einschätzung der Folgen des Extremereignis-Szenarios „Anatol“ für den Zustand der derzeitigen Sicherungssysteme zunächst nicht. Statt einer eindeutigen Mehrheit hält hier lediglich ein Drittel der Experten die Sicherheit des Küstenschutzsystems für nicht gefährdet, während ein Drittel der Auffassung sind, die Sicherheit der geschützten Gebiete sei bei Eintritt einer spezifischen Sturmflut entweder gefährdet oder nicht mehr gegeben. Konträr zu dieser Einschätzung ist die Handlungsbereitschaft allerdings wiederum deutlich von der Kontinuitätsoption geprägt. Dies hängt unserer Auffassung nach maßgeblich mit der im Rahmen der Anatol und KRIM-Szenarien von zahlreichen Akteuren formulierten Kritik einer szenariobasierenden Klimafolgenabschätzung zusammen. Vor allem mit ihrem Verweis auf wissenschaftliche Unsicherheiten (Datengrundlage, Eintrittswahrscheinlichkeit) und ihrer Kritik medial verbreiteter Schreckensszenarios machen die Küstenschutzexperten deutlich, warum die Szenariotechnik der Klimafolgenforschung bei ihnen derzeit noch auf eine geringe Akzeptanz stößt (Lange et al. 2005).

6.2 Wie wird das Adaptionspotenzial für potenzielle Ereignisse begründet?

KRIM: Die Verantwortung für die Risikoakzeptanz wird vom administrativen Küstenschutz dem politischen Teil des PAS zugeordnet, die Frage der Risikoabschätzung der administrativen Küstenschutzforschung. Beide werden vom administrativen Küstenschutz als quasi externe Faktoren betrachtet, an die Strategieentscheidungen delegiert sind.

Weil Ereignisse wie die potenziellen lokalen Folgen des Klimawandels jedoch auch für Küstenschützer kein ausschließlich lokal beurteilbares Problem darstellen, wird im folgenden ihre Umgehungsweise mit diesem Problem zusammengefasst. Ein zentrales Ergebnis ist hier, dass Strategiefragen und Risikoabschätzungen im Rahmen einer engen und langjährigen Zusammenarbeit jeweils an die eigene politisch-administrative Forschung oder an die der Administration vorgeschalteten Politik delegiert werden. Ausgehend von einem grundlegenden Zwang, sich im politisch-administrativen Mehrebenensystem auf Wissenschaft zu beziehen, wird das Feld wissenschaftlicher Expertise dabei in zwei separate Diskurse, die Klimafolgenforschung und Küstenschutzforschung aufgeteilt. Gleichzeitig wird die Handlungsbereitschaft der Küstenschützer durch die den beiden Feldern zugeschriebenen Besonderheiten in ihrem Verhältnis zur Politik entscheidend mitgeprägt.

Die Bewertung des KRIM-Klimaszenarios durch die Küstenschutzexperten bestätigt dabei den für den Status quo propagierten Sicherheitsdiskurs. So sieht sich das politisch-administrative System durch die KRIM-Szenarien ebenfalls nicht zu einem Systemwechsel veranlasst. Vielmehr hält die Mehrheit der Akteure die Sicherheit der Küstenschutzsysteme im Fall des für das Jahr 2050 angenommene KRIM-Klimaszenarios eines um 55 cm erhöhten Meeresspiegels nicht für gefährdet und die bislang angewandten Methoden und Strategien für ausreichend.

Die für den Status quo gemachte Kernaussage, nach der die derzeitige Bemessung und Schutztechnik genügend Sicherheit garantiert, färbt dabei auch auf die politisch-administrative Handlungsbereitschaft bezüglich Klimawandel und potenziellem Meeresspiegelanstieg ab. So sollen neue Probleme wie der Klimawandel im Rahmen der Kontinuitätsoption in den Normalbetrieb integriert werden.

KRIM: Die Akteure des politisch-administrativen Systems setzen ganz überwiegend auf eine Systemkontinuität, gehen also davon aus, die Folgen des Klimawandels im Rahmen des „Normalbetriebs“ bewältigen zu können.

Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse der Klimaforschung sind in diesem Zusammenhang ebenso wenig wie die von KRIM entwickelten Klimaszenarien in der Lage, das Vertrauen der Akteure in die eigene Erfahrung sowie in das der Küstenschutzforschung und ihre statistischen Methoden nachhaltig zu erschüttern. Stattdessen wird unter Betonung gegenwärtiger Unsicherheiten darauf vertraut, das Problem der Prognostizierung der lokalen Konsequenzen eines Klimawandels gemeinsam mit einer sicheren Wissen liefernden Klimafolgenforschung rational und im Rahmen von zu optimierenden Bemessungsmethoden vor Ort bewältigen zu können. Die Experten betonen dabei ausdrücklich die sicherheitsstiftende Rolle lokaler Forschung für das Risikomanagement an der deutschen Nordseeküste. Konkret beinhaltet dies, dass die Autorität lokalen Fachwissens der Klimafolgenforschung an die Seite gestellt wird. Diese dient als lokale Übersetzungsinstitution für das Wis-

sen der Klimaforschung, während die Klimafolgenforschung vor allem mit Blick auf die aktuelle Handlungsrelevanz und Öffentlichkeitswirksamkeit ihrer Ergebnisse („Szenarios“, Unsicherheit) als noch zu unsicher gilt.

Sowohl in den auf den Status quo wie auf zukünftige Ereignisse bezogenen Strategien der Küstenschutzexperten werden hier die Formen einer hybriden Wissenschafts-Verwaltungs-Politik-Domäne sichtbar, bei der die politische Praxis u.a. durch Erwartungen an zukünftige Leistungen der Klimaforschung/eigenen Küstenschutzforschung gerahmt wird. Der administrative Küstenschutz in Niedersachsen und Bremen hat jedoch auf der anderen Seite differenzierte Formen der Grenzarbeit entwickelt, und besitzt genügend eigenes Systemvertrauen sowie Adaptionspotenzial, um sich für konkreter werdende Folgen des Klimawandels gerüstet zu sehen. Die Klimaforschung erfüllt hier derzeit weder eine Sicherungsfunktion noch ist sie handlungsrelevant (vgl. dazu konträr für Hamburg: Blank & Krupp 1995). Dies wird jedoch für die Akteure durch das lokale Forschungs- Traditionen-, und Adaptionspotenzial des Küstenschutzes selbst ausgeglichen. Mit anderen Worten: der Focus des Küstenschutz liegt auf der systemischen Funktionsfähigkeit und institutionellen Vernetztheit eines gleichermaßen wissenschafts- wie erfahrungsbasierten Handlungs- und Techniksystems, das in der Lage ist, zu wachsen um auf Extremereignisse ebenso wie auf konkreter werdende Ergebnisse der Klimaforschung zu reagieren. Durch eine über einzelne Handlungsebenen hinweg wirksamen personelle Vernetzung wird dabei die wechselseitige Konstitution und Verwiesenheit rechtlicher, traditionsbasierter, wissenschaftlich-technischer, organisatorischer und finanzieller Elemente sichtbar.

KRIM: Die Akzeptanz der Methoden (z. B. der probabilistischen Risikoanalyse) und Ergebnisse des wissenschaftlichen RK ist derzeit im PAS noch relativ gering; es wird sowohl auf eine noch erforderliche Weiterentwicklung der Methoden verwiesen als auch auf eine noch zu große Unsicherheit bzgl. der Ausprägung des Klimawandels.

Die dabei zu beobachtende Delegation der Risikoabschätzung meint jedoch mehr als nur den Umstand, dass die Entscheidung über eine Optimierung oder gar Veränderung der bestehenden Deichbemessung im Rahmen des administrativen Mehrebenensystems institutionell an anderer Stelle bzw. außerhalb des eigenen Zuständigkeitsbereichs verortet wird. Mit der Unterscheidung zwischen „progressiven“ und „konservativen“ Delegationsargumenten lassen sich nämlich verschiedene Formen und Funktionen von Grenzarbeit bzw. „diskursiven Deichen“ identifizieren, die mit Blick auf die Frage einer Politisierung der Forschung bzw. Verwissenschaftlichung der Politik unterschiedliche Mischverhältnisse offenbaren. Indem sich progressive Delegierer etwa für einen gestaffelten Küstenschutz aussprechen, eine Öffnung des bisherigen Bemessungsverfahrens hin zu unterschiedlichen Sicherheiten und somit zur wahrscheinlichkeitsorientierten Risikoanalyse für denkbar halten und auch neue Handlungsstrategien nicht per se ausschließen, gestalten sie die Grenzen zwischen Klimaforschung, politischen Strategieentscheidungen und administrativen Aufgaben für die Zukunft durchlässiger als ihre Gegenüber. Als Bestandteile des Küstenschutzsystems werden Politik und Wissenschaft von progressiven wie konservativen Delegierern als unterschiedlich weit oder nah vom eigenen Handeln entfernte Sphären betrachtet. Der dabei für manchen Akteur vorstellbare Übergang vom aktuell gesetzten Standard „gleiche Sicherheit für alle“ zu verschiedenen Sicherheiten markiert somit zwar eine diskursive Übergangszone, er wird allerdings von der Mehrheit der Akteure nicht mit der Vorstellung eines Konzept- oder gar Praxiswechsels verknüpft. Mit anderen Worten: eine Änderung der Norm bedeutet aus Sicht der Akteure nicht automatisch auch die Änderung des gegenwärtigen niedersächsisch/bremischen Additionsverfahrens.

Indem sowohl die Abschätzung von Risiken für die derzeitige Deichbemessung bzw. etwaige Entscheidungen über einen Strategiewechsel beim Bemessungsverfahren wie die Akzeptanz von Ergebnissen der Klimafolgenforschung an die regionale Küstenschutzforschung und Politik delegiert wird, hält ein Großteil der administrativen Akteure vielmehr die Grenzen zwischen administrativen Aufgaben, wissenschaftlichem Wissen und politischer Regulierung aufrecht. Die Frage der Risikoakzeptanz wird deutlich im Verantwortungsbereich der Politik angesiedelt (vgl. IPCC 2001b), die Frage der Risikoabschätzung deutlich der lokalen Küstenschutzforschung übertragen. Nicht nur die Politik sondern auch die (institutionell hauseigene) Wissenschaft werden hier im Sinne der Lieferung von administrativen Handlungsgrundlagen als externe Faktoren betrachtet. Die wesentliche Grenzarbeit gegenüber „der Politik“ wie gegenüber „der Klimaforschung“ besteht somit für die administrativen Küstenschutzakteure darin, Strategie- und Risikoentscheidungen an diese beiden Handlungssysteme zu delegieren, und währenddessen auf das bewährte Küstenschutzsystem zu vertrauen.

KRIM: Für den administrativen Küstenschutz stellt v.a. die Frage einer Sicherung bzw. Erweiterung des Finanzrahmens eine entscheidende Frage dar.

Bezogen auf die Handlungsbereitschaft sind hierfür zwei Argumente wesentlich. Einerseits kann zukünftige Sicherheit durch das Verbessern der bestehender Methoden, Techniken und Strategien gewährleistet werden. Andererseits besteht nach Aussagen der Experten genügend systemische Adaptionszeit, um für einen möglichen Meeresspiegelanstieg gerüstet zu sein. Um dies weiterhin gewährleisten zu können, ist aus ihrer Sicht vor allem die Verbesserung, zumindest aber die Kontinuität der Finanzmittel notwendig (Lange et al. 2005).

6.3 Handlungsbereitschaft und zukünftiges Risikomanagement

Die sich aus der Bewertung des Status quo und der KRIM-Szenarien ergebende Handlungsbereitschaft der Küstenschützer stützt sich im Wesentlichen auf zwei Erfahrungsdimensionen. Drückt sich das primäre Expertenwissen der Küstenschützer vorrangig in einer positiven Einschätzung der Organisation des Küstenschutzes sowie der darauf bezogenen Einschätzung des Status quo und potenzieller zukünftiger Ereignisse aus, lässt sich die Frage der Finanzierung des Küstenschutzes als sekundäre Erfahrungsdimension anführen. Die Sicherheitsdiskurse des niedersächsischen / bremschen Küstenschutzes verfolgen dabei im Kern das Ziel der Kontinuität ihres bisherigen Handlungsprogramms, verschließen sich jedoch nicht vor wissenschaftlich und politisch abgesicherten Optimierungen. Sowohl der Bemessungsdiskurs wie die Diskurse um Klimawandel, Klimaforschung und Unsicherheit unterstreichen letztlich allerdings die Bedeutung und Verlässlichkeit lokaler Erfahrung, Ingenieurspraxis und Wissensproduktion - entweder in Abgrenzung oder in Ergänzung zur Probabilistik und den Ergebnissen der Klimaforschung.

Dabei wird auf der Handlungsebene von der Mehrheit der Küstenschützer das Argument vertreten, nach dem institutionell nur auf Basis sicheren Wissens gehandelt werden kann. Das Problem der lokalen Folgenabschätzung eines potenziell erhöhten Meeresspiegelanstiegs erscheint den Akteuren jedoch noch zu unsicher und unstrukturiert, um unter akuten Handlungsdruck zu geraten. Die Handlungsmotivation von politischen Entscheidern hängt dabei weniger von einer – von Küstenschützern überwiegend akzeptierten - wissenschaftlichen Evidenz des Klimawandels, sondern von der Überzeugung ab, dass erst aufgrund sichtbarer, d.h. messbarer Resultate gehandelt werden

kann (vgl. dazu Hisschemöller & Olsthoorn 1999). So kann aus Sicht der Akteure erst dann etwas getan werden, wenn das Szenario belegt ist oder solch eine Entwicklung von den staatlichen Stellen anerkannt ist.

Hier zeigt sich allerdings ein paradoxer Punkt: zwar stellt die Erwartung von zukünftig sicherem Wissen seitens der Klimaforschung ein wichtiges Moment im Prozess der wechselseitigen Konstruktion einer klimabezogenen Forschungspolitik im norddeutschen Küstenschutz dar. Das „framing“ regionaler Klimapolitik bildet sich dabei außer in häufig tradierten und akteursbezogenen Kooperationen zwischen staatlicher Wissenschaft, ingenieurstechnischem und administrativem Küstenschutz vor allem durch die wissenschaftlichen und administrativen Erwartungen an die Bereitstellung zukünftiger Handlungsgrundlagen durch die Klimafolgenforschung: handeln erst auf Basis sicheren Wissens. Das sichere Wissen kann jedoch zu riskant sein, um darauf zu warten. Auch kann dies der falsch gewählte Referenzrahmen sein. So wird im Sinne sicheren Wissens in die klimawissenschaftliche Stabilisierung der Ergebnisse vertraut, obwohl diese ihrer eigenen Systemreferenz nach mit expliziter Unsicherheitsdimension verfährt. Das Problem der Unsicherheit ist somit keinesfalls trivial. Dies hat vor allem mit der Bedeutung der jeweils zur Verfügung stehenden Menge an Wissen zu tun. So wird die Entscheidung für Systemkontinuität im norddeutschen Küstenschutz neben den begründeten Sicherheiten des derzeitigen Küstenschutzes anhand von zu wenig verfügbarem Wissen getroffen, wobei die jeweiligen Interpretationen der Unsicherheitsdimension einen deutlichen Politikfokus bilden. In Konflikten um „gesellschaftliche Naturverhältnisse“ sind politisch-administrative Küstenschützer dabei aus Überzeugung nicht daran interessiert, die Frage der Instabilität bzw. des Risikos der Region oder die Frage der Unvorhersehbarkeit eines Klimawandels und seiner Folgen ins Zentrum rücken. Beides erodiert die bislang verfolgte Fokussierung auf Kontroll-, Stabilitäts- und Sicherheitsstrategien, weshalb die in den auf Deichbemessung und Klimawandel bezogenen Risikoabschätzungen sichtbar werdende Ambivalenz dieser gesellschaftlichen Naturverhältnisse von den Akteuren für strategische Diskurspolitiken benutzt wird (vgl. Lau & Keller 2001). Der administrative Küstenschutz definiert dabei im Rahmen eines Sicherheits- und Kontinuitätsdiskurses seine ingenieurwissenschaftlichen Standards, um sie seiner Delegation der Risikoakzeptanz und Strategieentscheidung an die Politik subkutan mit auf den Weg zu geben. Bei Betonung lokaler wie regionaler Sicherheiten und Risiken hält er dabei gleichzeitig prinzipiell an der Idee der Kontrollierbarkeit und Optimierbarkeit von Sicherheit fest. Vertrauen - verstanden als Vertrauen in das eigene Erfahrungswissen sowie als Systemvertrauen - spielt hier eine bedeutsamere Rolle als wissenschaftliche Unsicherheit (vgl. Beck & Bonß 2001).

Werden mit Blick auf diese lokalen wissenschaftlich-technischen und institutionellen Kompetenzen messbare Veränderungen vor Ort zum Maßstab von Reaktionen gemacht, kann es für diese zum Zeitpunkt des Messens aber bereits zu spät sein. Die Grenzarbeit „Handeln nur auf Basis sicheren Wissens“, die sich sowohl mit Blick auf die Bewertung des Status quo wie des KRIM-Klimaszenarios als Delegation der Risikoabschätzung und Risikoakzeptanz an Politik und Klimaforschung zeigt, gerät dann in Gefahr, den methodischen Konsequenzen der Klimaforschung nur zum Teil gerecht zu werden. Die Klimadebatte legt nämlich – im Modus der Wahrscheinlichkeit – ein Problem nahe, welches Ereignismöglichkeiten bereithält, auf die bezogen auf bisherige Strategien, bei denen Sicherheit nicht kalkuliert sondern im wesentlichen gemessen wurde, nicht hinreichend gebaut werden kann. Der damit verbundene Anspruch der lokalen Spezifikation möglicher Klimafolgen setzt die derzeitige Sicherheitsphilosophie des Küstenschutzes somit zwar nicht akut, wohl aber prospektiv unter Druck (Lange et al. 2005).

7. KRIM: Küstenschutz als Anpassung an den Klimawandel

Der durch den Klimawandel beschleunigte Meeresspiegelanstieg erfordert vorsorgendes Handeln u.a. durch die Vorbereitung von Anpassungsmaßnahmen des Küstenschutzes. Im Folgenden wird vor dem Hintergrund der Anpassungskapazität der Frage nachgegangen, was für Anpassungsmaßnahmen unter welchen Randbedingungen möglich erscheinen und vor dem Hintergrund ihrer sozioökonomischen, politischen und kulturellen Voraussetzungen und Implikationen diskutiert, welche Konsequenzen ihre Realisierung hat bzw. hätte.

7.1 Hintergrund

Die möglichen Auswirkungen von Klimaänderungen auf Natur und Gesellschaft werden von der Klimafolgenforschung (z.B. www.deklim.de) mit dem Ziel untersucht, die ökologischen und sozioökonomischen Sensitivitäten festzustellen und vorsorgendes Handeln zu ermöglichen. Dabei ist deutlich geworden, dass Auswirkungen eines Klimawandels sowohl für den Naturraum als auch die sozioökonomische Situation zu erwarten sind, die entsprechende gesellschaftliche Anpassungsmaßnahmen erforderlich machen werden. Die Auswirkungen werden dabei regional sehr unterschiedlich sein können, sowohl aufgrund der unterschiedlichen regionalen Ausprägung des Klimawandels, als auch und v.a. aufgrund der regional unterschiedlichen Sensitivitäten den veränderten Klimaparametern gegenüber (z.B. gegenüber einem Wassermangel; vergl. Fallstudie zu Brandenburg (Gerstengarbe et al. 2003) und zur Unterweserregion (Schuchardt & Schirmer 2005)). Für die deutsche Nordseeküste ist der beschleunigte Meeresspiegel der wichtigste Parameter.

Ausmaß und Geschwindigkeit des globalen Meeresspiegelanstiegs und seiner regionalen Ausprägung sind aus verschiedenen Gründen nur mit einer großen Spannbreite zu prognostizieren; ein wesentlicher Grund ist die nicht vorhersehbare Entwicklung der CO₂-Emissionen (IPCC 2001a). Die von IPCC (2001a) definierten Emissions-Szenarien führen zu möglichen Anstiegen des mittleren Meeresspiegels (global) von 9 bis 88 cm bis 2100. In jedem Fall bedeutet dies eine Beschleunigung des für die deutsche Nordseeküste beschriebenen sog. säkularen Meeresspiegelanstiegs von 20 bis 30 cm pro Jahrhundert (z.B. Behre 2004). Dieses bedeutet, dass es nicht mehr um die Frage geht, ob ein Wandel eintritt, sondern in welcher Größe und mit welcher Geschwindigkeit er sich vollzieht. Sicherlich ist für regionale Auswirkungen und Konsequenzen noch mit erheblichen Unsicherheiten zu rechnen; die Erhaltung und Verstärkung der Anpassungskapazität der Gesellschaft ist aber für die Anfälligkeit gegenüber klimatischen und gesellschaftlichen Veränderungen die entscheidende Voraussetzung, um zukünftig mögliche Schäden auf ein akzeptables Maß zu begrenzen.

Durch die Entwicklung der Klimaforschung ist also eine Abschätzung zukünftiger Veränderungen möglich geworden. Diese haben wahrscheinlich gemacht, dass für die Zukunft von einem beschleunigten Meeresspiegelanstieg ausgegangen werden muss. Die impliziten Unsicherheiten über Geschwindigkeit und Ausmaß werden durch den IPCC-Prozess (www.ipcc.ch) operationabel gemacht und trotz der Unsicherheiten erweitern die Ergebnisse der Klimaforschung und der internationale Abstimmungsprozess im IPCC die Entscheidungsgrundlagen des Küstenschutzes qualitativ und quantitativ entscheidend und müssen für einen zukünftigen Küstenschutz berücksichtigt werden.

7.2 Küstenschutz als Anpassung

Seit der Mensch an der deutschen Nordseeküste siedelte, musste er sich mit dem Klimawandel und der Veränderung des Meeresspiegels auseinander setzen (Behre 1993). Der Küstenraum musste dabei durch den Wechsel von Transgressions- und Regressionsperioden als Siedlungsraum mehrfach aufgegeben werden. Nach einer der Wiederbesiedlungen um Christi Geburt wurden im 2. und 3. Jahrhundert AD Häuser vermehrt auf Werten oder Warften errichtet (Brandt 1993). Im 11. Jahrhundert begann ein großflächiger Deichbau; etwa im 13. Jahrhundert war die Deichlinie geschlossen (Kramer 1992); angesichts der zur Verfügung stehenden technischen Mittel sicher ein Hinweis auf eine auf solche Aktivitäten ausgerichtete gesellschaftliche Organisation. Umfangreiche Landgewinnungsmaßnahmen wurden durchgeführt. Im 19. und 20. Jahrhundert ermöglichte es die technische Entwicklung, die Hauptdeichlinie auf Höhen bis zu 10 Meter und Deichfußbreiten von 100 Meter auszubauen, da parallel die entsprechende soziale Organisation weiterentwickelt wurde, die aktuell in ein komplexes System der Organisation des Küstenschutzes und die Übernahme eines großen Teils der Deichlasten durch den Bund, also die Gesamtheit aller Steuerzahler mündete (siehe Kapitel 6). Die Küstengesellschaft hat sich also mit dieser latent vorhandenen Bedrohung entwickelt und Strukturen wie Deichverbände etabliert, die schon früh ein „Risikomanagement“ ermöglichen.

Durch diese gesellschaftlichen Aktivitäten zur Nutzbarmachung der Küstenzone intensivierte sich auch die Einwirkung des Menschen auf die Hydrologie, Morphologie und Ökologie der Küste, die besonders in den zu Großschifffahrtswegen ausgebauten Ästuaren augenfällig wird (Schuchardt et al. 1999). Die Errichtung einer geschlossenen Deichlinie hatte aber auch Konsequenzen für den Küstenschutz und die Nutzbarkeit der Küste selbst. Die Unterbindung des Sedimenteintrags im Binnenland verhinderte ein Mitwachsen der Küstenzone mit dem säkularen Meeresspiegelanstieg; die geschlossene Deichlinie erhöhte die Wasserstände weiter. Die Differenz zwischen den Sturmflutwasserständen und der Geländehöhe der binnendeichs liegenden Nutzflächen wurde also nicht nur durch den Meeresspiegelanstieg, sondern auch durch die Maßnahmen des Küstenschutzes größer und der mögliche Schaden durch Deichversagen erhöht. Verstärkt wurde dies durch die Sackungen des Bodens im Binnenland als Folge des Abbaus organischer Substanz (besonders ausgeprägt auf Moorböden), so dass heute große Teile der Küstenniederung unterhalb des mittleren Tidehochwassers und zum Teil sogar unterhalb NN liegen.

Ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg trifft also auf eine entwickelte Gesellschaft, die sowohl über die soziale Organisation und die ökonomischen Möglichkeiten als auch die Techniken verfügt, diesem erfolgreich zu begegnen. In diesem Sinne stellt der beschleunigte Klimawandel für die Gesellschaft in der Küstenzone keine neuartige Herausforderung dar, die aktuellen Randbedingungen machen es u.E. jedoch sinnvoll, über ein „modernisiertes“ Küstenschutzkonzept, das wir „integriertes Risikomanagement“ nennen, nachzudenken (siehe Kapitel 9). Zu diesen Randbedingungen gehören z.B. die hohen Konfliktpotenziale zwischen den gesellschaftlichen Interessengruppen und ihren Vertretern, die sich sicherlich unter zunehmendem Nutzungsdruck in den Küstenregionen verstärken werden. Naturschutz, Tourismus und Küstenschutz streiten dabei um zusätzliche Flächen, die besonders für die Verstärkung der Küstenschutzanlagen benötigt werden. Zusätzlich sind Konfliktverstärkung und Risikoerhöhung durch die zunehmende Wertkonzentration hinter den als sicher empfundenen Deichen zu beobachten (z.B. Markau 2003).

Eine weitere wichtige Randbedingung für die Forderung nach einem integrierten Konzept im Küstenschutz sind die langfristigen Planungs- und Umsetzungsprozesse für die Küstenschutzanpassung. So sind die nach der Sturmflut 1962 im Generalplan Küstenschutz Niedersachsen festgelegten und geforderten Deicherhöhungen noch nicht vollständig umgesetzt. Zwischenzeitlich aufgetretene höhere Wasserstände, die zwar nicht zu gravierenden Schäden geführt haben, verdeutlichen, dass die Alternative „weiter so“ die Herausforderungen eines Klimawandels nur teilweise und nur kurz- bis mittelfristig bewältigen kann (z.B. Klijn et al. 2004). Langfristig verspricht deshalb eine Umorientierung in der Küstenschutzstrategie, die sich von einer Gefahrenabwehr zu einer „Risikokultur“ (siehe Kapitel 9) wandelt, vorteilhaft für die Problembewältigung zu sein (PLANAT 2004, DKKV 2003).

7.2.1 Organisation des Küstenschutzes

In Deutschland hat sich für die Aufgaben des Küstenschutzes, des Hochwasserschutzes und der Wasserwirtschaft ein auf historischen Wurzeln basierendes komplexes Zuständigkeitssystem entwickelt (vgl. Hesse 2001, Bahrenberg 2001). In ihm sind die grundsätzlich staatlichen Aufgaben aufgrund entsprechender Rahmengesetzgebung des Bundes und weiterer Differenzierung durch die Wassergesetze der Länder zur Ausführung an dezentrale Ebenen delegiert worden. Ein wichtiges Element für die Regelungs-, Vollzugs- und Finanzierungskompetenz im Aufgabengebiet Hochwasserschutz und Wassermanagement stellt die „Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) dar. In ihr wird u.a. die Mitarbeit und die Finanzierung des Bundes bei der Länderaufgabe Küstenschutz geregelt (König & Wittig 2005).

Ein Wassermanagement ist für das Leben in der Küstenregion Voraussetzung. Dazu müssen die Wasserressourcen planerisch wie operativ bewirtschaftet werden. Die Rahmenplanung hierfür obliegt den staatlichen Institutionen, die operative Bewirtschaftung und deren Planung im Einzelfall wird im Wesentlichen durch die Mitgliedsverbände des Wasserverbandstages e.V. durchgeführt. In ihm haben sich die großen Wasser- und Bodenverbände zusammengeschlossen, um gemeinsamen ihre Interessen zu vertreten. Der Wasserverbandstag e.V. vertritt heute die Interessen von ca. 1.000 Mitgliedern aus Bremen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und unterstützt sie bei der Umsetzung der Gewässerunterhaltung, der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung, dem Hochwasserschutz im Binnenland sowie dem Küstenschutz, der Landschaftspflege und der Regelung des Bodenwasserhaushaltes. Die Mitglieder sind Verbände der Siedlungswasserwirtschaft, Deichverbände, Unterhaltungsverbände sowie Wasser- und Bodenverbände.

Die Ausgestaltung der Organisation und Durchführung des Hochwasserschutzes und der Wasserwirtschaft für das Untersuchungsgebiet von KRIM obliegt den Bundesländern Bremen und Niedersachsen. Hier fungieren die in der Rechtsform der Wasser- und Bodenverbände organisierten Zusammenschlüsse als Träger des Küstenschutzes und der Wasserwirtschaft, zu deren Aufgaben auch der Schutz vor Hochwasser und Sturmfluten zählt (vgl. Bahrenberg 2001). Nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist die Erhaltung der Deiche die öffentlich-rechtliche Aufgabe desjenigen, der die Deiche errichtet hat. Das WHG als Rahmengesetz musste durch die Landesgesetzgeber ausgefüllt werden und führte zu den Landeswassergesetzen der Küstenländer sowie den erlassenen Generalplänen Küstenschutz der Länder, nach denen sich der Küstenschutz zu richten hat (Krause 2004).

In Niedersachsen wird auf der Grundlage des Wasserhaushaltsgesetzes, das ein Bundesrahmengesetz ist, landesrechtlich durch das Niedersächsische Wassergesetz (NWG) die wasserwirtschaftliche Ordnung geregelt. Im Zuge parlamentarischer Beratungen wurde entschieden, für die Regelung „des Rechtes der Deiche und Dämme“ das Niedersächsische Deichgesetz (NDG) zu erlassen, das unter anderem die Rechtsverhältnisse der für den Schutz vor Sturmflut und Hochwasser besonders wichtigen Hauptdeiche und Hochwasserdeiche sowie der Sperrwerke einschließlich ihrer Erhaltung und Finanzierung regelt (Krause 2004). Im NDG ist weiterhin festgelegt, dass die Träger der Deicherhaltung die Deichverbände sind und damit die Verantwortung für den Küstenschutz in ihrem Verbandgebiet besitzen. Zu den größeren Deichverbänden gehören im Landkreis Wesermarsch der I. und II. Oldenburgische Deichband und im Landkreis Friesland der III. Oldenburgische Deichband (im niedersächsischen Küstengebiet bestehen insgesamt 27 Deichverbände). Sie müssen die gewidmeten Haupt- und Hochwasserdeiche, die dazu bestimmt sind Sturmfluten bzw. Binnenhochwasser abzuwehren, unterhalten und nach Beschädigung oder Zerstörung wieder Instandsetzen.

In Bremen stellt das bremische Wassergesetz die Grundlage für Bau und Unterhaltung von Hochwasserschutzanlagen dar. Zu diesen Anlagen gehören z.B. Deiche, Hochwasserschutzwände und Sturmflutsperrwerke, die in der Stadt Bremen von den Deichverbänden unterhalten werden (in Bremerhaven ist die Gesellschaft Bremenports zuständig). Für Bremen sind der Bremische Deichverband am rechten Weserufer und der Bremische Deichverband am linken Weserufer für Betrieb und Unterhaltung der Hochwasserschutzanlagen zuständig. Die für den Bereich der Stadtgemeinde Bremen zuständige Behörde ist der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr (Wohlleben 2004). Die Deichverbände sind Körperschaften des öffentlichen Rechts mit Selbstverwaltung. Sie sind mit satzungsgemäßen Befugnissen zur Erfüllung ihrer Aufgaben ausgestattet, wofür sie keine staatlichen Zuschüsse erhalten. Die Arbeiten an Deichen und Gewässern sowie die Anlagen zum Gemeinwohl, wie z.B. Schöpfwerke und Siele, werden dabei aus Mitgliedsbeiträgen, d.h. den Grundstücks- oder Wohnraumbesitzern finanziert. Rechtsgrundlage bildet das Wasserverbandsgesetz und in der darauf fußenden Satzung sind die Rechte und Pflichten sowie die Aufgaben und Organisationsform geregelt.

Generalplanung für den Küstenschutz in Niedersachsen (Krause 2000): Aufgrund vergangener Sturmflutereignisse wurde der Küstenschutz in Niedersachsen mit dem Niedersächsischen Deichgesetz auf eine neue rechtliche Grundlage gestellt. Im § 4 wird dabei für die notwendige Deichhöhe bestimmt, dass die Oberen Deichbehörden die Abmessung der Deiche festsetzen und die Hauptdeichhöhe nach dem zu erwartenden höchsten Tidehochwasser bemessen werden soll. Da die Schätzungen über die Kosten für die aus den neu festgesetzten Bemessungswasserständen erforderlichen Deichausbauten wesentlich zu niedrig waren, wurde nach dem Niedersächsischen Küstenprogramm „Deichbau und Küstenschutz ab 1963“ schließlich im Jahre 1973 durch das Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe des Bundes und der Länder „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ die Finanzierung auf eine neue rechtliche Grundlage gestellt. Diese war dann Anlass, im Generalplan Küstenschutz Niedersachsen einerseits eine Bestandsaufnahme über das bisher Erreichte zu erstellen, andererseits aber auch künftig notwendige Maßnahmen in technischer und finanzieller Hinsicht unter Berücksichtigung der rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu prüfen. Da nach 15 Jahren die erforderlichen Deicherhöhungen noch nicht vollständig umgesetzt waren, wurde 1990 die erste Fortschreibung des Generalplan Küstenschutz Niedersachsen erstellt, der jedoch niemals veröffentlicht wurde. Der Grund hierfür war die politische Auffassung, dass ökologische Gesichtspunkte nicht ausreichend berücksichtigt

wurden und die Konfliktlage zwischen Küstenschutz und Naturschutz, die sich durch die Einrichtung des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer 1986 zunehmend verschärfte, in einer Generalplanung nicht adäquat gelöst werden kann. In Niedersachsen wurde deshalb die klassische Generalplanung durch ein mittelfristiges Bau- und Finanzierungsprogramm abgelöst, in dem eine detaillierte Maßnahmen- und Finanzierungsplanung für die nächsten drei Jahre vorgenommen wird. Der so ermittelte finanzielle Gesamtbedarf betrug im Jahre 2000 über 1 Mrd. DM ohne Berücksichtigung der Konsequenzen einer möglichen Klimaänderung (Krause 2000). Aktuell wird in Niedersachsen über die Festlegung der erforderlichen Deichhöhen in einem neuen Generalplan diskutiert. Dieser soll die Erkenntnisse der Klimaforschung über beschleunigte Wasserstandsanstiege berücksichtigen und in Zusammenarbeit mit dem Land Bremen entstehen. Allerdings besteht über seine Funktion und Struktur im Rahmen der mittelfristigen Planung im Küstenschutz noch Diskussions- und Abstimmungsbedarf.

Generalplanung für den Küstenschutz in Schleswig-Holstein (Probst 2000): Auch in Schleswig-Holstein waren die Sturmfluten der Jahre 1953 und 1962 und die daraus gewonnenen Erkenntnisse über Wasserstandshöhen, Wellenhöhe, Wellenauflauf und Deichgestaltung Anlass, 1963 in einem „Generalplan Deichverstärkung, Deichverkürzung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein“ das technische Konzept der Küstenschutzarbeiten festzulegen. 1977 und 1986 wurde der Generalplan fortgeschrieben und im Landesraumordnungsplan zum Planungsziel des Landes erklärt. Um auf Änderungen in den Kosten und erforderlichen Maßnahmen reagieren zu können, wird der Generalplan Küstenschutz alle 10 bis 15 Jahre auch unter Berücksichtigung veränderter Randbedingungen fortgeschrieben. So ist aktuell für die Deichbemessung ein neues Verfahren etabliert, in dem der maßgebende Bemessungswasserstand aus einer Kombination von statistischen, Vergleichswert- und Einzelwertverfahren ermittelt wird (weitere Details siehe Probst 2000). Für jeden Küstenabschnitt wird so ein Referenzwasserstand für das Jahr 2010 berechnet, der mit dem zugehörigen Wellenauflauf die Sturmfluthöhe 2010 ergibt und zur Feststellung des Sicherheitsstatus dient. Die neuen Herausforderungen im Küstenschutz wie z.B. Mittelknappheit, steigendes Sicherheitsbedürfnis und Umweltbewusstsein sowie der mögliche Klimawandel haben in Schleswig-Holstein dazu geführt, dass im Generalplan ein „integriertes Küstenschutzmanagement“ (IKM) eingeführt wurde. Unter einer solchen Managementaufgabe, die eine weitgehende Öffnung und die Beteiligung von Betroffenen erfordert, wird die Implementierung eines kontinuierlichen und dynamischen Planungsprozess verstanden, durch den Entscheidungen zum Schutz des Menschen und seiner Werte gegenüber den natürlichen Gefährdungen des Meeres zukünftig besser getroffen werden können (Probst 2000).

7.2.2 Anpassungskapazität

Der Begriff der Anpassungskapazität bezeichnet nach einer Definition des IPCC (2001b) die Fähigkeit eines Systems (eines natürlichen oder eines gesellschaftlichen) sich so an den Klimawandel anzupassen, das mögliche Schäden reduziert, mögliche entstehende Vorteile genutzt und nicht vermeidbare Konsequenzen bewältigt werden können.

Zur Beurteilung der Anpassungskapazität müssen u.a. folgende Veränderungen in den natürlichen und gesellschaftlichen Bedingungen beachtet werden:

- **Zunahme von Extremereignissen:** Als Konsequenz eines Klimawandels werden sich nicht nur die mittleren Werte der Klimafaktoren ändern, sondern auch die Verteilung der Extremwerte. Hierzu zählen z.B. Starkniederschläge mit entsprechenden Konsequenzen für das hydrologische System und Stürme bzw. Orkane mit den von ihnen verursachten Sturmfluten.
- **Sozioökonomische Entwicklungen:** Durch zunehmende Nutzungsintensität konzentrieren sich in der Küstenregion auch zunehmend Werte, wie z.B. Infrastruktur (Hafenanlagen, Straßen), industrielle Anlagen zur Energiegewinnung (Windkraft) und Besiedlung der Landschaft (Wohnbebauung).
- **Psychologisch-kognitive Situation der Küstenbevölkerung:** Es ist zwar mehr Wissen von der Klimaforschung vorhanden, dadurch aber auch mehr Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen. Dieses bedingt in der Küstenbevölkerung veränderte individuelle Risikoerfahrung, Risikowahrnehmung und Risikobewertung und erfordert z.B. beim Umgang mit Restrisiko stärkere und bessere Partizipation an Entscheidungsprozessen.
- **Kulturell-soziologische Situation der (Küsten-)Gesellschaft:** Eine veränderte Risikowahrnehmung und -bewertung führt auch zu einer Veränderung der Risikoakzeptanz. Wissenschaft, Massenmedien und Politik beeinflussen zusätzlich gesellschaftliche Werte und Einstellungen und damit die Strategien des Risikoumgangs.

Die natürliche Anpassungskapazität, also die der ökologischen Systeme, an den Klimawandel ist je nach betroffenem Ökosystemtyp sowie Art und Ausmaß (v.a. auch Geschwindigkeit) des Klimawandels sehr unterschiedlich und kann zwischen niedrig und hoch variieren (IPCC 2001b). Das gilt grundsätzlich auch für die gesellschaftliche Anpassungskapazität, ein wesentlicher Unterschied ist jedoch die grundsätzliche Steuerbarkeit dieses Prozesses. Dies ist ein komplexer Vorgang, der von einer Vielzahl von (steuerbaren und nicht-steuerbaren) Faktoren beeinflusst wird. Die Wesentlichsten sind:

- Art, Umfang und Geschwindigkeit des Klimawandels
- Natürliche Anpassungskapazität
- Frühzeitige Ermittelbarkeit der Gefährdungen
- Risikowahrnehmung und -akzeptanz
- technische Möglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen
- ökonomische Möglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen
- Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen
- Erfahrungen in der Bewältigung von Naturgefahren
- Umgang mit Unsicherheit

- gesellschaftliche Organisation und Entscheidungsstrukturen
- Werthaltungen und Politikentwicklung

Eine Anpassung an ein sich wandelndes Klima haben nicht nur die natürlichen, sondern auch die gesellschaftlichen Systeme bereits immer vollzogen. So ist die Küstengesellschaft der deutschen Nordseeküste geprägt worden durch ihre stete Anpassung an einen steigenden Meeresspiegel. Neu sind allerdings derzeit Art und Geschwindigkeit der zu erwartenden Klimaänderungen und auch ihre (begrenzte) Prognostizierbarkeit. Dies macht eine vorsorgende Auseinandersetzung mit diesem Thema möglich und erforderlich. Dies erscheint besonders dringend vor dem Hintergrund der Befürchtungen zur Bewältigbarkeit der Folgen des Klimawandels in Deutschland, den eine repräsentative Befragung zu den Umwelteinstellungen der Deutschen 2002 hat deutlich werden lassen. Dabei zeigte sich, dass die Befürchtungen bzgl. der Folgewirkungen des Klimawandels in der Bevölkerung relativ hoch sind: immerhin 60% der Befragten waren wenig bis überhaupt nicht von der Bewältigbarkeit der Folgewirkungen überzeugt (Kuckartz & Grunenberg 2002).

7.3 Ergebnisse der Risikoanalyse: Input für die Definition von Handlungsbedarf

Die in KRIM entwickelte Methode der Risikoanalyse kann den Entscheidungsträgern im Küstenschutz eine differenzierte Grundlage für die Bemessung von Küstenschutzanlagen zur Verfügung stellen (siehe Kapitel 4). Durch die probabilistische Analyse der Versagenswahrscheinlichkeiten verschiedener Küstenschutzanlagen und die Bestimmung der durch eine simulierte Überflutung geschädigten Vermögenswerte kann unter Anwendung der naturwissenschaftlich-technischen Risikodefinition das resultierende Risiko berechnet werden. Die Ergebnisse der Multiplikation von Versagenswahrscheinlichkeit (siehe Tab. 9 in Kapitel 4.3.2.1) und den Vermögensschäden (siehe Tab. 12 in Kapitel 4.3.3) sind in Tab. 19 dargestellt.

Tab. 19: Ergebnis der Risikoanalyse für die Fokusflächen (Daten nach Mai et al. 2004).

Fokusfläche		Risiko (€/a)		Faktor
		Status quo	Klimaszenario	
Brake		126.300	846.000	6,7
Bremen		154.000	1.134.000	7,36
Bremerhaven		94.500	-	-
Butjadingen		14.000	86.400	6,17
Wangerland		16.200	78.400	4,84
Wangerooge	Dünen	16.000	111.100	6,94
	Deich	4.100	28.600	6,98
Wilhelmshaven		326.800	1.888.500	5,78
Wursten		11.900	68.500	5,76

Wie in Tab. 19 zu erkennen ist, ist das Risiko im Status quo (Ist-Szenario) für Wilhelmshaven am Größten und beträgt 326.800 € pro Jahr. Im Klimawandel (gem. Klimaszenario) erhöht sich das jährliche Risiko auf 1.888.500 € und ist damit um den Faktor 5,78 größer. Das zweithöchste Risiko besteht für die Fokusfläche Bremen (Status quo 154.000 €, Klimaszenario 1.134.000 €), wobei hier der Unterschied zwischen Status quo und Klimawandel am Größten ist (Faktor 7,36). Insgesamt

wird aber auch deutlich, dass sich das Risiko in allen Fokusflächen im Klimawandel relativ gleichmäßig um den Faktor 5 bis 7 erhöht. Obwohl also für Wilhelmshaven die in absoluten Zahlen höchste Risikosituation besteht, lässt sich hinsichtlich einer Risikominderung in einem Klimawandel für alle Fokusflächen Handlungsbedarf begründen.

Zusätzlich lässt sich auch das Risiko der drei Fokusfläche analysieren, in denen die Möglichkeiten einer Umsetzung der Reaktionsvariante „Anpassung“ (2. Deichlinie) untersucht wird. Die Ergebnisse der Multiplikation der Versagenswahrscheinlichkeiten der Hauptdeichlinie mit den durch die 2. Deichlinie reduzierten Schäden ist in Tab. 20 dargestellt. Zu beachten ist allerdings, dass sich hier, im Gegensatz zur Risikoanalyse der Variante ohne 2. Deichlinie, in der sich Schäden und Wahrscheinlichkeiten für Status quo und Klimaszenario ändern, nur die Wahrscheinlichkeit des Versagens der Küstenschutzelemente unterscheidet. Die Schäden in den durch eine 2. Deichlinie begrenzten Überflutungsflächen sind bei den Wasserständen im Status quo und im Klimaszenario gleich (zur Begründung siehe auch Kapitel 7.4.3)

Tab. 20: Ergebnis der Risikoanalyse für die Fokusflächen bei Anlage einer 2. Deichlinie.

Fokusfläche	Risiko (€/a)		Faktor
	Status quo	Klimaszenario	
Butjadingen	12.075	53.833	4,46
Wangerland	7.667	28.750	3,75
Wursten	7.860	33.008	4,20

Wie erkennbar, reduziert sich das jährliche Risiko in den drei Fokusflächen Butjadingen, Wangerland und Wursten durch die Realisierung der 2. Deichlinie sowohl für den Status quo als auch für das Klimaszenario. Dabei ist die Reduktion des Risikos für das Klimaszenario sowohl absolut (max. 49.650 € pro Jahr) als auch relativ (max. um den Faktor 2,7) größer als im Status quo. Insbesondere für die Fokusfläche Wangerland ergibt sich aus der Anlage einer 2. Deichlinie eine deutlich verbesserte Risikosituation, die aus der sehr effektiven Schadensreduktion resultiert. Das spezifische Risiko ist also ohne 2. Deichlinie beim Vergleich der drei Fokusflächen Butjadingen, Wangerland und Wursten für Wangerland am höchsten, während es unter Betrachtung einer 2. Deichlinie dort am niedrigsten ist. Neben der Schadensreduktion ist hierfür sicherlich auch die Wahl der Deichbruchstelle und die Möglichkeiten für eine effektive Anlage der zweiten Deichlinie (Anbindung von Höhenzügen oder Strassen sowie Ringdeiche) verantwortlich.

Unter Berücksichtigung der Schäden aus dem erweiterten Schadenskonzept (siehe Tab. 18 in Kapitel 4.3.3.1) erhöht sich das Risiko in Wilhelmshaven im Klimaszenario auf 2,4 Mio. € pro Jahr, in Bremen auf 1,4 Mio. € pro Jahr und in der Fokusfläche Brake auf 1,1 Mio. € pro Jahr. In den ländlichen Fokusflächen Butjadingen, Wangerland und Wursten ist das Risiko aus dem erweiterten Schadenskonzept, also der Addition von Vermögensschäden, Bruttoinlandsproduktverlusten und ökologischen Schäden für die Schadenskomponente der Risikoberechnung, um den Faktor 10 kleiner als in den städtischen Fokusflächen (siehe Tabelle Tab. 21). Allerdings ändert sich die Reihenfolge der Fokusflächen hinsichtlich der Risikohöhe bei Berücksichtigung der Schäden aus dem erweiterten Schadenskonzept nicht. Aufgrund der relativ geringen ökologischen Schäden erhöht sich das jährliche Risiko der ländlich geprägten Fokusflächen nicht so stark als dass die höheren Vermögensschäden und damit verbundenen Wertschöpfungsverluste der eher städtischen Fokusflächen aufgewogen würden.

Tab. 21: Ergebnis der Risikoanalyse mit den Schäden aus dem erweiterten Schadenskonzept für die Fokusflächen im Klimaszenario.

Fokusfläche	Schadenskategorie (in €)			Summe Schäden	Risiko (€/a)
	Vermögensschaden	Verlust an Bruttoinlandsprodukt (Basisszenario)	ökol. Schaden (auf 5% der Fläche)		
Brake	169.177.000	48.662.000	2.360.633	220.199.633	1.100.998
Bremen	453.585.000	126.930.000	162.639	580.677.639	1.451.694
Butjadingen	103.772.000	30.221.000	1.008.264	135.001.264	112.501
Wangerland	62.687.000	19.197.000	1.352.612	83.236.612	104.046
Wangerooge	10.005.000	3.144.000	58.788	13.207.788	146.753
Wilhelmshaven	1.794.049.000	508.670.000	967.331	2.303.686.331	2.424.933
Wursten	35.137.000	10.225.000	751.249	46.113.249	90.065

Die Fokusfläche Wangerooge stellt insofern eine Besonderheit dar, da hier zwar alle Schadenskategorien am kleinsten sind, sie aber dennoch das vierthöchste jährliche Risiko aller betrachteten Fokusflächen aufweist. Dieses beruht v.a. auf der relativ hohen Versagenswahrscheinlichkeit der Dünenkette im nördlichen Teil der Insel (Mai et al. 2004). Somit wird deutlich, dass neben der reinen Schadensbetrachtung auch die unterschiedlichen Versagenswahrscheinlichkeiten an den Küstenabschnitten zur differenzierten Darstellung der Risikosituation beitragen können. Sowohl die heutigen Versagenswahrscheinlichkeiten als auch die im Klimawandel prognostizierten unterscheiden sich zwischen den Fokusflächen im Untersuchungsgebiet um den Faktor 12 bis 14 und führen im Klimaszenario zu Unterschieden im jährlichen Risiko, die max. den Faktor 27 betragen. Die probabilistische Risikoanalyse ist also in der Lage, für die Wasserstände von Status quo und Klimaszenario die großen Unterschiede in den Schadensdimensionen und den Versagenswahrscheinlichkeiten für die Küstenabschnitte in der Berechnung spezifischer Risikosituationen zu verdeutlichen. Damit kann das so berechnete spezifische Risiko, trotz erforderlicher Weiterentwicklung und zusätzlichem Forschungsbedarf, als detaillierte Informationsbasis für den gesellschaftlichen Bewertungsprozess dienen und ein zukünftiges Risikomanagement rational unterstützen. Forschungsbedarf besteht z.B. für die Absicherung der statistischen Analysen von Ereignissen mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten, für die Bestimmung der Versagensstellen und für die umfassende monetäre Aufnahme und Bestimmung der Schadenskomponenten (insbesondere die Flow-Verluste, die ökologische Schadensdimension und die Schadensfunktionen).

KRIM: Trotz noch erforderlicher Weiterentwicklung ist die probabilistische Risikoanalyse grundsätzlich geeignet, planungsrelevante Aussagen zu bestehenden und in Verbindung mit der Szenariotechnik zukünftigen Risiken zu machen. Es besteht allerdings noch weiterer Forschungsbedarf.

7.4 Anpassungsmaßnahmen an den beschleunigten Meeresspiegelanstieg

In Kapitel 4 ist deutlich geworden, dass der beschleunigte Meeresspiegelanstieg zu einer Erhöhung der Versagenswahrscheinlichkeiten der vorhandenen Küstenschutzsysteme führt und eine entsprechende Verstärkung der Systeme erforderlich machen wird. In KRIM sind verschiedene Möglichkeiten entworfen und vergleichend hinsichtlich ihrer Kosten, ihrer Auswirkungen, ihrer Realisierbarkeit und ihrer Akzeptanz analysiert worden. Diese sowie weitere Ergebnisse aus anderen Projekten

werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt, um die Anpassungsmöglichkeiten und ihre Randbedingungen und Begrenzungen technischer und sozialer Natur aufzuzeigen. Es sind dies sowohl Ergebnisse aus der Analyse des wissenschaftlichen Risikokonstrukts als auch Ergebnisse aus der Analyse des politisch-administrativen und des öffentlichen Risikokonstrukts.

7.4.1 Reaktionsvarianten

In KRIM sind, anschließend an die in der öffentlichen oder wissenschaftlichen Diskussion befindlichen Möglichkeiten, drei Reaktionsvarianten des Küstenschutzes konzipiert worden: (1) die Verstärkung der vorhandenen Deichlinien, (2) die Errichtung zweiter Deichlinien ohne Verstärkung des vorhandenen Deiches und (3) der Bau von Sturmflutsperrwerken in der Weser- und der Jademündung. Diese drei Reaktionsvarianten des Küstenschutzes sind den 3 grundsätzlich unterschiedenen Kategorien „Verteidigung“ (Variante 1), „Anpassung“ (Variante 2) und „Vordringen“ (Variante 3) zuzuordnen.

7.4.1.1 Reaktionsvariante 1 „Verteidigung“

Der Erhöhung der Versagenswahrscheinlichkeit der Küstenschutzsysteme durch den Klimawandel kann durch einen Ausbau des bestehenden Schutzsystems, v.a. durch eine Erhöhung der Hauptdeiche, und damit eine Fortsetzung der aktuellen Strategie des Küstenschutzes mit einem linienhaften Küstenschutz (Kunz 2004) begegnet werden. Die Konzeption der Reaktionsvariante Deichverstärkung ist im Folgenden danach erfolgt, die derzeit vorhandene (örtlich unterschiedliche) Versagenswahrscheinlichkeit der verschiedenen Deichanschnitte konstant zu halten (Wellenüberlauf als Versagensmechanismus, s. Mai et al. 2004). Für die untersuchten Küstenabschnitte ergibt sich in Abhängigkeit von der Seegangsexposition danach eine erforderliche Deicherhöhung von bis zu 0,8 m. Die notwendige Erhöhung bei Deichen mit vorgelagertem Vorland, evt. zusätzlich mit Sommerdeich, resultiert v.a. aus dem Wasserstandsanstieg, während die notwendige Erhöhung der Deiche ohne vorgelagerte Küstenschutzelemente (z.B. Schardeiche, Kajen) durch den verstärkten Seegang vergrößert wird. Die im Mittel erforderliche Deicherhöhung und die reinen Baukosten für diese Erhöhung in den einzelnen Fokusflächen sind im Kapitel 7.4.2 aufgeführt.

7.4.1.2 Reaktionsvariante 2 „Anpassung“

Eine Möglichkeit zur Anpassung des Küstenschutzsystems in Niedersachsen kann örtlich in der Anlage oder Instandsetzung zweiter Deichlinien hinter der Hauptdeichlinie bestehen, wie sie örtlich in Niedersachsen und auch in Schleswig-Holstein als Resultat früherer Vordeichungen auch noch vorhanden, aber nicht immer gewidmet sind. Ziel eines solchen raumbezogenen Küstenschutzes (Kunz 2004) ist die Reduzierung des Schadenspotenzials durch Begrenzung der nach einem Deichversagen überfluteten Fläche. Dies kann grundsätzlich mit entsprechender Verstärkung des Hauptdeiches als auch ohne eine solche Verstärkung erfolgen; im letzteren Fall würde sich das Risiko in den Flächen zwischen Hauptdeich und zweiter Deichlinie allerdings erhöhen. Die in KRIM entwickelte Reaktionsvariante ist ohne Erhöhung der Hauptdeichlinie gerechnet; zum einen, um die Konsequenzen zu verdeutlichen, zum anderen, da die begrenzten finanziellen Mittel des Küstenschutzes eine solche Variante wahrscheinlicher machen.

Die Konsequenzen der Anlage einer 2. Deichlinie werden nur für die Fokusflächen Wangerland, Butjadingen und Wursten analysiert und im Kapitel 7.4.2 dargestellt. Die Abwägung für die Linienführung der zweiten Deichlinien berücksichtigt einerseits die Gewährleistung eines maximalen Schutzes des Wertbestands im Hinterland und andererseits die Minimierung der Herstellungs- und Unterhaltungskosten dieser zweiten Deichlinie. Dazu muss als erstes auf der Grundlage der Flächennutzung bzw. der Vermögenswerte die Ausweisung besonders zu schützender Hinterlandflächen erfolgen. Als zweites ist dann für die diese Flächen schützende zweite Deichlinie die Topographie des Hinterlandes von Bedeutung, da höher liegende Gebiete (hier höher als + 3 m NN) in die Deichanlage einbezogen werden können und sich so die Kosten reduzieren (siehe Abb. 15).

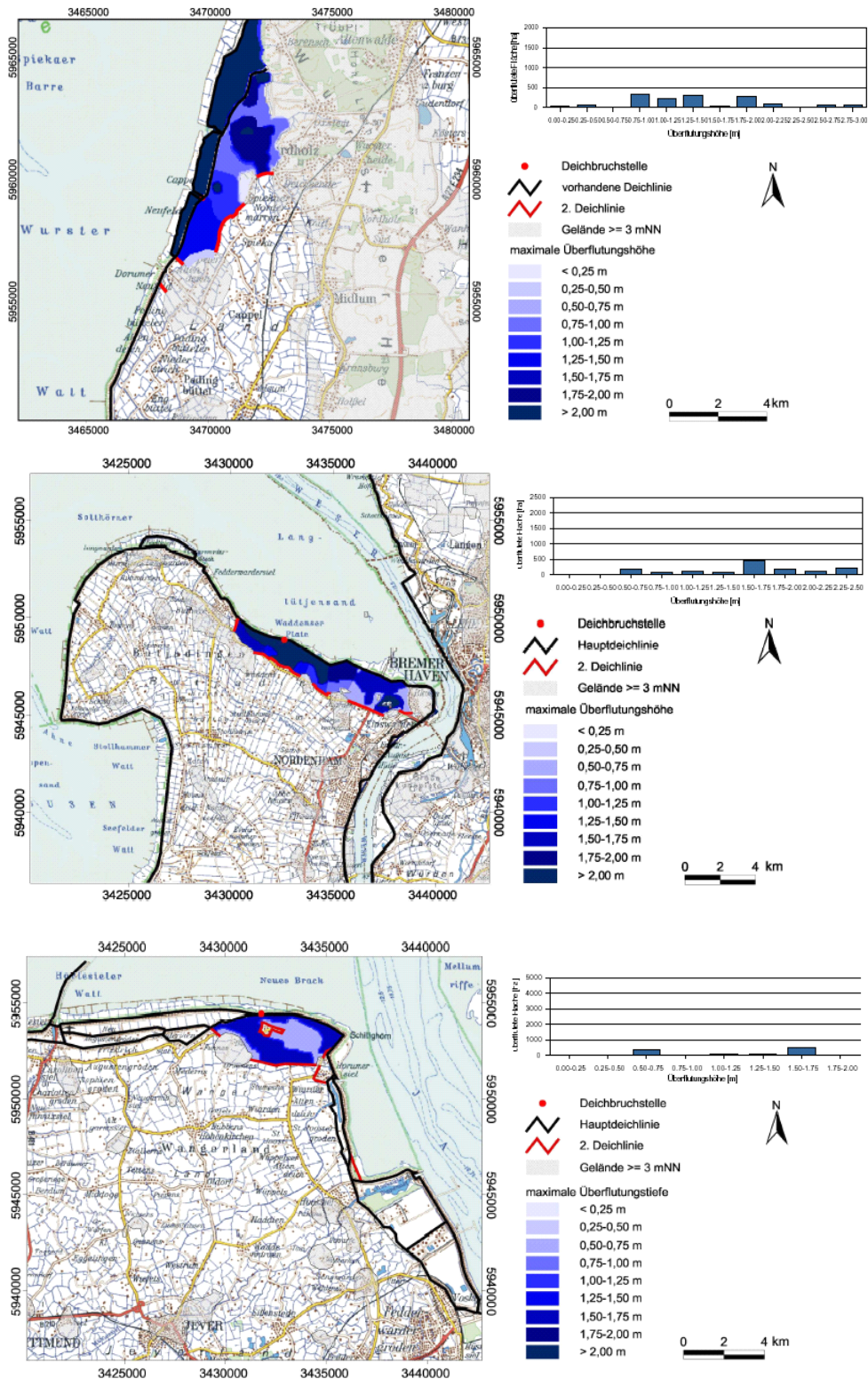


Abb. 15: Ausdehnung der Überflutungsflächen und Verteilung der maximalen Überflutungshöhen in den Fokusflächen Wursten (oben), Butjadingen (mitte) und Wangerland (unten) bei Anlage einer zusätzlichen 2. Deichlinie (aus Mai et al. 2004).

Die Bewertung der Wirksamkeit kann über den Vergleich des nach einem Versagen des Hauptdeiches resultierenden Überflutungsschadens mit und ohne zweite Deichlinie erfolgen, wobei sich die Veränderung der Schäden sowohl aus einer veränderten Überflutungsausdehnung als auch veränderten Überflutungshöhen zusammensetzt. So kann zum Beispiel eine das Hinterland abriegelnde zweite Deichlinie durch die eingeschränkte Ausbreitungsmöglichkeit des Wassers zu erhöhten Wasserständen auf den überfluteten Flächen führen und einen höheren Schädigungsgrad dieser Flächen nach sich ziehen. Dem Vorteil reduzierter Gesamtschäden bei dieser Reaktionsvariante stehen zusätzliche Investitions- und Unterhaltungskosten gegenüber. Als Herstellungskosten wurden vereinfacht 1000.- Euro für jeden Meter Deich angenommen; als sinnvolle Höhe der zweiten Deichlinie wurden 3 m NN, in einzelnen Fällen auch 4 m NN (bei Geländehöhen von ca. 0 bis 3 m NN) festgelegt.

7.4.1.3 Reaktionsvariante 3 „Vordringen“

An Ästuaren und Buchten besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die Küstenschutzlinie durch den Bau von (Mündungs-) Sperrwerken in Richtung Meer zu verschieben, wie es an Eider und jüngst an der Ems auch bereits erfolgt ist. Diese Reaktionsvariante setzt die Strategie des linearen Küstenschutzes (Kunz 2004) fort. Mögliche Standorte solcher Sperrwerke sind für das Untersuchungsgebiet von Jade und Weser in Abb. 16 dargestellt. In Bremerhaven ist in der Reaktionsvariante ein Standort nördlich der Nordschleuse festgelegt worden, um die gesamten Deichstrecken Bremerhavens in den Schutzbereich einzubeziehen. Westlich erfolgt der Anschluss an das Festland über den bestehenden Damm nach Langlütjen. Im Schutzbereich dieses Sperrwerks liegen die Deichstrecken entlang der Unterweser, die Sturmflutsperrwerke an Lesum, Ochtum und Hunte sowie die Schleuse in Brake. In Wilhelmshaven sieht die Reaktionsvariante die Absperrung der Jade südlich der Seeschleuse vor, u.a., um die Einfahrt in den Hafen nicht zu behindern. Im Schutzbereich dieses Sperrwerks liegt die Deichstrecke entlang des Jadebusens. Ein Sperrwerk am Jadebuseneingang würde so eine Deichlänge von ca. 50 km Deich schützen, während es an der Unterweser im inneren Weserästuar flussauf von Bremerhaven etwa 120 km Deich sind.

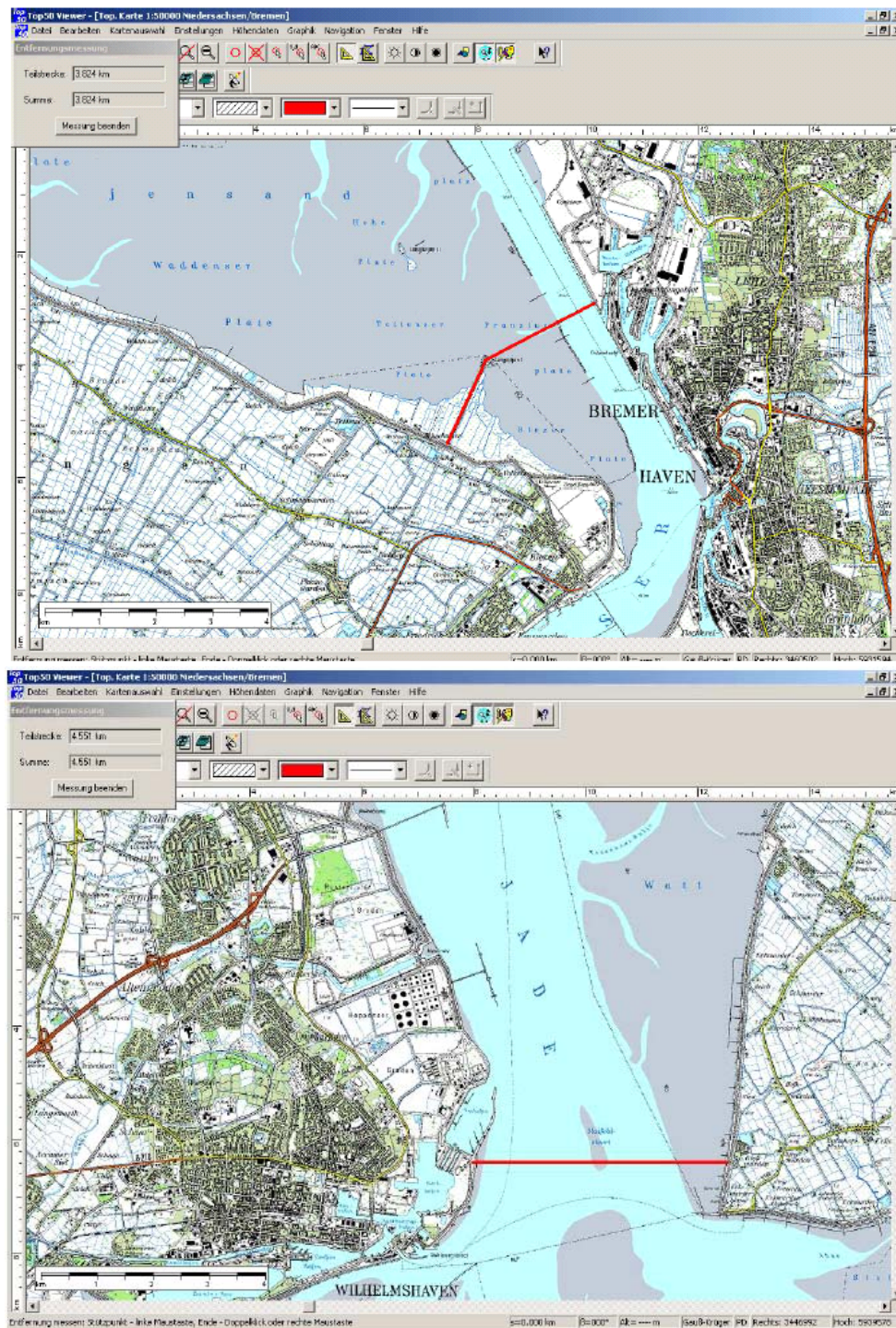


Abb. 16: Mögliche Standorte für die Anlage von Sperrwerken an der Wesermündung (oben) und am Jadebusen (unten) (aus Mai et al. 2004).

Eine grobe Kostenschätzung ist durch Verwendung der Baukosten für das Ems-Sperrwerk und Berücksichtigung der Bauwerksabmessungen erfolgt (Mai et al. 2004). Während im Schutzbereich der Sperrwerke die Versagenswahrscheinlichkeit der Küstenschutzsysteme bei entsprechender Sperrwerksdimensionierung um mehr als den Faktor 1000 abnimmt, reduziert sich vor den Sperrwerken die Sicherheit der Deiche, da infolge Reflexion der Tidewelle ein Wasserstandsanstieg auftritt. Die

dadurch erforderliche zusätzliche Deicherhöhung ist von der Erhöhung des Tidehochwasserstands vor dem Sperrwerk plus Erhöhung des Tidehochwasserstands infolge des Klimawandels abhängig (siehe Kapitel 4.3.2). Die Schließung beider Sperrwerke beim lokalen Niedrigwasser hätte zur Folge, dass sich das Sturmfluthochwasser im Klimaszenario im Wangerland, an der Wurster Küste und besonders im Weserästuar stromab (meeresseitig) des Sperrwerkes um bis zu 30 cm gegenüber dem Klimaszenario ohne Sperrwerke erhöhen (Grabemann et al. 2005b). Um das Risiko an diesen Küstenabschnitten wieder auf das heutige Niveau zu senken, wären zusätzliche Küstenschutzmaßnahmen erforderlich, deren Kosten jedoch nicht berücksichtigt wurden.

7.4.2 Kosten der verschiedenen Reaktionsvarianten

Im TP Küstenschutz (Mai et al. 2004) sind die Kosten für die Realisierung der verschiedenen Reaktionsvarianten ermittelt worden. Grundlage der Abschätzung für die Kosten ist die Beibehaltung der heutigen Versagenswahrscheinlichkeit auch für den Meeresspiegelanstieg des Klimaszenarios.

Reaktionsvariante 1 „Verteidigung“ (Verstärkung auf vorhandener Linie): Die Kosten für die Deicherhöhung ergeben sich aus der Multiplikation der Länge des zu erhöhenden Deichabschnittes und der erforderlichen Erhöhung sowie der Kosten pro laufendem Meter. Die Abschätzung der spezifischen Baukosten für die Deicherhöhungen erfolgt dabei auf der Grundlage durchgeführter Deicherhöhung in den letzten 20 Jahren, wobei sich in den letzten fünf Jahren ein signifikanter Anstieg der Baukosten zeigte (Mai et al. 2004). Insbesondere in den städtischen Gebieten wie Bremerhaven, Brake oder Bremen ist mit erheblich höheren spezifischen Baukosten zu rechnen (siehe Tab. 22).

Tab. 22: Zusammenstellung der erforderlichen Deichlängen, Deicherhöhungen und Kosten pro lfd. m für die Reaktionsvariante 1 „Verteidigung“ für die einzelnen Fokusflächen (Daten nach Mai et al. 2004).

Fokusfläche		Deichlänge (km)	Deicherhöhung (m)	Kosten pro lfd. m (€)	Gesamtkosten (€)
Brake		19,9	0,58	1.500	17.313.000
Bremerhaven		13,2	0,7	1.500	13.860.000
Butjadingen	West	16,5	0,7	500	5.775.000
	Ost	15,4	0,625	500	4.812.500
Wangerland		28,0	0,75	500	10.500.000
Wangerooge	Nord	2,6	0,89	750	1.735.500
	Süd	6,0	0,55	500	1.650.000
Wilhelmshaven		21,2	0,75	500	7.950.000
Wursten		25,3	0,8	500	10.120.000

Die Anpassung der Kaiser- und Nordschleuse in Bremerhaven und die Ertüchtigung des Geestesperrwerks als Bestandteil der Reaktionsvariante „Verteidigung“ würde jeweils 200 Mio. € kosten. Diese Kosten sind allerdings in der ökonomischen Modellierung der wirtschaftlichen Folgen (s.u.) nicht berücksichtigt.

Die Erhöhung der vorhandenen Deichlinie kostet zwischen 3,385 Mio. € für die Insel Wangerooge (hier sind sowohl Kosten für die Deichverstärkung im südlichen Teil, als auch Kosten für die Dünenunterhaltung im nördlichen Teil von Wangerooge berücksichtigt) und 17,3 Mio. € für die Fokus-

fläche Brake (siehe auch Tab. 24). Die Simulationsergebnisse aus der ökonometrischen Modellierung für die durch die Investitionen ausgelösten positiven Folgen für das Bruttoinlandsprodukt und die Anzahl der Erwerbstätigen ist in Tab. 23 dargestellt.

Tab. 23: Kosten für die Erhöhung der vorhandenen Deichlinie und ihre Folgen (positive Impulse) für das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP) und für die Anzahl der Erwerbstätigen (ET) in den Fokusflächen (Daten aus Elsner et al. 2005).

Fokusfläche	Investitionskosten (nominal), 2000 (Mio. €)	Investitionskosten (real), 2010 (Mio. €)		Zunahme des BIP (real) (Mio. €)	Zu- nahme an ET
Brake	17,313	Basis	14,850	20,594	143
		Kontrast	14,831	19,875	138
Bremerhaven	13,860	Basis	12,067	13,610	96
		Kontrast	12,152	13,860	93
Butjadingen	10,587	Basis	9,106	12,859	90
		Kontrast	9,095	11,797	82
Wangerland	10,500	Basis	9,012	12,719	89
		Kontrast	9,002	11,781	81
Wangerooge	Nord 1,735 Süd 1,650	Basis	Nord 1,545 Süd 1,418	4,500	32
		Kontrast	Nord 1,543 Süd 1,414	3,750	26
Wilhelmshaven	7,950	Basis	6,156	8,391	65
		Kontrast	6,138	7,938	56
Wursten	10,120	Basis	9,226	13,016	91
		Kontrast	9,215	11,938	82

Weitere Küstenschutzmaßnahmen der Variante 1 sind der Erhalt bzw. der Ausbau von Lahnungen, um die seegangs- und strömungsdämpfenden Vorländer zu schützen bzw. zu erweitern (u.a. Mai & Zimmermann 2000). Die Belastung der Hauptdeiche kann so deutlich reduziert werden. Die daraus resultierenden ökologischen Konsequenzen für die Entwicklungsmöglichkeiten der Vorländer sind in Kapitel 4.3.2.2 dargestellt.

Reaktionsvariante 2 „Anpassung“ (zweite Deichlinien): Die Kosten für die Herstellung zweiter Deichlinien im Vergleich mit den Kosten für eine Deicherhöhung sind in Tab. 24 dargestellt. Diese Reaktionsvariante ist für die Fokusflächen Butjadingen, Wangerland und Wursten entwickelt und berechnet worden. Zum Teil sind alternative Verläufe der zweiten Deichlinie betrachtet worden; im Weiteren wird nur die Alternative beschrieben, die hinsichtlich der Schadensreduktion optimal wirkt. Die Festlegung des Verlaufs der zweiten Deichlinien orientiert sich an vorhandenen Höhenzügen, baulichen Einrichtungen und der Wertkonzentrationen, die dann u.U. per Ringdeich gesondert geschützt werden.

Tab. 24: Vergleich der Kosten für die Reaktionsvarianten „Verteidigung“ (Deicherhöhung) und „Anpassung“ (2. Deichlinie) des Küstenschutzes (Daten nach Mai et al. 2004).

Fokusfläche	Kosten (in €) für	
	Deicherhöhung	2. Deichlinie
Brake	17.313.000	-
Bremerhaven	13.860.000	-
Butjadingen	10.587.500	28.400.000
Wangerland	10.500.000	20.600.000
Wangerooge	3.385.500	-
Wilhelmshaven	7.950.000	-
Wursten (Dorum)	10.120.000	33.800.000

Die in die anschließende Kosten-Nutzen-Analyse (s.u.) eingehenden Kosten für die Reaktionsvariante zweite Deichlinie betragen 28,4 Mio. € für Butjadingen, 20,6 Mio. € für Wangerland und 33,8 für Wursten (siehe Tab. 25).

Tab. 25: Kosten für die Errichtung einer zweiten Deichlinie und ihre Folgen (positive Impulse) für das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP) und für die Anzahl der Erwerbstätigen (ET) in den drei ausgewählten Fokusflächen (Daten aus Elsner et al. 2005).

Fokusfläche	Investitionskosten (nominal), 2000 (Mio. €)	Investitionskosten (real), 2010 (Mio. €)		Zunahme des BIP (real) (Mio. €)	Zu- nahme an ET
Butjadingen	28,400	Basis	24,377	33,406	232
		Kontrast	24,347	32,042	222
Wangerland	20,600	Basis	17,682	24,219	167
		Kontrast	17,660	23,112	158
Wursten	33,800	Basis	29,011	39,672	276
		Kontrast	28,971	38,688	268

Reaktionsvariante 3 „Vordringen“ (Sturmflutsperrwerke): Die Investitionskosten für die Reaktionsvariante „Vordringen“ des Küstenschutzes betragen für ein Jadesperrwerk nominal 1,6 Mrd. € (real 1,37 Mrd. €) und für ein Wesersperrwerk nominal 1,3 Mrd. € (real 1,13 Mrd. €) (Tab. 26).

Tab. 26: Kosten für die Errichtung von Sperrwerken und ihre Folgen (positive Impulse) für das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP) und für die Anzahl der Erwerbstätigen (ET) (Daten aus Elsner et al. 2005).

	Investitionskosten in 2000 (Mrd. €)		Investitionskosten, nominal (Mio. €)				Zunahme des BIP, real (Mio. €)	Zunahme an ET
	nominal	real	2010			2011	2012	
Jade-Sperrwerk	1,6	1,37	Basis	587,79	600,875	613,992	2.085,4	14.040
			Kontrast	591,158	602,444	613,730	2.067,6	13.992
Weser-Sperrwerk	1,3	1,13	Basis	477,059	487,585	498,110	1.561	13.215
			Kontrast	479,729	488,873	497,704	1.583	12.595

Für die regionalökonomische Modellierung sind die Reaktionsvarianten des Küstenschutzes insbesondere als öffentlich finanzierte Investitionsvorhaben von Interesse, von denen positive Impulse für die volkswirtschaftlichen Größen Bruttoinlandsprodukt und Zahl der Erwerbstätigen ausgehen und die zu einer Erhöhung des Kapitalstocks im öffentlichen Sektor beitragen. Die Simulationsergebnisse aus der ökonomischen Modellierung für die drei Reaktionsvarianten sind ebenfalls in Tab. 23, Tab. 25 und Tab. 26 dargestellt.

Wie bei den durch ein Sturmflutereignis mit Deichbruch ausgelösten negativen Impulsen müssen auch die positiven Impulse der Investitionsvorhaben für die Modellierung auf einen bestimmten Zeitpunkt terminiert werden. Es wird im Folgenden angenommen, dass die Deicherhöhungen und die Errichtung der zweiten Deichlinien im Jahr 2010 und der Sperrwerksbau in den Jahren 2010 bis 2012 geschehen. Zusätzlich mussten die nominalen Investitionskosten für das Jahr 2000 unter Berücksichtigung der Preisentwicklung auf die angenommenen Investitionszeitpunkte umgerechnet werden. Die realen Investitionskosten in 2010 für die Variante „Verteidigung“ (also Deicherhöhung auf vorhandener Linie) führen zu einer realen Zunahme des Bruttoinlandsprodukts zwischen 3,75 Mio. € (Wangerooze) und 20,594 Mio. € (Brake) mit einer maximalen Zunahme der Erwerbstätigen von 143 (Brake). Die Investitionskosten von 33,8 Mio. € für die Errichtung einer 2. Deichlinie in der Fokusfläche Wursten erhöhen das BIP dort um bis zu 39,672 Mio. € und führen zu einer Zunahme der Erwerbstätigen von 276 für das ökonomische Basisszenario. Die Investitionskosten für die Sperrwerke von nominal 1,6 Mrd. € (Jadebusen) und 1,3 Mrd. € (Unterweser), die für die ökonomische Modellierung auf drei Jahre verteilt werden, verursachen eine Zunahme des BIP von 2,085 Mrd. € (Jadebusen) bzw. 1,56 Mrd. € (Unterweser) mit positiven Beschäftigungseffekten von 14.040 (Jadebusen) und 13.215 (Unterweser) (Elsner et al. 2005). Diese positiven Impulse können zusammen mit den negativen Auswirkungen, d.h. den Schäden, in den Kosten-Nutzen-Analysen verrechnet werden (s.u.).

KRIM: Der Finanzbedarf des Küstenschutzes wird sich durch den beschleunigten Meeresspiegelanstieg in Zukunft erhöhen.

7.4.3 Vergleich der Risiken der Reaktionsvarianten

Die Wirkung der zweiten Deichlinie für die Begrenzung der bei einem angenommenen Deichversagen des Hauptdeiches resultierenden Überflutungsfläche ist in Tab. 27 aufgelistet. Die Veränderung der Schäden im Vergleich der Reaktionsvarianten „Verteidigung“ und „Anpassung“ stellt Tab. 28 dar.

Tab. 27: Vergleich der Überflutungsfläche bei einem angenommenen Deichbruch mit und ohne zweiter Deichlinie für den Status quo und für das Klimaszenario (Daten nach Mai et al. 2004).

Fokusfläche	Überflutungsfläche ohne 2. Deichlinie (ha)		Überflutungsfläche mit 2. Deichlinie (ha)	Abnahme Fläche um (%) für Status quo / Klimaszenario
	Status quo	Klimaszenario	Status quo = Klimaszenario	
Butjadingen	7.000	8.300	1750	75 / 79
Wangerland	9.000	11.000	900	90 / 92
Wursten	5.600	6.200	1960	65 / 68

Tab. 28: Vergleich der Schäden bei einem angenommenen Deichbruch mit und ohne zweiter Deichlinie für den Status quo und für das Klimaszenario (Daten nach Mai et al. 2004).

Fokusfläche	Schaden ohne 2. Deichlinie (Mio. €)		Schaden mit 2. Deichlinie (Mio. €)	Abnahme Schaden um (%) für Status quo / Klimaszenario
	Status quo	Klimaszenario	Ist-Szenario = Klima-Szenario	
Butjadingen	74,7	103,7	64,6	14 / 38
Wangerland	48,7	62,7	23	53 / 63
Wursten	25,63	35,1	16,9	34 / 52

Es lässt sich erkennen, dass die Anlage zweiter Deichlinien die Überflutungsfläche im Vergleich zur Überflutungsfläche ohne eine zweite Deichlinie deutlich reduziert. Die Abnahmen betragen für die Wasserstände des Status quo (Ist-Szenario) 65% bis 90% und für die Wasserstände des Klimaszenarios nimmt die Überflutungsfläche zwischen 68% und 92% ab, d.h. die begrenzende Wirkung der 2. Deichlinie vergrößert sich. Status quo bzw. Ist-Szenario bedeutet in den beiden oben stehenden Tabellen eine Überflutungssimulation mit vergangenen Sturmfluten, während bei der Überflutungssimulation für das Klimaszenario diese historischen Wasserstände um 55 cm erhöht wurden. Die Ausdehnung der Überflutungsfläche zwischen Ist- und Klimaszenario unter Berücksichtigung einer zweiten Deichlinie ändert sich nicht, weil einerseits das gesamte Gebiet zwischen Hauptdeich und zweiter Deichlinie schon überschwemmt wird und andererseits die Lage der 2. Deichlinien so gewählt wurde, dass ihre eine Überflutung begrenzende Funktion optimal ist.

Die prozentuale Reduktion der Schäden fällt bei Anlage einer zweiten Deichlinie in den drei betrachteten Fokusflächen etwas geringer aus, ist mit einer Abnahme von 14% bis 53% für den Status quo und 38% bis 63 % für das Klimaszenario aber trotzdem sehr deutlich. Die geringere Abnahme der Schäden resultiert aus den höheren Wasserständen in den Überflutungsflächen. Da die zur Berechnung der Schäden aufgestellten Schadensfunktionen wasserstandsabhängig sind, führen höhere Wasserstände zu größeren Schäden. Die nahezu identischen Werte für die Schäden zwischen Status quo und Klimaszenario basieren auf der schon im Status quo hohen Schädigungsrate, die sich auch im Klimaszenario nicht mehr wesentlich erhöht. Zusätzlich ist in den Schadensfunktionen für die verschiedenen Wertobjekte ab einer bestimmten Wasserstandshöhe die Schädigungsrate 100%. Höhere Wasserstände können dementsprechend die Schädigungsrate und damit den Schaden nicht weiter erhöhen.

KRIM: Als Ergänzung und zur Begrenzung des Schadenspotenzials (des Schadens) können örtlich auch die Errichtung bzw. Aktivierung einer zweiten Deichlinie und auch der Bau von weiteren Sturmflutsperrwerken sinnvoll sein.

7.4.4 Kosten-Nutzen-Analysen der Reaktionsvarianten

Die Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen soll einen Vergleich von Maßnahmen des Küstenschutzes im Sinne einer Prioritätenliste für die ökonomisch günstigste und unter Wohlfahrtsaspekten effektivste Maßnahme ermöglichen. Solche Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen spielen z.B. bei der Umsetzung von Maßnahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes oder der Bedarfsanalyse von Bundesverkehrswegen eine wichtige Rolle (Holm-Müller & Muthke 2001). Derzeit werden Kosten-Nutzen-Analysen vor allem für lokal wirksame und klar definierte Maßnahmen sowie für struk-

turell-technische Schutzmaßnahmen mit materiellem Nutzen (als vermiedene Schäden) angewandt (Dehnhardt & Meyerhoff 2002). Um langfristige Konsequenzen verschiedener Maßnahmen miteinander vergleichen zu können, müssen Szenarien für die Ausgestaltung möglicher Zukünfte erstellt werden. Dadurch können insbesondere die Wechselwirkungen zwischen längerfristig wirkenden Risikomanagementmaßnahmen und Schadenspotenzialentwicklung abgeschätzt werden. Der Nutzen von Schutzmaßnahmen entspricht dabei dem Erwartungswert der Schadensminderung und berechnet sich als Differenz aus Schadenserwartung für die unterschiedlichen Küstenschutzmaßnahmen (Elsner et al. 2005).

Die Kosten-Nutzen-Kalkulationen einzelner Küstenschutzmaßnahmen müssen in den Fokusflächen getrennt voneinander durchgeführt werden und es ist nur zulässig, für einzelne Fokusflächen die verschiedenen Reaktionsvarianten zu vergleichen, da die Kosten-Nutzen-Analyse ausschließlich zum Vergleich des Netto-Nutzens unterschiedlicher zur Wahl stehender Alternativen dient und diese dann in einer Rangfolge hinsichtlich ihrer jeweiligen Wirkung auf die gesellschaftliche Wohlfahrt beurteilt (Gans & Marggraf 1997). Deshalb werden im Folgenden nur die Ergebnisse des Vergleichs zwischen den Reaktionsvarianten „Deicherhöhung“ und „2. Deichlinie“ für die drei Fokusflächen Butjadingen, Wangerland und Wursten betrachtet.

Ein zentrales Problem der Kosten-Nutzen-Berechnungen im Küstenschutz (das gilt auch für den Hochwasserschutz) ist die Zuordnung der vermiedenen Schäden (des Nutzens) zu bestimmten Kosten. Deutlich wird dies an der Kosten-Nutzen-Berechnung der Sperrwerksvariante (Elsner et al. 2005). Die Ergebnisse der Risikoanalyse in KRIM haben deutlich gemacht, dass der Schaden nach einem punktuellen Deichversagen immer deutlich geringer ist als das Schadenspotenzial im gesamten bedachten Gebiet. Durch ein Sperrwerke z.B. in der Unterweser wird zwar das gesamte oberstrom liegende bedachte Gebiet geschützt, allerdings würde die Annahme des gesamten Schadenspotenzials als vermiedenem Schaden den Nutzen sehr stark überschätzen, da, wie wir oben gezeigt haben, der Schaden nach einem Deichversagen immer nur einen kleinen Teil des gesamten Schadenspotenzials ausmacht. Aber auch der in KRIM gewählte Ansatz der Definition bestimmter punktueller Deichbrüche in den Fokusflächen formuliert einen letztlich zufälligen Schaden bzw. vermiedenen Schaden, da Zahl und Ort dieser Deichbrüche nur ein Szenario sind. Während der eine Ansatz (Schadenspotenzial des gesamten bedachten Gebietes) den vermiedenen Schaden also deutlich überschätzt, reduziert der in KRIM gewählte Ansatz (mehrere punktuelle Deichbrüche als vermiedener Schaden) zwar diese Überschätzung, ist aber letztlich willkürlich in seiner Festlegung. Die für Kosten-Nutzen-Berechnungen im Küstenschutz zentrale Frage der Zuordnung von vermiedenem Schaden und Kosten ist also bisher nur unbefriedigend gelöst und schränkt die Bedeutung von Kosten-Nutzen-Analysen für rationale Investitionsentscheidungen im Küstenschutz noch deutlich ein.

Eine Forderung für die Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen, dass auch nicht-materielle Güter wie z.B. Umweltschäden bewertet werden sollen (Hackl & Pruckner 1994), wird in KRIM durch die Anwendung eines erweiterten Schadensbegriffs grundsätzlich erfüllt. Allerdings bleibt das methodische Problem der Monetarisierung dieses Aspekts bestehen, die häufig grundsätzliche Bedenken gegenüber einer monetären Bewertung bestimmter Nutzenkomponenten begründen (z.B. Meyerhoff 2001).

Die zentralen Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für die Reaktionsvarianten „Verteidigung“ (Deicherhöhung) und „Anpassung“ (2. Deichlinie) für die drei Fokusflächen Butjadingen, Wanger-

land und Wursten sind in Tab. 29 dargestellt. Auf der Nutzenseite gehen in die Berechnung die durch die Reaktionsvarianten vermiedenen jährlichen Schäden (Vermögensschäden, ökologische Schäden und Schäden am Bruttoinlandsprodukt) und die durch die Investitionen ausgelösten positiven Effekte für die regionale Wirtschaft ein. Die vermiedenen Schäden (entspricht dem Nutzen) werden mit der durch die Küstenschutzmaßnahmen reduzierten Versagenswahrscheinlichkeiten verrechnet. Auf der Kostenseite werden die realen Investitionskosten zum Zeitpunkt ihres Einsatzes und die jährlich anfallenden Unterhaltungskosten berücksichtigt. Alle jährlichen Werte werden bis zum Jahr 2050 kumuliert.

Tab. 29: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analysen für die drei Fokusflächen (Daten berechnet von I. Yu).

Diskontsatz	Butjadingen					
	Gegenwartswert			Kosten-Nutzen-Verhältnis		
	0%	2%	5%	0%	2%	5%
Reaktionsvarianten						
Deicherhöhung	-1,4397	0,48952	1,857	0,92066	1,0331	1,1497
2. Deichlinie	-0,13133	3,272	5,6844	0,99649	1,1005	1,1952
Wangerland						
Deicherhöhung	-0,8606	0,83642	2,0393	0,94922	1,0597	1,1712
2. Deichlinie	-2,8484	0,63856	3,1102	0,90641	1,0248	1,1392
Wursten						
Deicherhöhung	-0,3561	1,1843	2,2762	0,97828	1,0862	1,1922
2. Deichlinie	2,2639	5,3836	7,595	1,056	1,1488	1,2289

Die in Tab. 29 vom Wirtschaftswissenschaftler Inhi Yu (TP Ökonomie) berechneten Werte zeigen, dass unter Berücksichtigung eines Diskontsatzes von 2% und 5% die Gegenwartswerte einen positiven Wert aufweisen. Dabei ist der Gegenwartswert für die Reaktionsvariante 2. Deichlinie in den Fokusflächen Butjadingen und Wursten höher, in der Fokusfläche Wangerland aber geringer (abweichend ist der Gegenwartswert bei einem Diskontsatz von 5%, der eine stärkere Gegenwartspräferenz bedeutet, in der Fokusfläche Wangerland für die Reaktionsvariante 2. Deichlinie höher). Einen einheitlicheren Trend zeigt das Kosten-Nutzen-Verhältnis. Für ökonomische Vergleiche ist deshalb als Informationsindikator für die (ökonomische) Effizienz das Nutzen-Kosten-Verhältnis (VNK) aufgrund seiner besseren Vergleichbarkeit dem Gegenwartswert vorzuziehen (Yu mündl.). Der Vergleich der Kosten-Nutzen-Verhältnisse verdeutlicht also, dass für die Fokusfläche Wangerland die Reaktionsvariante Deicherhöhung und für die Fokusflächen Butjadingen und Wursten die Reaktionsvariante 2. Deichlinie bei den hier gewählten Randbedingungen zu bevorzugen ist. Die Unterschiede sind allerdings relativ gering.

Die normative Grundlage der Kosten-Nutzen-Analyse ist die traditionelle neoklassische Wohlfahrts-theorie. Für die Kosten-Nutzen-Analysen bedeutet dies, dass ein Projekt dann als vorteilhaft eingestuft wird, wenn die Individuen, die durch die Maßnahme einen Nutzenzuwachs erfahren, diejenigen, die einen Nutzenrückgang zu verzeichnen haben, kompensieren können. Auf dieser Basis können die Kosten- und Nutzeneffekte pragmatisch verglichen und aggregiert werden (Elsner et al. 2005). Dabei ist aber insbesondere die Frage wie die Werte für die Kosten und Nutzen zustande kommen nicht einfach zu beantworten. So hat die Berechnung der oben angeführten Ergebnisse gezeigt, dass die Annahmen über die Investitionskosten und die Kosten für die Unterhaltung der Küstenschutzelemente die Ergebnisse sehr deutlich beeinflusst. Aber auch die Erfassung der Nut-

zenseite, zu der die aus dem erweiterten Schadenskonzept abgeleiteten „vermiedenen Schäden“ gehören, birgt erhebliche Unsicherheiten. Hier spielt v.a. die schon oben erwähnte Auswahl der Anzahl und Stellen von Deichbrüchen eine dominante Rolle. Weiterhin sind noch die ökonometrisch modellierten positiven Impulse für das Bruttoinlandsprodukt und die Erwerbstätigenzahl, die aus den Investitionen resultieren, weiter zu erforschen.

Trotz der genannten Probleme der Kosten-Nutzen-Analysen im Küstenschutz, die ihre Eignung als Instrument der rationalen Entscheidungsunterstützung einschränken, kann ihnen als ein zusätzliches Kriterium der Entscheidungsfindung durchaus Bedeutung zukommen und das Instrument sollte deshalb weiterentwickelt werden. Allerdings sollten sie nur als eine Grundlage für die Risikobewertung und die Entscheidungsfindung dienen. Zusätzlich bedürfen die normativen Werte und Setzungen in Kosten-Nutzen-Analysen einer transparenten Darstellung und gesellschaftlichen Diskussion.

KRIM: Es gibt verschiedene Strategien, mit denen eine Anpassung des Küstenschutzsystems an den beschleunigten Meeresspiegelanstieg erfolgen kann. Von diesen ist eine Verstärkung auf vorhandener Linie zum Teil die mit dem günstigsten Kosten-Nutzen-Verhältnis (und der größten Akzeptanz).

Kosten-Nutzen-Analysen können zusätzliche Informationen zur Entscheidungsunterstützung beim Vergleich verschiedener Alternativen des Küstenschutzes liefern.

7.4.5 Handlungsbereitschaft und Akzeptanz

Für ein Risikomanagement ist die Berücksichtigung der möglichen Akzeptanz bzw. Ablehnung durch die Bevölkerung sowie die Handlungsbereitschaft ein wichtiger Input. Es konnte gezeigt werden, dass unterschiedliche Küstenschutzstrategien hinsichtlich dieses Aspektes sehr große Unterschiede aufweisen können (König et al. 2000). In KRIM ist dieser Aspekt im Rahmen der Arbeiten zum öffentlichen Risikokonstrukt (Peters & Heinrichs 2005) und zum politisch-administrativen Risikokonstrukt (Lange et al. 2005) bearbeitet worden.

Im Folgenden wird die Handlungsbereitschaft bzw. Maßnahmenakzeptanz für den Status quo und die Szenarien auf der Grundlage der Erhebungen zum öffentlichen Risikokonstrukt abgeschätzt (Peters & Heinrichs 2004). Im Status quo ist eine relativ hohe geäußerte allgemeine Handlungsbereitschaft und Unterstützung von Maßnahmen im Rahmen der derzeitigen Küstenschutz-Strategie festzustellen. Dabei fokussiert die öffentliche Diskussion (Medien) auf leichte Küstenschutz-Maßnahmen (entsprechend der derzeitigen Küstenschutz-Strategie) und es erfolgt nur eine schwache Thematisierung von moderaten oder starken Maßnahmen, die einen Strategiewandel bedeuten würden (z.B. „Rückzug“). In der Bevölkerung besteht also eine Präferenz für die „Fortschreibung der derzeitigen Küstenschutzstrategie“, eine starke Ablehnung „drastischer“ Maßnahmen und ein relativ hohes Vertrauen in den Küstenschutz hinsichtlich der Bewältigung derzeitiger Risiken sowie ein etwas geringeres Vertrauen in Bezug auf die Bewältigung künftiger Risiken.

Für das Anatol-Szenario ist es wahrscheinlich, dass die derzeitige Küstenschutz-Strategie infrage gestellt wird, massivere Varianten in der Medienberichterstattung diskutiert oder gefordert werden und die Akzeptanz massiverer Maßnahmen und höherer Investitionen in der Bevölkerung größer

wird. Möglicherweise ist dieses mit einer Stärkung der gesellschaftlichen Solidarität mit den von Naturkatastrophen betroffenen Regionen (z.B. Erhöhung der Legitimität von nationalen Investitionen) verbunden, die wahrscheinlich aber nur zeitlich befristet wäre. Weiterhin wäre eine Verstärkung des Vertrauens in den Küstenschutz oder eine Entwicklung von Misstrauen in Abhängigkeit von der wahrgenommenen Qualität des Risikomanagements beim Extremereignis möglich. Damit verbunden ist eine sehr wahrscheinlich zeitlich befristete Diskussion darüber, ob das Ereignis als erstes einer ganzen Reihe von Ereignissen mit neuer Qualität anzusehen ist, und Forderungen, dass sich der Katastrophen- und Küstenschutz darauf einstellen muss. Die Ansprüche an die Qualität des Katastrophenmanagements und das präventive Risikomanagement steigen bei der Wiederholung von Schadenereignissen wahrscheinlich.

Wenig wahrscheinlich ist es, dass der Einfluss eines allmählichen Meeresspiegelanstiegs sich auf die Handlungsbereitschaft und Akzeptanz von bzw. Forderung nach Maßnahmen beim Szenario KRIM + 55 auswirkt. Wahrscheinlicher ist eine latente Diskussion (vornehmlich in Fachkreisen) über die Notwendigkeit von präventiven Küstenschutzstrategien zur Adaptation, über die ab und zu in den Medien berichtet wird.

Die Bewertung der Akzeptanz der Reaktionsvarianten (RV), die aus der Risikoeinschätzung bzw. -wahrnehmung abgeleitet werden kann, unterscheidet eine schwache, eine mittlere und eine starke Reaktionsvariante. Die schwache RV entspricht im Wesentlichen der gegenwärtigen Strategie, die lediglich durch moderate Deicherhöhungen fortgeschrieben wird und mit der Variante „Verteidigung“ gleichzusetzen ist. Die mittlere RV beinhaltet Maßnahmen, die über die bisherige Küstenschutzstrategie hinaus gehen, aber noch relativ maßvoll sind (z.B. Sperrwerke, Rückzug aus eng begrenzten Gebieten; entspricht der Variante „Anpassung“), während in der starken RV drastische Maßnahmen, die weit über die bisherige Küstenschutzstrategie hinaus gehen (z.B. sehr große Sperrwerke und Vordeichungen), angenommen werden (entspricht der Variante „Vordringen“).

Hinsichtlich der Akzeptanz der schwachen RV für den Status quo kann gesagt werden, dass es in Medien und Bevölkerung hierfür eine Präferenz gibt, das Vertrauen gegenwärtig ausreichend ist, Anzeichen für eine gewisse Skepsis, ob die kommende Anforderungen bewältigt werden können existiert und die Maßnahmen der schwachen RV in der Regionalberichterstattung umfassend thematisiert werden, jedoch nur selten in Verbindung mit Klimawandel. Beim Auftreten von Krisensignalen wird nun aber die schwachen RV als nicht ausreichend bewertet, erfolgt eine Diskussion über einen Strategiewechsel und eine zunehmend kritische öffentliche Thematisierung. In die kritische Bewertung der schwachen RV fließt der Aspekt einer Adaptation an den Klimawandel mit ein.

Im Status quo der Bewertung der mittleren RV werden die Maßnahmen nur wenig thematisiert. Erste Anzeichen für eine gewisse Akzeptanz von Maßnahmen der mittleren RV sind aber festzustellen. Beim Auftreten von Krisensignalen erfolgt eine stärkere öffentliche Thematisierung von Maßnahmen und eine Forderung nach der Realisierung dieser Maßnahmen der mittleren RV. Bei schwachem Krisensignal bestehen u.U. Kontroversen über die Notwendigkeit von Maßnahmen. Auch hier fließt der Aspekt einer Adaptation an den Klimawandel mit ein.

Als letztes ist im Status quo der Bewertung der starken RV festzustellen, dass die Maßnahmen kaum öffentlich thematisiert werden und eine starke Ablehnung vorherrscht. Beim Auftreten von Krisensignalen erfolgt eine stärkere öffentliche Thematisierung und Diskussion von möglichen Maßnahmen, die bei mittlerem Krisensignal u.U. Kontroversen über die Notwendigkeit auslösen

können.. Dementsprechend ist die Akzeptanz der starken RV nur bei sehr starkem Krisensignal hoch. Die Diskussion über die Notwendigkeit der Maßnahmen der starken RV ist geprägt vom Aspekt einer Adaptation an den Klimawandel (Peters & Heinrichs 2004).

Auch für die im politisch-administrativen Risikokonstrukt (siehe Kapitel 6) analysierte Risikoeinschätzung und Handlungsbereitschaft für das politisch-administrative System (PAS) ist die Differenzierung zwischen Status quo und den Konsequenzen eines Klimawandels wichtig. Sowohl für den Status quo, als auch für zukünftige Zustände können Diskursfelder beschrieben werden, die den Umgang mit einem Klimawandel und den Herausforderungen an den Küstenschutz widerspiegeln. Im Folgenden geht es dabei eher um Handlungsbereitschaft als um Maßnahmenakzeptanz (Lange et al. 2005).

Die Handlungsbereitschaft im Status quo ist dadurch charakterisiert, dass zwar eine große Anzahl von Akteuren auf allen behördlichen Ebenen dazu tendiert, das gegenwärtige Sicherheitssystem durch Hinzufügen neuer Element verbessern zu wollen, die zentralen administrativen Akteure im nordwestdeutschen Küstenschutz aber für die Kontinuitätsoption votieren. Dabei ist die Thematisierung von starken Veränderungen bzw. eines Strategiewechsels schwach und der Aspekt einer Delegation der Risikoabschätzung an Politik und Wissenschaft ist durch alle administrativen Ebenen hindurch stark ausgeprägt.

Dabei sind zwei Formen von Grenzarbeit beobachtbar: indem sich „progressive“ Delegierer für einen gestaffelten Küstenschutz aussprechen, eine Öffnung des bisherigen Bemessungsverfahrens für denkbar halten und auch neue Handlungsstrategien nicht per se ausschließen, gestalten sie die Grenzen zwischen Klimaforschung, politischen Strategieentscheidungen und administrativen Küstenschutzentscheidungen für die Zukunft durchlässig. „Konservative“ Delegierer hingegen halten sich mit derartigen Bemerkungen zurück bzw. stellen in ihrem „Schutz“-Diskurs den Aspekt institutionell geregelter Entscheidungsprozesse über das Bemessungsverfahren auf eine Weise in den Mittelpunkt, die im politisch-administrativen Mehrebenensystem vor allem die institutionellen Grenzen und funktionalen Hierarchien von Entscheidungsprozessen betont. Eine Öffnung für Risikoanalysen können sich Akteure aus allen Ebenen vorstellen, vor allem trifft dies jedoch auf die Fraktion der Küstenschutzpraktiker und „Umsetzer“ zu.

Die Handlungsbereitschaft für ein zukünftiges Risikomanagement in den Diskursfeldern Klimawandel, Klimaforschung und Unsicherheit ist mit folgenden Aspekten zu charakterisieren. So sollen neue Probleme wie der Klimawandel im Rahmen einer Kontinuitätsoption in den Normalbetrieb integriert werden. Eine Änderung der Norm „gleiche Sicherheit für Alle“ bedeutet nicht automatisch auch die Änderung des bisherigen Additionsverfahrens für die Deichbemessung. Bei der Frage nach den Unsicherheiten der Klimaforschung tritt der Diskurstyp „handeln erst auf Basis sicheren Wissens“ besonders deutlich hervor. Wie bei der Bemessung wird dabei ein Sicherheitsdiskurs aktiviert.

Auch bei der Frage nach den potenziellen Folgen eines durch Klimawandel bedingten Meeresspiegelanstiegs zeigt sich die Delegation der Risikoabschätzung in Klimaforschung oder lokale Küstenschutzforschung („sicheres Wissen“, „neues Bemessungsgutachten“) und Politik („Handeln auf Basis einer neuen Leitlinie, Finanzierungsaspekt zentral bei lokaler Risikoabschätzung“). Unsicherheiten erscheinen dabei zum einen langfristig (Klimaforschung), zum anderen durch eigene fachliche Erfahrung und wissenschaftlich-technisches know-how vor Ort bewältigbar.

Es existiert ein hohes Vertrauen in das zukünftige Adaptionspotenzial des politisch-administrativen Küstenschutzes bzw. hinsichtlich der Bewältigung zukünftiger Risiken und Folgen von Klimawandel und erhöhtem Meeresspiegelanstieg. Das „framing“ regionaler Klimapolitik geschieht dabei wesentlich durch die administrativen Erwartungen dessen, was die Klimaforschung in der Zukunft leisten wird. Der Diskurstyp „Trotz Unsicherheit handeln“ stellt demgegenüber ein „Minderheitenvotum“ dar. Er aktiviert einen Risikodiskurs, bei dem Unsicherheit die strategische Bedeutung eines Handlungsmotors, und nicht einer Handlungsbremse erhält (Lange et al. 2005).

7.5 Diskussion und Schlussfolgerungen

7.5.1 Berücksichtigung des prognostizierten beschleunigten Meeresspiegelanstiegs

Die Bemessung der erforderlichen Bestickhöhen musste in der Vergangenheit bzw. erfolgt im Untersuchungsgebiet bis jetzt durch die Extrapolation der historischen Veränderungen des Meeresspiegels bzw. der Sturmflutscheitelstände erfolgen, da andere wissenschaftliche Methoden für eine Prognose zukünftig zu erwartender Veränderungen nicht zur Verfügung standen. Durch die Entwicklung der Klimaforschung besonders in den letzten Jahren und die Etablierung von gekoppelten Ozean-Atmosphäre-Modellen ist eine Abschätzung zukünftiger Veränderungen die nicht nur auf einer Extrapolation eines beobachteten Trends, sondern auf einer Nachbildung der wesentlichen Systemzusammenhänge beruhen, möglich geworden (IPCC 2001a). Diese haben wahrscheinlich gemacht, dass für die Zukunft von einem beschleunigten Meeresspiegelanstieg ausgegangen werden muss, der durch die Extrapolation der historischen Trends nicht abgebildet wird. Das Ausmaß dieser Beschleunigung ist aus verschiedenen Gründen jedoch relativ unsicher: zum einen sind dies Unsicherheiten über die Funktionen des Klimasystems und deren Abbildung in den Modellen; zum anderen sind dies Unsicherheiten bzgl. der zukünftigen Entwicklung des globalen sozioökonomischen Systems (z.B. darüber, wie stark sich die CO₂-Emission verändern wird), die letztlich nicht prognostiziert werden, sondern nur durch die Definition verschiedener Szenarien abgeschätzt werden können. Nichtsdestotrotz erweitern die Ergebnisse der Klimaforschung und der internationale Abstimmungsprozess im IPCC die Entscheidungsgrundlagen des Küstenschutzes qualitativ und quantitativ entscheidend.

Die Ergebnisse aus KRIM haben deutlich gemacht, dass der beschleunigte Klimawandel mit dem resultierenden Bedarf nach beschleunigter Anpassung keine grundsätzlich neue Herausforderung für den Küstenschutz darstellt. Nach Einschätzung sowohl der Öffentlichkeit als auch des administrativen Systems kann eine Anpassung auch mit dem etablierten System realisiert werden (Peters & Heinrichs 2004, Lange et al. 2005); auch die Analysen im wissenschaftlichen Risikokonstrukt haben dies im Wesentlichen deutlich gemacht (siehe Kapitel 4). Allerdings stellt die Art der Information über den beschleunigten Meeresspiegelanstieg als Ergebnisse von Simulationen des Klimasystems unter Annahme verschiedener Emissions-Szenarien eine neue Information dar. Diese wird vom PAS als unsicher interpretiert, während die Fortschreibung des beobachteten Trends von Pegelständen als „sichere Information“ interpretiert wird, was sie mitnichten ist. Hier erscheint es zum einen sinnvoll, die Informationsbasis über den Klimawandel und seine Prognostizierbarkeit zu verbessern, zum anderen einen „Mechanismus“ zu etablieren, mit dem der Klimawandel zu einer „sicheren“ Randbedingung für den Küstenschutz gemacht werden kann. Derzeit ist die Berücksichtigung nicht

nur in Europa sondern auch innerhalb der Bundesrepublik Deutschland uneinheitlich (COMRISK 2004).

Ziel des Projekts COMRISK (Common Strategies to Reduce the Risk of Storm Floods in Coastal Lowlands; www.comrisk.org) war u.a. die Evaluation bestehender Politiken und Strategien für ein Risikomanagement an den Nordseeküsten. Es konnte gezeigt werden, dass fast alle untersuchten Länder und Regionen den Klimawandel und den damit verbundenen Meeresspiegelanstieg als wichtige Herausforderung ansehen und das vielfach trotz bestehender Unsicherheiten von den Küstenschutzakteuren vorsorgend höhere Werte für die Bemessung der Küstenschutzanlagen berücksichtigt werden. Zusätzlich wird von den politischen Entscheidungsträgern registriert, dass mit dem Meeresspiegelanstieg auch ein Anstieg extremer Ereignisse verbunden ist und dieses veränderte Küstenschutzstrategien notwendig machen könnte.

Wie solche Strategien im institutionellen Kontext umgesetzt werden können und welche Verantwortlichkeiten die an den Strategien beteiligten staatlichen Organisationsebenen haben, ist in den betroffenen Ländern und Regionen allerdings unterschiedlich. Während in den Niederlanden und Deutschland gesetzliche Vorgaben auf staatlicher Ebene existieren, ist in England, Flandern und Dänemark die Verantwortung weitgehend auf die lokale Ebene delegiert. In Niedersachsen gibt die Landespolitik vor, wie im Küstenschutz vorgegangen werden muss, so dass die Entscheidungsfreiheit auf lokaler Ebene begrenzt ist. Besonders in den Niederlanden und Flandern werden vermehrt Alternativen zum Erreichen der vorgeschriebenen Sicherheitsstandards entwickelt und mit der lokalen Bevölkerung verstärkt diskutiert.

In England wird sehr stark auf die Kalkulation von Kosten und Nutzen fokussiert, während in Deutschland und den Niederlanden die gegenwärtigen Küstenschutzstandards Kosten-Nutzen-Verhältnisse weniger stark berücksichtigen. In Hamburg und Niedersachsen wurden die potenziellen Gefahren bei einem Versagen der Küstenschutzsysteme teilweise quantitativ analysiert. Da die Gesetzgebung hier aber vorschreibt, dass jeder Einwohner die gleiche Sicherheit haben soll, kann für die Deichbemessung nicht zwischen Sicherheitsstandard und gefährdetem Schadenspotenzial unterschieden werden und fließt deshalb auch nicht in Entscheidungsprozesse ein. Schleswig-Holstein berücksichtigt solche Informationen zur Schadensdimension durch die Definition von Prioritäten für die Umsetzung im Küstenschutz.

Für den Umgang mit einem beschleunigten Meeresspiegelanstieg im Küstenschutz finden sich Hinweise aus dem Vorgehen für die Risikobestimmung und den Zielvorstellungen des Küstenschutzes. So wird z.B. bei der Wahl geeigneter Maßnahmen in England Dynamik in der Küstenzone zugelassen und sogar eine Zurücksetzung der Deichlinie erlaubt. Ein gewisses Maß an dynamischer Entwicklung ist auch in Flandern, auf den Inseln in Niedersachsen und Dänemark möglich, generell sollen jedoch die heute geschützten Flächen auch zukünftig geschützt bleiben. England, Dänemark und in geringerem Maße auch Hamburg benutzen eine Vielzahl an Maßnahmen, um ihre Ziele zu erreichen. Sie erlauben Dynamik, nutzen Vorhersage und Warnhinweise sowie Evakuierungspläne neben der Küstenverteidigung. Flandern, die Niederlande und die anderen deutschen Bundesländer konzentrieren sich eher auf die „klassische“ Küstenverteidigung. Insgesamt versuchen alle Länder und Regionen hinsichtlich ihrer Strategien und Maßnahmen im Küstenschutz voneinander zu lernen, um eine Verbesserung im Schutz der Küsten zu erreichen. Einige Regionen sind aktuell dabei ihr Vorgehen für die Verminderung der Risiken im Küstenschutz neu zu überdenken.

Um die „neue Randbedingung“ beschleunigter Meeresspiegelanstieg operationabel zu machen, sind u. E. als externer Input ein oder ggfls mehrere „autorisierte“ Klimaszenarien erforderlich. Diese sollten, soweit rechtlich möglich, für alle Bundesländer zentral vorgegeben oder zumindest vorgeschlagen werden und nicht nur Angaben zum Meeresspiegelanstieg sondern auch zu den Veränderungen anderer Klimaparameter enthalten. Dazu empfehlen wir an den etablierten und aufwändigen IPCC-Prozess anzuschließen und dazu einen „Klimarat“ aus Vertretern von Bund und Ländern und unabhängigen Experten zu etablieren. Dieser hat die Aufgabe, die Ergebnisse des IPCC-Prozesses für die Situation in Deutschland unter Nutzung zusätzlicher regionalisierter Modelle zu interpretieren und ein oder ggfls. mehrere Klimaszenarien (die auch regional differenziert sein können) zu formulieren, die als einheitliche Basis für die Planung und Umsetzung von Adaptationsstrategien genutzt werden. Da in diesem Schritt Setzungen und Wertungen erforderlich sind, ist das Ergebnis entsprechend politisch zu legitimieren, z.B. durch einen Kabinettsbeschluss.

Für die Küstenschutz-Administration würde dies eine einheitliche Randbedingung schaffen und die Berücksichtigung des „unsicheren Wissens“ zum Klimawandel erleichtern. Eine Berücksichtigung wäre auch mit dem aktuell etablierten deterministischen Bemessungssystem durch einen entsprechenden „Klimawandel-Aufschlag“ möglich.

KRIM: Die kurz- und mittelfristige Anpassung an den Klimawandel im Küstenschutz kann mit den etablierten Bemessungsverfahren, der etablierten Küstenschutzstrategie und der derzeitigen Organisation bei einer allerdings entsprechenden Erhöhung der finanziellen Ressourcen realisiert werden. Dazu ist es erforderlich, dass der beschleunigte Meeresspiegelanstieg als „neue Randbedingung“ vom politisch-administrativen System akzeptiert wird.

7.5.2 Bemessungs- und Entscheidungskriterien

Die Bemessung der Deichhöhen im Küstenschutz kann mit unterschiedlichen Verfahren erfolgen. Derzeit erfolgt die Bemessung in Deutschland grundsätzlich mit deterministischen Verfahren, die keine Angaben über die Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmter Zustände machen. So werden Deiche als Hauptelemente an den deutschen Küsten in Niedersachsen nach dem sog. *Einzelwertverfahren*, in Schleswig-Holstein nach dem *modifizierten Vergleichswertverfahren* bemessen (von Lieberman & Mai 2001, MLR 2001). Die Belastbarkeit des Küstenschutzsystems hat nach der gängigen „Sicherheitsphilosophie“ dabei einem Sicherheitsstandard zu entsprechen, der sich auf den höchsten zu erwartenden Wasserstand und Seegang bezieht; ein Versagen des Küstenschutzsystems wird jedoch nicht völlig ausgeschlossen (Kunz 2004). Wesentliche Grundlage für die Ermittlung des „höchsten zu erwartenden Wasserstandes“ ist dabei der bereits eingetretene höchste Wasserstand zzgl. bestimmter Aufschläge.

In der jüngeren Vergangenheit sind verschiedene Möglichkeiten der probabilistischen Abschätzung der Deichbemessungen unter Berücksichtigung der Wehrfähigkeit des Schutzsystems und der Eintrittswahrscheinlichkeiten der hydrologischen und meteorologischen Randbedingungen aufgezeigt worden (u.a. Kortenhaus & Oumeraci 2002, von Lieberman & Mai 2001), wie sie auch in KRIM genutzt worden sind (s. auch Mai 2004). Mit diesen Methoden lässt sich die Abschätzung des Sicherheitsstatus im Küstenschutz sowie der Veränderungen der einwirkenden Parameter (z.B. Wasserstände und Wellenhöhen) zukünftig verbessern (Markau 2003). Die Erweiterung, die probabilistische Risikoanalyse (PRA), berücksichtigt nicht nur die Wahrscheinlichkeit des Deichversagens

(das unterschiedlich definiert sein kann), sondern auch die potenziellen Schäden (die ebenfalls unterschiedlich umfassend ermittelt werden können, s.o.), die bei einem Deichversagen auftreten können. Damit ergibt sich die Möglichkeit, das Risiko als Bemessungskriterium im Küstenschutz zu nutzen.

Die Informationen aus der PRA können in einem ersten Schritt, wie es in Schleswig-Holstein bereits geschieht (Probst 2004), als zusätzliche Informationen genutzt werden, um besonderen Handlungsbedarf zu identifizieren, ohne die bisherige Bemessungspraxis zu verändern. Auch für die Entwicklung und vergleichende Bewertung von Maßnahmenalternativen und zur Herstellung überall gleicher Versagenswahrscheinlichkeiten (also gleicher Sicherheit) kann die PRA bereits heute zusätzliche Informationen liefern. Derzeit sind, wie u.a. die Ergebnisse aus KLIMU (Schuchardt & Schirmer 2005) gezeigt haben, die Versagenswahrscheinlichkeiten (definiert als Wellenüberlauf) z.B. in der Unterweser, auch wenn man Deichstrecken mit Unterbestick außer Acht lässt, sehr unterschiedlich (danach ist der Anspruch „gleicher Sicherheit“ derzeit also nur eingeschränkt verwirklicht).

In einem weiteren Schritt, der allerdings noch eine Weiterentwicklung der Methodik der PRA erforderlich macht, könnten die Informationen aus der PRA auch zu einer grundsätzlich anderen Verteilung des Risikos genutzt werden: durch Berücksichtigung des Schadenpotenzials bei Deichversagen ist es möglich, durch Herstellung unterschiedlicher Versagenswahrscheinlichkeiten ein gleiches Risiko hinter den Deichen herzustellen (Probst & Hofstede 2004). Dann würden die Deiche, die Gebiete mit einer hohen Wertekonzentration hinter den Deichen schützen mit einer geringeren Versagenswahrscheinlichkeit ausgelegt, als die, die Gebiete mit einer binnendeichs geringeren Wertekonzentration schützen, wie es heute bereits in den Niederlanden geschieht (Kunz 2004). Dies würde für die norddeutsche Küste allerdings einen Diskurs über ein akzeptiertes Restrisiko erforderlich machen, der bisher nicht begonnen worden ist. Mittelfristig erscheint es jedoch erforderlich, aus Gründen eines effizienten Mitteleinsatzes einen solchen gesellschaftlichen und politischen Diskurs zu initiieren.

7.5.3 Reaktionsvarianten und -strategien

Im Verbundvorhaben KRIM wurde für den Küstenschutz unter Klimawandelbedingungen wesentlicher Handlungsbedarf ähnlich wie in der Fallstudie Sylt (Daschkeit & Schottes 2002) und im Vorhaben KLIMU (Schuchardt & Schirmer 2005) identifiziert. Alle Vorhaben haben deutlich werden lassen, dass der Küstenschutz mit unterschiedlichen Reaktionsvarianten oder -strategien auf diese Herausforderung reagieren könnte. Sowohl das politisch-administrative System als auch die Öffentlichkeit setzt dabei derzeit im Wesentlichen auf eine Fortsetzung der aktuellen Maßnahmen (Deichverstärkung, Strandvorspülung, Vorlandsicherung etc.) und die Ergebnisse von KRIM machen plausibel, dass eine solche Fortsetzung mittelfristig auch sinnvoll möglich ist.

Allerdings machen die Ergebnisse von KRIM und Ergebnisse anderer Untersuchungen auch deutlich, dass die aktuelle Strategie des „linienhaften Küstenschutzes“ (s. Kunz 2004) mittelfristig verändert werden sollte: der beschleunigt steigende Wasserspiegel erhöht die Konsequenzen nach Deichversagen, da vergrößerte Wassermengen eindringen, durch steigende Wertekonzentrationen in den bedachten Flächen erhöht sich das Schadenspotenzial, eine Verstärkung der Deiche auf vorhandener Linie ist aufgrund der Tragfähigkeit der Böden örtlich begrenzt. Kunz (2004) schlägt

die Weiterentwicklung des linienhaften zu einem raumbezogenen Küstenschutz vor, mit dem zum einen flexibler auf sich ändernde Anforderungen reagiert und zum anderen das Schadenspotenzial nach Deichversagen reduziert werden kann (s. dazu auch CPSL 2001). Von den in KRIM entwickelten Reaktionsvarianten entspricht die Variante zweite Deichlinie diesem Ansatz, der jedoch noch weitere Maßnahmen wie Objektschutz, verbesserten Katastrophenschutz etc. umfasst. Die Ergebnisse von KRIM haben bzgl. der zweiten Deichlinie deutlich werden lassen, dass das Schadenspotenzial nach Deichversagen damit in der Tat deutlich reduziert werden, dass ein Vergleich unter Kosten-Nutzen-Aspekten jedoch nicht in jedem Fall einen Vorteil der Reaktionsvariante Zweite Deichlinie gegenüber der Verstärkung auf vorhandener Linie erbringt. Dies macht deutlich, dass die Vor- und Nachteile regional ermittelt und abgewogen werden müssen. Das gilt auch für mögliche weitere Maßnahmen eines raumbezogenen Küstenschutzes, wie die Anlage von Sturmflutpoldern in den Ästuaren, die im Vorhaben KLIMU auf ihre Vor- und Nachteile hin analysiert worden sind (Schuchardt & Schirmer 2005, Grabemann et al. 2005a).

Insgesamt unterstützen die Ergebnisse aus KRIM den Vorschlag von Kunz (2004) zur Entwicklung einer Strategie des raumbezogenen Küstenschutzes, dessen konsequente Umsetzung im Rahmen eines Risikomanagements allerdings auch Veränderungen des rechtlichen Rahmens erfordern würde. Wie bereits oben für eine Veränderung der Bemessungs- und Entscheidungskriterien gesagt, sollte auch die Implementation eines raumbezogenen Küstenschutzes in einen breiten gesellschaftlichen Diskurs eingebettet werden.

KRIM: Mittelfristig sollte die aktuelle Strategie des linienhaften Küstenschutzes zu einem raumbezogenen Küstenschutz weiterentwickelt werden.

8. Das KRIM-DSS: ein Instrument der Forschung oder des Risikomanagements?

Das interdisziplinäre Verbundprojekt „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“ hatte zum Ziel, Orientierungs- und Handlungswissen für die Zukunftsaufgabe „Küstenschutz im Klimawandel“ bereitzustellen. Durch die Analyse natur- und sozialwissenschaftlicher Zusammenhänge und deren Klimasensitivität soll ein Beitrag für ein zukunftsfähiges Management im Küstenschutz geleistet werden. Um den dazu erforderlichen interdisziplinären Forschungsprozess zu strukturieren und durch ein gemeinsames Produkt die Zusammenarbeit zu befördern, ist die Entwicklung eines KRIM-DSS (Decision Support System) ein Teil des integrativen Ansatzes gewesen. Zusätzlich zu dieser forschungsstrukturierenden Funktion soll das DSS auch ein neues Instrument zur Darstellung und zum Management klimawirksamer Auswirkungen zur Diskussion stellen, dass nicht nur die Auswirkungen des Klimawandels, sondern auch mögliche Reaktionsvarianten, die Auswirkungen von veränderten Zukünften z.B. durch Landnutzungsänderungen in ihren Konsequenzen abbilden kann. Das KRIM-DSS, das gemeinsam von allen KRIM-Teilprojekten mit Unterstützung durch die Firmen INFRAM (Marknesse, NL) und RIKS (Maastricht, NL) entwickelt wurde, stellt den Prototyp eines solchen Instruments dar. Bei der Entwicklung des DSS konnte durch die Einbindung der Projektpartner aus den Niederlanden an dort gesammelte Erfahrungen angeschlossen (z.B. RAMCO, WadBOS, EnvironmentExplorer, MODULUS) werden, die die Grundlage für die Entwicklung des KRIM-DSS bildeten (Engelen et al. 2000b).

Ein DSS ist ein computerbasiertes Instrument, das zur Unterstützung von Planungs- und Entscheidungsprozessen genutzt werden kann. In einem DSS wird ein strukturierter Ansatz z.B. für ein Flussgebiets- oder Risikomanagement mit informationstechnologischen Mitteln wie einem Geografischen Informationssystem, Rechenmodellen und Auswertemethoden zu einem Instrument kombiniert, dass die Bearbeitung, Analyse und Präsentation von Informationen ermöglicht. Ein DSS hilft Entscheidungsträgern zu erkennen, welche Informationen bedeutend für den Entscheidungsprozess sind. Damit können die Auswirkungen der verschiedenen Handlungsmöglichkeiten, die im Entscheidungsprozess wählbar sind, beurteilt werden. Ein DSS stellt Funktionen zur Entscheidungsfindung zur Verfügung, zu denen Problemanalyse, Vorhersage zukünftiger Zusammenhänge, Entwurf von Alternativen, Wirkungsabschätzung, Vergleich und Bewertung von Alternativen gehören. Ein DSS versetzt also die Anwender in die Lage, Parameter innerhalb des Systems auf interaktive und anwenderfreundliche Art zu verändern, das Modell mit den veränderten Parametern zu starten und die erzeugten Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Auf diese Weise ist es möglich, den Anwendern Informationen zur Verfügung zu stellen, auf deren Grundlage eine begründete Entscheidungsfindung hinsichtlich der Auswahl von zu ergreifenden Maßnahmen möglich ist.

Die komplexe Thematik von KRIM erfordert eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der Teilprojekte an sog. Schnittstellen, die im KRIM-DSS dargestellt und verknüpft werden. Das KRIM-DSS stellt somit ein Werkzeug zur Analyse und graphischen Darstellung von Informationen dar, da das Wissen verschiedener Disziplinen zusammengeführt wird, welches über wechselseitige Prozesse zueinander in Beziehung steht (Abb. 17). Durch die integrale Darstellung von natur- wie geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen ist das KRIM-DSS in der Lage bei partizipativen Prozessen Entscheidungshilfen zu liefern und den Dialog mit der Öffentlichkeit zu erleichtern.

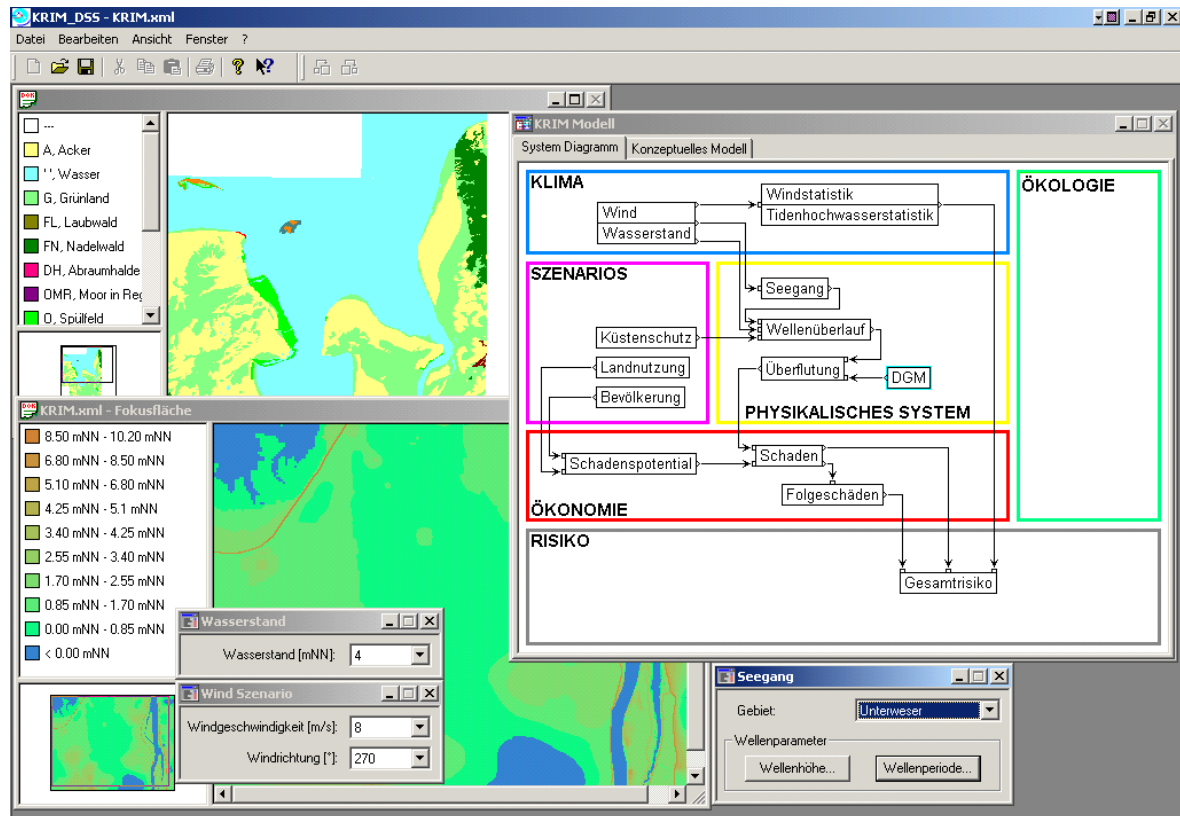


Abb. 17: Das KRIM-DSS im Überblick (Screenshot der Version 0.8).

Eine Aufgabe eines DSS liegt darin, die sektoralen Modelle so weit wie möglich in einem integrierten System zu verknüpfen und somit eine Annäherung an die Probleme der Nutzer zu versuchen, so dass diese „vollständigere“ Antworten auf ihre Fragen erhalten. Sollen weniger komplexe Fragen beantwortet werden, besteht die Möglichkeit, nur auf einen Teil des integrierten Modells zuzugreifen. Komplexe Zusammenhänge können so konkret für einen Landschaftsausschnitt visualisiert werden, bleiben jedoch durch die gleichzeitige Darstellung der zugrunde liegenden methodischen Strukturen nachvollziehbar. Zudem werden die angewandten Methoden und Modelle in einer internen Bibliothek dokumentiert und bleiben somit transparent. Die ganzheitliche Verknüpfung der verschiedenen Wechselwirkungen, die in einem künftigen integrierten Risiko- oder Küstenschutzmanagement und darauf aufbauenden Handlungsempfehlungen aufzubereiten sind, können in einer effektiven und computergestützten Aufbereitungsstrategie realisiert werden (Kraft 2003).

Die für die Entwicklung des DSS erforderliche Strukturierung und Zusammenführung des Wissens, der Daten und der Modelle der beteiligten Fachdisziplinen stellt einen wichtigen Schritt der Integration und gleichzeitig zum Verständnis des betrachteten Küstensystems unter Klimawandelbedingungen dar. Das DSS enthält nicht nur umfangreiche Informationen über die physikalische, biologische und anthropogene Situation des Untersuchungsgebietes; im DSS werden vielmehr die Funktionen dieser Strukturen nachgestellt und konkret in Zusammenhang gebracht. Die Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Prozessen ermöglicht die Entwicklung eines integralen Modells als Kern des DSS. Diese Anforderung hat die interdisziplinäre Kommunikation im Projekt deutlich angeregt da sie voraussetzt, dass Teilsysteme klar definiert und möglichst scharf ab-

gegrenzt werden, dass aus abstrakten Wechselwirkungen konkrete Schnittstellen werden und dass Wissenslücken aufgedeckt werden.

Dabei ist die Funktion innerhalb des Verbundvorhabens zweifach gewesen: zum einen stellte das DSS ein wesentliches Element der Organisation des interdisziplinären Forschungsprozesses dar, da die Struktur des DSS Anforderungen an die von den einzelnen TP zu liefernden Informationen begründete und damit half, den interdisziplinären Forschungsprozess zu strukturieren und die Kommunikation zwischen den TP zu fördern. Diese Funktion hat das DSS in vollem Umfang erfüllen können. Zum anderen soll es nach Beendigung des Projektes u.U. als modernes und in Deutschland bisher wenig genutztes Instrument eines öffentlichen Diskurses zum Umgang mit den Folgen einer Klimaänderung genutzt werden, da Problemanalyse, Vorhersage zukünftiger Zusammenhänge, Entwurf von Alternativen, Wirkungseinschätzungen, Vergleich und Bewertung von Alternativen darstellbar sind. Damit können die Auswirkungen verschiedener Handlungsmöglichkeiten in ihren Konsequenzen von Interessierten interaktiv erarbeitet werden, so dass es für partizipative Entscheidungsprozesse eine gute Plattform darstellen kann. Ob und wieweit es eine solche Funktion übernehmen können ist aus zwei Gründen unsicher: zum einen entsprechen die Funktionalitäten des KRIM-DSS in seinem aktuellen Entwicklungsstand noch nicht in vollem Umfang den für die Abbildung der komplexen Zusammenhänge erforderlichen. Dies hat eine Reihe von Ursachen wie die aus rechtlichen Gründen eingeschränkte Verfügbarkeit der sektoralen Modelle und eines Teils der Datengrundlagen, die langen Rechenzeiten eines Teils der sektoralen Modelle, so dass diese nicht sinnvoll in das DSS zu inkorporieren waren und die noch nicht ausreichende Qualifizierung und Quantifizierung bestimmter Wechselwirkungen. Hier sind zur Erreichung der vollen DSS-Funktionalitäten weitere Forschungen und die Klärung von Lizenzfragen erforderlich. Zum anderen liegen in Deutschland bisher wenig Erfahrungen in der Nutzung eines DSS als Werkzeug sowohl der Entscheidungsunterstützung als auch als Werkzeug in einem gesellschaftlichen Diskurs vor und eine solche Nutzung sollte sicherlich durch begleitende Maßnahmen gestützt, gefördert und gleichzeitig evaluiert werden.

Es erscheint deshalb sinnvoll, Weiterentwicklungen des KRIM-DSS und seine Nutzung in einem weiteren Forschungsvorhaben voranzutreiben.

9. Klimawandel, Küstenschutz und integriertes Risikomanagement

9.1 Neue Herausforderungen für den Küstenschutz

Für die deutsche Nordseeküste ist der prognostizierte beschleunigte Meeresspiegelanstieg der wichtigste Klimaparameter, der mittelfristig Handlungsbedarf im Rahmen von geeigneten Anpassungsstrategien entstehen lässt (Schuchardt & Schirmer 2005 und Kapitel 7). Dazu muss der Küstenschutz auf die durch den Klimawandel zukünftig reduzierte Sicherheit der Küstenschutzsysteme reagieren. Es geht also um einen Anpassungsprozess an einen prognostizierten beschleunigten Meeresspiegelanstieg. Dies ist jedoch nur eine von mehreren absehbaren neuen Herausforderungen an den Küstenschutz. Es gilt in einem zukünftigen Küstenschutz zu berücksichtigen,

- dass der Meeresspiegelanstieg sich voraussichtlich beschleunigen und Extremereignisse vermehrt auftreten werden (IPCC 2001a, 2002b); das Ausmaß ist unsicher (**Meeresspiegelanstieg**);
- dass Anpassung an einen steigenden Meeresspiegel nichts Neues ist, sondern ein Charakteristikum der letzten 1000 Jahre Küstenschutz in Norddeutschland (siehe Kapitel 7). Der Küstenschutz hat bereits in der Vergangenheit die organisatorischen und technischen Voraussetzungen entwickelt, um Anpassungsmaßnahmen erfolgreich durchzuführen (**Organisation und Technik**);
- dass bisher der Küstenschutz Handlungsbedarf immer nur aufgrund von eingetretenen Ereignissen (einzeln besonders hoher Sturmfluten) und durch Extrapolation beobachteter (den säkularen Meeresspiegelanstieg beschreibender) Zeitreihen formuliert hat. Durch die Fortschritte der Klimaforschung und ihrer Modellsysteme ist es jetzt erstmalig möglich, plausible Aussagen über die zukünftige Entwicklung von Pegelständen zu machen, die nicht nur in der Extrapolation eines beobachteten Trends bestehen (siehe Kapitel 2). Dazu fehlt es aber bisher an Vereinbarungen, wann welche Annahmen als neue Randbedingungen zu übernehmen sind (**Prognostizierbarkeit**);
- dass in den letzten Jahren als mögliche Alternative und/oder Ergänzung zu den bisherigen deterministischen Verfahren zur Bestimmung des erforderlichen Deichbesticks probabilistische Ansätze entwickelt worden sind (siehe Kapitel 4 und 7) (**Bemessungsverfahren**);
- dass der in der Vergangenheit etablierte lineare Küstenschutz in jüngerer Zeit von verschiedenen Seiten mit unterschiedlichen Motivationen kritisiert worden ist und alternative Strategien in Betracht gezogen werden sollten (Kunz 2004; siehe Kapitel 7)(**Küstenschutzstrategien/-maßnahmen**);
- dass die Philosophie des Küstenschutzes „gleiche Sicherheit“ statt „gleiches Risiko“ Fragen der Verteilungsgerechtigkeit, der Effektivität, des Umgangs mit dem Restrisiko

und der Finanzierbarkeit aufwirft (siehe auch Kapitel 5 und 6), die für einen zukünftigen Küstenschutz ebenfalls beantwortet werden müssen (**Küstenschutzphilosophie**);

- dass die Interessen der verschiedenen Akteure an der Küste zu unterschiedlichen Anforderungen an den Küstenschutz führen (Kunz 2004) und in Zukunft voraussichtlich verstärkt führen werden und Verfahren für eine angemessene Beteiligung und Abwägung zur Verfügung stehen müssen. Auch ist die Einbindung des Küstenschutzes und des Klimawandels in ein integriertes Küstenzonenmanagement zur besseren Bewältigung dieser Risikosituationen politisch gewollt (EU 2002) (**Kommunikation und Partizipation**);
- dass nicht ohne weiteres davon auszugehen ist, dass die für den Küstenschutz bereitgestellten Mittel zu erhöhen sind. Kosten-Nutzen-Überlegungen können in Zukunft an Bedeutung gewinnen (**Finanzierung**);
- dass die zunehmende Wertekonzentration in Teilen der Küstenregion die Disparitäten zwischen verschiedenen Küstenregionen verstärken wird (BBR 2005), was durch die Küstenschutzstrategien angemessen zu berücksichtigen sein wird (gleiche Sicherheit oder gleiches Risiko?) und aufgrund steigender Anforderungen bzgl. der für den Küstenschutz bereitgestellten Mittel in Zukunft die Fragen der Effizienz und Verteilungsgerechtigkeit an Bedeutung gewinnen werden (**Sozioökonomische Randbedingungen**);
- dass das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung in eine zunehmende Zahl von Gesetzen und Bestimmungen aufgenommen wird und auch der Küstenschutz sich an diesem orientieren sollte (**Nachhaltigkeit**).

Vor allem im Bereich der Störfallvorsorge bei technischen Anlagen, aber auch z.B. beim Umgang mit Arzneimitteln hat sich das Konzept des Risikomanagements mit Risikoanalyse, Risikobewertung und darauf aufbauend der Festlegung von Handlungen seit langem etabliert (z.B. Risikokommission 2003), allerdings meist ohne öffentliche Beteiligung. Auch im Bereich des Hochwasserschutzes mehrten sich in Deutschland die Forderungen, den Ansatz vom Sicherheitsdenken hin zu einer Risikokultur zu verändern (z.B. DKKV 2003). Ein Beispiel für einen solchen Ansatz ist die schweizerische „Plattform Naturgefahren“ (PLANAT: www.planat.ch), die unter Risikokultur versteht, dass Schutzmaßnahmen auf der Basis vergleichbarer Risikoanalysen geplant werden, Handlungsbedarf und Kostenwirksamkeit nachgewiesen und soziale Gerechtigkeit und ökologische Verträglichkeit berücksichtigt werden. Im Küstenschutz in Deutschland werden diese Aspekte in unterschiedlichem Maße und verschieden in den Bundesländern berücksichtigt. So werden z. B. bisher probabilistische Risikoanalysen als Teil eines umfassenden Risikomanagements im deutschen Küstenschutz, anders als z. B. in den Niederlanden (Jorissen 2000) oder Dänemark (Laustrop 2000) nicht oder nur eingeschränkt genutzt.

Vor diesem Hintergrund ist im interdisziplinären Verbundvorhaben KRIM ein Konzept für ein integriertes Risikomanagement entwickelt worden, das die Aspekte Risikoanalyse, –bewertung, –steuerung und Risikokommunikation einschließt, um einen neuen Ansatz zur Diskussion zu stellen von dem wir glauben, dass er für die Herausforderungen eines modernen Küstenzonenmanage-

ments unter Klimawandelbedingungen geeignet ist. Da sich modernes Risikomanagement nicht auf die technisch-naturwissenschaftlichen Aspekte beschränken darf (z.B. WBGU 1999), haben wir einen umfassenden Ansatz entwickelt, der auch ökonomische und sozialwissenschaftliche Ebenen einschließt.

9.2 Empfehlungen zur verbesserten Hochwasservorsorge und ihre Bedeutung für ein integriertes Risikomanagement im Küstenschutz

Die Hochwasserkatastrophen der letzten Jahre u.a. an Oder und Elbe haben im Hochwasserschutz zu einer Diskussion und aktuell auch einem Forschungsprogramm des BMBF (www.innig.uni-bremen.de) geführt, die das etablierte System des Hochwasserschutzes kritisch analysiert und Vorschläge zu einer Modernisierung erarbeitet hat, die sich z.T. auch im neuen Hochwasserschutzgesetz niedergeschlagen haben. Neben technischen und organisatorischen Verbesserungen umfassen die Konzepte v.a. auch Vorschläge zu einem „anderen Umgang mit Risiko“, zur Etablierung einer Risikokultur und eines Risikomanagements. Nach DKKV (2003) fehlt derzeit in der Gesellschaft eine transparente Diskussion über Risiken, eine Offenlegung von Gefahren und Verletzlichkeiten sowie eine konsequente Debatte über Schutzziele auf der Grundlage hinreichend genauer Daten für Planung, Bewertung und Management. Ein Konzept für ein Risikomanagement, dass diese Aspekte angemessen berücksichtigt und alle Aspekte der Risikovorsorge und der Katastrophenbewältigung umfasst, ist für den Hochwasserschutz in DKKV (2003) skizziert. Trotz einiger grundsätzlicher Unterschiede zwischen Hochwasser- und Küstenschutz erscheint es sinnvoll, diese Empfehlungen hinsichtlich ihrer Nützlichkeit auch für einen zukünftigen Küstenschutz zu analysieren. Deshalb sollen im Folgenden ausgewählte Empfehlungen des Deutschen Komitees für Katastrophenvorsorge für ein integriertes Risikomanagement im Hochwasserschutz (DKKV 2003) vor dem Hintergrund der Ergebnisse von KRIM bzgl. ihrer Bedeutung auch für ein Risikomanagement im Küstenschutz betrachtet werden.

Wasser zurückhalten: *Grenzen des natürlichen Rückhaltes, insbesondere seine eingeschränkte Wirksamkeit bei Extremabflüssen, müssen erkannt und akzeptiert werden. Forderungen zum Klimaschutz sind im Zusammenhang mit Hochwasservorsorge zu stellen. Beide – Erhöhung des „natürlichen Rückhaltes“ und „Klimaschutz“ – dürfen jedoch nicht als Alibi dienen, um einzugsgebietsbezogene und gewässerübergreifende Hochwasservorsorge zu verhindern bzw. zu vermindern (DKKV 2003).*

Erkenntnis der Untersuchungen der Defizite nach dem Elbehochwasser 2002 ist nach DKKV (2003), dass in der öffentlichen Diskussion die Wirkung von Maßnahmen zur Förderung des natürlichen Wasserrückhaltes wie z.B. Gewässerrenaturierung, standortgerechte Land- und Forstwirtschaft oder Deichrückverlegung für das Hochwasserrisikomanagement oft überschätzt wird. Während solche Maßnahmen bei kleineren Ereignissen sehr effektiv sein können, ist ihre Wirkung bei Extremereignissen nur gering. Eine der Situation bei Flusshochwässern vergleichbare Reduzierung bzw. Steuerung ist bei Sturmfluten kaum möglich. Eine Parallele besteht allerdings darin, dass die Sturmflutwasserstände ähnlich wie Flusshochwässer durch anthropogene Maßnahmen verstärkt worden sind bzw. werden. Beispiele im Küstenschutz sind die Konsequenzen der Errichtung von Sturmflutsperrwerken an den Mündungen der Nebenflüsse der Ästuarie oder, wie auch in KRIM

gezeigt (Grabemann et al. 2005b), einer Errichtung von Sperrwerken an den Ästuaren oder der Jade selbst.

Die DKKV-Forderung nach verstärktem Klimaschutz ist auch für den Küstenschutz zutreffend, da hier der Zusammenhang zwischen Klimawandel und beschleunigtem Meeresspiegelanstieg deutlich gezeigt werden kann.

Die DKKV Empfehlung, dass die Grenzen des natürlichen Rückhaltes bei Extremabflüssen und die begrenzte Wirksamkeit technischer Schutzvorkehrungen erkannt und akzeptiert werden müssen, deckt sich mit der Situation im Küstenschutz, wo die Grenzen der Wirksamkeit nicht offen kommuniziert und z.T. auch von den Verantwortlichen nur eingeschränkt gesehen werden.

Hochwasser abwehren und Schutzanlagen unterhalten: *Anlagen des technischen Hochwasserschutzes sind zur Minderung von Extremhochwasser unabdingbar. Um Versagensfälle zu vermeiden, müssen Anlagen des technischen Hochwasserschutzes in gutem Zustand gehalten werden. Allerdings müssen ihre Grenzen und Risiken offen gelegt werden. Über bestehende Schwachstellen muss offen informiert werden. Die Gründe für schlecht unterhaltene Schutzanlagen liegen vor allem in unklaren und zersplitterten Zuständigkeiten sowie in den hohen Kosten. Um die Instandhaltung zu verbessern, ist es nahe liegend, zunächst alle Zuständigkeiten eindeutig zu klären. Um die Kosten für die Instandhaltung überschaubar zu halten, schlagen wir vor, die Bemessung vorhandener Schutzanlagen und deren Instandhaltung stärker mit den Schutzzielen zu verknüpfen (DKKV 2003).*

Die DKKV Empfehlungen, dass Anlagen des technischen Hochwasserschutzes zur Minderung von Extremhochwasser unabdingbar sind, ihre Grenzen und Risiken aber offen gelegt werden müssen und die Bemessung der Anlagen stärker mit den Schutzzielen bzw. Schadenspotenzialen verknüpft werden müssen, sind auch für einen zukünftigen Küstenschutz sinnvoll. Für die Küstenschutzdeiche scheint im Gegensatz zum Hochwasserschutz die Frage der Zuständigkeiten für die Unterhaltung, die rechtlichen Grundlagen der Bemessung, die Identifikation von Schwachstellen und die finanzielle Umsetzung allerdings ausreichend geklärt; eine Zersplitterung von Zuständigkeiten ist nicht zu konstatieren (Bahrenberg 2001, Lange et al. 2005). Eine Verknüpfung der Bemessung mit Schadenspotenzialen bzw. differenzierten Schutzzielen erfolgt im Küstenschutz ebenso wie die Kommunikation des Restrisikos derzeit nicht; diese Empfehlung von DKKV ist deshalb auch für den Küstenschutz aktuell.

Nach DKKV (2003) und LAWA (1995) ist der technische Hochwasserschutz in der Öffentlichkeit eher negativ belegt, wodurch die Umsetzung von Maßnahmen erschwert würde. Offensichtlich sei die Wirksamkeit von technischen Maßnahmen in der Gesellschaft nicht genügend bekannt und die gesellschaftliche Bewertung sowohl des Nutzens als auch der Beeinträchtigung von Landschaft durch technische Systeme erfolge z.T. nach emotional geleiteten Kriterien, so dass kein ausgewogenes Nebeneinander von Naturschutz, Hochwasserschutz und sinnvoller Nutzung der Siedlungsräume besteht. Die Ergebnisse von KRIM (siehe Kapitel 5) zeigen, dass dies im Küstenschutz kaum der Fall ist. Das Vertrauen in den Küstenschutz und die Akzeptanz von Maßnahmen ist insgesamt sehr hoch (wenn auch je nach Maßnahme etwas unterschiedlich).

Grenzen erkennen: *Eingriffsmöglichkeiten und Grenzen müssen stärker verdeutlicht werden. Die üblichen Betrachtungen 100-jähriger Ereignisse müssen durch weitere Szenarien, auch durch*

Versagensfälle ergänzt werden. Die Offenlegung von Gefahrenlagen sollte verstärkt werden und dauerhaft erfolgen sowie mit Vorsorgestrategien und Bewältigungsmöglichkeiten verknüpft werden (DKKV 2003).

Nicht nur bei Hochwässern sondern auch im Küstenschutz wird das Restrisiko, das aus dem möglichen Versagen von technischen Schutzanlagen entsteht, kaum thematisiert und diskutiert. Eine Ursache liegt darin, dass für sehr seltene Ereignisse Eintrittswahrscheinlichkeiten nicht oder nur mit sehr großen Unsicherheiten benannt werden können. Die Empfehlung, hier zusätzlich auch mit Szenarien zu arbeiten, ist plausibel und Teil des KRIM-Ansatzes. Allerdings ist die Frage, welche Bedeutung die Ergebnisse solcher Analysen haben können und sollen noch offen; hier fehlt bisher ein angemessener „Mechanismus“. Nach DKKV (2003) herrscht in Deutschland noch vielerorts die Meinung vor, dass Extremszenarien der Bevölkerung nicht zugemutet werden können. Außerdem würden bei Offenlegung der Gefährdungslage wirtschaftliche Nachteile wie z.B. eine Nicht-Ansiedlung von Unternehmen, Verlust von Bauland oder sinkende Grundstücks- und Gebäudepreise befürchtet. Da die Tatsache, dass nicht über Risiko diskutiert wird, das Risiko nicht beseitigt, muss nach DKKV (2003) eine transparente Diskussion von Risiken unter Einbeziehung der Öffentlichkeit stattfinden. Das gilt u. E. auch für den Küstenschutz und muss mit der Diskussion von Bewältigungsstrategien verbunden werden.

Die in der DKKV-Empfehlung angesprochene Frage nach den Grenzen technischer Maßnahmen wird auch im Küstenschutz bisher kaum gestellt, wird aber vor dem Hintergrund des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs mittel- bis langfristig aber in den Fokus der Diskussionen rücken.

Schadenpotenzial vermindern: *Die Reduktion potenzieller Schäden hat oberste Priorität. Die Flächenvorsorge als wichtigstes Instrument hierfür ist zu verstärken. In Zukunft müssen die gesetzlichen Regelungen zur Freihaltung von Überschwemmungsgebieten eindeutig gestaltet werden. Zur besseren Durchsetzung der Flächenvorsorge sollten Synergieeffekte zwischen Hochwasservorsorge und anderen Interessen, vor allem Naturschutz, Landschaftsschutz oder Trinkwasserschutz gesucht und genutzt werden. Um nicht nur eine Stagnation des Schadenpotenzials in den Flussauen zu erreichen, sondern eine Reduktion, müssen finanzielle und versicherungstechnische Anreize für einen Wiederaufbau an anderer Stelle oder Umsiedlungen geschaffen werden (DKKV 2003).*

Die Reduktion des Schadenspotenzials durch eine angepasste Bebauung oder den Verzicht auf bzw. den Rückbau von Bebauung in Überschwemmungsgebieten ist ein zentrales Mittel zur Steuerung des Hochwasserrisikos und durch das neue Hochwasserschutzgesetz in seiner Bedeutung auch gestärkt worden. Dies ist allerdings nicht ohne weiteres auf den Küstenschutz zu übertragen. Während im Hochwasserschutz die Hochwasserschutzanlagen meist auf ein 100-jähriges Ereignis ausgelegt werden, liegen die Versagenswahrscheinlichkeiten im Küstenschutz (ohne dass diese allerdings bestimmt und angegeben werden) wie u.a. die Ergebnisse in KRIM gezeigt haben, zwischen 1 zu 1000 bis 1 zu 10.000 (siehe Kapitel 4) und die geschützten Flächen gelten als sicher, d.h. es gibt auch keinerlei Restriktionen hinsichtlich der Bebauung. Dies hat dazu geführt, dass das Schadenspotenzial durch eine zunehmende Konzentration von Werten in Deichnähe örtlich stark zugenommen hat (Markau 2003) und die Schäden je nach Ort des Deichversagens sehr unterschiedlich sein können (siehe Kapitel 4). Dieser Aspekt sollte in einem zukünftigen Risikomanagement im Küstenschutz angemessen berücksichtigt werden.

KRIM: Planungen sollten in Zukunft auf ihre „Klimasensitivität“ hin betrachtet werden, um die Anpassungskapazität der Region nicht zu reduzieren, sondern wenn möglich zu vergrößern.

Hochwassergefahren bewusst machen: Zur erfolgreichen Umsetzung von Schutzkonzepten ist ein gesamtgesellschaftlicher Diskussionsprozess erforderlich, in den die Bevölkerung einbezogen werden muss. Dabei müssen die Prinzipien von Nachhaltigkeit und Sachlichkeit gewahrt sein. Einem schnellen Verdrängen und Vergessen negativer Ereignisse ist entgegenzuwirken (DKKV 2003).

Die hier von DKKV geforderte Verbesserung der Information, Kommunikation und Partizipation der gesellschaftlichen Akteure und der Öffentlichkeit ist nicht nur für ein integriertes Risikomanagement im Hochwasserschutz sondern auch im Küstenschutz von zentraler Bedeutung. Für den Küstenschutz ist zu berücksichtigen, dass über die historisch gewachsene Struktur der Deichverbände mit ihren Mitgliedern bereits eine partizipative Struktur vorhanden ist, an die es anzuschließen gilt. Das Bewusstmachen des (geringen) Risikos bzw. des Restrisikos erfolgt allerdings entsprechend der „Sicherheitsphilosophie“ des Küstenschutzes bisher nur sehr eingeschränkt (Kunz 2004). Das DKKV (2003) empfiehlt in diesem Zusammenhang, dass zukünftig Risiken und die Möglichkeiten der Vorsorge offen unter Nutzung vielfältiger und kreativer Mittel auf verschiedensten Ebenen diskutiert und vermittelt werden sollen. Allerdings reicht es nicht Gefahrenlagen offen zu legen, sondern sie müssen mit Vorsorgestrategien und Bewältigungsmöglichkeiten verknüpft werden.

KRIM: Eine Erweiterung der derzeitigen Küstenschutz-Strategie sollte schrittweise und im offenen Dialog erfolgen, um die hohe Akzeptanz des Küstenschutzes in der Öffentlichkeit nicht zu gefährden.

Solidarität üben: Solidarität mit nachfolgenden Generationen erfordert Entscheidungen über Hochwasservorsorgekonzepte trotz großer Unsicherheiten. Dies beinhaltet zunächst, dass wir aus Katastrophen lernen und vor allem den Wiederaufbau so gestalten müssen, dass ein höheres Niveau der Katastrophenvorsorge erreicht wird. Hochwasservorsorge von heute darf die Handlungsmöglichkeiten zukünftiger Generationen aber nicht einschränken. Daher sind flexible Systeme und dehnfähige Konzepte notwendig (DKKV 2003).

Der Küstenschutz hat ein System der Bemessung und Entscheidung etabliert, dass in den vergangenen Jahrzehnten eine kontinuierliche Anpassung an den säkularen Meeresspiegelanstieg und abgelaufene Extremereignisse sichergestellt hat. Auch öffentliche (z.T. sehr konfliktreiche) Diskussionen über weitere Anpassungsmaßnahmen hat es immer wieder gegeben. Für die Berücksichtigung der neuen Randbedingung „begrenzte Prognostizierbarkeit der zukünftigen Entwicklung durch globale Klimamodelle“ ist allerdings bisher kein „Mechanismus“ entwickelt (s.o.) und im politisch-administrativen System im KRIM-Untersuchungsgebiet ist dementsprechend der vorherrschende Diskurs, dass handeln erst auf der Basis „sicheren“ Wissens erfolgen kann. Hier besteht Handlungsbedarf.

Integriert handeln: Risikovorsorge und Katastrophenbewältigung sind Querschnittsaufgaben und erfordern ein hohes Maß an Kommunikation, Kooperation und Führung. Alle Akteure sind über Fach- und Raumgrenzen hinweg stärker zu verknüpfen. Schnittstellen sind Schwachstellen und müssen regelmäßig auf Funktionsfähigkeit geprüft und aktualisiert werden (DKKV 2003).

Die Analyse des DKKV (2003) nach dem Elbehochwasser 2002 hat gezeigt, dass zurzeit kein integriertes Handeln in der Risikovorsorge und Katastrophenbewältigung erfolgt. Beispielsweise gibt es keine einheitlichen Regelungen für die Erstellung von Gefahrenkarten und potenziell von Überflutung gefährdete Gebiete werden nicht ausgewiesen. Die Interessen verschiedener Akteure werden nur mangelhaft ausgeglichen und Verantwortlichkeiten verlagert. Hochwasservorsorge bleibt danach oft rudimentär, da sie nur dort erfolgreich ist, wo sie mit anderen Interessen zusammenwirkt.

Diese Forderung des DKKV (2003) spiegelt sich in der Situation an der Küste. Hier werden von verschiedenen Seiten Forderungen nach einer stärkeren Integration und Abstimmung der unterschiedlichen Perspektiven erhoben (Sterr et al. 2005), die aktuell in einer nationalen IKZM-Strategie formuliert werden (www.ikzm-strategie.de). Besonders in Schleswig-Holstein ist durch die Entwicklung integrierter Küstenschutzmanagementpläne bereits ein wesentlicher Schritt getan worden.

KRIM: Mittel- bis langfristig können die zukünftigen Herausforderungen durch den Klimawandel und weitere sich verändernde Randbedingungen (u.a. begrenzte finanzielle Ressourcen, Verteilungsgerechtigkeit, Effizienzsteigerung öffentlicher Investitionen, demographischer Wandel) voraussichtlich besser bewältigt werden, wenn die derzeitige Strategie des Küstenschutzes zu einem Risikomanagement auf der Basis probabilistischer Risikoanalysen und im Rahmen eines Integrierten Küstenzonenmanagements (IKZM) weiterentwickelt wird. Insbesondere vor dem Hintergrund, das sehr langfristig, also über den Prognosezeitraum 2050 von KRIM hinaus, ein fortschreitender Meeresspiegelanstieg die derzeitigen Nutzungsstrukturen in Frage stellen kann.

9.3 Rahmen eines integrierten Risikomanagements im Küstenschutz

Im Zeitalter der Moderne sind vom Menschen früher als extern gesehene Gefahren, denen man sich weitgehend passiv ausgesetzt fühlte, in durch die Gesellschaft regelbare Risiken transformiert worden (Luhmann 1993). Der Autor spricht dann von Risiken, wenn Gefahren erkannt und charakterisiert worden sind. Sicherheit gegen zukünftige Gefahren und vorausschauendes Risikomanagement sind inzwischen zentrale Anliegen nahezu aller Bevölkerungsgruppen (BMU 1996) und Risikomanagement als Instrument zur Regelung und Reduzierung unerwünschter Risiken ist zu einem immer komplexeren, auch soziale Konsequenzen und den Aspekt der Risikokommunikation berücksichtigendem Werkzeug geworden (Gerrard & Petts 1998, WBGU 1999). Eine explizite Ausgestaltung für den derzeitigen und einen zukünftigen Küstenschutz steht allerdings noch aus und die Entwicklung von Ansätzen dazu stellt einen wesentlichen inhaltlichen Schwerpunkt von KRIM dar.

Bestandteil eines Konzepts für ein integratives Risikomanagement muss die Entwicklung einer sog. „Risikokultur“ sein (z.B. DKKV 2003), die dem traditionellen Sicherheitsdenken entgegengesetzt werden kann. In einer solchen „Risikokultur“ wird dann von Hochwasser- bzw. Sturmflutvorsorge und nicht von Hochwasser- bzw. Sturmflutschutz gesprochen um zu verdeutlichen, dass es in ihr v.a. um den Umgang mit Risiko geht und nicht um Sicherheitsversprechen. Dadurch wird die latente Bedrohung durch Hochwasser und Sturmfluten deutlicher und Risiken sowie Schutzmaßnahmen können transparent und über Fachgrenzen hinweg dargestellt werden. Die Fähigkeit, kollektiv mit Unsicherheit umgehen zu können, wird durch eine solche Risikokultur stimuliert. Voraussetzung hierfür ist „Risikokompetenz“, zu der das richtige einschätzen des Gefahrenpotenzials und nach

einer gesellschaftlichen Abwägung deren Reduzierung gehört. Eine solche Risikokultur gründet sich nach DKKV (2003) auf drei Fragenkomplexe.

Die erste Frage betrachtet zunächst ganzheitlich was passieren kann (**Risikoanalyse**). Hier erfolgt die Analyse des Risikos, da die Grundlage zur Konzeption und Bemessung von Schutzmaßnahmen die Identifizierung und Quantifizierung der Risiken ist. Grund hierfür ist die Tatsache, dass das, was nicht bekannt ist oder nicht wahrgenommen wird, sich weder steuern noch abstellen lässt. Dabei ist in einer Risikokultur viel stärker als bisher auch über Schadensszenarien nachzudenken, die noch nicht eingetreten sind und außerhalb des Erfahrungsbereichs liegen. Die Konzentration auf vertraute Ereignisse und funktionierende Schutzmechanismen vernachlässigt seltene Ereignisse und ungewöhnliche Versagensmechanismen, die deshalb gerade zu Katastrophen führen können. Stärker als bisher sind auch extreme Ereignisse unter Berücksichtigung von Versagensszenarien zu durchdenken, „worst case“-Fälle zu analysieren und Eintrittswahrscheinlichkeiten für sehr seltene Ereignisse abzuschätzen (DKKV 2003). Zusätzlich sind in die Risikoanalyse die Auswirkungen von extremen Ereignissen auf die Gesellschaft, Sachwerte und Umwelt einzubeziehen. Die alleinige Analyse von Wasserständen und Überflutungsflächen verdeutlicht nicht, wie viele Personen auf welche Weise gefährdet sind, welche Sachwerte bei einer Überflutung geschädigt werden, mit welchen Umweltschäden zu rechnen ist oder welche wirtschaftlichen Folgeschäden sich ergeben könnten. Solche Betrachtungen sind jedoch in einer Risikokultur Voraussetzung für die umfassende Planung von Schutzmaßnahmen und Bewertung von Schutzalternativen (DKKV 2003).

Auf der Risikoanalyse aufbauend beinhaltet der zweite Fragekomplex die Fragen „was darf bzw. was darf nicht passieren?“ und „welche Sicherheit für welchen Preis?“ als Bewertung des Risikos (**Risikobewertung**). Die Risikobewertung in einer Risikokultur beschäftigt sich also mit der Festlegung von Schutzziele und der Risikoakzeptanz, die u.a. durch die Risikowahrnehmung beeinflusst wird. Hierbei muss geklärt werden, welches Risiko akzeptabel ist und nach welchen Kriterien und Regeln eine Risikobewertung erfolgen sollte. Da Menschen unterschiedliche Risikopräferenzen, Wertorientierungen, Interessen und unterschiedliche Strategien im Umgang mit Risiken haben, gibt es keine eindeutige Lösung für die Bewertung von Risiken (DKKV 2003, WBGU 1999).

Die dritte Frage einer Risikokultur leitet sich aus der Risikobewertung ab und beschäftigt sich mit dem **Risikoumgang**: „wie kann mit dem Risiko bestmöglich umgegangen werden?“ Bei der Frage des Umgangs mit und des Managements von Risiken sind nach DKKV (2003) zwei Aspekte zu berücksichtigen. Einerseits ist das bestehende Risiko optimal zu reduzieren, wobei dieser Aspekt eng mit der Risikobewertung verbunden ist. Da die Forderung nach einem Null-Risiko nicht zu erfüllen ist, es aber einen grundsätzlichen Anspruch der Bürger auf Schutz vor Gefahren gibt, ist das zugemutete Risiko nach dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit von Mittel und Zweck festzulegen. Dabei spielt die Abwägung von Gewinn (Nutzen) und Verlust (Kosten) eine wichtige Rolle und erst die gemeinsame Betrachtung der Verluste und Nutzen ermöglicht sinnvolle Entscheidungen.

Andererseits ist beim Umgang mit Risiken das nach Umsetzung von Schutzmaßnahmen bestehende Restrisiko bestmöglich zu beherrschen. Für das Restrisiko können zwei Anteile identifiziert werden: dem akzeptierten Risiko und dem unbekannten Risiko. Das akzeptierte Risiko ist das Risiko, welches die gefährdeten Menschen bereit sind zu tragen bzw. das die Gemeinschaft/der Staat ihnen zumutet, weil es als vernachlässigbar betrachtet wird, der mit ihm verbundene Nutzen das Risiko akzeptabel macht oder eine weitere Risikoreduktion einen unverhältnismäßig großen Aufwand bedeuten würde. So wird z.B. bei der Bemessung einer Hochwasserschutzmaßnahme auf das 100-

jährliche Hochwasser (zumindest stillschweigend) akzeptiert, dass ein Abfluss mit einer höheren Jährlichkeit zu Schäden führen kann (DKKV 2003). Der zweite Anteil des Restrisikos ist das unbekannte Risiko bzw. das Risiko jenseits der Grenze des menschlichen Erkenntnisvermögens. Es ist grundsätzlich unmöglich, die Gesamtheit aller Gefahren zu kennen bzw. zu berücksichtigen.

Die Aufgabe des Risikomanagements besteht im Rahmen einer Risikokompetenz fördernden Risikokultur in einer Risikooptimierung, wobei Entscheidungsalternativen gegeneinander abgewogen werden. Dabei dürfen Kosten und Nutzen nicht nur in monetärer Ausprägung verstanden werden, sondern es müssen im Sinne der Nachhaltigkeit auch soziale und ökologische Belange beachtet werden. Eine solche vorausschauende Haltung bedeutet, dass das betreffende System beobachtet und gewartet werden muss, um mögliche Sicherheitslücken oder Versagensfälle frühzeitig zu erkennen, und dass Vorkehrungen für den Notfall zu treffen sind (DKKV 2003). Somit muss das Management von Katastrophen als Kreislauf verstanden werden, wobei die Bewältigung einer Katastrophe in die Vorsorge für die durch ein extremes Naturereignis verursachte Katastrophe übergeht (siehe Abb. 18)

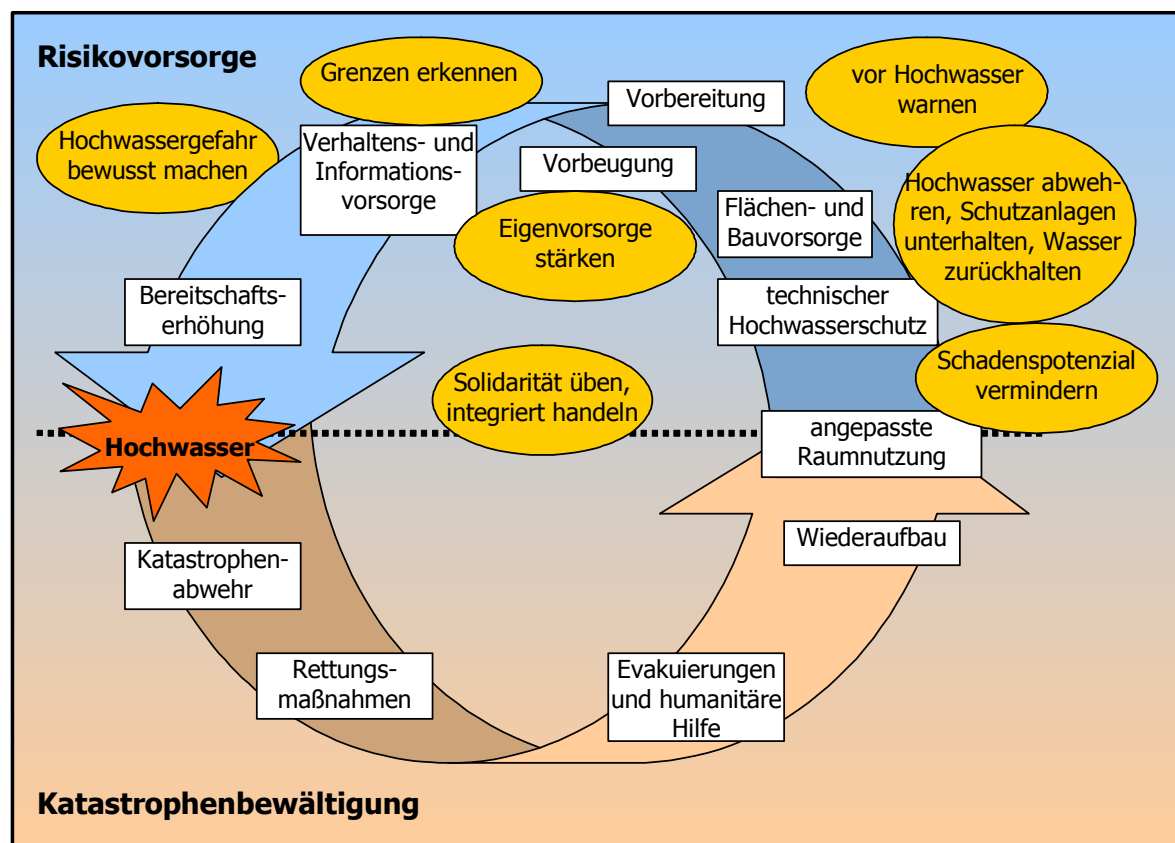


Abb. 18: Kreislauf eines Risiko- bzw. Katastrophenmanagements für Hochwasser und Empfehlungen zum Umgang mit Hochwasserereignissen (verändert nach Plate & Merz 2001, Mertsch 2004, DKKV 2003).

Wie in Abb. 18 dargestellt, ist ein integriertes Risikomanagement als Kreislauf zu verstehen, der die beiden Teilbereiche Risikovorsorge und Katastrophenbewältigung durchläuft („nach der Katastrophe ist vor der Katastrophe“). Zur Risikovorsorge gehört einerseits die Vorbeugung, wozu alle Handlungen und Maßnahmen zur Verminderung des Risikos gehören, wie z.B. Schadensvermeidung.

derung durch angemessene Raumnutzung oder Abwehr von Schäden durch geeignete Schutzvorkehrungen. Andererseits gehört zur Risikovorsorge die Vorbereitung auf den Katastrophenfall, wie z.B. die Entwicklung von Warnsystemen, Evakuierungsplänen oder die Ausbildung von Katastrophenschutzkräften. Ist ein extremes Ereignis eingetreten, so beginnt die Bewältigung der Schäden bzw. der Katastrophe durch die Katastrophenabwehr, wozu alle Maßnahmen mit dem Ziel der Verminderung der Auswirkungen zählen. Zusätzlich gehört hierzu auch der Wiederaufbau der durch die Katastrophe geschädigten Strukturen, wobei hier Aspekte der Vorsorge beachtet werden sollten und somit der Kreislauf von neuem beginnt. Der Fokus eines nachhaltigen Risikomanagements liegt dabei auf der Vorsorge.

Für die drei genannten Fragenkomplexe einer solchen Risikokultur lassen sich nach DKKV (2003) Gemeinsamkeiten identifizieren:

- Demnach ist eine konstruktive, öffentliche Risikokommunikation und die Offenlegung von Risiken notwendig. Bedrohungen und ihre Auswirkungen sowie Möglichkeiten der Vorsorge sind transparent zu diskutieren, in die politische Meinungsbildung einzugliedern und in der Öffentlichkeit zu kommunizieren, wobei damit stärkere Anstrengungen zur Bewusstseinsbildung verbunden sind.
- Da Risiken und Möglichkeiten der Vorsorge sich über die Zeit ändern, ist ein kontinuierliches Monitoring und ein kontinuierliches (politisches, gesellschaftliches und finanzielles) Engagement erforderlich.
- Schließlich bedeutet der Paradigmenwechsel vom Sicherheitsdenken zu einer Risikokultur eine engere Zusammenarbeit von Vorsorge und Bewältigung. Die Konzentration auf die Beherrschbarkeit von Naturgefahren wird ersetzt durch Strategien zum Umgang mit ihnen.

Verschiedene Aspekte eines Risikomanagements im Küsten- und Hochwasserschutz sind auch in Plate (2000) zusammengestellt. Dieser lineare Ansatz greift u.E. jedoch zu kurz und wir folgen deshalb einem Ansatz, der stärker die Interdependenzen betont und v.a. der Risikokommunikation eine zentrale Stellung einräumt (s. Renn 1992, Gerrard & Petts 1998).

9.4 Welche Aspekte muss ein Risikomanagement berücksichtigen / beinhalten?

Die interdisziplinären Ergebnisse des KRIM-Verbundes haben eine Reihe von Aspekten identifiziert, die ein integriertes Risikomanagement im Küstenschutz unter Klimawandelbedingungen enthalten sollte:

- Ermittlung von Versagenswahrscheinlichkeiten des Küstenschutzsystems,
- Ermittlung des Schadenausmaßes (erweitertes Schadenskonzept),
- Methodik der Herleitung von (Deichhöhen-)Bemessungsansätzen unter Klimawandelbedingungen,

- Berücksichtigung langfristiger Anpassungsprozesse des natürlichen Systems,
- Kosten/Nutzenanalysen verschiedener Küstenschutzoptionen,
- Ermittlung und Berücksichtigung der unterschiedlichen Interessenlagen der verschiedenen beteiligten gesellschaftlichen Gruppen und daraus resultierender Zielkonflikte,
- Akzeptanz von und Umgang mit einem Restrisiko,
- die historisch verankerte Partizipation der Küstenbewohner und ihrer Organisationen,
- Berücksichtigung der im Küstenschutz erforderlichen langfristigen Planungs- und Umsetzungszeiträume,
- Berücksichtigung der Finanzierungsmöglichkeiten des Küstenschutzes,
- Kommunikation der verschiedenen Akteure,
- gerechte Risikoverteilung,
- Anbindung an die politischen Entscheidungsstrukturen,
- die zunehmende Komplexität der im Risikomanagement zu berücksichtigenden Interessen, Vorgaben, Optionen usw., die moderne Methoden der Entscheidungsvorbereitung erfordert.

Der Begriff „Management“ beinhaltet eine prozessorientierte Komponente, die es möglich machen soll, auf Unsicherheiten, Veränderungen und Konflikte flexibel zu reagieren. Das Ziel eines Managementsystems bzw. –prozesses kann dabei nicht die Erreichung eines idealen und dauerhaften stabilen Endzustands sein, sondern die Fähigkeit der ständigen Anpassung an sich permanent verändernde Verhältnisse (Ratter 2002). Für ein Risikomanagement bedeutet dies, dass hiermit ein dynamisches Instrument zur Risikominderung zur Verfügung gestellt wird, welches flexibel auf veränderte (klimatische) Rahmenbedingungen und (gesellschaftliche) Anforderungen reagieren kann. Dabei sollen alle realisierbaren Maßnahmen zur Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit, zur Reduzierung der Schadenanfälligkeit und zum Umgang mit dem verbleibenden Restrisiko in ein übergeordnetes System zusammengeführt, koordiniert, kontrolliert und schließlich angepasst werden (Mertsch 2004).

Jede Form des zukünftigen Risikomanagements muss jedoch gleichzeitig das lokale Wissen, d.h. die jeweilige Art der Deichbemessung, die Einschätzung der darauf bezogenen Risiken und Sicherheiten des derzeitigen Küstenschutzes, sowie die daran geknüpften Handlungsstrategien berücksichtigen. Handlungsgrundlagen für ein zukünftiges Risikomanagement müssen bei der Strukturierung des Problems den auf den Status quo bezogenen regionalen Sicherheitsdiskurs ebenso berücksichtigen wie die Auffassung, der niedersächsische bzw. bremische Küstenschutz besitze genügend Adaptionspotenzial für die möglichen Folgen einer Klimaänderung (Lange et al. 2005)

Ein umfassendes Risikomanagement muss dabei auch Aspekte des Katastrophenschutzes bzw. -abwehr und der Nachsorge bei bzw. nach Eintritt eines Schadensfalles einschließen. Katastrophenschutz ist in der Vergangenheit bisher zu sehr auf Bewältigung und zu wenig auf Vorsorge ausgerichtet (Weichselgartner & Deutsch 2002). Wir konzentrieren uns hier auf den Aspekt des präventiven (vorsorgenden) Risikomanagements.

9.5 Module eines integrierten Risikomanagements im Küstenschutz

Vorliegende Ansätze und Entwürfe von integriertem Risikomanagement (WGBU 1999, DKKV 2003, Markau 2003, ISDR 2004) benennen, wenn auch mit z.T. unterschiedlichen Begriffen und theoretischen Konzepten, übereinstimmend als zentrale Bestandteile die oben eingeführten drei Bereiche

- Risikoanalyse,
- Risikobewertung und
- Risikosteuerung.

Die Ergebnisse von KRIM, die fachlichen Diskussionen und die steigende Relevanz, die Kommunikation für die Legitimation von Politik und Verwaltungshandeln gewinnt machen deutlich, dass es sinnvoll ist, zusätzlich den Bereich

- Risikokommunikation

als eigenes Modul zu formulieren. Im Folgenden werden die vier Module als Bestandteile eines Rahmens für ein integriertes Risikomanagements im Küstenschutz vor dem Hintergrund der Ergebnisse zu den drei KRIM-Risikokonstrukten charakterisiert und in ihrer möglichen Bedeutung für die praxisorientierte Umsetzung im Küstenschutz zur Diskussion gestellt.

9.5.1 Risikoanalyse

Da Entscheidungen im Küstenschutz immer Entscheidungen zum Umgang mit Risiken sind, ist ein rationaler Umgang mit ihnen erforderlich. Für einen Entscheidungsprozess ist eine quantitative Formulierung des Risikos, möglichst unter Berücksichtigung aller Kosten- und Nutzenfaktoren, Voraussetzung. Die Risikoanalyse befasst sich dementsprechend mit der quantitativen Risikobetrachtung. Der WGBU (1999) definiert den Begriff Risikoanalyse als den „Versuch, mit wissenschaftlichen Methoden möglichst realitätsgetreu die Eintrittswahrscheinlichkeit von konkreten Schadensfällen oder die Wahrscheinlichkeitsfunktion von Schadensausmaß auf der Basis von Beobachtung, Modellierung und Szenariobildung qualitativ und so weit wie möglich quantitativ zu bestimmen“. In der Risikoanalyse soll demnach ein „ideales“ Verständnis von Risiko geschaffen werden, das den objektiven Grad der Gefährdung widerspiegelt. Dafür muss die naturwissenschaftlich-technische Risikoabschätzung auf der Basis von Beobachtung und Modellierung eine möglichst genaue Kenntnis der relativen Häufigkeiten von Schadensereignissen gemittelt über Raum und Zeit anstreben. Solch ein formal-normative Ansatz hat die Ermittlung des Risikos als ein universelles, generalisier-

tes Risikomaß zum Vergleich unterschiedlicher Risikotypen zum Ziel (Bechmann 1997, Markau 2003, WBGU 1999).

Methodisch erfolgt die Risikoanalyse im formal-normativen Ansatz durch eine Kombination aus Wahrscheinlichkeitsschätzung (Statistiken oder plausible hypothetische Wahrscheinlichkeiten) und Schadensschätzung auf Basis empirischer Daten bzw. auch über eine Skalierung von Nutzen und Schaden über individuelle Präferenzstrukturen. Kritisch ist hier oft die Definition eines einheitlichen Maßstabs für Schadens- bzw. Nutzenaspekte, das Fehlen von ausreichenden differenzierten empirischen Daten und daher nur subjektive Wahrscheinlichkeiten und unsichere Schadensschätzung existieren.

Die Risikoanalyse im Küstenschutz ist ein Instrument zur Beurteilung des Sicherheitsstandards z.B. von Küstenschutzbauwerken und der dadurch geschützten, überflutungsgefährdeten Küstengebiete. Sie beinhaltet einerseits die Berechnung von Versagenswahrscheinlichkeiten von Schutzsystemen (engl. failure probability), andererseits die Quantifizierung der bei Versagen (engl. failure) auftretenden Folgeschäden. Das Produkt von Versagenswahrscheinlichkeit und Folgeschäden beschreibt dann das Risiko (engl. risk) als Maß der pro Jahr infolge des Versagens von Schutzsystemen zu erwartenden Kosten (Mai & von Lieberman 1999). In dieser Perspektive kann die Schadenserwartung dann als Schadenshöhe pro Jahr angegeben werden. Ein gleiches Risikomaß ergibt sich dann entweder durch eine hohe Gefährdung und eine niedrige Schadenserwartung (häufiges Ereignis und geringe Schäden, z.B. Sturm) oder aber durch eine niedrige Gefährdung und eine hohe Schadenserwartung (seltenes Ereignis und hohe Schäden, z.B. Sturmflut)(Markau 2003).

Bisher werden probabilistische Risikoanalysen im deutschen Küstenschutz, anders als z. B. in den Niederlanden (Jorissen 2000) oder Dänemark (Lastrup 2000) nicht oder nur fragmentarisch genutzt. In Schleswig-Holstein werden die Ergebnisse probabilistischer Analysen als zusätzliche Randbedingung berücksichtigt (Probst 2004); eine Weiterentwicklung der Methodik ist erforderlich (Kortenhaus & Oumeraci 2002).

Entsprechend dem umfassenden Risikobegriff in KRIM (siehe Kapitel 3) haben wir einen erweiterten Ansatz für die Risikoanalyse entwickelt (siehe Kapitel 4), der u.a.

- Szenarien aus der Klimaforschung nutzt,
- die Eintrittswahrscheinlichkeit von Schadensereignissen (Probabilistik) berechnet,
- potentielle Schäden bei Überflutungen analysiert,
- einen erweiterten Schadensbegriffs nutzt, der neben Kapitalstockverlusten auch Wertschöpfungsverluste und ökologische Schäden berücksichtigt und
- Kosten-Nutzen-Analysen (eingeschränkt) als Entscheidungskriterium ermöglicht.

Eine solche Konstruktion des Risikos hat bisher im politisch-administrativen System keine Entsprechung.

Die Risikoanalyse muss dabei ein komplexes Faktorengefüge berücksichtigen, dass sich derzeit noch nicht vollständig quantitativ abbilden lässt. In KRIM sind v.a. die Konsequenzen von Sturmfluten beim Versagen der Küstenschutzsysteme und einer resultierenden Überflutung des Hinterlandes untersucht worden. Relevante Prozesse und zu untersuchende Objekte sind dabei solche,

- die in einem kausalen Zusammenhang mit der Entstehung von Sturmfluten an der Küste stehen, wie z.B. Windstärke, Windrichtung, Windstau, Windstreichlänge, Tidegeschehen, Küstenform, Bathymetrie und Topographie von Watt und Vorland,
- die im Zusammenhang mit dem Versagen von Schutzeinrichtungen (z.B. Schleusen oder Deiche) stehen, wie z.B. Deichbruch, Überströmen, Überlauf, Durchsickerung, Durchfeuchtung, Erosion der Außen- oder Binnenböschung, Gleiten der Außen- oder Binnenböschung, Vorschädigung der Außen- oder Binnenböschung,
- die unmittelbar schädigend auf die Wertobjekte im Untersuchungsraum wirken können, wie z.B. Überflutungsfläche, -höhe und -dauer und
- die die Höhe des Schadens beeinflussen, wie verschiedenen Wertekategorien in ihren räumlichen Verteilung, zu denen auch ökologische Werte und indirekte ökonomische Schäden gehören.

Die in KRIM entwickelte Methode der Risikoanalyse stellt den Entscheidungsträgern im Küstenschutz somit ein differenziertes Konzept für eine zukünftige veränderte Bemessung der Küstenschutzanlagen zur Verfügung und das so berechnete spezifische Risiko kann als Informationsbasis für den gesellschaftlichen Bewertungsprozess dienen und somit ein zukünftiges Risikomanagement unterstützen.

Vor einer Anwendung sind jedoch zum einen die Rahmenbedingungen für die Bewertung und Berücksichtigung der Ergebnisse zu schaffen (Fragen der Risikoakzeptanz, der Allokation der finanziellen Aufwendungen und Gerechtigkeitsaspekte, s.u.). Zum anderen sind noch methodische Weiterentwicklungen (siehe Kortenhaus & Oumeraci 2002, Kunz 2004) bzw. Definitionen von Randbedingungen erforderlich, da u.a.

- die Ereigniswahrscheinlichkeit gerade sehr seltener Ereignisse nur mit relativ großer Unsicherheit zu ermitteln ist,
- die Analyse der küstenrelevanten Folgen des Klimawandels (Meeresspiegelanstieg, Extremwetterlagen) nur über Szenarien möglich ist und bisher gesellschaftliche Vereinbarungen über ihre angemessene Berücksichtigung fehlen,
- das Versagen der Küstenschutzanlagen nach Ort und Ausmaß bisher nur durch Setzungen bzw. Szenarien zu definieren ist,
- der eigentliche Versagensvorgang nur eingeschränkt zu modellieren ist,
- die Festlegung der Schadenskategorien und der Schadensfunktionen noch weiterentwickelt werden muss.

Trotz dieser kritischen Aspekte der quantitativen Risikoanalyse liefert der Ansatz Ergebnisse, die die Entscheidungsgrundlagen für einen zukünftigen Küstenschutz unter Klimawandelbedingungen deutlich verbreitern.

KRIM: Die Risikoanalyse in der in KRIM entwickelten Form (u.a. mit einem erweiterten Schadensbegriff) liefert Ergebnisse, die die Entscheidungsgrundlagen für einen zukünftigen Küstenschutz unter Klimawandelbedingungen deutlich verbreitern und kann methodisch gut an die Szenarien der Klimaforschung mit der ihr impliziten Unsicherheit angebunden werden.

9.5.2 Risikobewertung

Risikobewertung bezeichnet Verfahren der rationalen Urteilsfindung über ein Risiko mit Blick auf dessen Zumutbarkeit für die Gesellschaft als Ganzes oder für bestimmte Gruppen oder Individuen und fasst somit gesellschaftliche Wahrnehmungs- und Entscheidungsprozess gegenüber Risiken zusammen. Grundlage der Risikobewertung ist die wissenschaftliche Risikoanalyse und es ist Aufgabe dieses Moduls, der Ergebnisse der Risikoanalyse zu bewerten, also mit gesellschaftlichen Werthaltungen zu verbinden, um sie als Handlungsanleitung nutzen zu können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass weniger das objektive statistische Risiko als die individuellen Risikobewertungen der Gesellschaft die Optionen und Restriktionen öffentlichen Handelns bestimmen. Der quantitativ-analytische Ansatz der Risikoanalyse reicht deshalb nicht aus, um risikopolitische Entscheidungen zu treffen. Vielmehr muss die gesellschaftliche Akzeptanz bzw. Akzeptabilität in den Managementprozess integriert werden (Markau 2003).

Die Ergebnisse von KRIM haben deutlich gemacht (s. Kap. 5 und 6), dass das Risiko zu Klimawandel und Küstenschutz in der Öffentlichkeit, im politisch-administrativen System (und in der Wissenschaft) aus verschiedenen Gründen unterschiedlich (aber auch innerhalb der Gruppen keineswegs homogen) konstruiert wird. Eine Bewertung der Ergebnisse der Risikoanalyse muss also die verschiedenen Sichtweisen zusammenführen; es geht um einen Kommunikations- und Aushandlungsprozess, der in dem Bewusstsein um individuelle und gruppenspezifische Unterschiede in der Konstruktion des Risikos formale Wege der Entscheidungsfindung formuliert.

Die Ergebnisse der probabilistischen Risikoanalyse (PRA) liefern Informationen, die in unterschiedlicher Weise genutzt (bewertet) werden können:

- als Ergänzung zur deterministischen Bemessung;
- um eine überall gleiche Versagenssicherheit (-wahrscheinlichkeit) herzustellen (ohne Betrachtung des Schadens);
- um überall ein gleiches Risiko herzustellen;
- um unterschiedliche Risiken herzustellen.

Im Rahmen des Moduls Risikobewertung können (und sollten) also sehr grundsätzliche Fragen der zukünftigen Ausrichtung des Küstenschutzes diskutiert werden. Es wäre zu fragen, ob

1. damit ein Paradigmenwechsel von jetzt „gleicher Sicherheit“ hin zu „gleichem Risiko“ verbunden werden soll;
2. damit eine Veränderung von einem linienbezogenen zu einem raumbezogenen Küstenschutz verbunden werden (auch ohne PRA möglich) soll;
3. dies mit einer offenen Kommunikation des akzeptierten Risikos verbunden werden soll;
4. dann auch Nutzen-Kosten-Erwägungen in die Festlegung des „akzeptierten Risikos“ einfließen sollen (dies ist zwar auch derzeit implizit Bestandteil der Strategie, wird aber so nicht offen kommuniziert).

Insgesamt gilt es jedoch zu bedenken, dass das Vertrauen der Öffentlichkeit in die derzeitige Praxis des Küstenschutzes und den für den Küstenschutz verantwortlichen Teil des (regionalen) politisch-administrativen Systems außerordentlich hoch ist. Eine Veränderung der Strategie sollte schrittweise und im offenen Dialog erfolgen, um dieses Vertrauen nicht zu gefährden.

9.5.3 Risikosteuerung

Im Modul Risikosteuerung werden die Ergebnisse der Risikoanalyse und der Risikobewertung umgesetzt. Risikobewertung und –steuerung sind dabei als iterativer Prozess zu verstehen, da die Bewertung des Risikos bzw. die Akzeptanz eines Risikos immer auch vor dem Hintergrund der möglichen Maßnahmen zur Risikosteuerung stattfindet. Das Ergebnis der Risikobewertung definiert den Handlungsbedarf des Küstenschutzes und Risikosteuerung im Küstenschutz bedeutet zuerst die Konzeption von Maßnahmen, um das „gewünschte“ Maß an Risiko herzustellen. Die ist als erster Schritt der Risikosteuerung die Entwicklung möglicher Maßnahmenkonzepte bzw. –alternativen und als zweiter Schritt die Analyse der Maßnahmenkonzepte bzgl. ihrer Zielerfüllung.

Bestandteile der Konzepte zur Risikosteuerung sollten neben alternativen Maßnahmen und Strategien zur Reduzierung der Versagenswahrscheinlichkeiten der Küstenschutzsysteme auch Maßnahmen zur Begrenzung und Reduzierung des Schadenspotenzials im bedachten Gebiet und die Maßnahmen des Katastrophenschutzes umfassen. Im Modul Risikosteuerung erfolgt nicht nur die Maßnahmenplanung, sondern auch die Maßnahmenumsetzung, Reduzierung der Empfindlichkeit, Risikosteuerung umfasst also sowohl präventive als auch durch reaktive Strategien und Maßnahmen zur Risikoreduktion; der Fokus des in KRIM entwickelten Risikomanagements liegt auf dem präventiven also vorsorgenden Teil des Managements.

Restrisiko: Da es eine hundertprozentige Sicherheit vor Sturmflutkatastrophen nicht geben kann, verbleibt stets ein mehr oder weniger großes Restrisiko, welches es im Rahmen einer Risikosteuerung zu bewältigen gilt (Plate 2000). Das Restrisiko ist das der Folgen einer Extremflut, die (sehr) unwahrscheinlich, aber eben auch nicht unmöglich ist und damit das nach Maßnahmen zur Risikoreduktion und positiver Akzeptanzentscheidung (Risikobereitschaft) verbleibende Risiko (Oumeraci 2001). Bei der Verwendung des Begriffes ist allerdings häufig unklar, ob es sich um einen empirischen Begriff, d.h. das akzeptierte Risiko, oder um einen normativen Begriff, d.h. nach ethischen Kriterien akzeptables Risiko, handelt (Markau 2003). Der Küstenschutz hat in den vergangenen

Jahrzehnten das vorhandene Restrisiko besonders was die Kommunikation mit potenziell Betroffenen angeht wenig offensiv vertreten.

Für das Management des Restrisikos, das als integraler Bestandteil des Planungsprozesses verstanden werden soll, besteht ein dringender Bedarf an neuen Ansätzen zu dessen Reduzierung (Oumeraci 2001). Aufgrund dieser Erkenntnis wird gefordert, dass auch der Umgang mit den Restrisiken verbessert werden sollte (Plate & Merz 2001). Die Risikosteuerung kann in diesem Zusammenhang zum einen den Aspekt Ausgleich erhöhten Risikos und zum anderen den Aspekt Schadenregulierung im Fall eines Deichversagens (Risikovorsorge) umfassen. Die Vorsorge kann technische und nichttechnische Maßnahmen zur Verminderung des Risikos beinhalten. Um das Restrisiko zu mindern, sind als Teil der Risikosteuerung vorsorgend bereitschaftserhöhende Maßnahmen wie z.B. die Verhaltens- und Informationsvorsorge von der Aufklärung über Hochwasser- bzw. Sturmflutgefahren über die Frühwarnung bis hin zum vorbereiteten Reagieren in den betroffenen Gebieten zu realisieren (DKKV 2003)(siehe auch Abb. 18).

9.5.4 Risikokommunikation

In demokratischen Gesellschaften erwarten die Bürgerinnen und Bürger, dass Entscheidungen, die ihr Leben und ihre Gesundheit betreffen, öffentlich legitimiert werden. Das geht nicht ohne wechselseitige Kommunikation. Dabei kann es nicht Ziel sein, die jeweils andere Seite davon zu überzeugen, dass ein Risiko tragbar oder unzumutbar ist. Vielmehr sollten betroffene Bürgerinnen und Bürger durch entsprechende Angebote der Information (Einwegkommunikation), des Dialogs (Zweiwegkommunikation) und der Beteiligung (Mitwirkung an der Entscheidungsvorbereitung und -findung) in die Lage versetzt werden, ihren Anspruch auf „Risikomündigkeit“ einzulösen. Mit dem Begriff der Risikomündigkeit ist die Fähigkeit angesprochen, auf der Basis der Kenntnis der faktisch nachweisbaren Konsequenzen von risikoauslösenden Ereignissen oder Aktivitäten, der verbleibenden Unsicherheiten und anderer risikorelevanter Faktoren eine persönliche Beurteilung der jeweiligen Risiken vornehmen zu können, die den Wertvorstellungen für die Gestaltung des eigenen Lebens sowie den persönlichen Kriterien zur Beurteilung der Akzeptabilität dieser Risiken für die Gesellschaft insgesamt entspricht. Bei Anerkennung dieser Risikomündigkeit des Bürgers ist es Aufgabe der risikoregulierenden Institutionen, die dazu notwendige Kommunikationsbasis aufzubauen und zu pflegen. Im Rahmen der Risikokommunikation sind alle Formen der Kommunikation von der einfachen Dokumentation von Ergebnissen, über gezielte Informationsangebote bis hin zu Formen des Dialogs und der Beteiligung an der Entscheidungsfindung gefragt (Risikokommission 2003).

Die Erfordernisse einer vermehrten Beteiligung ist durch die SUP-Richtlinie und ihre Umsetzung in deutsches Recht sowie die Aarhus-Richtlinie ohnehin auch unabhängig von dieser inhaltlichen Begründung gegeben:

- Nach der Richtlinie 2001/42/EG vom 27. Juni 2001 sind bereits vorgelagerte Pläne und Programme künftig einer Strategischen Umweltprüfung (SUP) zu unterziehen. Die Umweltauswirkungen des Plans oder Programms werden dabei unter Mitwirkung aller betroffenen Umweltbehörden und der Öffentlichkeit ermittelt, beschrieben und bewertet. Hierdurch soll gewährleistet werden, dass Umweltbelange frühzeitig und weiträumig aufgezeigt und bei der Ausweisung berücksichtigt werden. Die Ergebnisse dieser Prüfung gehen dann in den weiteren Planungsprozess ein. Derzeit werden die Gesetze

des Bundes an die Richtlinie angepasst; die Umsetzung auf Länderebene steht noch; ob und wie weit auch Maßnahmen des Küstenschutzes der SUP-Pflicht unterliegen werden ist noch offen.

- Die Erweiterung der Informationsrechte der Bürgerinnen und Bürger sind mit der Aarhus-Konvention über Informationszugang, Öffentlichkeitsbeteiligung und Rechtsschutz in Umweltbelangen international vereinbart und mit der Richtlinie 2003/4/EG in europäisches Recht umgesetzt worden. Nachdem mit der Änderung des Umweltinformationsgesetzes (UIG) im Frühjahr 2005 die Umweltinformationsrichtlinie in deutsches Recht umgesetzt wurde, werden durch das in Vorbereitung befindliche Informationsfreiheitsgesetz auf Bundesebene die Informationsrechte noch stärker erweitert. Auch einzelne Bundesländer haben bereits Landesinformationsfreiheitsgesetze erlassen bzw. bereiten entsprechende Regelungen vor, die die Zugänglichkeit von Informationen in der Praxis für Bürgerinnen und Bürger erheblich erweitern werden. Der Gesetzgebungsprozess zu der Umsetzung der Richtlinie 2003/35/EG wird in der neuen Legislaturperiode eingeleitet.

Dabei kann und darf Beteiligung allerdings kein Ersatz für effektives Risikomanagement sein - sie sollte begleitend zu den vorgeschriebenen Regulierungsprozessen ablaufen und diese nicht verzögern. Vor allem die Verantwortung der legalen Entscheidungsträger sollte dadurch nicht verschleiert oder aufgeweicht werden, denn Beteiligung dient der Entscheidungshilfe, nicht der Verteilung der Verantwortung auf möglichst viele Schultern. Beteiligung bei der Risikoregulierung bedeutet zwar keine Mitentscheidung der beteiligten Gruppen und Individuen. Da jedoch normative Annahmen und Werte in die Abschätzung und das Management von Risiken einfließen, sollte sie nicht auf einen gegenseitigen Informationsaustausch beschränkt bleiben. Insbesondere die Definition und Interpretation des Schutzziels, die Festlegung von Konventionen bei der Abschätzung sowie die Auswahl erfahrungsübergreifender Themen/Kommunikation und Beteiligung und Abwägung der risikoreduzierenden Maßnahmen werden von gesellschaftlichen und politischen Zielsetzungen bestimmt. Insofern ist eine frühzeitige und gegenseitige Beteiligung der Betroffenen und der organisierten gesellschaftlichen Gruppen an der Entscheidungsfindung sachlich angemessen sowie rechtsstaatlich und demokratisch geboten (Risikokommission 2003).

9.6 Konzept für ein integriertes Risikomanagement im Küstenschutz unter Klimawandelbedingungen

Ein Leben ohne Risiko ist nicht vorstellbar; das gilt für Naturgefahren ebenso wie für anthropogene Risiken und es ist eine der vordringlichen Aufgaben der Politik, Maßnahmen zur Vermeidung und Begrenzung von Risiken zu ergreifen. Das gilt für den Küstenraum bzgl. der Naturgefahr Sturmflut in besonderer Weise und es hat sich ein administratives System zur Risikosteuerung etabliert dem es gelungen ist, in den vergangenen Jahrzehnten Verluste an Menschenleben und weitgehend auch Sachgütern trotz steigendem Meeresspiegel zu verhindern. Der Klimawandel und weitere sich ändernde Randbedingungen stellen den Küstenschutz jedoch vor neue Herausforderungen (s.o.), die eine Weiterentwicklung des etablierten Systems sinnvoll machen. Wesentliche Ziele sind:

- Verfahrensvorschlag zur angemessenen Berücksichtigung des Klimawandels in der künftigen Küstenschutzplanung,

- Verbreiterung der Informationsgrundlagen für Entscheidungen durch Einführung der probabilistischen Risikoanalyse und von Kosten-Nutzen-Analysen,
- Initiierung eines Diskurses über den Umgang mit diesen Informationen, also die zukünftigen Bemessungskriterien auch vor dem Hintergrund einer angemessenen Risikoverteilung,
- offene Kommunikation der Risiken und der Risikoverteilung,
- Erhöhung der Transparenz der Abschätzungs- und Entscheidungsverfahren durch effektive Formen der Dokumentation und der Risikokommunikation,
- Verstärkte Koordination der Situation zwischen den Küstenländern.

Diese Ziele sind nicht ohne Aufwand erreichbar; mittelfristig kann dieser Aufwand aber zu einem deutlichen Effizienzgewinn beim Einsatz der Mittel für den Küstenschutz führen.

Wesentliche Randbedingung bei allen Veränderungen im Küstenschutz ist das hohe Vertrauen der Bevölkerung in den Küstenschutz; dies gilt es bei der Weiterentwicklung des Systems zu erhalten. Im Folgenden verdichten wir die Erkenntnisse zu einem konkreten Konzept für ein integriertes Risikomanagement unter Klimawandelbedingungen, dass an den bestehenden rechtlichen Rahmen und die entwickelten und bewährten Strukturen anschließt, aber auch aktuelle Veränderungen wie die Einführung der Strategischen Umweltprüfung und die Aarhus-Konvention berücksichtigt. Aufgrund des KRIM-Untersuchungsgebietes fokussiert das Konzept auf die Situation in Niedersachsen/Bremen, sollte aber auch für die anderen Küstenländer Relevanz haben.

Dabei differenzieren wir die beiden zentralen Ebenen Aufstellung bzw. Fortschreibung des Generalplans Küstenschutz als Instrument der mittelfristigen Planung (siehe Kapitel 7) und Vorbereitung konkreter Maßnahmen, die im Allgemeinen im Rahmen von Planfeststellungsverfahren erfolgt. Dabei gehen wir nicht davon aus, dass der Verfahrensvorschlag ohne weiteres bereits anwendungsreif ist; für verschiedene Aspekte besteht noch Forschungsbedarf, für andere Setzungs- bzw. Definitionserfordernis.

9.6.1 Ebene Generalplan Küstenschutz bzw. mittelfristige Planung

Die mittelfristige Küstenschutzplanung erfolgt bzw. erfolgte in Niedersachsen und Schleswig-Holstein wesentlich über sog. Generalpläne bzw. durch ein mittelfristiges Bau- und Finanzierungsprogramm (siehe Kapitel 7). Die Aufstellung bzw. Fortschreibung der Generalpläne erfolgt(e) alle 10 – 15 Jahre. In den Niederlanden erfolgt alle 5 Jahre eine Überprüfung der Randbedingungen, der Entwurfsregeln etc.; alle 25-50 Jahre erfolgt eine umfangreiche Risikoanalyse und –bewertung, die soziale und ökonomische Entwicklungen berücksichtigt und Maßnahmenalternativen entwickelt (Jorissen 2000). Parallel dazu halten wir eine Überprüfung der Klimaszenarien und der Bemessungskriterien vor dem Hintergrund des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs und des stetigen Erkenntnisfortschritts der Klimaforschung ca. alle 5 Jahre (z.B. im Zyklus des IPCC-Prozesses) für sinnvoll. Besonders ein zukünftiger raumbezogener Küstenschutz würde eine entsprechende Berücksichtigung in der Raumordnung erfordern (siehe dazu auch Karl 2001).

Wesentliche Elemente unseres Verfahrensvorschlags sind:

Risikoanalyse: Diese erfolgt getrennt von den übrigen Verfahrensschritten durch die Wissenschaft mittels probabilistischer Risikoanalyse. Erforderlich ist die Definition der Methodik; dabei kann an die Ergebnisse von KRIM und weiterer Arbeiten angeschlossen werden. Die Nutzung eines erweiterten Schadensbegriffs ist sinnvoll; allerdings ist eine entsprechende Vereinfachung des Verfahrens aufgrund der Großmaßstäblichkeit erforderlich. Als externer Input sind ein oder ggfls mehrere formulierte Klimaszenarien erforderlich. Dieser Input sollte, soweit rechtlich möglich, für alle Bundesländer zentral vorgegeben oder zumindest vorgeschlagen werden und Angaben zum Meeresspiegelanstieg aber auch zur Veränderung weiterer klimatischer Parameter enthalten. Dazu empfiehlt sich die Einsetzung eines „Klimarates“ aus Vertretern von Bund und Ländern und unabhängigen Experten, die die Ergebnisse des IPCC-Prozesses für die Situation in Deutschland unter Nutzung zusätzlicher regionalisierter Modelle interpretieren. Da in diesem Schritt Setzungen und Wertungen erforderlich sind, ist das Ergebnis entsprechend politisch zu legitimieren, z.B. durch einen Kabinettsbeschluss.

Risikobewertung: Die Ergebnisse der Risikoanalysen sind zu interpretieren und zu bewerten. Dies kann nicht wie die Risikoanalyse primär unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen, sondern hier gilt es die verschiedenen Akteure bzw. gesellschaftlichen Gruppen einzubinden. Dies kann, angelehnt an die Situation in Schleswig-Holstein, durch einen vom zuständigen Ministerium berufenen „Küstenschutzrat“ erfolgen, dessen Votum empfehlenden Charakter hat; Entscheidungen verbleiben beim Ministerium. In dem „Küstenschutzrat“ sind die relevanten Akteure angemessen vertreten, ähnlich wie aktuell die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie durch berufene Gebietskörperschaften begleitet werden soll. Von erheblicher Bedeutung in diesem Verfahrensschritt ist die Definition der Bewertungs- und Entscheidungskriterien. Die Ergebnisse der PRA ermöglichen grundsätzlich unterschiedliche Bewertungen (z.B. gleiche Sicherheit oder gleiches Risiko), so dass im Vorfeld ein gesellschaftlicher Diskurs zum zukünftigen Umgang mit Risiko im Küstenschutz geführt und entschieden werden muss (der allerdings nicht notwendigerweise zu anderen Entscheidungskriterien als den heutigen führen muss). Das Ergebnis der Risikobewertung definiert dann den Handlungsbedarf des Küstenschutzes.

Maßnahmenentwicklung (als erster Schritt der Risikosteuerung): Nachdem der Handlungsbedarf definiert ist, erfolgt in diesem Schritt die Entwicklung möglicher Maßnahmenkonzepte bzw. –alternativen durch die zuständigen Landesbehörden. Dabei ist davon auszugehen, dass der definierte Handlungsbedarf z.T. auf unterschiedlichen Lösungswegen erreicht werden kann (z.B. Deichverstärkung versus Sperrwerk). Deshalb werden in der angemessenen Tiefenschärfe dort wo sinnvoll auch alternative Lösungswege entwickelt.

Maßnahmenbewertung (als zweiter Schritt der Risikosteuerung): Die entwickelten (wo sinnvoll, alternativen) Maßnahmenkonzepte werden jetzt bzgl. ihrer Zielerfüllung im Küstenschutz unter Nutzung der probabilistischen Risikoanalyse, nach ihrer Effizienz (Kosten-Nutzen), nach ihren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt und ihre Nachhaltigkeit bewertet. Dazu kann u. U. die SUP genutzt werden, falls deren Durchführung mit entsprechender Öffentlichbeteiligung auch für die mittelfristige Küstenschutzplanung vorgeschrieben wird, was wir empfehlen würden. Dies sollte durch den o.g. „Küstenschutzrat“ begleitet werden. Ähnlich wie bei der Risikobewertung sind auch hier die Bewertungskriterien im „Küstenschutzrat“ zu entwickeln. Das Ergebnis der Maßnahmenbewertung ist eine Empfehlung an das zuständige Ministerium für die Aufstellung des Generalplans.

Risikokommunikation: Die Kommunikation und Einbindung der Öffentlichkeit findet zum einen über den Küstenrat durch Vertreter relevanter Akteursgruppen statt, zum anderen durch eine intensivierte Information der breiten Öffentlichkeit. Dazu sind verschiedene Verfahren von Informationsangeboten (Einwegkommunikation), des Dialogs (Zweiwegkommunikation) und der Beteiligung (Mitwirkung an der Entscheidungsvorbereitung und -findung) möglich. Die Risikokommunikation dient zum einen dazu, Bürgerinnen und Bürger in die Lage zu versetzen, ihren Anspruch auf „Risikomündigkeit“ einzulösen. Zum anderen dient sie auch dazu die „Informiertheit“ des politisch-administrativen Systems bzgl. der Risikowahrnehmung und des Risikoumgangs der Bevölkerung zu erhöhen. Dem Erfordernis einer vermehrten Beteiligung ist durch die SUP- und die Aarhus-Richtlinie ohnehin auch unabhängig von dieser inhaltlichen Begründung gegeben. Dabei kann und darf Beteiligung allerdings kein Ersatz für effektives Risikomanagement sein - sie soll begleitend zu den vorgeschriebenen Regulierungsprozessen ablaufen und diese nicht verzögern.

Die Aufstellung / Fortschreibung des Generalplanes ist als IKZM-Prozess mit den entsprechenden Anforderungen an Nachhaltigkeit, Integration, Partizipation und Kommunikation anzulegen. Formal wäre dieser Ansatz gut im Rahmen eines Raumordnungsverfahrens anzusiedeln; Küstenschutzplanungen sind derzeit allerdings nicht ROV-pflichtig. Eine SUP-Pflicht für die Aufstellung / Fortschreibung des Generalplans ist sinnvoll.

9.6.2 Ebene Planfeststellungsverfahren

Die Umsetzung einzelner Maßnahmen des Küstenschutzes erfordert ein Planfeststellungsverfahren (PFV) mit Umweltverträglichkeitsprüfung und Beteiligung der Öffentlichkeit. Ein PFV bietet gute Anschlussmöglichkeiten für das hier vorgeschlagene integrierte Risikomanagement auf örtlicher Ebene. Dabei gehen wir davon aus, dass die vorgelagerte großräumige Strategie- und Maßnahmenkonzeption sowie die Bemessung entsprechend dem obigen Verfahrensvorschlag stattgefunden haben.

Die Struktur des Risikomanagements auf der Ebene des PFV entspricht dem auf der Ebene des Generalplanes; es können jedoch einige Aspekte entfallen, da sie bereits auf der vorgelagerten Ebene entschieden worden sind. So sind Risikoanalyse und -bewertung nicht erforderlich, wenn aus der vorgelagerten Ebene ausreichend detaillierte Ergebnisse vorliegen. Ggfs. ist eine Risikoanalyse mit Ermittlung des Schadenspotenzials anhand eines mikroskaligen Ansatzes sinnvoll. Die Einsetzung eines „Küstenrates“ wie auf der vorgelagerten Ebene halten wir hier nicht für sinnvoll; eine erste Bewertung sollte durch den Antragsteller erfolgen und so transparent dokumentiert werden, dass eine Kommunikation über den Bewertungsansatz im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung des PFV erfolgen kann. Eine abschließende Bewertung erfolgt durch die Planfeststellungsbehörde.

Wesentlicher Schritt ist die **Maßnahmenentwicklung** (als erster Schritt der Risikosteuerung): Nachdem der Handlungsbedarf definiert ist, erfolgt in diesem Schritt die Konzeption von Maßnahmen durch den Antragsteller. Dabei ist davon auszugehen, dass der definierte Handlungsbedarf z.T. auf unterschiedlichen Lösungswegen erreicht werden kann. Deshalb werden wenn sinnvoll auch alternative Lösungswege entwickelt. Die **Maßnahmenbewertung** (als zweiter Schritt der Risikosteuerung): Die entwickelten (wo sinnvoll, alternativen) Maßnahmen werden jetzt bzgl. ihrer Zielerfüllung im Küstenschutz unter Nutzung der probabilistischen Risikoanalyse, nach ihrer Effi-

zienz (Kosten-Nutzen), nach ihren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt und ihre Nachhaltigkeit bewertet. Dazu kann u. U. die UVP genutzt werden, deren Durchführung mit entsprechender Öffentlichbeteiligung im PFV obligatorisch ist. Zur **Risikokommunikation** gilt das für die vorgelagerte Ebene Gesagte.

Das hier vorgestellte Konzept beschränkt sich auf den präventiven Teil des Risikomanagements; erforderlich ist eine Erweiterung um den reaktiven Teil, den Katastrophenschutz.

10. KRIM: Übersicht über die Ergebnisse und Empfehlungen

Die Ergebnisse des Verbundprojektes „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU) haben gezeigt (Schuchardt & Schirmer 2005), dass der beschleunigte Anstieg des Meeresspiegels für die deutsche Nordseeküste der zentrale Parameter des Klimawandels und die Vulnerabilität gegenüber der Veränderung weiterer Parameter relativ gering ist. Vor diesem Hintergrund hat das Verbundprojekt KRIM wesentlich auf diesen Parameter des Klimawandels fokussiert und versucht, nicht nur die möglichen Auswirkungen des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs zu analysieren sondern auch Lösungs- bzw. Umgehensmöglichkeiten zu konzipieren. Entsprechend der Komplexität des Themas ist dies mit einem interdisziplinären Ansatz erfolgt; der vorliegende Bericht führt die Ergebnisse zusammen und macht entsprechende Empfehlungen. Im Folgenden sollen die Ergebnisse des vorliegenden Syntheseberichtes in übersichtlicher Weise zusammengefasst präsentiert werden. Dem methodischen Ansatz von KRIM folgend werden die Ergebnisse für die 3 differenzierten Risikokonstrukte dargestellt, bevor die übergreifenden Konsequenzen für eine Berücksichtigung des Klimawandels in einem zukünftigen Küstenschutz skizziert werden.

Die Analyse der drei Risikokonstrukte (wissenschaftliches, öffentliches und politisch-administratives) hat insgesamt deutlich gemacht (und damit die Arbeitshypothese des analytischen Ansatzes von KRIM bestätigt), dass jedes dieser Systeme das Risiko nach eigenen Regeln aber in Wechselwirkung mit den anderen konstruiert.

10.1 Wissenschaftliches Risikokonstrukt

In KRIM haben wir ein wissenschaftliches Risiko-Konstrukt generiert, das u.a. Szenarien aus der Klimaforschung nutzt, die Eintrittswahrscheinlichkeit von Schadensereignissen (Probabilistik) berechnet, potentielle Schäden bei Überflutungen analysiert, einen erweiterten Schadensbegriffs nutzt, der neben Kapitalstockverlusten auch Wertschöpfungsverluste und ökologische Schäden berücksichtigt und versucht Kosten-Nutzen-Analysen als Entscheidungskriterium zu nutzen. Eine solche Konstruktion des Risikos hat bisher im politisch-administrativen System keine Entsprechung; Entscheidungen im Küstenschutz in Nordwestdeutschland werden auf einer anderen Basis getroffen. Der entwickelte methodische Ansatz kann jedoch, nach entsprechender Weiterentwicklung, in einem zukünftigen Risikomanagement zusätzliche Entscheidungsgrundlagen liefern.

Neben einer Vielzahl von Einzelergebnissen (Grabemann et al. 2005b, Mai et al. 2004, Schirmer et al. 2004, Elsner et al. 2005) sind aus dem wissenschaftlichen Risikokonstrukt als Ergebnis der Integrativen Analyse für die übergeordnete Fragestellung v.a. die folgenden Ergebnisse wesentlich:

- Ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg reduziert das derzeitige Sicherheitsniveau an der Küste und erfordert entsprechende Anpassungsmaßnahmen des Küstenschutzes.
- Klimawandelbedingte Veränderungen der Topographie von Watten und Vorländern können zu einer höheren Belastung der Hauptdeiche führen.
- Das (auch ohne Klimawandel vorhandene) räumlich unterschiedliche Schadenspotenzial findet bei der derzeitigen Praxis der Bemessung der Küstenschutzanlagen im Unter-

suchungsgebiet keine Berücksichtigung; es gilt: gleiche Sicherheit für alle bzw. überall eine gleich große Versagenssicherheit.

- Natürliche Anpassungsprozesse, die die Wahrscheinlichkeit eines Deichversagens reduzieren, sind ein Mitwachsen von Watt und Vorland. Ob dieses eintreten wird ist derzeit nicht sicher zu sagen, aber wahrscheinlich. Stützende Maßnahmen wären der vermehrte Bau von Lahnungen zur Vorlandsicherung und u.U. eine Einstellung von Materialentnahmen im Wattenmeer und dem Küstenvorfeld. Hier besteht allerdings noch Forschungsbedarf.
- Ein erhöhter Meeresspiegel führt auch bei einem Konstanthalten der Versagenswahrscheinlichkeit durch entsprechende Deichverstärkung zu einer Vergrößerung der potenziellen Schäden, da mehr Wasser einströmt.
- Das Schadenspotenzial nach Deichversagen unterscheidet sich je nach Versagensort sehr stark; in Teilen des Untersuchungsgebietes ist es relativ begrenzt. Das gilt auch bei Anwendung eines erweiterten Schadensbegriffs, der nicht nur die direkten Schäden (Vermögensschäden), sondern auch ökologische Schäden und Sozialproduktsverluste berücksichtigt. Dies ist ein Argument für flexible Küstenschutz-Strategien.
- Der Finanzbedarf des Küstenschutzes wird sich bei beschleunigtem Meeresspiegelanstieg in Zukunft erhöhen.
- Trotz noch erforderlicher Weiterentwicklung ist die probabilistische Risikoanalyse in der in KRIM entwickelten Form (u.a. mit einem erweiterten Schadensbegriff) grundsätzlich geeignet, planungsrelevante Aussagen zu bestehenden und (in Verbindung mit der Szenariotechnik) zukünftigen Risiken zu machen. Es besteht allerdings noch Forschungsbedarf.
- Es gibt verschiedene Strategien, mit denen eine Anpassung des Küstenschutzsystems an den beschleunigten Meeresspiegelanstieg erfolgen kann. Von diesen ist eine Verstärkung auf vorhandener Linie oft die mit dem günstigsten Kosten-Nutzen-Verhältnis (und der größten Akzeptanz, s.u.).
- Als Ergänzung und zur Begrenzung des Schadenspotenzials (des Schadens) kann örtlich auch die Errichtung bzw. Aktivierung einer zweiten Deichlinie und auch der Bau von weiteren Sturmflutsperrwerken sinnvoll sein.
- Kosten-Nutzen-Analysen können zusätzliche Informationen zur Entscheidungsunterstützung beim Vergleich verschiedener Alternativen des Küstenschutzes liefern.

10.2 Öffentliches Risikokonstrukt

Die Kommunikation der Risiken durch Klimawandel und Sturmfluten in den Medien und die Einschätzungen der Öffentlichkeit bezeichnen wir als öffentliches Risikokonstrukt. Öffentliche Risikokonstrukte können nicht generell als popularisierte Versionen der entsprechenden wissenschaftli-

chen Risikokonstrukte verstanden werden, da das System der öffentlichen Kommunikation Bedeutungen nach eigenen Regeln konstruiert. Neben einer Vielzahl von Einzelergebnissen (Peters & Heinrichs 2004) sind aus dem öffentlichen Risikokonstrukt als Ergebnis der Integrativen Analyse für die übergeordnete Fragestellung v.a. die folgenden Ergebnisse wesentlich:

- Der öffentliche Diskurs zum Klimawandel wird deutlich von der Wissenschaft bzw. dem wissenschaftlichen Risikokonstrukt geprägt; sowohl die Medien als auch die Öffentlichkeit haben die Mehrheitspositionen der Klimawissenschaftler zum globalen Klimawandel übernommen und gehen davon aus, dass es einen globalen Klimawandel gibt, dass dieser (auch) anthropogen verursacht ist und dass mit ihm gravierende Risiken verbunden sind. Dabei gibt es keine Hinweise auf eine Externalisierung der Verantwortung und es gibt eine hohe (verbal geäußerte) Handlungsbereitschaft.
- Die Experten für den Bereich Klimawandel stammen überwiegend aus der wissenschaftlichen Forschung, während sie für den Bereich Küstenschutz eher aus Behörden und Verbänden kommen und damit praxisorientiert sind. Die Schnittstelle zu den Journalisten ist durch eine relativ problemlose und konfliktfreie Interaktion gekennzeichnet und kann als Co-Orientierung beschrieben werden.
- Der Umfang der Berichterstattung über den Klimawandel wird in der Öffentlichkeit als zu gering empfunden; in Bezug auf den Küstenschutz als zu unkritisch. Es ist keine systematische Unzufriedenheit festzustellen und die Existenz eines Klimawandels und die damit verbundenen Risiken werden bestätigt.
- Als Maßnahmen zur Bewältigung der mit dem Klimawandel verbundenen Risiken fokussieren Medien und Öffentlichkeit fast ausschließlich auf Mitigation, also Vermeidung von Klimawandel; Anpassung spielt in den Diskursen (zum Zeitpunkt der Erhebung) fast keine Rolle.
- Auffällig ist das hohe Vertrauen von Medien und Bevölkerung in die Wissenschaft hinsichtlich des Herausfindens der „Wahrheit“ und der Problemdiagnose.
- Der öffentliche Diskurs zu Sturmflut-Risiken wird v.a. von den regionalen Küstenschutz-Akteuren geprägt; die Wissenschaft spielt hier keine wichtige Rolle. Die für den Küstenschutz zuständigen regionalen politisch-administrativen Institutionen sind im Mediendiskurs präsenter als wissenschaftliche Primärquellen.
- Es gibt (in allen Untersuchungsorten übereinstimmend) einen Konsens darüber, dass es ein Sturmflutrisiko gibt; aber auch einen Konsens darüber, dass dieses Risiko durch die Küstenschutzmaßnahmen derzeit auf ein akzeptables Niveau reduziert wird.
- Die beiden Diskurse sind bisher sowohl in den Medien als auch in der Wahrnehmung der Öffentlichkeit (anders als in der Fachöffentlichkeit) kaum miteinander verbunden: obwohl der Klimawandel als unabweisbar und als „Gefährdung“ gesehen wird, besteht jedoch kaum Besorgnis über die Zunahme der Sturmflutrisiken durch den Klimawandel.

- Die Öffentlichkeit geht davon aus, dass der Küstenschutz die aus dem Klimawandel resultierenden Herausforderungen im Rahmen der etablierten Strategie wird bewältigen können.
- Die empirischen Indikatoren zeigen, dass die Bevölkerung an der Küste mit dem bestehenden Küstenschutz zufrieden sind und v.a. Küstenschutzmaßnahmen akzeptiert werden (würden), die die derzeitige Strategie fortsetzen.
- Öffentliches und politisch-administratives Risikokonstrukt der Sturmflut-Risiken sind auf der regionalen Ebene zwar nicht identisch, aber weitgehend widerspruchsfrei (im Zusammenhang mit dem „Versprechen“, Sicherheit zu garantieren). Dies wird auch durch das hohe Vertrauen deutlich, dass der Küstenschutz (als Teil des politisch-administrativen Systems) in den drei Untersuchungsorten Bremen, Wilhelmshaven und Wangerland genießt.
- Das hohe Vertrauen in den Küstenschutz ist Chance und Problem zugleich: es bietet für den Küstenschutz die Chance, Unterstützung bei der Überwindung externer Widerstände zu gewinnen, wenn allerdings Veränderungen von außerhalb durchgesetzt werden sollen, ist ein erhebliches Beharrungsvermögen zu erwarten.
- Die Wissenschaft sollte nicht nur ihre Erkenntnisse, sondern auch ihren Erkenntnisprozess verständlich kommunizieren, um deutlich zu machen, dass Unsicherheiten kein Resultat „schlechter“ Wissenschaft sind, sondern prinzipieller Bestandteil wissenschaftlicher Zukunftsprognosen insbesondere der Klimafolgenforschung sind.

10.3 Politisch-administratives Risikokonstrukt

Das politisch-administrative System (PAS) mit seinen Akteuren aus Politik, Verwaltung und Deichverbänden, die im Untersuchungsgebiet eine relativ große Rolle spielen, hat den Küstenschutz im Untersuchungsgebiet in einer Weise organisiert, dass nach 1962 keine Überflutungen mehr eingetreten sind und die Akzeptanz des Küstenschutzes in der Öffentlichkeit auffallend hoch ist. Zu dieser Akzeptanz trägt die derzeitige „Sicherheitsphilosophie“ (Kunz 2004) des Küstenschutzes maßgeblich bei, die versucht „gleiche Sicherheit für alle“ herzustellen. Das politisch-administrative System konstruiert das Risiko zwar in Wechselwirkung mit dem wissenschaftlichen und dem öffentlichen RK, aber dennoch nach eigenen Regeln. Neben einer Vielzahl von Einzelergebnissen (Lange et al. 2005) sind aus dem politisch-administrativen Risikokonstrukt als Ergebnis der Integrativen Analyse für die übergeordnete Fragestellung v.a. die folgenden Ergebnisse wesentlich:

- Die Akzeptanz der Methoden (z. B. der probabilistischen Risikoanalyse) und Ergebnisse des wissenschaftlichen Risikokonstrukts ist derzeit im PAS noch relativ gering; es wird sowohl auf eine noch erforderliche Weiterentwicklung der Methoden als auch auf eine noch zu große Unsicherheit bzgl. der Ausprägung des Klimawandels verwiesen.
- Der Zusammenhang zwischen den Diskursen Klimawandel und Sturmflutrisiken wird bei den Akteuren des PAS zwar weitgehend gesehen, Konsequenzen aber aufgrund der noch zu großen Unsicherheiten über die Entwicklung noch abgelehnt. „Handeln erst

auf Basis sicheren Wissens“ wird als Handlungsmaxime genannt; dies ist mit den implizit unsicheren Ergebnissen der Klimaforschung nicht kongruent.

- Die Akteure des politisch-administrativen Systems setzen ganz überwiegend auf eine Systemkontinuität, gehen also davon aus, die Folgen des Klimawandels im Rahmen des „Normalbetriebs“ bewältigen zu können.
- Die Verantwortung für die Risikoakzeptanz wird vom administrativen Küstenschutz dem politischen Teil des PAS zugeordnet, die Frage der Risikoabschätzung der administrativen Küstenschutzforschung. Beide werden vom administrativen Küstenschutz als quasi externe Faktoren betrachtet, an die Strategieentscheidungen delegiert sind.
- Für den administrativen Küstenschutz stellt v.a. die Frage einer Sicherung bzw. Erweiterung des Finanzrahmens eine entscheidende Frage dar.
- Derzeit sind die potenziell von einem Deichversagen Betroffenen nicht direkt an der Festlegung des Sicherheitsstandards beteiligt, sondern die Festlegung erfolgt durch das PAS; allerdings sind sie auch an der Finanzierung nur zu einem kleinen Teil beteiligt; den größeren Teil trägt die Gesamtheit der Bundesbürger.

10.4 Integriertes Risikomanagement

Obwohl die (aktuelle) Anpassung an die Folgen des Klimawandels auch mit der derzeitigen Strategie des Küstenschutzes erfolgen kann, sollte die Strategie mittel- bis langfristig aus den oben genannten Gründen zu einem integrierten Risikomanagement entwickelt werden (siehe auch Kunz 2004). Dies kann unterschiedlich ausgestaltet sein. Wir haben die Erkenntnisse zu einem konkreten Konzept für ein integriertes Risikomanagement unter Klimawandelbedingungen verdichtet, dass an den bestehenden rechtlichen Rahmen und die entwickelten und bewährten Strukturen anschließt, aber auch aktuelle Veränderungen wie die Einführung der Strategischen Umweltprüfung und die Aarhus-Konvention berücksichtigt. Der Vorschlag differenziert die Phasen Risikoanalyse, -bewertung, -steuerung und -kommunikation sowohl für die Ebene der mittelfristigen oder Generalplanung als auch für die Ebene des Planfeststellungsverfahrens. Wesentliche Elemente sind die Anbindung an zentrale Klimaszenarien, die Nutzung der probabilistischen Risikoanalyse, die Konzeption von Maßnahmenalternativen und eine verbreiterte Kommunikation und Partizipation. Im Rahmen dieses integrierten Risikomanagements sollten auch Forschungen und Diskurse zur mittel- und langfristigen strategischen Ausrichtung des Küstenschutzes unter Klimawandelbedingungen initiiert werden.

10.5 Fazit und Empfehlungen

Ein zentrales Ziel des KRIM-Verbundes war es, zur Initiierung eines Diskurses über den Umgang mit dem Klimawandel im Küstenschutz beizutragen und die bisherige Perspektive Mitigation im Klimaschutz um die Perspektive Adaptation zu erweitern. Dies ist, auch durch die Kommunikation der Ergebnisse aus dem „Vorläufer-Verbund“ KLIMU, bereits während der Laufzeit gelungen. Dies spiegelt sich nicht nur in der deutlich intensivierten Berichterstattung in den Medien wieder, in der

die von KRIM angestrebte Verbindung der bis dahin weitgehend getrennten Diskurse zu Klimawandel und Küstenschutz auch bereits erfolgt, sondern auch in der aktuellen Diskussion über die Berücksichtigung des Klimawandels bei der Auslegung der zukünftigen Küstenschutzsysteme im Untersuchungsgebiet bzw. in Niedersachsen/Bremen. Fazit und wesentliche Empfehlungen:

- Die Ergebnisse der Klimaforschung und der internationale Abstimmungsprozess im IPCC erweitern die Entscheidungsgrundlagen des Küstenschutzes qualitativ und quantitativ entscheidend.
- Die kurz- und mittelfristige Anpassung an den Klimawandel kann auch mit den etablierten Bemessungsverfahren, der etablierten Küstenschutz-Strategie und der derzeitigen Organisation bei einer entsprechenden Erhöhung der finanziellen Ressourcen realisiert werden, wenn der beschleunigte Meeresspiegelanstieg als „neue Randbedingung“ vom politisch-administrativen System akzeptiert wird. Wir machen dazu einen Verfahrensvorschlag.
- Um die „neue Randbedingung“ beschleunigter Meeresspiegelanstieg bzw. Klimawandel operationabel zu machen empfehlen wir die Einsetzung eines „Klimarates“ aus Vertretern von Bund und Ländern und unabhängigen Experten, der die Ergebnisse des IPCC-Prozesses für die Situation in Deutschland unter Nutzung regionalisierter Modelle interpretiert und ein oder ggfls. mehrere Klimaszenarien formuliert, die als einheitliche Basis für die Planung und Umsetzung von Adaptationsstrategien genutzt werden können.
- Die bisher weitgehend getrennten öffentlichen Diskurse zu Klimawandel und Sturmflut-Risiko bzw. Küstenschutz sollten regional und überregional stärker miteinander verbunden werden (wie es aktuell bereits vermehrt geschieht), um die Akzeptanz des Klimawandels als „neue Randbedingung“ im PAS zu erleichtern, um die Allokation ausreichender finanzieller Mittel zu sichern und um die Akzeptanz der erforderlichen Anpassungsmaßnahmen des Küstenschutzes zu erhöhen.
- Probabilistische Risikoanalysen sollten trotz der noch erforderlichen Weiterentwicklung als zusätzliches Entscheidungskriterium im Küstenschutz herangezogen werden.
- Mittel- bis langfristig können die zukünftigen Herausforderungen durch den Klimawandel und weitere sich verändernde Randbedingungen (u.a. begrenzte finanzielle Ressourcen; Verteilungsgerechtigkeit; Effizienzsteigerung öffentlicher Investitionen, demographischer Wandel, Nachhaltigkeit) voraussichtlich besser bewältigt werden, wenn die derzeitige Strategie des Küstenschutzes zu einem integrierten Risikomanagement weiterentwickelt wird. Wir machen dazu einen Verfahrensvorschlag.
- Langfristig erhöht der derzeitige linienhafte Küstenschutz das Risiko, da das Schadenspotenzial bei steigender Wasserspiegeldifferenz im grundsätzlich nicht auszuschließenden Versagensfall immer weiter steigt. Die Entwicklung und Etablierung eines raumbezogenen Küstenschutzes kann das Risiko reduzieren und Handlungsmöglichkeiten erweitern. Die Umsetzung eines raumbezogenen Küstenschutzes sollte durch entsprechende Berücksichtigung in der Raumordnung unterstützt werden.

- Eine Erweiterung der derzeitigen Küstenschutz-Strategie sollte schrittweise und im offenen Dialog erfolgen, um die hohe Akzeptanz des Küstenschutzes in der Öffentlichkeit nicht zu gefährden.
- Planungen sollten in Zukunft im Rahmen von UVP / SUP auch daraufhin betrachtet werden, ob sie die Anpassungskapazität der Region an den Klimawandel vermindern.
- Moderne Instrumente der Entscheidungs- und Kommunikationsunterstützung wie Decision Support Systeme sollten weiterentwickelt werden; dabei kann an das KRIM-DSS angeschlossen werden.
- Die erforderliche Erweiterung der Mitigation-Perspektive der Klimapolitik um die Adaptation-Perspektive hat bereits begonnen. Um Adaptation systematisch und effizient zu entwickeln empfehlen wir die Implementation einer Nationalen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (Schuchardt & Schirmer im Druck).

11. Begriffsdefinitionen

Begriffsdefinitionen sind in KRIM besonders im Zusammenhang mit dem Risikokonzept erforderlich, da verschiedene Disziplinen beteiligt sind und der Risikobegriff in allen Disziplinen verwendet wird.

Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos ist neben dem Schadensausmaß eine der beiden zentralen Kategorien des Risikos. Sie bezeichnet die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses, das einen Schaden auslöst

Erwartungswert eines Risikos ist das erwartete Schadensausmaß. Er wird durch die Integration über alle möglichen Schäden, gewichtet mit ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten, ermittelt.

Gefahr bezeichnet eine objektive Bedrohung durch ein zukünftiges Schadensereignis, das unter bestimmten Bedingungen eintritt. Ein Risiko ist dagegen ein mentales Konstrukt, das dazu dient, Gefahren zu bestimmen. Risikoabschätzungen sind immer nur Annäherungen an die objektive Gefahr, die man nur nach dem Eintritt des Schadens sicher kennen kann.

Risiko umfasst in einer technischen Risikoperspektive v. a. die Variablen Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und Schadensausmaß. In einer sozialwissenschaftlichen Perspektive stehen die Aspekte der sozialen und psychischen Risikoerfahrung und Risikowahrnehmung im Vordergrund, während sozioökonomische Ansätze sich mit Risiken der Überlebenssicherung und der Grundbedürfnisdeckung beschäftigen. Im Gegensatz zur Gefahr ist Risiko ein mentales Konstrukt, um Gefahren näher zu bestimmen und nach dem Grad der Bedrohung zu ordnen, also zur Erfassung komplexer Wirkungsketten mit Zufallsereignissen, die keine direkte Entsprechung in der Wirklichkeit haben.

Risikoakzeptanz ist ein normativer Begriff und gibt an, welche unerwünschten Folgen für eine Gesellschaft noch tragbar sind und welche nicht, wie viel Ungewissheit hinnehmbar ist, wenn die Folgen katastrophal sein können, und ob positive und negative Folgen gerecht verteilt sind.

Risikoanalyse ist der Versuch, mit wissenschaftlichen Methoden möglichst realitätsgetreu die Eintrittswahrscheinlichkeiten von konkreten Schadensfällen oder die Wahrscheinlichkeitsfunktion von Schadensausmaßen auf der Basis von Beobachtung, Modellierung und Szenariobildung zu bestimmen. Mit Hilfe von Risikoanalysen wird versucht, den Erwartungswert des Risikos zu bestimmen.

Risikobewertung bezeichnet Verfahren der rationalen Urteilsfindung über ein Risiko mit Blick auf dessen Zumutbarkeit für die Gesellschaft als Ganzes oder für bestimmte Gruppen oder Individuen. Bestandteil der Risikobewertung ist die wissenschaftliche Risikoanalyse und die durch empirische Studien erfasste Risikowahrnehmung.

Risikomanagement bezeichnet die Summe der von Menschen oder Organisationen eingeleiteten Maßnahmen zur Reduzierung, Steuerung und Regulierung von Risiken. Darunter fallen politisch gesetzte Grenzwerte, ökonomische Anreize, Haftungsregelungen, Planungstechniken und bildungsfördernde Maßnahmen.

Risikowahrnehmung bezeichnet eine Risikoabschätzung, die weitgehend auf persönlichen Erfahrungen, vermittelten Informationen und intuitiven Einschätzungen beruht, die sich im Verlauf der biologischen und später der kulturellen Evolution herausgebildet haben. Sie umfasst neben den beiden Kategorien Schadensausmaß und Wahrscheinlichkeit andere Risikoeigenschaften, wie etwa die Reversibilität oder die Verteilung.

Schaden bezeichnet die Zerstörung, Minderung und Beeinträchtigung von konkreten oder abstrakten Werten. Dazu gehören Einbußen an geldwerten Gütern (Vermögensschaden), Lebenschancen (z.B. bei einer Flucht vor Naturkatastrophen) und Lebensqualität (z. B. durch Naturzerstörung). In diese Kategorie fallen auch Formen der ideellen Schädigung, wie beispielsweise der Verlust des Vertrauens in die Integrität politischer Entscheidungsträger. Um einen Schaden als solchen erkennen zu können, braucht es immer das bewertende Subjekt. Der Schadensbegriff ist deshalb anthropozentrisch angelegt.

Schadenspotenzial ist die Summe der möglichen Schäden, die durch eine Aktivität oder ein Ereignis ausgelöst werden können.

12. Literatur

- ADV - Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (2002): ATKIS-Objektartenkatalog. Internet: www.atkis.de/dstinfo/dstinfo2.dst_gliederung
- Bahrenberg, G. (2001): Die Region Unterweser – Flächennutzung und Entwicklungsperspektiven im Zeichen des Klimawandels. Materialien und Manuskripte des Instituts für Geographie der Universität Bremen, Heft 26
- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2005): Raumordnungsbericht 2005. Bonn, Berichte, Band 21
- Bechmann, G. & G. Frederichs (1998): Umweltforschung zwischen Erkenntnis und Organisation. In: Daschkeit D. & W. Schröder (Hrsg.): Umweltforschung quergedacht. Perspektiven integrativer Umweltforschung und -lehre. Heidelberg, S. 7-30
- Bechmann, G. (1997): Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. 2A, Opladen
- Beck, U. & W. Bonß (2001, Hrsg.): Die Modernisierung der Moderne. Suhrkamp, Frankfurt a. Main
- Becker, E., A. Vack & P. Wehling (1998): Mensch-Umwelt-Systeme und Indikatoren einer nachhaltigen Entwicklung. MAB-Mitteilungen 42, S. 35-42
- Behre, K.-E. (1993): Die nacheiszeitlichen Meeresspiegelbewegungen und ihre Auswirkungen auf die Küstenlandschaft und deren Besiedlung. In: Schellnhuber, H.-J. & H. Sterr (Hrsg.): Klimaänderung und Küste. Heidelberg, S. 57-76
- Behre, K.-E. (2004): Die Schwankungen des mittleren Tidehochwassers an der deutschen Nordseeküste in den letzten 3000 Jahren nach archäologischen Daten. In: Schernewski, G. & T. Dolch (Hrsg.): Geographie der Meere und Küsten. Coastline Reports 1, S. 1-7
- Bell, A. (1991): Hot air: media, miscommunication and the climate change issue. In: Coupland, N., H. Giles & J. M. Wiemann (eds.): „Miscommunication“ and problematic talk. Newbury Park: Sage, S. 259-282
- Blank, I. & C. Krupp (1995): Wechselwirkungen Klima-Gesellschaft. Abschlussbericht des Projektes „Wechselwirkungen zwischen Klimaveränderungen und ökonomischen, sozialen sowie politischen Systemen: Methodenentwicklung am Beispiel norddeutscher Küstenraum“. Hamburg
- BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2003): Herausforderung Klimawandel. Referat Öffentlichkeitsarbeit, 56 S.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1996): Umweltbewusstsein in Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Bonn
- Bonß, W. (1991): Unsicherheit und Gesellschaft – Argumente für eine soziologische Risikoforschung. Soziale Welt 2/1991, S. 258-277
- Brampton, A. H. (1992): Engineering significance of British saltmarshes. In: Allen, J. R. L. & K. Pye (eds.): Saltmarshes - Morphodynamics, Conservation and Engineering Significance. Cambridge University Press, Cambridge, S. 115-122

- Brandt, K. (1993): Vor- und Frühgeschichte der Marschgebiete. In: Eckhardt, A. & H. Schmidt (Hrsg.): Geschichte des Landes Oldenburg. Ein Handbuch, 4. Aufl., Oldenburg, S. 13-36
- Bunje, J. & J. L. Ringot (2003): Lebensräume im Wandel. Flächenbilanz von Salzwiesen und Dünen im niedersächsischen Wattenmeer zwischen den Jahren 1966 und 1997. Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, Band 7, Wilhelmshaven, 46 S.
- CBD - Convention on Biological Diversity (2003): Review of the Interlinkages between Biological Diversity and Climate Change, and Advice on the Integration of Biodiversity Considerations into the Implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto Protocol. Dokument UNEP/CBD/SBSTTA/9/11, Montreal: CBD-Sekretariat, Internet: <http://www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-09/official/sbstta-09-11-en.pdf>
- Colijn, F., M. Hamann, S. Reese & T. Rohr (2000): Wertermittlung für die potentiell sturmflutgefährdeten Gebiete an den Küsten Schleswig-Holsteins. Teil II. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein. Forschungs- und Technologiezentrum Westküste. Büsum, März 2000
- COMRISK (2004): Evaluation of policies and strategies for coastal risk management. Subproject 1, Final Report, Directorate-General of Public Works and Water Management - National Institute for Coastal and Marine Management/RIKZ Amstelveen, The Netherlands, 111 S. Internet: http://www.comrisk.org/Sp1_neu_12_04_05_Rapport_COMRISK_SP1_final.pdf
- CPSL (2001): Final Report of the Trilateral Working Group on Coastal Protection and Sea Level Rise. Wadden Sea Ecosystem No 13, veröffentlicht durch das Common Wadden Sea Secretariat (CWSS), Wilhelmshaven, 64 S.
- Daschkeit, A. & P. Schottes (2002, Hrsg.): Klimafolgen für Mensch und Küste am Beispiel der Nordseeinsel Sylt. Springer Verlag Heidelberg. 335 S.
- Daschkeit, A. (1998): Umweltforschung interdisziplinär – notwendig, aber unmöglich? In: Daschkeit, A. & W. Schröder (Hrsg.): Umweltforschung quergedacht. Perspektiven integrativer Umweltforschung und -lehre. Springer-Verlag, Heidelberg, Reihe: Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, S. 51-74.
- Dehnhardt, A. & J. Meyerhoff (2002): Nutzen-Kosten-Analyse für die Rückgewinnung und Renaturierung von Retentionsflächen entlang der Elbe. In: Dehnhardt, A. & J. Meyerhoff (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Nutzen und Kosten der Wiedergewinnung und Renaturierung von Überschwemmungsauen. Kiel, S. 243-255
- Dieckmann, R. (1987): Bedeutung und Wirkung des Deichvorlandes für den Küstenschutz. In: Kempf, N., J. Lamp & P. Prokosch (Hrsg.): Salzwiesen: Geformt von Küstenschutz, Landwirtschaft oder Natur? 1. Tagungsband der Umweltstiftung WWF-Deutschland, 2. Auflage, Husum Druck- und Verlagsgesellschaft, Husum, S. 163-187
- DKKV - Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e. V. (2003, Hrsg.): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Lessons Learned, Schriftenreihe des DKKV 29, 144 S.
- DWD - Deutscher Wetterdienst (1999): Orkantief „Anatol“ vom 3./4. Dezember 1999. Internet: http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/sturm/orkantief_anatol.pdf

- Ebenhöh W., H. Sterr & F. Simmering (1997): Potentielle Gefährdung und Vulnerabilität der deutschen Nord- und Ostseeküste bei fortschreitendem Klimawandel. Studie durchgeführt von AFFORD, Oldenburg im Auftrag des BMBF
- Elsner, W. & T. Knogge (2001): Endbericht des Teilprojektes „Analyse der ökonomischen Folgen eines Klimawandels in der Unterweserregion“. Projekt „Klimaänderung und Unterweserregion (KLIMU)“, Bremen, 59 S.
- Elsner, W., C. Otte, & Yu, I. (2005): Regionalökonomische Risiken des Klimawandels. Vermögensschäden und Einkommensverluste durch extreme Klimaereignisse sowie Kosten-Nutzen-Analysen von Schutzmaßnahmen. Am Beispiel der nordwestdeutschen Küstenregion. Projektendbericht des Teilprojekts 5 im Verbundvorhaben „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, BMBF-Förderkennzeichen 01LD0013, 262 S.
- Engelen G, M. van der Meulen & B. Hahn (2000a): A Spatial Modelling Tool for Integrated Environmental Decision-Making. - Proceedings of the 5th EC-GIS Workshop, Stresa Italy, European Commission, JRC, Ispra, Italy, S. 124-149
- Engelen, G., M. van der Meulen, B. Hahn, M. Mulligan, S. Reaney, T. Oxley, M. Mata-Porras, C. Blatsou, S. Kahrimanis, P. Giannopoulos, S. Mazzoleni, A. Coppola, B. McIntosh & N. Winder (2000b): MODULUS: A spatial modelling tool for integrated environmental decision-making, Final Report, Submitted to the European Union Directorate General XII Environment (IV) Framework, Brussels 2000
- EU (2002): Empfehlung des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2002 zur Umsetzung einer Strategie für ein integriertes Management der Küstengebiete in Europa (2002/413/EG) 6.6.2002 L 148/24 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften DE
- Ferk, U. (1995): Folgen eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs für die Wattgebiete der niedersächsischen Nordseeküste. Die Küste 57, S. 135-156
- Gans, O. & R. Marggraf (1997): Kosten-Nutzen-Analyse und ökonomische Politikbewertung. 1. Wohlfahrtsmessung und betriebswirtschaftliche Investitionskriterien. Berlin
- Gerrard, S. & J. Petts (1998): Isolation or integration? The relationship between risk assessment and risk management. In: Hester, R. E. & R.M. Harrison (eds.): Risk assessment and risk management. Issues in environmental science and technology 9, S. 1-19 (The Royal Society of Chemistry, Information Series, Cambridge)
- Gerstengarbe, F.-W., F. Badeck; F. Hattermann; V. Krysanova; W. Lahmer; P. Lasch; M. Stock; F. Suckow; F. Wechsung & P. C. Werner (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. PIK-Report 83: 76 S.
- Gönnert, G. & S. Müller-Navarra (2000): Simulation der Sturmflut vom 3.12.99 unter Veränderung der Zugbahn des Sturmtiefs Anatol. Fachbericht der Wirtschaftsbehörde, Strom- und Hafenbau, Hamburg, 14 S.
- Gönnert, G. (1999): Veränderung des Charakters von Sturmfluten in der Nordsee aufgrund von Klimaänderung in den letzten 100 Jahren. Marburger Geographische Schriften, Heft 134, S. 24-38

- Goodman, S. L., W. Seabrooke & S. A. Jaffry (1998): Considering Conservation Value in Economic Appraisal of Coastal Resources, in: Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 41 (1998), No. 3, S. 313-336
- Grabemann, H.-J., I. Grabemann & A. Müller (2005a): Die Auswirkungen eines Klimawandels auf Hydrografie und Gewässergüte der Unterweser.- In: Schuchardt, B. & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste: die Zukunft der Unterweserregion. Springer Verlag Heidelberg, S. 59-78
- Grabemann, I., H. J. Grabemann & D. Eppel (2005b): Klimawandel und hydrodynamische und morphologische Auswirkungen im Küstenbereich. Projektendbericht des Teilprojekts 1 im Verbundvorhaben „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, BMBF-Förderkennzeichen 01LD0022, 77 S.
- Green, R. E., M. Harley, L. Miles, J. Scharlemann, A. Watkinson & O. Watts (2003): Global Climate Change and Biodiversity. Summary of Papers and Discussion. Norwich, UK: University of East Anglia, 36 S.
- Grieser J., T. Staeger & C. D. Schönwiese (2000): Statistische Analysen zur Früherkennung globaler und regionaler Klimaänderungen aufgrund des anthropogenen Treibhauseffekts. Bericht d. Inst. f. Meteorologie u. Geophysik, Frankfurt/Main
- Hackl, F. & G. J. Pruckner (1994): Die Kosten/Nutzen-Analyse als Bewertungsinstrument der Umweltpolitik. In: Bartel, R. & F. Hackl (Hrsg.): Einführung in die Umweltpolitik. München, S. 81-100
- Hajer, M. (1995): The Politics of Environmental Discourse. Ecological Modernization and the Polity Process. Oxford
- Hesse, K. M. (2001): Küstenschutz und Wassermanagement im Unterweserraum: Status quo, Perspektiven und Handlungsoptionen vor dem Hintergrund einer möglichen Klimaänderung. In: Bahrenberg, G., W. Schramke, W. Taubmann, R. Tippkötter & J. F. Venzke (Hrsg.): Materialien und Manuskripte des Instituts für Geographie der Universität Bremen, Heft 25
- Hisschemöller, M. & A. A. Olsthoorn (1999): Identifying barrier and opportunities for policy responses to changing climatic risks. In: Downing, T., A. A. Olsthoorn & R. S. J. Tol (eds.): Climate, Change and Risk. Routledge, London S. 365-390
- Hofstede, J. & B. Probst (2002): Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein. 15 S., Internet: <http://www.eucc-d.de/ikzmdokument.php?inford=40>
- Hofstede, J. (1994): Meeresspiegelanstieg und Auswirkungen im Bereich des Wattenmeeres. In: Lozán, J. L., E. Rachor, K. Reise, H. von Westernhagen & W. Lenz (Hrsg.): Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell-Wiss.-Verlag, Berlin, S. 17-22
- Hofstede, J. (1996): Systemanalyse der Salzwiesen im Wattenmeer von Schleswig-Holstein. In: Sterr, H. & C. Preu (Hrsg.): Beiträge zur aktuellen Küstenforschung, Aspekte - Methoden - Perspektiven. Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaften, Band 18, S. 53-64
- Hofstede, J. (1999a): Das Wattenmeer - Struktur, Funktion und künftige Stabilität. In: Jahrbuch der Marburger Geographischen Gesellschaft e.V., S. 246-253

- Hofstede, J. (1999b): Mögliche Auswirkungen eines Klimawandels im Wattenmeer. Petermanns Geographische Mitteilungen 143, S. 305-314
- Holm-Müller, K. & T. Muthke (2001): Aktueller Einsatz und Perspektiven der Nutzen-Kosten-Untersuchung zur Vorbereitung von Investitionsentscheidungen in der Wasserwirtschaft. Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, Vol. 24, Nr. 3, S. 455-473
- Hupfer, P. & M. Börngen (2004): Gibt es Klimakatastrophen? - Naturwissenschaftliche Rundschau 57 (5), S. 233-240
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (1996): Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the International Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2001a): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 881 S.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2001b): Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 1032 S.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2002a): Climate Change and Biodiversity. Technical Paper V., Internet: <http://www.ipcc.ch/pub/tpbiodiv.pdf>, Genf, 77 S.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2002b): Klimaänderung 2001: Synthesenbericht. Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen, herausgegeben von der deutschen IPCC Koordinierungsstelle des BMBF und des BMU, 133 S.
- ISDR - International Strategy for Disaster Reduction (2004): Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR), Internet: http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm
- Jensen, J. & C. Mundersbach (2004): Zeitliche Änderung in den Wasserstandszeitreihen an den Deutschen Küsten. In: Gönnert, G., H. Graßl, D. Kelletat, H. Kunz, B. Probst, H. von Storch & J. Sündermann (Hrsg.): Klimaänderung und Küstenschutz. Tagungsband der Tagung „Klimaänderung und Küstenschutz“, 29.11. und 30.11.2004 in Hamburg, S. 115-128
- Jensen, J. (2000): Extremereignisse an Nord- und Ostseeküsten – Ermittlung von Bemessungsergebnissen.- Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover 85, S. 39-57
- Jensen, J., C. Mundersbach & C. Koziar (2004): Simulation von extremen Sturmflutwetterlagen in der Nordsee und deren statistische Analyse. In: Gönnert, G., H. Graßl, D. Kelletat, H. Kunz, B. Probst, H. von Storch & J. Sündermann (Hrsg.): Klimaänderung und Küstenschutz. Tagungsband der Tagung „Klimaänderung und Küstenschutz“, 29.11. und 30.11.2004 in Hamburg, S. 159-169
- Jorissen, R. E. (2000): Coastal Flood-Risk Management in the Netherlands. Mitteilungen des Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 85, S. 77-90

- Karl, H. (2001): Rationales raumorientiertes Risikomanagement und Vorsorge gegenüber extremen Naturereignissen. DKKV-Jahrestagung 2001, Tagungsband, S. 58-64
- Kiese, M. & B. Leineweber (2001): Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung. Ökonomische Bewertung und räumliche Modellierung des Schadenspotenzials in der Unterweserregion. Geographische Arbeitsmaterialien 24, Hannover. 97 S.
- Kinzelbach, R. (1998): Klima und Biodiversität. In: Lozan J., H. Graßl & P. Hupfer (Hrsg.): Warnsignal Klima. Hamburg, S. 298-302
- Klaus, J. & R. F. Schmidtke (1990): Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandküste. Modellgebiet Wesermarsch. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Bonn
- Klijn, F., M. van Buuren & S. A. M. van Rooij (2004): Flood-risk Management Strategies for an Uncertain Future: Living with Rhine River Floods in The Netherlands? *Ambio*, Vol. 33, No. 3, S. 141-147
- Klinke, A. & O. Renn (1999): Risikokommunikation als integraler Bestandteil von Umweltrisikopolitik. In: Hansjürgens, B. (Hrsg.): Umweltrisikopolitik. Sonderheft Nr. 10 der Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung (ZAU), Berlin: Analytica, ZAU, S. 138-153
- Knorr Cetina, K. (1981): *The manufacture of knowledge: an essay on the constructivist and contextual nature of science*, Oxford: Pergamon Press
- Knorr Cetina, K. (1999): *Epistemic cultures: how the sciences make knowledge*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press
- König, G. & S. Wittig (2005): Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum: eine bestandsaufnahme. In: Schuchardt, S. & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. *Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 23-48
- König, G., B. Schuchardt & N. von Lieberman (2000): Zur Akzeptanz verschiedener langfristiger Küstenschutzstrategien an der Unterweser: Eindrücke aus dem Projekt Klimaänderung und Unterweserregion (KLIMU). *Bremer Beiträge zu Geographie und Raumplanung* 36, S. 183-193
- Kortenhaus, A. & H. Oumeraci (2002): Probabilistische Bemessungsmethoden für Seedeiche (Pro-Deich). Leichtweiss-Institut für Wasserbau. Bericht Nr. 877. Technische Universität Braunschweig. Internet: http://www.lwi.tu-bs.de/hyku/german/Berichte/LWI_877.pdf
- Kraft, D. (2003): Aufbau eines Entscheidungsunterstützungssystems für das Küstenzonenmanagement: Konzeption und Entwicklung eines DSS aus küstenökologischer Sicht. In: Reuter, H., B. Breckling, & A. Mittwollen (Hrsg.): *Gene, Bits und Ökosysteme*, GfÖ Arbeitskreis Theorie in der Ökologie, P. Lang Verlag Frankfurt/M, S. 121-136
- Kraft, D. (2004): Modellierung klimaabhängiger Nutzungsveränderung. Dissertationsschrift, GCA-Verlag, Herdecke, 158 S.
- Kraft, D., S. Osterkamp & M. Schirmer (2005): Ökologische Folgen eines Klimawandels für die Unterweser und ihre Marsch. In: Schuchardt, S. & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. *Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 167-188

- Kramer, J. (1992): Entwicklung der Deichbautechnik an der Nordseeküste. - In: Kramer, J & H. Rohde (Hrsg.): Historischer Küstenschutz. Wittwer, Stuttgart, S. 63-109
- Krause, G. (2000): Generalplanung für den Küstenschutz in Niedersachsen. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover 85, S. 65-68
- Krause, G. (2004): Küstenschutz in Niedersachsen. Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Band 54, Schiffahrts-Verlag Hansa, Hamburg, S. 14-18
- Kuckartz, U. & H. Grunenberg (2002): Umweltbewusstsein in Deutschland 2002. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums, Berlin, Förderkennzeichen 20017109, 107 S.
- Kunz, H. (2004): Sicherheitsphilosophie für den Küstenschutz. Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Band 54, Schiffahrts-Verlag Hansa, Hamburg, S. 253-287
- Lange, H., M. Haarmann, A. Wiesner-Steiner, & E. Voosen (2005): Politisch-administrative Steuerungsprozesse (PAS). Endbericht des Teilprojekts 4 im Verbundprojekt „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, BMBF-Förderkennzeichen 01LD0011, 133 S.
- Latour, B. & S. Woolgar (1986): Laboratory life: the construction of scientific facts. Princeton, NJ: Princeton University Press
- Lau, C. & R. Keller (2001): Zur Politisierung gesellschaftlicher Naturabgrenzungen. In: Beck, U. & W. Bonß (Hrsg.): Die Modernisierung der Moderne. Suhrkamp, Frankfurt a. Main, S. 82-96
- Lastrup, C. (2000): Probabilistic Design for Coastal Defences in Denmark. Mitteilungen des Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Heft 85, S. 91-96
- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz - Hochwasser - Ursachen und Konsequenzen. Stuttgart, 24 S.
- Luhmann, N. (1993): Risiko und Gefahr. In: Krohn, W. & G. Krücken (Hrsg.): Riskante Technologien: Reflexionen und Regulation. Suhrkamp-Verlag Frankfurt/M., S. 138-185
- Mai, S. & C. Zimmermann (2000): Konzepte und Techniken im Küstenschutz im Lande Niedersachsen unter geänderten Klimabedingungen. Mitteilungen des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, Heft 84, S. 98-178
- Mai, S. & C. Zimmermann (2004): Veränderung der Seegangsbedingungen an den Küsten von Jade und Weser als Folge der Klimaänderung. In: Schernewski, G. & T. Dolch (Hrsg.): Geographie der Meere und Küsten, Coastline Reports, Heft 1, S. 93-100
- Mai, S. & N. von Lieberman (1999): Untersuchungen zum Risikopotential einer Küstenregion.- Mitteilungen des Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Heft 83, S. 292-320
- Mai, S. (2004): Klimafolgenanalyse und Risiko für eine Küstenzone am Beispiel der Jade-Weser-Region. Mitteilungen des Franzius-Instituts, Heft 91, S. 1-275

- Mai, S., A. Elsner, V. Meyer & C. Zimmermann (2004): Klimaänderung und Küstenschutz. Endbericht des Teilprojekts 2 im KRIM Verbund „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, BMBF-Förderkennzeichen 01 LD 0014, 236 S.
- Mai, S., K.-F. Daemrich & C. Zimmermann (1998): Wellentransmission an Sommerdeichen. Wasser & Boden, Heft 11, S. 28-40
- Markau, H.-J. (2003): Risikobetrachtung von Naturgefahren. Analyse, Bewertung und Management des Risikos von Naturgefahren am Beispiel der sturmflutgefährdeten Küstenniederungen Schleswig-Holsteins. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 286 S.
- Mathes, K. & J. Ranke (1999): Erfassung des Gefahrenpotentials von Chemikalien – ein alternativer Ansatz aus ökologischer Sicht. ZAU, Sonderheft 10/1999, S. 97-106
- Mertsch, S. (2004): Risikomanagement als Konzept zur Risikominderung am Beispiel der überflutungsgefährdeten Räume Schleswig-Holsteins. Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV), 81 S., Internet: <http://www.dkkv.org/default.asp>
- Met Office (2004): Uncertainty, risk and dangerous climate change. Recent research on climate change science from the Hadley Centre, United Kingdom, Internet: www.metoffice.gov.uk, 16 S.
- Meyerhoff, J. (2001): Nicht-nutzungsabhängige Wertschätzungen und ihre Aufnahme in die Kosten-Nutzen-Analyse. Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, Vol. 24, Nr. 3, S. 393-416
- MLR – Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein (2001, Hrsg.): Generalplan Küstenschutz: integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein, Kiel
- MURL - Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (2000, Hrsg.): Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW. Düsseldorf, 32 S.
- Nicholls, R. (1999) The Impacts of Sea-Level Rise.
http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/CoP5/imp_sea_rise.html
- Niemeyer, H. D. & R. Kaiser (1999): Seegang. In: Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer und Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltatlas Wattenmeer, Band 2, Ulmer Verlag, S. 28-29
- Niemeyer, H. D. (1987): Seegang und Biotopzonierung in Wattgebieten. In: Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.): Umweltvorsorge Nordsee, S. 171- 184
- Oumeraci, H. (2001): Wasser im Küstenraum. Entwurf zum Leitthema 6 des "Strategiepapiers zur Wasserforschung" der Senatskommission für Wasserforschung der DFG. Vervielfältigtes Manuskript.

- Pahl-Wostl, C., C. C. Jaeger, S. Rayner, C. Schär, M. B. van Asselt, D. M. Imboden, & A. Vckovski (1998): Regional Integrated Assessment and the Problem of Indeterminacy. In: Cebon, P., U. Dahinden, H. Davies, D. M. Imboden, & C. C. Jaeger (eds): Views from the Alps. Towards Regional Assessments of Climate Change. MIT-Press, Cambridge, Mass., S. 435-497
- Parmesan, C. & G. Yohe (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, Vol. 421, S. 37-42
- Parry, M. L. (2000, eds.): Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe: the Europe ACACIA project. Jackson Environmental Institute, University of East Anglia, Norwich, 320 S.
- Peters, H. P. & H. Heinrichs (2004): Interpretationen des globalen Klimawandels durch die Öffentlichkeit. Konsequenzen für die Risikowahrnehmung und die Implementierung eines vorbeugenden Küstenschutzes. Projektendbericht zum Teilprojekt 6 im Verbundvorhaben „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, BMBF-Förderkennzeichen 01LD0015, 457 S.
- PLANAT (2004): Sicherheit vor Naturgefahren. Risikokultur – von der Vision zur Strategie, Tätigkeitsbericht 2001 – 2003 der Nationalen Plattform Naturgefahren, Reihe 7/2004, 9 S.
- Plate, E. J. & B. Merz (2001, Hrsg.): Naturkatastrophen - Ursachen, Auswirkungen und Vorsorge. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 475 S.
- Plate, E. J. (2000): Risikoanalyse im Hochwasser- und Küstenschutz. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, Heft 85, S. 1-13
- Probst, B. & J. Hofstede (2004): Neue Strategien für den Küstenschutz. *Jb. Hafenbautechn Gesell.*, Band 54, S. 249-252
- Probst, B. (2000): Generalplanung für den Küstenschutz in Schleswig-Holstein. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover 85, S. 69-76
- Probst, B. (2004): Küstenschutz in Schleswig-Holstein. *Jb. Hafenbautechn Gesell.*, Band 54, S. 31-37
- Prognos (1998): Deutschland Report Nr.2: Die Bundesrepublik Deutschland 2005-2010-2020. Wirtschaftliche Perspektiven für Deutschland, Basel
- Prognos (2000): Prognos AG: Szenarien der wirtschaftlichen Entwicklung in den alten Bundesländern und in der Unterweserregion im Rahmen des Gesamtprojektes „Klimaänderung und Unterweserregion“ im Auftrag der Universität Bremen, Fachbereich Wirtschaftswissenschaft, Basel/Bremen
- Ratter, M. W. (2002): Bevölkerungsbeteiligung und Umweltschutz im Wattenmeer. Herausforderungen an ein integriertes Küstenzonenmanagement. *Geographische Rundschau*, H. 12, Westermann Verlag, Braunschweig
- Renn, O. (1992): Risk Communication: Towards a Rational Dialogue with the Public. In: *Journal of Hazardous Materials* 29, S. 465-519

- Risikokommission (2003): ad hoc-Kommission „Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland. Abschlussbericht der Risikokommission, Limbach Verlag, 230 S., Internet: http://www.bmgs.bund.de/downloads/CD_AB_DER_RIKO.PDF
- Rowan, K. E. (1999): Effective explanation of uncertain and complex science. In: Friedman, S.M., S. Dunwoody & C. L. Rogers (eds.): Communicating uncertainty. Media coverage of new and controversial science. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, S. 201-223
- Schirmer, M. & B. Schuchardt (1999, Hrsg.): Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum. Eine querschnittsorientierte Zustandserfassung. Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, Heft 35, S. 211
- Schirmer, M. & B. Schuchardt (2001): Assessing the impact of climate change on the Weser estuary region: an interdisciplinary approach. Climate Research, 18, S. 133-140
- Schirmer, M. (2005): Das Klimaszenario der Fallstudie „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU). In: Schuchardt, B. & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 49-56
- Schirmer, M., D. Kraft, & S. Wittig (2004): Küstenökologische Aspekte des Klimawandels. Endbericht des Teilprojekt 3 im Projekt „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, BMBF-Förderkennzeichen 01LD0012, 171 S.
- Schuchardt, B. & M. Schirmer (2005, Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 341 S.
- Schuchardt, B. & M. Schirmer (in Druck): Klimawandel und Küste: Zeit zur Anpassung?! In: Meeressymposium 2005 (BSH und BMU)
- Schuchardt, B., I. Grabemann, H.-J. Grabemann, D. Kraft, M. Meinken, S. Osterkamp & A. Weihrauch (2005a): Zukunftsbilder: wie könnten zukünftige Veränderungen die Klimasensitivität der Unterweserregion beeinflussen? In: Schuchardt, B. & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste: die Zukunft der Unterweserregion. Springer Verlag Heidelberg, S. 255-266
- Schuchardt, B., M. Schirmer, G. Janssen, S. Nehring. & H. Leuchs (1999): Estuaries and Brackish Waters. In: De Jong, F., J. F. Bakker, C. J. M. van Berkel, N. M. J. A. Dankers, K. Dahl, C. Gätje, H. Marencic, & P. Potel (eds.): Wadden Sea Quality Status Report. Wadden Sea Ecosystem No. 9, Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Quality Status Report Group, Wilhelmshaven, Germany, S. 175-186
- Schuchardt, B., R. Birner, T. Bildstein & W. Osthorst (2005b): Integrative und interdisziplinäre Umweltforschung. Empirische Erfahrungen mit der Organisation des Forschungsprozesses. - Studie im Rahmen des Deutschen Klimaforschungsprogrammes (DEKLIM) des BMBF
- Singer, E. & P. M. Endreny (1993): Reporting on risk. How the mass media portray accidents, diseases, disasters, and other hazards. New York: Russell Sage Foundation

- Smith, K. & R. Ward (1998): *Floods. Physical Processes and Human Impacts*. Chichester
- Soulsby, R. (1997): *Dynamics of marine sands. A manual for practical applications*. Thomas Telford, 249 S.
- Soulsby, R. L., & R. J. S. W. Whitehouse (1997): Threshold of sediment motion in coastal environments. *Proc. Pacific Coasts and Ports '97 Conf.*, Christchurch, University of Canterbury, New Zealand, S. 149-154
- Sterr, H., B. Schuchardt & M. Schirmer (2005): Meeresspiegelanstieg und hydrologische Probleme der Küstenzone. In: Lozan, J. L., H. Graßl, P. Hupfer, L. Menzel, C.-D. Schönwiese (Hrsg.): *Warnsignale Klima: Genug Wasser für alle?*. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, S. 207-211
- Sterr, H., R. Klein & S. Reese (2000): *Climate Change and Coastal Zones: An Overview of the State-of-the-Art on Regional and Local Vulnerability Assessment*. Fondazione Eni Enrico Mattei. Nota di Lavoro 38.2000, 24 S.
- Trumbo, C. (1996): Constructing climate change: claims and frames in US news coverage of an environmental issue. In: *Public Understanding of Science*, Vol. 5, No. 3, S. 269-283
- UBA – Umweltbundesamt (2005): *Die Zukunft in unseren Händen. 21 Thesen zur Klimaschutzpolitik für das 21. Jahrhundert*. 10 S.
- Vagts, I., H. Cordes, G. Weidemann & D. Mossakowski (2000): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologischen Systeme der Küsten (Salzwiesen & Dünen). Teil A: Synthese. Abschlußbericht des Verbundvorhabens, gefördert durch das BMBF & das Land Mecklenburg-Vorpommern, 199 S.
- Van Bernem, K.-H., B. Blum & H. Krasemann (2000): Sensitivity mapping of particular sensitive areas. In Rodriguez, G. R. & C. A. Brebbia (eds.): *Oil and hydrocarbon spills II: modeling, analysis and control*. WITpress, Southampton, Boston, S. 229-238
- Von Lieberman, N. & S. Mai (2001): Entscheidungsunterstützung im Sturmflutschutz durch Risikoanalyse. *Wasser und Boden*, Jg. 53, Heft 12, S. 11-16
- Von Storch, H. & N. Stehr (1997): Climate Research: the case for the social science. *Ambio* 26(1), S. 66-70
- Von Storch, H., H. Reichardt & A. Pfizenmayer (1997): Auswirkungen von Klimaänderungen auf Sturmentwicklung und Extremwasserstände in der Nordsee. BMBF-Projekt, Förderkennzeichen 03F0141B, Internet: <http://w3g.gkss.de/G/Mitarbeiter/storch/storm.surges.html>
- Von Storch, H., M. Montoya, F. J. González-Rouco & K. Woth (2005): Projektionen für Meere und Küsten. Beitrag in Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft: *Wetterkatastrophen und Klimawandel. Sind wir noch zu retten?* Eigenverlag Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, S. 107-113
- Von Storch, H., R. Schnur & E. Zorita (1998): Szenarien und Beratung. Anwenderorientierte Szenarien für den norddeutschen Küstenbereich. Abschlussbericht. BMBF-Förderkennzeichen 01 LK 9510/0

- Walther, G.-R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. J. C. Beebee, J.-M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg & F. Bairlein (2002): Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416, S. 389-395
- WBGU (1999): Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998 des wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Springer-Verlag, 383 S.
- Weichselgartner, J. & M. Deutsch (2002): Die Bewertung der Verwundbarkeit als Hochwasserschutzkonzept – aktuelle und historische Betrachtungen. *Hydrologie und Wasserwirtschaft* 46(3), S. 102-110
- Weingart, P., A. Engels & P. Pansegrau (2002): Von der Hypothese zur Katastrophe. Der anthropogene Klimawandel im Diskurs zwischen Wissenschaft, Politik und Massenmedien. Opladen: Leske + Budrich
- Wilkins, L. (1993): Between facts and values: Print media coverage of the greenhouse effect, 1987-1990. *Public Understanding of Science*, Vol. 2, No. 1, S. 71-84
- Wittig, S., D. Kraft, J. Meyerdirks, & M. Schirmer (2004): Risikobewertung ökologischer Systeme an der deutschen Nordseeküste im Klimawandel. In: Schernewski, G. & T. Dolch (Hrsg.): *Geographie der Meere und Küsten, Coastline Reports*, Heft 1, S. 127-136
- Wohlleben, H. (2004): Küstenschutz im Land Bremen. *Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft*, Band 54, Schiffahrts-Verlag Hansa, Hamburg, S. 19-23
- Zhang, K., B. C. Douglas & S. P. Leatherman (2004): Globalwarming and Coastal Erosion. *Climatic Change* 64, S. 41-58

13. Öffentlichkeitsarbeit (Auswahl)

Eine Aufgabe von KRIM war auch die Initiierung eines gesellschaftlichen Diskurses zu den Auswirkungen und dem Umgang mit den Folgen des Klimawandels. Dazu sind, neben der Präsentation des Verbundes unter www.krim.uni-bremen.de bereits während der Bearbeitungszeit folgende KRIM-Projektpräsentationen in Zeitung und Fernsehen erfolgt:

Bericht „Die modernen Schimmelreiter“, Nobilis, S. 30-32, Hannover, April 2002

Bericht „Wie teuer wird die Flut?“, Universität Hannover Extern, S. 12, Hannover, Oktober 2003

Bericht im Spiegel online „Die Gischt muss hochspritzen“, 31.01.2005

Zeitungsbericht „Eine Milliarde Schaden nach Hochwasser“ in der Nordsee-Zeitung, S. 15, Bremerhaven, 13.10.2001

Zeitungsbericht „Land unter in Bremen?“ in der taz Bremen, S. 21, Bremen, 02.09.2002

Zeitungsbericht „Deichen fehlen einige Zentimeter“ in dem Sonntagsjournal, S. 3, Bremerhaven, 04.09.2002

Zeitungsbericht „Klimawandel: Region kommt gut davon“, Nordseezeitung, S. 12, Bremerhaven, 03.12.2002

Zeitungsbericht „Zwischen Watt und Klimawandel“ im Weserkurier, Norddeutsche, Bremen, 19.11.2003

Zeitungsbericht „Der Natur droht Klimastress“ im Weserkurier, Bremen, 19.06.2004

Zeitungsbericht „Und nicht vergessen: Das Klimaschützen!“ in der taz, 21.06.2004

Zeitungsbericht „Erosion des Schutzniveaus“ in der Frankfurter Allgemeine Zeitung, Nr. 270, Seite 7, 18.11.2004

Zeitungsbericht „Deiche sind nicht sicher genug“ im Weser Report, Bremen, 16.01.2005

Zeitungsbericht „Droht Deichbruch bei Sturmflut“ im Weser Report, Bremen, 06.02.2005

Zeitungsbericht „Der Küstenschutz muss sich rechtzeitig wappnen“ im Weserkurier, Bremen, 15.02.2005

Radiobericht WDR 5 Leonardo, 12.02.2005

Radiobericht NDR DAS!, 17.02.2005

Radiobericht Nordwestradio (aus Brake) 22.02.2005

Fernsehbericht Deutsche Welle, Projekt Zukunft

Fernsehbericht NDR, Hallo Niedersachsen

Fernsehbericht „hitec – die Dokumentation: Die Schleichende Sintflut“, 3 SAT, 14.10.2001

Fernsehbericht „Buten un Binnen“, Radio Bremen 3, 09.09.2002

Fernsehbericht ZDF, Zukunftswerkstatt, 12.-14.10.2004

Fernsehbericht SAT1, Planetopia, 03.04.2005

Vortrag für die Öffentlichkeit: BUND-Symposium (Bremen) „Klimawandel in der Unterweserregion: Geht unsere Zukunft baden?, 18.06.2004

Vortrag für die Öffentlichkeit: DWA-Seminar zur Stadtentwässerung, 09.11.2004

Vortrag für die Öffentlichkeit: Steuerungsimpulse...Greifswald, 24./25.11.2004

Vortrag für die Öffentlichkeit: Sportfischer Verband (SFV) Bremen, 17.04.2005

14. Anhang: Dokumentation der Ergebnisverwertung des TP 6 „Klimawandel und Öffentlichkeit“

Als Zielsetzungen bei der praktischen Verwertung der Projektergebnisse wurden im Projektantrag des TP 6 „Klimawandel und Öffentlichkeit“ die Beratung von Kommunikatoren und die Verbesserung der öffentlichen Kommunikation genannt. Um das im Rahmen der Projektbearbeitung erstellte Orientierungswissen über die Struktur und Bestimmungsfaktoren der Kommunikation über Klimawandel und Küstenschutz effizient zu vermitteln und es am Erfahrungswissen von Kommunikationspraktikern zu messen, wurden (wie im Antrag des TP 6 angegeben) zwei spezielle Maßnahmen zur Vermittlung von Handlungswissen durchgeführt: ein Workshop, in dem sich Experten des Küstenschutzes und des Klimawandels mit Journalisten zusammenfanden, und ein praktisches mehrtägiges Medientraining für Experten aus dem Klimaforschungs- und Küstenschutzbereich. Im Folgenden werden Zielsetzung, Ablauf und Ergebnisse bzw. Erfahrungen aus den beiden Maßnahmen beschrieben. Diese beiden Maßnahmen richteten sich an zwei wichtige Gruppen, die an der öffentlichen Kommunikation über Klimawandel und seine Folgen für den Küstenschutz beteiligt sind: wissenschaftliche Experten sowie Journalisten (Peters & Heinrichs schriftlich).

14.1 Verwertungsmaßnahme: Expertenworkshop „Klimawandel und Küstenschutz“ für Wissenschaftler, Küstenschützer und Journalisten

14.1.1 Zielsetzung

Unser Teilprojekt untersuchte vor allem die Schnittstelle Wissenschaft-Journalismus, die Struktur der Medienberichterstattung über Klimawandel und Küstenschutz sowie die Rezeption der Berichterstattung durch das Medienpublikum. Aus der Befragung der Wissenschaftler und Journalisten verfügen wir über detailliertes Wissen über den Ablauf der Kontakte und die Zufriedenheit der Interaktionspartner. Ursprünglich war beabsichtigt, in dem Workshop die erwarteten Konflikte und Spannungen zwischen Journalisten und Experten zu diskutieren, gegenseitige Vorurteile abzubauen, Wege des vernünftigen Umgangs mit diesen Spannungen zu erarbeiten und zu einer stärkeren Vernetzung von Experten und Journalisten beizutragen. Die Befragung ergab dann aber, dass auf beiden Seiten eine unerwartet hohe Zufriedenheit mit der jeweils anderen Seite herrscht. Dass Wissenschaftler und Journalisten nicht miteinander kommunizieren können, ist nach unseren Ergebnissen jedenfalls nicht das Hauptproblem der öffentlichen Kommunikation über das Klimathema.

Trotzdem kann man aus der hohen beiderseitigen Zufriedenheit nicht schließen, dass kein Verbesserungspotential vorhanden ist. Die Qualität der Berichterstattung darf ja nicht an der Zufriedenheit der Quellen und Journalisten gemessen werden, sondern muss sich am Nutzen für das Publikum und für die öffentliche Behandlung des Themas orientieren. Entsprechend haben wir diese beiden Aspekte – Qualität im Hinblick auf eine sachadäquate Darstellung des Themas und Nutzen für das Publikum – in den Mittelpunkt des Workshops gestellt. Besonderes Augenmerk sollte auf

die in der Medienanalyse ermittelte geringe Thematisierung von Adaptionsstrategien gelegt werden.

14.1.2 Durchführung

Der Experten-Workshop fand als zweitägige Veranstaltung am 14.-15. Mai 2004 im Haus Rissen, Hamburg, statt. Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte durch gezielte Einladung sowie durch eine Reihe von Mailing-Listen (u.a. des DEKLIM-Programms). Es konnten ca. 30 Experten aus den Bereichen Wissenschaft, Küstenschutz und Journalismus für die Veranstaltung gewonnen werden, die durch eine konstruktive und kommunikative Atmosphäre gekennzeichnet war. Das Projekt KRIM war außer mit den Veranstaltern (TP 6) mit weiteren 6 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vertreten.

Das Programm umfasste drei thematische Sessions mit jeweils 2-3 kurzen Präsentationen, einen Abendvortrag sowie eine Paneldiskussion. Bei jedem Programmteil war ausreichender Diskussionszeit vorgesehen. Hier ein Überblick über das Programm:

Freitag, 14. Mai 2004

14.00 Uhr Einführung

14.30 Uhr **Thema 1: Probleme medialer Kommunikation über Klimawandel und Küstenschutz**

Moderator: Ludwig Kürten, Agentur für Wissenschaftskommunikation, Bonn

Globale Probleme in der lokalen Berichterstattung

Angelika Hillmer, Hamburger Abendblatt

Probleme der Berichterstattung

Alfred Thorwarth, freier Journalist, Köln

Probleme der öffentlichen Kommunikation

Achim Daschkeit, Universität Kiel

16.30 Uhr **Thema 2: Klimadiskurs und Bevölkerung**

Moderator: Uli Blumenthal, Wissenschaftsredaktion Deutschlandfunk, Köln

Was muss der Bürger wissen?

Michael Schirmer, Universität Bremen (KRIM)

Medienberichterstattung und Publikum

Hans Peter Peters, Forschungszentrum Jülich (KRIM)

19.30 Uhr **Abendvortrag: „Im Auge des Sturms“ – Entstehung eines Dokumentarfilms**

Werner Vennewald, ProVobis, Hamburg

Samstag, 15. Mai 2004

- 9.00 Uhr **Thema 3: Verhältnis von Mitigation und Adaption im öffentlichen Diskurs**
Moderator: Harald Heinrichs, Forschungszentrum Jülich (KRIM)

Anpassung der Gesellschaft an den Klimawandel
Bastian Schuchardt, BioConsult, Bremen (KRIM)

Gesichtspunkte der Themenwahl: Was ist für Journalisten attraktiver?
Onno Groß, Deepwave e.V., Hamburg
- 11.00 Uhr **Paneldiskussion: Die Rolle der Medien und Experten in der Klimadebatte**

Moderator: Hellmuth Lange, Universität Bremen (KRIM)

Oliver Löffken, Journalist, Wissenschaft aktuell, Hamburg
Mojib Latif, Klimaforscher, Universität Kiel (wegen Krankheit kurzfristig verhindert)
Siegfried J. Weischenberg, Kommunikationswissenschaftler, Universität Hamburg
Stephan Mai, Küstenschutzingenieur, Franzius-Institut, Hannover (KRIM)

14.1.3 Ergebnisse (Thesen, Diskussionen)

Der erste Themenblock „*Probleme medialer Kommunikation über Klimawandel und Küstenschutz*“ behandelte aus der Sicht von Journalisten sowie aus der Sicht von Wissenschaftlern eine Reihe von Problemen. Vor allem ging es darum, ob die Medienberichterstattung einen konstruktiven Beitrag zum Küstenschutz leistet (Daschkeit), inwieweit sich der Journalismus auf die praktische Urteilsfähigkeit der Wissenschaft verlassen kann (Thorwarth) und in welcher Form die alltagsweltliche Interessenstruktur der Mediennutzer die Thematisierung des Klimawandels zulässt (Hillmer).

Achim Daschkeit äußerte die Vermutung, dass die zeitlichen Rhythmen der Ereignisse bzw. Entwicklungen – Langfristigkeit des Klimawandels auf der einen, kurze rasch vergessene Sturmflutereignisse auf der anderen Seite – mit einer kontinuierlichen journalistischen Berichterstattung nicht kompatibel seien. Bei der Thematisierung von Küstenschutzmaßnahmen sei zudem der Zusammenhang mit dem Klimawandel nur schwer herzustellen. Erstaunt zeigte er sich über die massiven Wirkungen, die für die Beteiligten überraschend von Medienberichten ausgelöst werden können. Der Beitrag schloss mit einem eher skeptischen Resümee hinsichtlich eines konstruktiven Beitrags medialer Kommunikation für den Küstenschutz; der direkte Dialog der Interessengruppen untereinander sowie die direkte Information durch Broschüren und CD-ROMs sei im Grunde Erfolg versprechender.

Alfred Thorwarth beschrieb das persönliche Wechselbad der Gefühle, das er als Umweltjournalist beim WDR im Verlauf mehrerer Jahrzehnte in der Geschichte des Klimathemas erlebt habe. Auf Phasen subjektiver Sicherheit, dass es den Klimawandel gebe und dass extreme Wetterereignisse wie Stürme, Überschwemmungen und Hitzewellen seine Anzeichen sind, folgten Phasen der Ernüchterung, ausgelöst durch andere wissenschaftliche Veröffentlichungen. Er persönlich sei skeptisch geworden, was wissenschaftliche Ergebnisse angehe, und sprach sich gegen das ständige Umschwenken auf die jeweils aktuell neuesten wissenschaftlichen Ergebnisse aus. Er riet seinen

Journalistenkollegen zur Vorsicht im Umgang mit alarmistischen Prognosen, warnte aber auch gegen Abwiegen und Verharmlosen. Die Medienberichterstattung sei erfolgreich gewesen, die Bevölkerung von der Ernsthaftigkeit des Problems „Klimawandel“ zu überzeugen; nun komme es darauf an, auch die notwendigen Mitigations-Maßnahmen in den Köpfen der Bürger zu verankern.

Die Schwierigkeiten, das Thema „Klimawandel“ in den journalistischen Kontext einer Lokalredaktion einzubauen, die sich in erster Linie an den nahe liegenden Interessenfeldern der Leser zu orientieren habe, beschrieb Angelika Hillmer. Berichte über den Klimawandel müssten stets die implizite Leserfrage beantworten „Was geht mich das an?“. Wegen der Abstraktheit des Problems und der Tatsache, dass die Bevölkerung letztlich den Opfern und den Tätern zuzurechnen sei, sei die Thematisierung des Klimawandels oft schwierig. Der Nachrichtengehalt von Berichten müsse stimmen – da spielten auch Kollegen und Chefredaktion eine wichtige Rolle – und die Alltagswelt der Leser sei letztlich der Maßstab für die Berichterstattung. D.h. es bedürfe geeigneter Anlässe, möglichst mit lokalem Bezug, damit der Klimawandel in den Medien vorkommt.

Im zweiten Themenblock „*Klimadiskurs und Bevölkerung*“ ging es um die normative Bestimmung des Informationsbedarfs von „mündigen Bürgern“ aus der Sicht des Küsten- und Hochwasserschutzes (Schirmer) sowie um den Medieninhalt und die Verarbeitung von medienvermittelten Informationen über das Thema durch das Medienpublikum (Peters).

Michael Schirmer analysierte den Informationsbedarf von Bürgern aus Sicht des Küstenschutzes. Er sah ein Spannungsverhältnis von Tendenz zur Informationsvermeidung „Betrifft mich das überhaupt?“ und den partizipativen Ansprüchen eines mündigen Bürgers an Mitgestaltung des Risikomanagement sowie dem Interesse des einem Risiko ausgesetzten Bürgers an Informationen zum richtigen Verhalten im Vorfeld und während möglicher Schadenereignisse. Er verwies auf die arbeitsteilige Gesellschaft, mit der einerseits die Delegation von Problemen an zuständige Institutionen verbunden sei, in der andererseits aber auch durch öffentliche Aufsicht und Beteiligung der Gefahr des Institutionenversagens begegnet werden müsse. In diesem Sinne sei die ständige Beteiligung der Bürger am Küstenschutz unverzichtbar und daher „müsse sich“ (in einem normativen Sinn) der Bürger auch dafür interessieren.

Aus den von Hans Peter Peters vorgestellten Ergebnissen des KRIM Teilprojekts „Klimawandel und Öffentlichkeit“ geht hervor, dass die regionalen Medien regelmäßig über Sturmflutrisiken für die Küste berichten und dabei den Küstenschutz eher positiv bewerten. In einem kleineren Teil der Berichte wird der Klimawandel auch zumindest erwähnt. Im überregionalen Diskurs komme der Küstenschutz dagegen so gut wie nicht vor. Medien und Bevölkerung gingen von der Existenz des Klimawandels als gesicherte Tatsache aus; diese Meinung erweise sich auch als robust bei Gegenargumentation. Die Medien unterstützten entsprechende Maßnahmen zum Klimaschutz – fokussierten dabei aber fast ausschließlich auf Mitigation und kaum auf Adaption. Die Medienberichterstattung werde von Experten, Journalisten und dem Publikum ähnlich bewertet: der Umfang werde als zu gering, die alarmierende/beruhigende Tendenz werde als angemessen, die Berichterstattung über den Küstenschutz werde tendenziell als zu unkritisch beurteilt.

Eine wesentliche Erkenntnis aus der Analyse des Medieninhalts im Rahmen des KRIM Projekts war die fast ausschließliche Fokussierung der Medien auf Mitigations-Maßnahmen unter Vernachlässigung von Adaptions-Maßnahmen. Im dritten Themenfeld „*Verhältnis von Mitigation und Adaption im öffentlichen Diskurs*“ behandelten zwei Beiträge die Frage nach den Bestimmungsgründen und

nach der Angemessenheit dieser Form der Berichterstattung aus journalistischer (Groß) und wissenschaftlicher Sicht (Schuchardt).

Onno Groß behandelte in 5 Thesen die Problematik des Wissenschaftsjournalismus im Spannungsfeld von gesellschaftlicher Verantwortung und opportunistischer Marktorientierung. Er betonte dabei sowohl die gesellschaftliche Aufgabe des Wissenschaftsjournalismus als auch den Handlungsspielraum, den Journalisten trotz der journalistischen Randbedingungen (Konkurrenz, Markterfolg, redaktionelle Erwartungen, Abhängigkeit von Experten, Boulevardisierung) haben und zur Qualitätssteigerung nutzen können. Letztlich plädierte er für einen professionellen Wissenschaftsjournalismus, der „Erfolg“ nicht nur im Sinne des Markterfolgs, sondern auch im Sinne einer sachgerechten öffentlichen Thematisierung von Themen und einer Nützlichkeit für den Rezipienten (jenseits bloßer Unterhaltungseffekte) versteht.

Die vorhandenen Studien (KLIMU, KRIM) zeigen nach Ansicht von Bastian Schuchardt am Beispiel der Unterweser-Region, dass die vermutlichen Auswirkungen des Klimawandels an der deutschen Nordseeküste im Rahmen des historisch gewachsenen Systems bewältigt werden können. Allerdings seien Anpassungsmaßnahmen erforderlich, z.B. die Verstärkung der Deichlinie, Verlegung von Deichen und Bau neuer Sperrwerke. Die Anpassungsfähigkeit des Systems sei im Grunde also hoch. Demgegenüber zeigten Befragungen (Umweltsurvey 2002), dass die Bevölkerung unbegründet eine eher pessimistische Haltung gegenüber der Möglichkeit von Anpassung einnehme. Es sei deshalb notwendig, die Ergebnisse zur Anpassungsfähigkeit breit zu kommunizieren und damit auch die Bereitschaft zu vergrößern, die erforderlichen Anpassungen tatsächlich in Angriff zu nehmen und regionale Planungen auf ihre Klimasensitivität hin zu überprüfen.

In der abschließenden *Podiumsdiskussion* wurden – initiiert durch kurze Statements von Siegfried Weischenberg (Kommunikationswissenschaftler), Stephan Mai (Küstenschutzingenieur) und Oliver Löfken (Journalist) – die Rollen von Wissenschaftlern und Journalisten bei der öffentlichen Kommunikation über Klimawandel und Küstenschutz diskutiert.

Siegfried Weischenberg betonte die Eigenlogik der Medien und wies die Erwartung zurück, es gebe eine journalistische Verantwortung für die Bewältigung des Klimawandels. Dies gelte auch für den Wissenschaftsjournalismus. Aufgabe des Journalismus sei die Organisation gesellschaftlicher Selbstbeobachtung als Fremdbeobachtung durch ein ausdifferenziertes Teilsystem, den Journalismus. Diese journalistische Beobachtung erfolge nach eigenen Regeln und dagegen richte Moralisieren nichts aus. Bei der Vergrößerung der inneren Medienfreiheit sowie bei der Ausbildung von Journalisten gebe es aber noch Verbesserungsmöglichkeiten.

Stephan Mai hob in seinem Statement die primäre Rolle des Wissenschaftlers als Produzent soliden Wissens hervor. Er bestimmte das Verhältnis von Wissenschaft und Journalismus nach dem klassischen Popularisierungsmodell. Er forderte von den Wissenschaftlern, dass diese ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse öffentlich vermitteln, dabei aber auf Genauigkeit achten und nicht vorschnell (d.h. vor einer binnenwissenschaftlichen Klärung) an die Öffentlichkeit gehen. Von den Medien forderte er die sachgerechte Information der Öffentlichkeit: Die Qualität der Forschung und nicht die Qualität der Pressearbeit müsse für die Auswahl der Informationen durch die Medien entscheidend sein.

Teilweise in Gegensatz zu Mai appellierte Oliver Löffken als Journalist an die Wissenschaftler, klare, eindeutige und konkretere Aussagen zu machen und keine übertriebene Vorsicht zu zeigen. Sie sollten sich in die Arbeitsweise der Medien hineindenken, Beispiele verwenden und ansprechendes Bild- und Filmmaterial zur Verfügung stellen. Er empfahl auch, die Pressestellen einzuschalten und diese über ihre Arbeit zu informieren. Pressestellen hätten gute Chancen Hintergrundthemen zu aktuellen Ereignissen in die Medien zu bringen. Die Medien müssten ihre Leser oder Zuschauer so akzeptieren wie sie sind. Deshalb dürften sie nicht langweilig oder zu fachlich sein und dürften nicht belehrend wirken. Dann nämlich schalte der Zuschauer ab.

Einen lebhaften Einblick in Produktion einer größeren Fernsehdokumentation gab dann der Filmproduzent Werner Vennewald. Er beschrieb die Entstehung der zweistündigen ZDF/Discovery-Dokumentation „Im Auge des Sturms“ und machte deutlich, dass die Grundlage für eine solche Dokumentation eine „Geschichte“ sei, die erzählt werden müsse. Die Geschichte seines Films sei die vom „Aufwachen, der Wanderung und dem Tod eines der mächtigsten Naturphänomene dieses Planeten“, dem Hurricane. „Im Auge des Sturms“ erzähle „die Geschichte eines gigantischen Protagonisten, und seiner kleinen Antagonisten, den Menschen, die in den verschiedenen Küstenregionen um den Atlantik gegen ihn ankämpfen, mit ihm leben müssen und durch ihn sterben.“ Im Rahmen dieser Geschichte werde dann wissenschaftlich fundiert erklärt, wie Wetterphänomene global zusammenhängen. Im Anschluss an diesen Vortrag entspann sich eine lebhafte Diskussion, u.a. auch um die mögliche Wirkung des Films „The Day After Tomorrow“, der während des Workshops in den deutschen Kinos anlief.

Nach unserer Einschätzung hat der Workshop zu einer weiteren Vernetzung von Experten und Journalisten in diesem Bereich beigetragen. Am Rande der Veranstaltung kam es zu zahlreichen Gesprächen, in denen über die Ergebnisse des KRIM-Projekts diskutiert wurde. Die Projektergebnisse von KRIM waren als Posterpräsentationen aller Teilprojekte für die Teilnehmer des Workshop (vor allem auch die Journalisten) sichtbar. Es wurde eine Reihe von Kontakten von KRIM-Mitarbeitern zu Journalisten angebahnt, die in der Folge dann auch in Medienbeiträge bzw. Interviews mündeten.

14.2 Verwertungsmaßnahme: Medientraining für Experten

14.2.1 Zielsetzung

Die Zielsetzung des Medientrainings für wissenschaftliche Experten aus den Bereichen Klimawandel und Küstenschutz war, die Kompetenz der Teilnehmer für den Umgang mit Medien zu erweitern. Während solche Trainings u.a. vom Forschungszentrum Jülich bereit seit längerem durchgeführt werden, bestand aufgrund der vorherigen Analyse der Kommunikation die Möglichkeit, das Training gezielt auf die Rahmenbedingungen und Erfordernisse der Klima-/Küstenschutzthematik abzustimmen. In dem Training sollten Kenntnisse über Grundregeln der Kommunikation und über die Arbeitsweise der Medien vermittelt werden, vor allem jedoch in praktische Übungen journalistische Interviews vor laufender Kamera trainiert werden. Konkrete Ziele des Trainings waren die Vermittlung von Hintergrundwissen über Medien, die Erläuterung der (unausgesprochenen) Regeln, die bei Medienkontakten und Interviews gelten, und die Einübung von kommunikativen Kompetenzen (Formulierung, Aufbau von Texten und Interviewantworten etc.). Daneben ging es aber vor allem

auch darum, die Teilnehmer zu befähigen, sich in die Denkweise der Journalisten und des Publikums hineinzusetzen.

14.2.2 Durchführung

Das Medientraining wurde als dreitägige Veranstaltung vom 26.-28. Mai 2004 ebenfalls im Haus Rissen, Hamburg, durchgeführt. Auch hier wurden die Teilnehmer durch gezielte Einladung sowie durch Ankündigung des Medientrainings über diverse Mailing-Listen rekrutiert. Mit 12 Teilnehmern (außer Referenten und Hilfskräften) wurde die maximale Kapazität des Trainings ausgeschöpft.

Das Programm beinhaltete einen Wechsel von einführenden Vorträgen mit Diskussion und intensiven praktischen Übungen in Arbeitsgruppen. Als Referenten bzw. Trainer wirkten folgende Personen mit:

- Prof. Dr. Hans Peter Peters, Kommunikationswissenschaftler, FZ Jülich
- Prof. Winfried Göpfert, Journalist & Kommunikationswissenschaftler, FU Berlin
- Jörg Göpfert, Journalist, Potsdam
- Dr. Ludwig Kürten, Journalist & Kommunikationsberater, Bonn

Hier ein Überblick über das Programm:

Mittwoch, 26. Mai 2004

- | | |
|-----------|--|
| 14.00 Uhr | Einführung, Vorstellungsrunde |
| 14.15 Uhr | Experten in der öffentlichen Diskussion des Klimawandels und seiner Folgen
<i>Hans Peter Peters</i> |
| 15.30 Uhr | Medieninterviews: eine praxisbezogene Einführung
<i>Jörg Göpfert</i> |
| 16.30 Uhr | Medieninterviews I: Praktisches Interviewtraining mit Video-feedback
<i>Winfried Göpfert, Jörg Göpfert</i> |

Donnerstag, 27. Mai 2004

- | | |
|-----------|--|
| 09.00 Uhr | Medieninterviews II: Praktisches Interviewtraining mit Video-feedback
<i>Winfried Göpfert, Jörg Göpfert</i> |
| 13.30 Uhr | Texte: Verständlich und interessant schreiben
Hinweise zum Verfassen von Texten für die „breite Öffentlichkeit“
<i>Winfried Göpfert</i> |

- 13.30 Uhr **Texte: Praktische Schreibübung**
Erstellen eines Presstextes
- 13.30 Uhr **Fallbeispiele von Medienkontakten**
Diskussion von Erfahrungen der Teilnehmer
- 13.30 Uhr **Medienberichterstattung und Wahrnehmung des Klimawandels durch die Bevölkerung**
Hans Peter Peters

Freitag, 27. Mai 2004

- 09.00 Uhr **Feedback zur Schreibübung**
Winfried Göpfert, Jörg Göpfert
- 11.00 Uhr **Möglichkeiten aktiver Öffentlichkeitsarbeit im Themenfeld „Klimawandel“**
Ludwig Kürten
- 12.15 Uhr **Abschlussdiskussion**

Die beiden zentralen praktischen Übungen, die Interviewtrainings sowie die Schreibübung, nahmen einen breiten Raum im Medientraining ein. Beim Interviewtraining wurden von den beiden journalistischen Trainern (Winfried Göpfert und Jörg Göpfert) unter Simulation realer Bedingungen, d.h. vor laufender Kamera und angestrahlt von Scheinwerfern, zunächst kurze (5-10minütige) Interviews mit den Teilnehmern geführt, und zwar jeweils über deren Arbeitsgebiet. Diese Übung erfolgt in zwei kleinen Gruppen (à 6 Teilnehmer), so dass ausreichend Zeit für ein detailliertes Feedback blieb. Bei der zweiten Übung wurden die Interviewer ausgetauscht, so dass die Teilnehmer mit unterschiedlichen „Journalistentypen“ konfrontiert wurden. Bei der ersten Übung ging es hauptsächlich um das Problem, einen schwierigen Sachverhalt möglichst verständlich zu erklären; beim zweiten Interview ging es dann – teilweise mit einer etwas aggressiveren Interviewstrategie – um die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf praktische Sachverhalte.

Bei der Schreibübung hatten die Teilnehmer jeweils einen kurzen Presstext zu verfassen, der z.B. als Pressemitteilung dienen sollte. Die von den Teilnehmern erstellten Entwürfe wurden dann am Abend von den beiden journalistischen Trainern sorgfältig redigiert und am nächsten Morgen mit den Teilnehmern besprochen. Wesentliche Aspekte waren dabei die Auswahl der für das Publikum (nicht die Wissenschaftler) relevanten Informationen, die Verständlichkeit und Klarheit der Sprache, sowie der Aufbau des Presstextes in Form eines journalistischen Berichts.

14.2.3 Erfahrungen

Die Mitarbeit der Teilnehmer während der drei Tage war sehr intensiv, die Atmosphäre konstruktiv und freundlich. Bei der Abschlussdiskussion bewerteten die Teilnehmer das Medientraining ausgesprochen positiv. Es ist natürlich schwierig, den tatsächlichen langfristigen Lernerfolg und Nutzen eines solchen Medientrainings zu beurteilen. Als Indikator dafür, dass ein solcher Nutzen tatsächlich besteht, mag aber folgendes Zitat aus dem Brief eines der Teilnehmer dienen, der einige Monate nach dem Medientraining unvermittelt ins Rampenlicht der Medien geriet:

„Es ist nun schon einige Zeit her, dass ich bei Ihnen ein Medientraining absolvierte. Inzwischen ist genau der Fall eingetreten, für den Sie uns trainiert haben. Ich möchte Ihnen an dieser Stelle das große Kompliment überreichen, dass ohne das harte Training der große Medienerfolg nicht möglich gewesen wäre. Auch die Sicherheit, die ich aus dem ‚harten Training‘ bezog, gab mir die Ruhe, die Fernsehinterviews gut zu meistern. In guter Erinnerung ist mir das erstaunte Gesicht eines Radioreporters geblieben, als ich ihn fragte, wie lange er denn den O-Ton wolle. Seine Zeit habe ich dann auf 5 sek. getroffen – er war ziemlich perplex.

Um Ihnen auch einen Blick auf die direkten Resultate Ihrer Arbeit zu ermöglichen, lege ich Ihnen eine DVD bei, auf der alle Medienberichte zu sehen sind. [...]“