

Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus



Autor:
Stefanie Lange



IKZM-Oder Berichte

24 (2006)

Auswirkungen des globalen Klimawandels
auf die Odermündungsregion
unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes
und dessen Folgen für den Tourismus

von

Stefanie Lange

Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin
Rudower Chaussee 16, 12489 Berlin

Berlin, Mai 2006

Die vorliegende Arbeit ist eine Diplomarbeit am Geographischen Institut (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II) der Humboldt-Universität zu Berlin.

Impressum

Die IKZM-Oder Berichte erscheinen in unregelmäßiger Folge. Sie enthalten Ergebnisse des Projektes IKZM-Oder und der Regionalen Agenda 21 "Stettiner Haff – Region zweier Nationen" sowie Arbeiten mit Bezug zur Odermündungsregion. Die Berichte erscheinen in der Regel ausschließlich als abrufbare und herunterladbare PDF-Files im Internet.



Das Projekt "Forschung für ein Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion (IKZM-Oder)" wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter der Nummer 03F0403A-H gefördert.



Die Regionale Agenda 21 "Stettiner Haff – Region zweier Nationen" stellt eine deutsch-polnische Kooperation mit dem Ziel der nachhaltigen Entwicklung dar. Die regionale Agenda 21 ist Träger des integrierten Küstenzonenmanagements und wird durch das Projekt IKZM-Oder unterstützt.



Das Projekt "Developing Policies & Adaptation Strategies to Climate Change in the Baltic Sea Region" (ASTRA) wird durch das INTERREG III B-Programm der Europäischen Union kofinanziert.



Herausgeber der Zeitschrift:

EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.
Poststr. 6, 18119 Rostock, <http://www.eucc-d.de/>
Dr. G. Schernewski & N. Löser

Für den Inhalt des Berichtes sind die Autoren zuständig.

Die IKZM-Oder Berichte sind abrufbar unter <http://ikzm-oder.de/> und <http://www.agenda21-oder.de/>

ISSN 1614-5968

Abstract

Global climate change affects the sustainable development of coastal areas. In the process, any possible rise in sea level and the increasing frequency of storm surges and flooding are of considerable importance. Both cause costs in the field of coastal protection and restrict the economic development of tourism. The latter is the only hope for the Oder Estuary Region, a naturally attractive area which however has a weak infrastructure.

This thesis summarises the concrete effects of global climate change for the Oder Estuary Region and shows which current surfaces could in the future lie under sea level and thus become vulnerable to flooding. At the same time, the thesis examines the coastal protection system according to present and future conditions, whilst taking into account existing or future interaction caused by the spatial demands of the tourism industry.

The outcome is a conflict between ecological and economical necessities with the local population and potential investors. Relevant public relations work, thorough and consistent climate protection, preventive risk analysis in regional planning and the implementation of a decision support frame (DSF) are listed as recommendations to handle this conflict.

Zusammenfassung

Der globale Klimawandel beeinflusst die nachhaltige Entwicklung der Küstenzone. Dabei sind der etwaige Meeresspiegelanstieg sowie die zunehmende Sturmflut- und Hochwasserhäufigkeit von Bedeutung. Beide Ereignisse verursachen Kosten im Küsten- und Hochwasserschutz und schränken den Wirtschaftszweig Tourismus in seiner Entwicklung ein. Letzterer ist in der naturräumlich attraktiven, jedoch strukturschwachen Odermündungsregion einziger Hoffnungsträger.

Die vorliegende Diplomarbeit stellt die konkreten Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion zusammen und zeigt, welche jeweiligen Flächen zukünftig unter dem Meeresspiegel liegen und demnach als überflutungsgefährdet gelten würden. Gleichzeitig werden die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen unter heutigen und zukünftigen Bedingungen betrachtet, wobei deutlich wird, dass mit den räumlichen Ansprüchen des Tourismus durchaus Wechselwirkungen bestehen bzw. entstehen.

Daraus resultiert ein Konflikt zwischen ökologischen und ökonomischen Belangen, mit der ansässigen Bevölkerung und potentiellen Investoren. Themenbezogene Öffentlichkeitsarbeit, konsequenter Klimaschutz, präventive Risikoanalyse in der Raumplanung sowie die Implementierung eines Entscheidungshilfesystems (Decision Support Frame) sind als Managementempfehlungen aufgeführt.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	5
	1.1 Problemstellung	6
	1.2 Zielsetzung	7
	1.3 Vorgehensweise.....	7
2	GRUNDLAGEN	9
	2.1 Der globale Klimawandel	9
	2.2 Folgen global klimatischer Veränderungen für die Ostsee.....	11
	2.3 Folgen global klimatischer Veränderungen für die Oder als Flusssystem	16
3	METHODEN	17
	3.1 Frequenzanalyse.....	17
	3.2 Datenerfassung	18
4	UNTERSUCHUNGSGEBIET - ODERMÜNDUNGSREGION	19
	4.1 Naturräumliche Ausstattung der Odermündungsregion	22
	4.1.1 Klimatische Verhältnisse.....	27
	4.1.2 Hydrologische Verhältnisse	31
	4.1.3 Charakteristika der Oder.....	33
	4.2 Küsten- und Hochwasserschutz.....	36
	4.3 Tourismus	47
	4.4 Bedeutung der Thematik in der Region.....	50
5	DARSTELLUNG DER PROJEKTE	52
	5.1 Umwelt- und Katastrophenschutz im Bereich der deutschen Landkreise Ostvorpommern, Uecker-Randow und der Hansestadt Greifswald	54
	5.2 Sturmflutschutz der Stadt Ueckermünde.....	54
	5.3 Hochwasserschutz Nordusedom.....	56
	5.4 Bemessung von Küstenschutzbauwerken an den Bodden- und Haffgewässern zwischen Strelasund und Swine.....	58
	5.5 “Usedom - Coastal Development and Implementation of Geo Information in a Decision Support Frame”	59
	5.6 Zusammenfassung.....	60

6	ZUSAMMENFÜHRUNG DER ERGEBNISSE.....	61
6.1	Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion.....	61
6.1.1	Meeresspiegelanstieg.....	62
6.1.2	Sturmfluten und Hochwasser.....	64
6.2	Konsequenzen für den Küsten- und Hochwasserschutz.....	68
6.3	Folgen für den Wirtschaftszweig Tourismus	72
6.4	Wechselwirkungen	79
7	DISKUSSION	81
7.1	Fazit.....	85
7.2	Handlungsempfehlungen	86
8	LITERATUR	91
9	ANHANG.....	99

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Globale durchschnittliche Temperaturzunahme von 1990 bis 2100.....	10
Abbildung 2:	Globaler durchschnittlicher Meeresspiegelanstieg von 1990 bis 2100.....	11
Abbildung 3:	Eustatischer Meeresspiegelanstieg an der südlichen Ostseeküste.....	12
Abbildung 4:	Zukünftige Wasserstände der Ostsee.....	15
Abbildung 5:	Klimaänderung und Hochwasser.....	17
Abbildung 6:	Glaziärgenetische Übersichtsskizze der Odermündungsregion	22
Abbildung 7:	Die Geomorphologie der Insel Usedom.....	24
Abbildung 8:	Die überflutungsgefährdeten Flächen (hellgrün) der Odermündungsregion	26
Abbildung 9:	Die Klimate der Ostsee	28
Abbildung 10:	Der Wasserstandsverlauf während des Sturmhochwassers vom 12. Januar 1968 an ausgewählten Pegeln des Ostseegebietes (Ruden und Saßnitz) und des Stettiner Haffs (Wolgast und Ueckermünde).....	33
Abbildung 11:	Die Oder und ihr Einzugsgebiet.....	34
Abbildung 12:	Verbreitung des Oderwassers während der Flut am 25. Juli und am 9. August 1997.....	36
Abbildung 13:	Scheitelwasserstände der Sturmfluten von 1872 (links) und 1913 (rechts) in der Odermündungsregion (m über HN)	40
Abbildung 14:	Zusammenstellung der Aufwendungen für Küstenschutzmaßnahmen im Zeitraum 1991-2004	41

Abbildung 15:	Küstenschutzmaßnahmen entlang der Flachküste (A) und der Steilküste (B) am Streckelsberg	42
Abbildung 16:	Hochwasserschutz am Großen Haff (Polen)	45
Abbildung 17:	Tourismus in Vorpommern und Tourismus in Westpommern.....	48
Abbildung 18:	Räume für Tourismus und Naherholung.....	49
Abbildung 19:	Artikel der Ostsee-Zeitung nach Schlagwörtern	52
Abbildung 20:	Übersichtskarte Projekte.....	53
Abbildung 21:	Übersichtsplan mit Sturmflutschutzanlagen und Zuordnung der BHW	57
Abbildung 22:	Grundstruktur des Entscheidungshilfesystems (Decision Support Frame)...	59
Abbildung 23:	Meeresspiegelanstieg um 25 cm.....	64
Abbildung 24:	Meeresspiegelanstieg um 40 cm.....	64
Abbildung 25:	Meeresspiegelanstieg um 80 cm.....	64
Abbildung 26:	Potenzielle Überflutungsflächen	66
Abbildung 27:	Potentieller Zustand nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen ..	71

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Mittlere fünfjährige Häufigkeit von Extremwasserständen in Warnemünde nach Beobachtungen und dem Treibhausgas-Szenario IS92a	15
Tabelle 2:	Voraussetzungen für das Auftreten von extremen Ein- bzw. Ausstromlagen zwischen Stettiner Haff und Pommerscher Bucht/Ostsee	32
Tabelle 3:	Fallunterscheidung der Hochwassergefährdung.	38
Tabelle 4:	Bemessungshochwasserstände im Untersuchungsgebiet.	41
Tabelle 5:	Hochwasserschutzmaßnahmen nach Kategorien und Gebieten.	46
Tabelle 6:	Übersicht über die Projekte.....	53
Tabelle 7:	Ist- und Soll-Höhen der Deiche I. Ordnung.....	55
Tabelle 8:	Kostenzusammenstellung.....	69
Tabelle 9:	Sensitivitätsmatrix	80

KARTENVERZEICHNIS

Karte 1: Untersuchungsgebiet (Übersicht).....	21
Karte 2: Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen.....	43
Karte 3: Flächen zukünftig unter NN (25 cm) und Tourismusschwerpunktraum.....	76
Karte 4: Flächen zukünftig unter NN (40 cm) und Tourismusschwerpunktraum.....	77
Karte 5: Flächen zukünftig unter NN (80 cm) und Tourismusschwerpunktraum.....	78

1 Einleitung

Auf der „Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCED)“ 1992 in Rio de Janeiro wurde der globale Klimawandel als weltweites Problem benannt und akzeptiert. Dabei wird der globale Klimawandel als ein natürlicher Prozess gesehen, der jedoch durch die Tätigkeiten des Menschen verstärkt wird. Die Emission von Treibhausgasen, vor allem von CO₂ aus Industrie, Haushalten und Verkehr, konnte als Hauptursache herausgearbeitet werden. Diese Emissionen verursachen einen unnatürlichen Treibhauseffekt und eine verstärkte Erwärmung der Erdatmosphäre. Die Auswirkungen des globalen Klimawandels sind bereits heute weltweit zu spüren. Immer häufiger treten Klima-anomalien in Form von Überschwemmungen, Stürmen und Trockenheit auf. Der Wandel und Verlust von Lebensräumen aufgrund des verstärkten Treibhauseffektes - in Form von Wüstenbildung und Meeresspiegelanstieg - stellen eine Gefahr für Mensch und Natur dar (vgl. BMU 2005). Demzufolge wurden Maßnahmen zum Klimaschutz, wie z.B. die Reduktion der CO₂-Emissionen ergriffen. Zudem muss gleichzeitig auf die Auswirkungen des globalen Klimawandels reagiert werden. Dazu gehört die Identifizierung von Vulnerabilitäten¹ und Anpassungsmaßnahmen (vgl. BMU 2004).

Insbesondere die Küstenzonen sind von den Auswirkungen des globalen Klimawandels betroffen. Im aktuellen Bericht des „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) heißt es: In den Küstenregionen wird das Risiko von Überschwemmung, Erosion und Landverlust stark zunehmen – mit Folgen für menschliche Siedlungen, Industrie, Tourismus, Landwirtschaft und küstennahe Ökosysteme² (vgl. IPCC 2001, S. 644). Die daraufhin im Jahre 2002 verabschiedete EU-Empfehlung „Strategie für ein integriertes Management der Küstengebiete in Europa“³ (IKZM) greift die bereits genannten Gefährdungen auf und nennt u.a. folgenden Handlungsgrund: (5) „Die Bedrohung der Küstenzonen der Europäischen Gemeinschaft wächst infolge der Klimaänderungen, die ein Ansteigen des Meeresspiegels, Veränderungen in der Häufigkeit und Stärke von Stürmen sowie eine verstärkte Küstenerosion und Überschwemmungen auslösen“. Dies wurde im Kapitel Ib) verankert: „[...] Anerkennung der Gefahren, die den Küstengebieten infolge der Klimaänderungen drohen, sowie der Risiken aufgrund des Anstiegs des Meeresspiegels und der zunehmenden Häufigkeit und Stärke von Stürmen“.

¹ Vulnerabilität bedeutet Verletzlichkeit oder Verwundbarkeit (vgl. WISSEN 2005).

² „In coastal areas, the risk of flooding, erosion and wetland loss will increase substantially – with implications for human settlement, industry, tourism, agriculture and coastal natural habitats“ (IPCC 2001, S. 644).

³ 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).

Eine der beiden nationalen Referenzen zum Integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM) in Deutschland ist das Projekt „Forschung für ein Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion (IKZM-Oder)“. Ein Ziel ist die integrative und zukunftsorientierte Betrachtung von absehbaren Problemen, wie z.B. des globalen Klimawandels (vgl. IKZM-Oder 2005).

Im Rahmen dieses Projektes, welches am Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) koordiniert wird, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit den „Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus“.

1.1 Problemstellung

Der globale Klimawandel sorgt sowohl global als auch regional für Veränderungen der vorherrschenden klimatischen und ozeanographischen Verhältnisse. Dies bedeutet für die Ostseeregion v.a. einen Meeresspiegelanstieg sowie eine Zunahme der Sturmfluthäufigkeit und –höhe (vgl. HUPFER & TINZ 1996, S. 2 & 27). Im Einzugsgebiet der Oder kommt es dadurch häufiger zu Starkniederschlägen, welche vermehrt auftretende Hochwassersituationen verursachen (vgl. MUSKULUS & JACOB 2005). Im Bereich der südlichen Ostseeküste wird der Prozess des Meeresspiegelanstiegs durch Landsenkung zusätzlich verstärkt (vgl. KFKI 2003, S. 7).

Die Odermündungsregion wird sowohl von den klimatologischen und ozeanographischen Verhältnissen der Ostsee als auch durch den Zufluss der Oder beeinflusst. Dabei wirken sich vor allem die Extremereignisse, Sturmflut und Hochwasser, auf die Küstenzone aus (vgl. DIETRICH & LIEBSCH 2000, S. 617). Deren verändertes Auftreten zieht Konsequenzen für die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen nach sich. Laut §83 Abs. 1 des Wassergesetzes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG)⁴ von 1992 ist „[...] der Schutz der Küsten [...] eine öffentliche Aufgabe. [...] Die Pflicht zur Sicherung der Küsten erstreckt sich auf den Schutz von im Zusammenhang bebauten Gebieten.“ Demnach ist das Land Mecklenburg-Vorpommern (M-V) für den Küsten- und Hochwasserschutz zuständig. Jedoch birgt dessen desolate Haushaltslage finanzielle Umsetzungsschwierigkeiten.

⁴ Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) vom 30.11.1992 (GVOBl. M-V S. 669), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 17.12.2003 (GVOBl. M-V S. 2).

Die Odermündungsregion ist ein Teil der Bodden- und Haffküste Mecklenburg-Vorpommerns und befindet sich zu gleichen Teilen in Deutschland und in Polen. Aufgrund der naturnahen Landschaft und der zahlreichen Wasserflächen und Strände verfügt die Küstenregion über ein hohes naturräumliches Potential. Dies fördert in der ansonsten strukturschwachen Gegend die Entwicklung des Wirtschaftszweiges Tourismus. Mit dem EU-Beitritt Polens eröffnen sich u.a. in diesem Bereich neue Chancen und Perspektiven für das gesamte Untersuchungsgebiet.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion zu erarbeiten. Neben den naturräumlichen Veränderungen stehen die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen im Fokus der Untersuchung. Diese sollen zusammengestellt und im Zusammenhang mit den globalen klimatischen Veränderungen betrachtet werden. Darüber hinaus sollen anhand der zukünftigen Entwicklung der Region Konsequenzen für die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen abgeleitet werden. Hierbei sind eventuell auftretende Wechselwirkungen mit dem Wirtschaftszweig Tourismus zu beachten. Abschließend sollen Handlungsempfehlungen für die Region hinsichtlich der Veränderungen durch den globalen Klimawandel gegeben werden.

Des Weiteren soll untersucht werden, welche Bedeutung der Thematik „Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus“ in der Region zukommt.

Parallel dient die Arbeit der Zusammenstellung aktueller Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion sowie zum diesbezüglichen Stand der Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen.

1.3 Vorgehensweise

Die Bearbeitung der Thematik erfolgt anhand der Beantwortung folgender Fragen:

- In welchem Maße wirkt sich der globale Klimawandel auf die Odermündungsregion aus?
- Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für den Küsten- und Hochwasserschutz in der Odermündungsregion?
- Welche Wechselwirkungen treten mit dem Wirtschaftszweig Tourismus auf?

Die Grundlagen des globalen Klimawandels werden aus den aktuellen Berichten des „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) entnommen und auf das überregionale System der Ostsee und der Oder übertragen, um an späterer Stelle eine Aussage über die regionalen Auswirkungen treffen zu können (siehe Kapitel 2).

Im weiteren Verlauf erfolgt die Vorstellung der verwendeten Methoden (siehe Kapitel 3) und des Untersuchungsgebietes anhand ausgewählten natur- und kulturräumlicher Gegebenheiten (siehe Kapitel 4). Die Bedeutung der Thematik in der Region wird anhand einer Frequenzanalyse ebenfalls untersucht.

Die Projekte, als Datengrundlage dieser Arbeit, werden in Kapitel 5 dargestellt und in einem weiteren Schritt mit den Auswirkungen des globalen Klimawandels und den naturräumlichen Gegebenheiten sowie den Vorgaben des Küsten- und Hochwasserschutzes und des Tourismus in der Region zusammengeführt. Dies geschieht in Kapitel 6 anhand der Beantwortung der anfangs gestellten Fragen. Auf Grundlage der Ergebnisse werden im Anschluss die Handlungsempfehlungen abgeleitet (siehe Kapitel 7).

Es ist darauf hinzuweisen, dass die polnischen Namen in der deutschen Übersetzung (wenn vorhanden) mit der polnischen Bezeichnung in Klammern verwendet werden. Im Falle einer Mehrfachnennung wird sich auf die deutsche Bezeichnung beschränkt.

Als Extremereignisse sind sowohl Sturmhochwasser, als auch Sturmniedrigwasser definiert. In dieser Arbeit werden vorrangig die Sturmhochwasser berücksichtigt. Der Begriff Hochwasser wird sowohl im Zusammenhang mit Sturmfluten an der Ostseeküste als auch als Extremereignis der Oder verwendet.

Mit dem Begriff der „Außenküste“ ist im Folgenden die Ostseeküste des Untersuchungsgebietes gemeint. Die „Innenküste“ beschränkt sich auf die Bodden- und Haffküste.

2 Grundlagen

Der Prozess des globalen Klimawandels und dessen Auswirkungen stellen den Handlungsgrund dieser Arbeit dar. Im Folgenden wird der Begriff des Klimawandels definiert und die Auswirkungen auf globaler Ebene erläutert. Im Anschluss folgt die überregionale Darstellung der Folgen global klimatischer Veränderungen für die Ostsee und die Oder als Flusssystem.

2.1 Der globale Klimawandel

„Klimawandel bedeutet, dass sich Mittelwerte und Häufigkeitsverteilungen der Klimaelemente, aber auch die Parameter der atmosphärischen Zirkulation spürbar verändern werden“ (HUPFER 1997, S. 51). Dabei sind die Ursachen, das Ausmaß der Klimaänderungen und deren zeitlicher Rahmen umstritten (vgl. BEHNEN 2000, S. 10).

Der natürliche Klimawandel ist in externen Effekten, wie Änderungen in der Erdumlaufbahn oder Variation der Stärke der Sonneneinstrahlung, und internen Effekten, wie beispielsweise Vulkanausbrüchen, begründet. Zudem spielen die Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre, wie beispielsweise die North Atlantic Oscillation (NAO) und die El Niño Southern Oscillation (ENSO) als natürliche Klimastörungen, eine Rolle (vgl. HEGERL et al. 2001, S. 159). Die veränderten Strahlungs- und Wärmeumsatzprozesse in der Atmosphäre führen zu Schwankungen in der atmosphärischen Zirkulation und der klimatologischen Elemente. Es kommt zu einer natürlichen globalen Erwärmung der Erdatmosphäre (Treibhauseffekt) von ca. 0,5 °C pro 100 Jahre (vgl. HUPFER 1997, S. 36 f. & vgl. BEHNEN 2000, S. 10).

Der Mensch in seiner Lebensweise verstärkt diesen Prozess. Die Emission von Treibhausgasen (CO₂, Methan, Sulfat-Aerosole, FCKW) u.a. aus industrieller Verbrennung fossiler Energieträger erhöht deren Konzentration in der Atmosphäre. Als Folge verändert sich das Strahlungsgleichgewicht der Erde, so dass die Sonneneinstrahlung kaum behindert, die Wärmeabstrahlung vermindert wird. Die Folge ist eine weitere globale Erwärmung der Erdatmosphäre (verstärkter Treibhauseffekt). Die so veränderten Klima- und Zirkulationsschwankungen bewirken eine Zunahme der Zonalzirkulation auf der Nordhalbkugel (vgl. HUPFER 1997, S. 36f. & vgl. BEHNEN 2000, S. 11). Eine Trennung zwischen natürlichen und anthropogen verursachten Veränderungen des globalen Klimas lässt sich schwer nachvollziehen.

Das „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) analysiert für den Zeitraum von 1990 bis 2100 auf der Basis von 40 „Second Report on Emission Scenarios“ (SRES-Szenarien) die Auswirkungen des globalen Klimawandels. Dabei werden die möglichen Entwicklungen im 21. Jahrhundert in den Bereichen Bevölkerungswachstum, ökonomische und soziale Entwicklung, technologische Veränderungen, Ressourcenverbrauch und Umweltmanagement berücksichtigt. Die Szenarien werden in vier Hauptgruppen A1, A2, B1 und B2 unterteilt⁵ (vgl. BMU 2002, S. 28 & HAMBURGER BILDUNGSSERVER 2005). Abbildung 1 stellt die globale durchschnittliche Temperaturzunahme dar und zeigt einen Anstieg der Temperatur mit einer Spannweite (hellblau) von +1,4 °C bis +5,8 °C in den Jahren 1990 bis 2100 (vgl. IPCC 2001, S. 527).

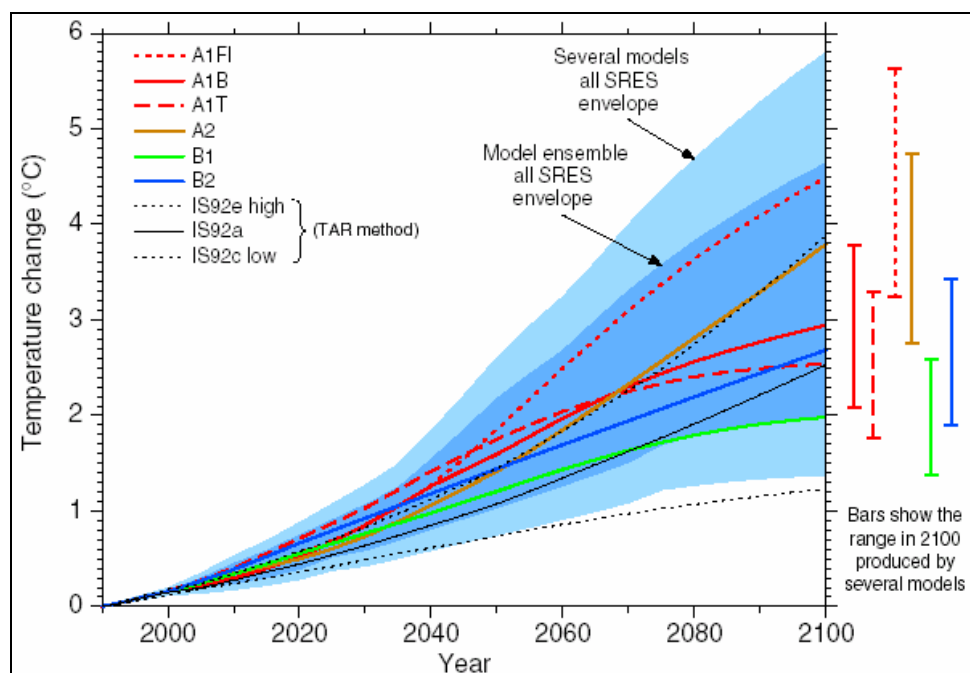


Abbildung 1: Globale durchschnittliche Temperaturzunahme von 1990 bis 2100 (Quelle: IPCC 2001, S. 555)

⁵ Die **A1-Szenarien** beschreiben eine zukünftige Welt mit sehr starkem Wirtschaftswachstum, einer Weltbevölkerung, die in der Mitte des 21. Jahrhunderts ihr Maximum erreicht und danach abnimmt und einer schnellen Einführung neuer und energie-effizienterer Technologien. Die **A2-Szenarien** gehen von einer sehr heterogenen Welt aus in der die lokalen Besonderheiten bewahrt bleiben, die Geburtenhäufigkeit weiter regional sehr unterschiedlich bleibt und die Weltbevölkerung daher ständig zunimmt. Die ökonomische Entwicklung ist primär regional bestimmt, und das Wachstum des Bruttosozialprodukts und die technologische Entwicklung sind regional unterschiedlicher und langsamer als bei den anderen Hauptgruppen. Die künftige Welt der **B1-Szenarien** entwickelt sich ähnlich global orientiert wie die der A1-Gruppe, jedoch mit einem schnellen Wandel der wirtschaftlichen Struktur zu einer Dienstleistungs- und Informationsökonomie, mit einer Reduktion des Materialverbrauchs und der Einführung sauberer und ressourcenschonender Technologien. Die Welt der **B2-Szenarien** setzt auf lokale Lösungen der wirtschaftlichen, sozialen und umweltorientierten Nachhaltigkeitsfragen. Die Weltbevölkerung nimmt ständig zu, wenn auch weniger stark als bei den A2-Szenarien (vgl. HAMBURGER BILDUNGSSERVER 2005).

Es wird erwartet, dass die Erwärmung der Erdatmosphäre eine Wärmeausdehnung des Meerwassers bewirkt, die je nach Eindringtiefe und regionaler Meeresströmung einen Meeresspiegelanstieg verursacht. Die Höhe des Anstiegs ist dabei von lokalen Faktoren wie tektonischen Vorgängen, der Temperaturverteilung und den Luftdruckverhältnissen abhängig (vgl. GRAßL 1993, S. 32f.). Abbildung 2 zeigt den durchschnittlichen globalen Meeresspiegelanstieg für die SRES-Szenarien in den Jahren 1990 bis 2100. Laut IPCC (2001, S. 671) kommt es im 21. Jahrhundert zu einem globalen Meeresspiegelanstieg zwischen 9 cm und 88 cm, bei einem Mittelwert von 48 cm. Die Werte berücksichtigen die Wärmeausdehnung des Meerwassers, Veränderungen der Eisflächen sowie der Permafrostbereiche und die Folgen von Sedimentablagerungen.

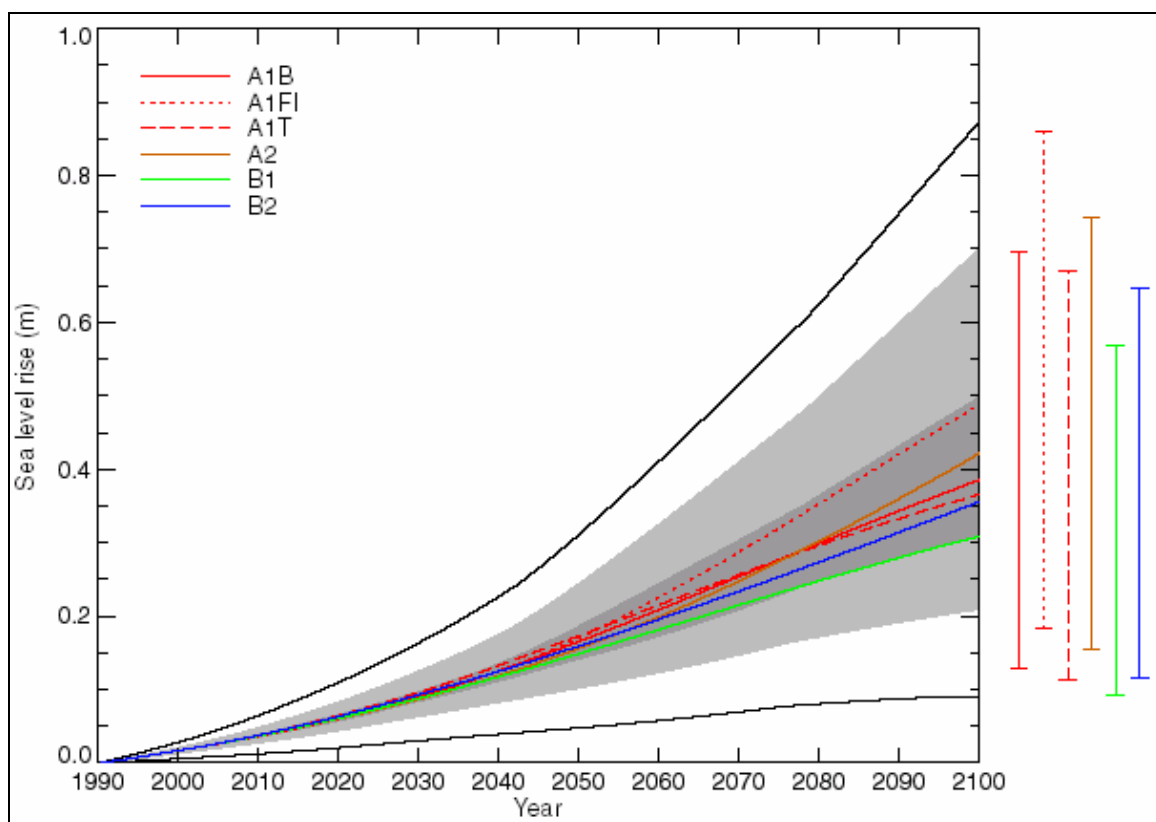


Abbildung 2: Globaler durchschnittlicher Meeresspiegelanstieg von 1990 bis 2100 (Quelle: IPCC 2001, S. 671)

2.2 Folgen global klimatischer Veränderungen für die Ostsee

Mit dem Abschmelzen des Inlandeises nach der letzten Eiszeit begann die Genese der heutigen Ostsee, welche durch isostatische Ausgleichsbewegungen und den eustatischen Meeresspiegelanstieg beeinflusst wurde. Beide Prozesse haben ihre Ursache in der Temperaturzunahme während des postglazialen Klimawandels (vgl. HUPFER 1978, S.12).

Die Ostsee verteilt sich auf die geologisch jüngere, tektonisch instabile Westeuropäische Plattform und die ältere, stabile Osteuropäische Plattform sowie die „Tornquist-Zone“, einem ca. 2000 km langen Bruchsystem in der Erdkruste. Die südliche Ostsee befindet sich im Senkungsbereich der Baltischen Syneklise⁶, einem Teil der Osteuropäischen Plattform. Anhand der Bruchschollen und den unterschiedlich alten Störungssystemen lassen sich die Senkungstendenzen im südwestlichen und südlichen Ostseeraum erklären. Diese „primären“ Krustenbewegungen werden seit Ende des Pleistozäns durch „sekundäre“ isostatische Ausgleichsbewegungen ergänzt. Dabei kommt es - durch Druckentlastung der Erdkruste - zu Hebungsvorgängen im skandinavischen Raum und zu Senkungsprozessen von ca. 1 mm/a im südlichen Ostseegebiet (vgl. NIEDERMEYER et al. 1987, S. 31 & 1996, S. 12-14 & vgl. KFKI 2003, S. 7).

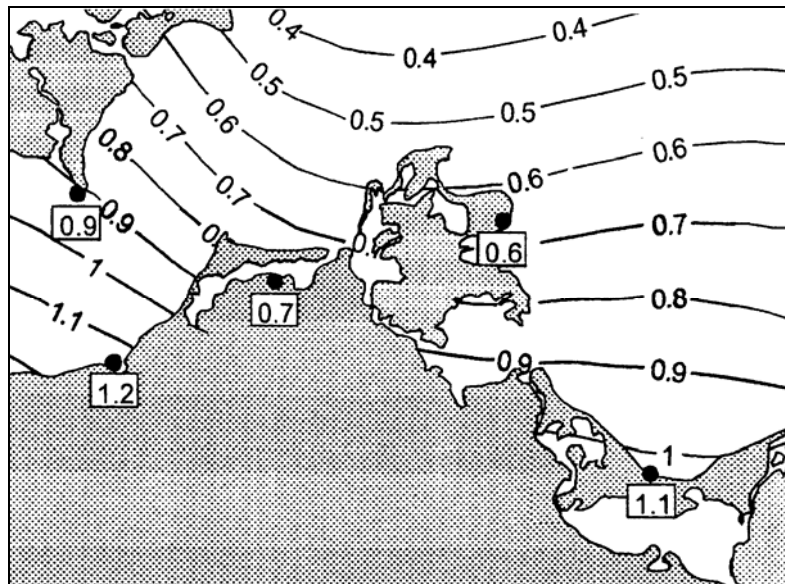


Abbildung 3: Eustatischer Meeresspiegelanstieg an der südlichen Ostseeküste in mm/a⁷ (Quelle: DIETRICH & LIEBSCH 2000, S. 617)

Aufgrund des natürlichen Klimawandels nach dem Pleistozän stieg im anschließenden Holozän der Meeresspiegel der Ostsee um ca. 120 m in ca. 10.000 Jahren an. Das Abschmelzen der großen Gletscher und der Inlandeisflächen bei ansteigenden Temperaturen war die Ursache. Für die letzten 100 Jahre wurde ein Temperaturanstieg von 0,6 °C sowie ein Meeresspiegelanstieg von 1-2 mm/a festgestellt. Diesen Anstieg verursachte neben dem Abschmelzen der Gebirgsgletscher die Wärmeausdehnung des

⁶ Eine Syneklise ist ein ausgedehntes Senkungsgebiet in der Größenordnung von epirogenen Elementen im Bereich der alten Tafeln (vgl. LESER 1997, S. 857).

⁷ Aus Pegelratenreihen wurde der lineare Trend und daraus Isolinien berechnet (vgl. DIETRICH & LIEBSCH 2000, S. 617).

Meerwassers (vgl. BUCHWALD 1996, S. 63f.). Dieser sogenannte eustatische Meeresspiegelanstieg beträgt durchschnittlich 1 mm/a (siehe Abbildung 3), der sich jedoch bei Erwärmung der Atmosphäre erhöhen wird (anthropogen eustatischer Meeresspiegelanstieg) (vgl. HUPFER & TINZ 1996, S. 2).

Die Klima- und Zirkulationsschwankungen der Atmosphäre beeinflussen die klimatologischen und ozeanographischen Eigenschaften der Ostsee. Dies führt zu Veränderungen der Wasserhaushaltskomponenten und der oberflächennahen Prozesse (vgl. HUPFER & TINZ 1996, S. 25).

Die Wasserhaushaltskomponenten Niederschlag, Verdunstung, Flusszufuhr, Ein- und Ausstrom und Wasservolumen bestimmen in ihrer Variabilität den hydrographischen Zustand der Ostsee. Die Temperaturzunahme hat eine Intensivierung des Wasserkreislaufs und somit eine Zunahme des Niederschlags und der Verdunstung zur Folge. Zusammen mit der Zunahme der Zonalzirkulation bewirkt dies eine ansteigende Gesamtabflussmenge⁸ der einmündenden Flüsse (vgl. HUPFER 1997, S. 42). Insbesondere der Einstrom von Salzwasser aus der Nordsee in die Ostsee hängt von der Sturmhäufigkeit über dem Gebiet des Nordostatlantiks ab. Diese unterliegt den atmosphärischen Klima- und Zirkulationsschwankungen (vgl. HUPFER & TINZ 1996, S. 27). Das Wasservolumen wird u.a. vom Salzgehalt beeinflusst, welcher über die Differenz aus Niederschlag und Verdunstung und die Salzwassereinbrüche aus der Nordsee reguliert wird. Gleichzeitig gehen mit den Wasserhaushalts- und Salzgehaltsschwankungen Veränderungen der Tiefenlage der halinen Übergangsschichten sowie Variationen in der Lage und Ausprägung hydrographischer Fronten einher (vgl. HUPFER 1997, S. 48).

Die oberflächennahen Prozesse der Ostsee werden ebenfalls durch die Klima- und Zirkulationsschwankungen der Atmosphäre verändert. Die Zunahme der Zonalzirkulation bewirkt eine Geschwindigkeitszunahme der westlichen Zonalwinde⁹ auf der Nordhalbkugel. Die Veränderung der Windverhältnisse über der Meeresoberfläche hat gleichzeitig Einfluss auf:

⁸ Es besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Zonalzirkulation und der Flusszufuhr plus einer Übereinstimmung mit der beobachteten Zunahme der Gesamtabflussmenge in die Ostsee im Zeitraum September bis März ab Anfang der Siebziger Jahre (vgl. HUPFER 1997, S. 42).

⁹ Es besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Veränderungen der atmosphärischen Zirkulation und dem Anstieg der Geschwindigkeit der von West nach Ost gerichteten Zonalwinde im Winter in den letzten Jahrzehnten (vgl. HUPFER 1997, S. 36 f.).

- Wellen- und Wasserbewegungen,
- Strömungen und die Ausbildung von Turbulenzen,
- Entstehung von Seegangsfeldern,
- Trift- und Gradientströmungen,
- Durchmischung des Wassers,
- Sauerstoffgehalt des Boden- und Tiefenwassers (vgl. HUPFER 1997 S. 36 f.).

Der Wärmehaushalt der Ostsee wird über die Meeresoberfläche reguliert. Vor allem der Temperaturanstieg verändert direkt oder indirekt die aufgeführten Faktoren und Prozesse:

- Wassertemperatur,
- Ausbildung und Tiefenlage der thermischen Sprungschicht und deren Veränderlichkeit,
- Stärke der winterlichen Konvektion,
- Veränderung der Eisverhältnisse,
- Änderung des Volumens des Wasserkörpers (vgl. HUPFER 1997, S. 36f.).

Die Zunahme der Zonalzirkulation auf der Nordhalbkugel ist verbunden mit dem häufigeren Auftreten von Zyklonenzugbahnen, welche starke und lang anhaltende Nordostwinde verursachen. Diese sind für die Entstehung von Extremwasserständen an der Küste der Ostsee verantwortlich. Dabei sind Windwirklänge über dem Meer, die Windgeschwindigkeit und vor allem die Windrichtung bzw. die Exposition der Küste sowie die daraus resultierende Stärke des Windstaus und der Füllungsgrad des Binnenmeeres für die Entstehung und Höhe des Sturmflutereignisses entscheidend. Darüber hinaus ist der mittlere Wasserstand der Ostsee maßgebend. Dieser nimmt mit dem Anstieg des Meeresspiegels zu und fördert zusätzlich das Auftreten von Extremwasserständen (vgl. BAERENS & HUPFER 1999, S. 49). Tabelle 1 zeigt die Bedeutung des Meeresspiegelanstiegs für die Häufigkeit im Auftreten von Extremereignissen. Ein Anstieg um 55 cm erhöht die mittlere fünfjährige Häufigkeit von Sturmhochwasser im Vergleich zu heute um das Siebenfache.

Tabelle 1: Mittlere fünfjährige Häufigkeit von Extremwasserständen in Warnemünde nach Beobachtungen und dem Treibhausgas-Szenario IS92a¹⁰

Extremwasserstände	1961-1990	Treibhausgas-Szenarium IS92a für die Modelljahre 2070-2099			
		Ohne Meeresspiegelanstieg	Globaler Anstieg um 23 cm ab 1990: „geringer Anstieg“	Globaler Anstieg um 55 cm ab 1990: „mittlerer Anstieg“	Globaler Anstieg um 96 cm ab 1990: „starker Anstieg“
Sturmhochwasser (SHW)	5,3	1,0	8,1	36,7	45,5
Sturmniedrigwasser (SNW)	2,7	4,9	2,4	1,2	0,0

Quelle: BAERENS & HUPFER 1999, S. 70

Auf Grundlage der Daten des IPCC zum Meeresspiegelanstieg (siehe 2.1) wurden am „Swedish Meteorological and Hydrological Institute“ (SMHI) drei Szenarien für den Ostseeraum modelliert, um die Spannweite der möglichen Veränderungen des Wasserstandes darzustellen (siehe Abbildung 4). Dabei sind sowohl der eustatische Meeresspiegelanstieg als auch die isostatischen Ausgleichsbewegungen¹¹ berücksichtigt. Demnach verändert sich der Meeresspiegel an der südlichen Ostseeküste zwischen –1 cm und 88 cm (vgl. MEIER et al. 2004, S. 6).

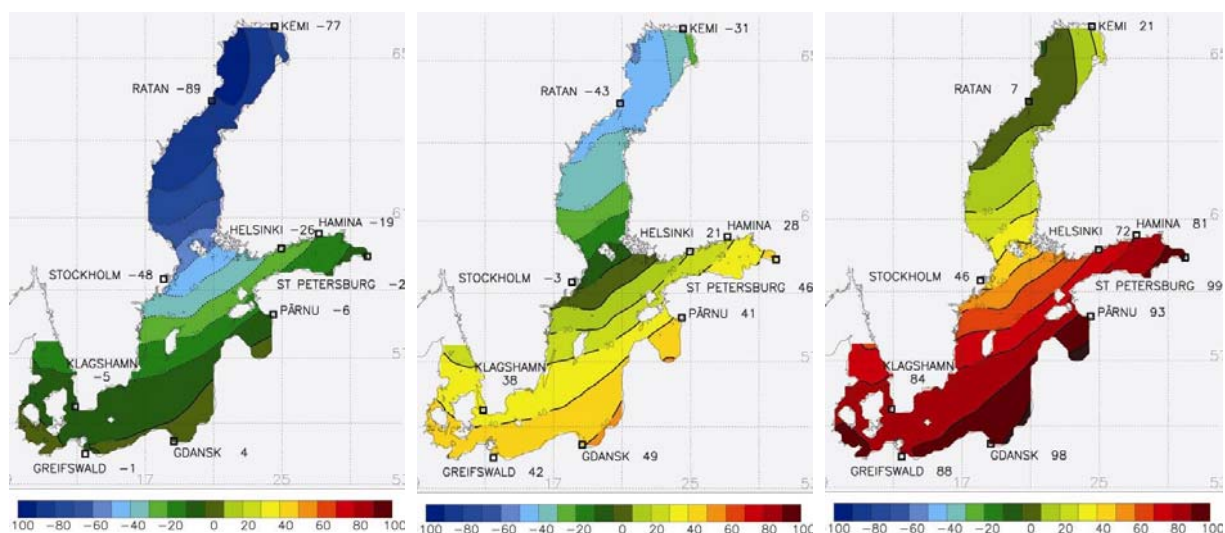


Abbildung 4: Zukünftige Wasserstände der Ostsee (in cm) im Winterhalbjahr nach Szenarien: „lower case“ mit einem Anstieg von 9 cm (links), „ensemble average“ mit einem Anstieg von 48 cm (mittig), und „higher case“ mit einem Anstieg von 88 cm (rechts) (Quelle: MEIER et al. 2004a, S. 171)

¹⁰ Das IS92a-Szenario geht von einer Verdopplung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre aus.

¹¹ MEIER et al. gehen von einer Landhebung im Bereich der südlichen Ostsee aus.

2.3 Folgen global klimatischer Veränderungen für die Oder als Flusssystem

Die Eigenschaften eines Flusses hängen von den im Einzugsgebiet vorherrschenden klimatischen Verhältnissen, der Orographie, der Geologie sowie der Vegetation ab. Zudem spielen neben der Größe des Einzugsgebietes, dem Niederschlag (Jahressumme, Jahresgang der Monatsmittel, Intensitätsverteilung) sowie dem Abfluss, anthropogene Eingriffe, wie z.B. Flussbegradigung, eine wichtige Rolle. Saisonale und interannuale Veränderungen der klimatischen Bedingungen spiegeln sich in Form eines variierenden Abflusses und Wasserstandes wieder (vgl. SCHIRMER 1996, S. 23, 24).

Die Zunahme der Temperatur in der Atmosphäre führt in Mitteleuropa zu einer Intensivierung des hydrologischen Kreislaufes, d.h. zu einem Anstieg des Wasserdampfgehaltes in der Luft sowie zu einer Verstärkung des jährlichen Niederschlags und der Verdunstung. Die Folge ist eine Zunahme der Niederschlagssummen und der Starkwindereignisse im Winterhalbjahr sowie Gewitter mit Starkregen. Dies führt zu Veränderungen im Abflussregime der Oder. Hinzu kommt ein vermehrtes Auftreten von Extremereignissen, welche eine erhöhte Abfluss- und Wasserstandsamplitude, ökologische (z.B. Veränderung der Biodiversität) und ökonomische (z.B. Überschwemmungen) Schäden bewirken (vgl. SCHIRMER 1996, S. 25-27).

Für das Abflussregime der Oder ist relevant, dass in Mitteleuropa sowohl die Winterniederschläge als auch die extremen Sommerniederschläge ebenso wie die Zahl der Vb-Wetterlagen¹² im Sommer zunehmen (vgl. MUSKULUS & JACOB 2005).

Aufgrund von Änderungen der natürlichen Vegetationsdecke infolge des Klimawandels kann es zu Bodendegradation, einhergehend mit einem verringerten Grobporenanteil, Verkrustung und zu reduziertem Infiltrationsvermögen kommen. Dies erhöht im Falle von Starkniederschlägen den direkten Abflussanteil, Hochwasserabflüsse und Erosionsprozesse. Abbildung 5 stellt die Wirkung global klimatischer Veränderungen auf die Entstehung von Hochwassersituationen und deren Folgen dar. Mit der zunehmenden Hochwasserhäufigkeit steigt das Hochwasserrisiko. Zusammen mit den sich daraus ergebenden Hochwasserkonsequenzen ergibt sich eine gewisse Hochwasserakzeptanz (vgl. BRONSTERT 1997, S. 175).

¹² Eine Vb-Wetterlage tritt ein, wenn warme feuchte Adrialuft über Mitteleuropa auf kalte Polarluft trifft und mächtige Wolken entstehen, welche zu hohen Niederschlagssummen führen. Diese Konstellation verursachte 1997 das Oderhochwasser.

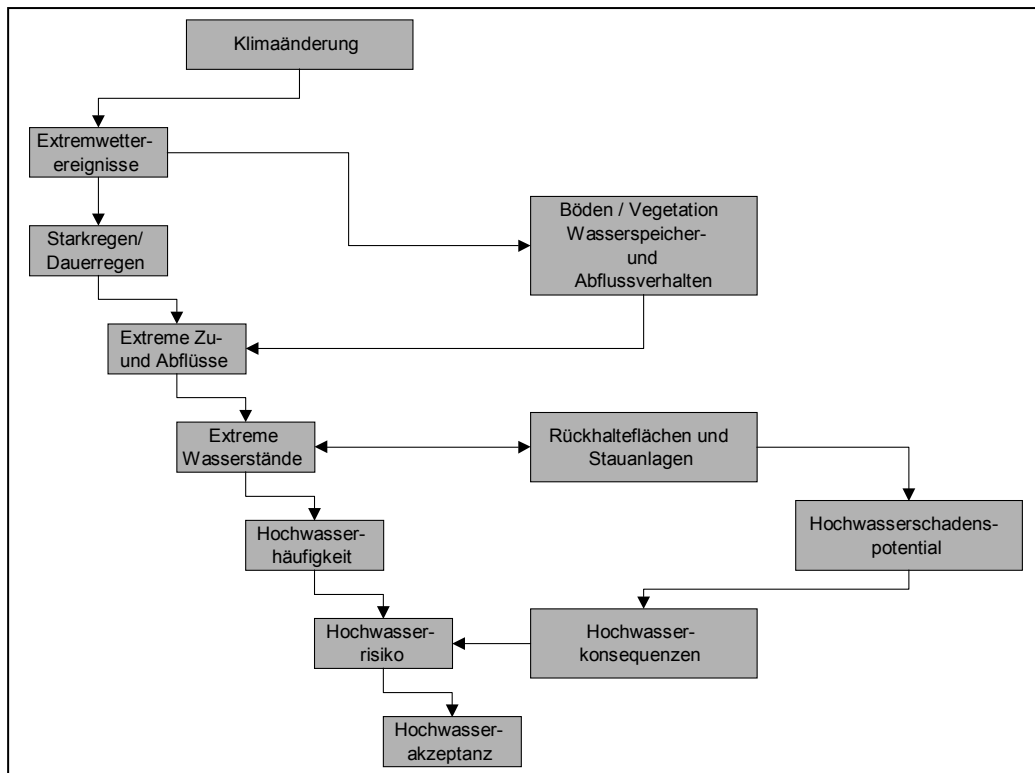


Abbildung 5: Klimaänderung und Hochwasser (Quelle: Ausschnitt aus BRONSTERT 1997, S. 180)

3 Methoden

In dieser Arbeit finden zwei verschiedene Methoden Anwendung. Eingangs führt die Frequenzanalyse zu Ergebnissen, welche bereits im Kapitel Untersuchungsgebiet – Odermündungsregion einfließen. Im Hauptteil der Arbeit dient die Datenerfassung zur Ermittlung der Ausgangsdaten und -fakten.

3.1 Frequenzanalyse

Anhand einer Frequenzanalyse wird die Bedeutung der Thematik „Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus“ für die Region untersucht. Dazu wird ermittelt, wie häufig Zeitungsartikel zu bestimmten Schlagwörtern im Zeitraum vom 1. Januar 2000 bis zum 31. Dezember 2004 erschienen sind. Dies beschränkt sich auf die deutsche Seite des Untersuchungsgebietes. Die Frequenzanalyse ist eine „Momentaufnahme“, d.h. die Aussagen gelten nur für den genannten Zeitraum.

Die Schlagwörter werden, auf die Thematik bezogen, subjektiv ausgewählt. Dazu zählen Klimawandel, Meeresspiegelanstieg, Küstenschutz, Sturmflut, Hochwasser und Tourismus. Als „Vergleichsthemen“ werden Ölverschmutzung, Sportboothäfen, deutsch-polnisch,

Windenergie und Fischerei als für die Region relevante Themen subjektiv aufgestellt. Anhand derer lässt sich eine Relation zwischen der Anzahl der Artikel und der Bedeutung der Schlagwörter herstellen.

Für die Durchführung der Frequenzanalyse wird das Online-Archiv der Ostsee-Zeitung¹³ (OZ) verwendet. Die OZ ist die auflagenstärkste Tageszeitung Mecklenburg-Vorpommerns¹⁴ und verfügt über 10 Regionalteile, u.a. Usedom/Peene. Das Archiv wird nach Artikeln mit den genannten Schlagwörtern in Überschrift und Haupttext durchsucht und nach dem Informationsgehalt ausgewählt. Dabei muss ein direkter thematischer Bezug zur Region oder ein direkter Einfluss auf das Untersuchungsgebiet bestehen.

3.2 Datenerfassung

Die Datenerfassung konzentriert sich auf eine intensive Literatur- und Datenrecherche. Dabei werden Projekte, Studien und Gutachten zusammengestellt, welche sich im Zeitraum zwischen 2000 und 2005 mit der Odermündungsregion beschäftigt haben. Diese sind thematisch eingegrenzt. Es sind jene Publikationen von Interesse, welche sich mit dem globalen Klimawandel und dessen zukünftigen Folgen für das Untersuchungsgebiet beschäftigen. Des Weiteren wird nach aktuellen Informationen zu den Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen der Region recherchiert.

Für die Datenakquise werden das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern sowie die Staatlichen Ämter für Umwelt und Natur (StÄUN) Rostock, Abteilung Küste und Ueckermünde angesprochen. Zudem werden die Universität Greifswald, der Regionale Planungsverband Vorpommern, die Ämter der Landkreise Ostvorpommern und Uecker-Randow sowie regionale Vertreter gezielt befragt. Zusätzlich wird der Kontakt zu verschiedensten Ansprechpartnern (u.a. Meeresinstitut und Seeamt) in Polen hergestellt, um aktuelle Daten und Forschungsergebnisse der Wojewodschaft Westpommern zu erhalten.

Von den Projekten, Studien und Gutachten werden Exzerpte angefertigt und dargestellt, welche nach Ziel, Untersuchungsgebiet, Methodik und Ergebnis gegliedert sind. Die Berücksichtigung der Auswirkungen des globalen Klimawandels wird anschließend untersucht und herausgefiltert, um diese später mit den Grundlagen verknüpfen zu können.

¹³ <http://www.ostsee-zeitung.de/archiv.phtml>

¹⁴ Die OZ hat eine Tagesauflage von ca. 186.000 Zeitungen pro Tag in Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: Anruf bei der OZ am 11.01.2005).

Die Daten zum Tourismus in der Odermündungsregion werden aktuellen Publikationen entnommen. Anhand von Karten sollen die räumlichen Konsequenzen für den Wirtschaftszweig dargestellt und abgeleitet werden. Anschließend werden mittels einer Sensitivitätsmatrix die Wechselwirkungen zwischen dem Küstenschutz, dem Tourismus und der Region aufgezeigt, deren Ergebnisse in die Diskussion einfließen.

4 Untersuchungsgebiet - Odermündungsregion

Die Odermündungsregion befindet sich an der südlichen Ostseeküste, an der Pommerschen Bucht, und reicht bis zur Hoheitsgrenze¹⁵ gegen die offene See. Das zum Untersuchungsgebiet dazugehörige Festland ist durch die Landkreise Uecker-Randow und Ostvorpommern des Bundeslandes Mecklenburg Vorpommerns (M-V) definiert. Hier leben auf einer Fläche von 3.534 km² ca. 191.509 Menschen (vgl. LK OVP 2005 & LK UER 2005). Die Wojewodschaft Westpommern (Zachodnio Pomorskie) gilt als das Pendant zu M-V auf der polnischen Seite mit einer Fläche von 23.032 km² und 1,7 Mill. Einwohnern (vgl. BERLIN 2005).

Diese Definition entspricht dem übergeordneten Projekt „Forschung für ein integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion (IKZM-Oder)“. Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit beschränkt sich auf den projektinternen Kartenausschnitt (siehe Anhang I) und ist durch dessen Grenzen definiert. Den zentralen Teil nehmen dabei das Stettiner Haff mit der Odermündung, die Inseln Usedom und Wollin (Wolin) sowie die Pommersche Bucht ein. Der Begriff Odermündungsregion wird dennoch beibehalten.

Die Inseln Usedom (Deutschland) und Wollin (Polen) schirmen das Stettiner Haff von der Ostsee ab. Dabei stellen der Peenestrom sowie die Swine (Swina) und die Dievenow (Dziwna) als Mündungsarme in die Pommersche Bucht die Verbindungen zwischen Stettiner Haff und der Ostsee her. Neben der Oder münden die Peene, die Uecker und die Zarow in das Haff, welches durch die deutsch–polnische Grenze in das Kleine Haff auf der deutschen Seite und in das Große Haff (Wielki Zalew) auf der polnischen Seite aufgeteilt wird (siehe Karte 1).

Im Folgenden wird die Odermündungsregion aus natur- und kulturräumlicher Sicht beschrieben. Dabei sind spezielle Gegebenheiten ausgewählt worden, welche für die weitere

¹⁵ Die Hoheitsgrenze liegt 12 Seemeilen seewärts.

Bearbeitung relevant sind. Auf die Bedeutung der Thematik in der Region, als Ergebnis der Frequenzanalyse, wird ebenfalls eingegangen.

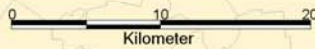


Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzs und dessen Folgen für den Tourismus

**Karte 1:
Untersuchungsgebiet
(Übersicht)**

- Gemeindegrenze (Deutschland) oder Landkreisgrenze (Polen)
- Staatsgrenze
- Ortschaft (Auswahl)

Grundlagen:
Staats-, Bezirks- und Gemeindegrenzen:
MapInfo Vektorkanten 2003



Insgesamt vier Eisvorstöße vollzogen im Pleistozän die glaziale Hauptformung der Grundmoränenflächen des Festlandes. Vor allem der jüngste, die sogenannte Nordrügen-(Küsten-)Staffel, bildete Stauchendmoränen im Nordosten und Aufschüttungs- bzw. Satzendmoränen im Westen und Süden der Inseln Usedom und Wollin heraus (siehe Abbildung 7) (vgl. KLIEWE 1960, S. 213). Beide Inseln sind glaziale Aufschüttungslandschaften, wobei die Stauchendmoränen die Inselkerne bilden, z.B. der Streckelsberg/Usedom und der Swinhöft/Wollin (vgl. WERNICKE 1929, S. 9).

Die Herausbildung des Stettiner Haffs lässt sich auf einen glazialen Stausee zurückführen, welcher vor dem zurückweichenden Inlandeis entstand und von Schmelz- und Flusswässern gespeist wurde (vgl. NIEDERMEYER et al. 1987, S. 42). Die heutigen Boddengewässer¹⁷ des Untersuchungsgebietes (z.B. Achterwasser) sowie das Kleine Haff sind glazial angelegte ertrunkene Hohlformen (Zungenbecken) (vgl. WERNICKE 1929, S. 9). Im Achterwasser-Eiszungenbecken bildete sich durch Schmelzwasserabflüsse eine tiefe Rinne heraus, die später als Mündungsarm der Uroder fungierte. Ebenso entstanden bei der Erosion durch Schmelzwässer Abflussrinnen, welche heute den Peenestrom und das Peenetal bilden. Sowohl die Swine als auch die Dievenow sind Eiszungenbecken, die später durch Flusserosion zu Urstromtälern umgebildet wurden.

Die Seen der Region sind teils aus abgelagerten Toteisblöcken entstanden, wie z.B. der Krebssee, oder durch abgeteilte Gletscherzungen ausgeschürfte und später mit Stauwällen abgeschlossene Hohlformen, wie z.B. der Schmollensee und der Gothensee auf der Insel Usedom (vgl. KLIEWE 1960, S. 214-216 & 227).

¹⁷ Ein Bodden ist eine meist ausgedehnte Meeresbucht an Flachküsten mit zahlreichen Tiefen und einem unregelmäßigen Umriß (vgl. LESER 1997, S. 97).

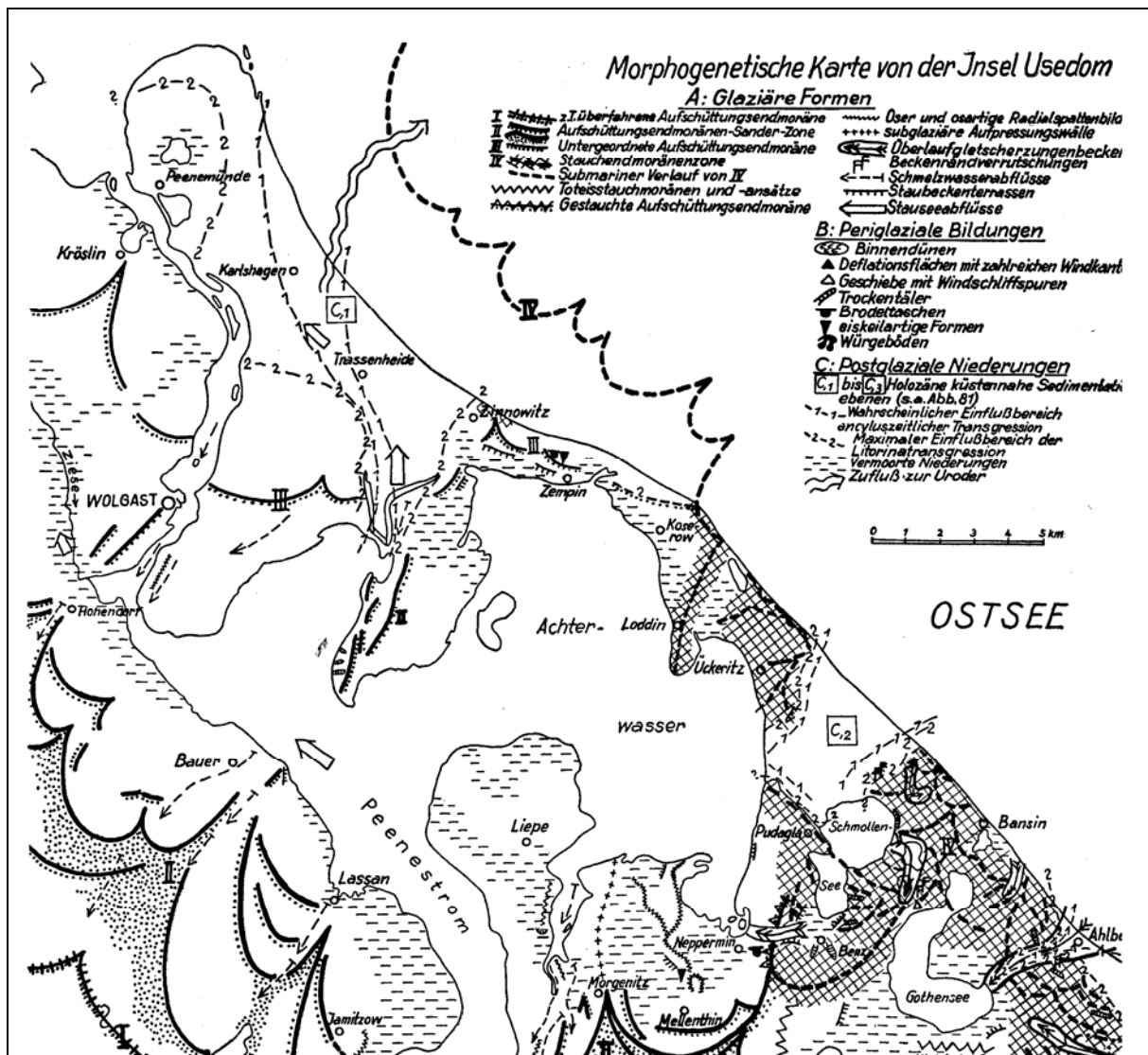


Abbildung 7: Die Geomorphologie der Insel Usedom (Quelle: KLIEWE H. 1960, S. 212a)

Die Küste der Odermündungsregion wurde durch die Formungsprozesse der postglazialen Transgressionszyklen¹⁸ (siehe Abbildung 7), vor allem jedoch durch den einsetzenden Küstenausgleichsprozess und die damit verbundene Schließung der Küsteneinbuchtungen geprägt (vgl. KLIEWE 1960, S. 233f.). Folglich handelt es sich um eine Ausgleichsküste, d.h. sie unterliegt den Prozessen der Abrasion, des Sedimenttransports und der Akkumulation sowie der Bildung von Haken und Nehrungen.

¹⁸ Die Transgression ist das Übergreifen des Meeres auf Festlandsflächen infolge eines eustatischen Meeresspiegelanstiegs oder einer Festlandssenkung (vgl. LESER 1997, S. 899).

Exkurs: Entstehung der Boddenküste

Die Boddenküste entstand in den letzten fünf Jahrtausenden aus einer Inselflurküste, bestehend aus Inselkernen, Becken und Niederungen, durch den allmählich ansteigenden Meeresspiegel. Als Form der Ausgleichsküste bildeten sich durch Abrasion, Sedimenttransport und Akkumulation Haken und Nehrungen um die Ostseebuchten, die allmählich von der Ostsee abgetrennt wurden und so die Boddengewässer entstanden. Die Entwicklung läuft permanent zwischen dem Initial-, Wachstums- und Reifestadium ab, später folgt das Abbaustadium (JANKE, KLIEWE & STERR 1993, S. 137).

Im Untersuchungsgebiet wird zwischen Außen- und Boddenküste differenziert, wobei bei ersterer nochmals zwischen Flach- und Steilküste unterschieden wird. Die Stauchendmoränenkliffs der Steilküste Usedom mit einer Höhe von bis zu 54 m NN (der Streckelsberg) bilden das „Gerüstelement“ der Küste. Daneben finden sich Flachküstenabschnitte, z.B. der Peenemünder Haken mit einer Länge von 14 km. Die Übergangszonen zwischen diesen beiden Küstentypen stellen besonders gefährdete „Durchbruchstellen“ dar (vgl. MBLU 1995, S. 14-17).

Die gesamte Küste des Stettiner Haffs setzt sich aus überflutungsgefährdeter Flachküste mit Flussniederungen und Mooren zusammen. Das Gebiet des ehemaligen Haffstausees ist aus glazifluvialen und fluvialen Beckenablagerungen aufgebaut und enthält kaum stabilere Schichten, wie z.B. Grund- oder Endmoränenmaterial. Aufgrund dessen stellt die Küstenzone des Stettiner Haffs, sowohl der Inseln als auch des Festlandes, einen besonders sensiblen Bereich in Bezug auf Hochwassersituationen dar (vgl. LUNG & UM M-V 2004).

Im Folgenden sind die überflutungsgefährdeten Bereiche, d.h. Niederungen unter NN, der Odermündungsregion aufgeführt und in Abbildung 8 dargestellt:

- 1 Struck und Niederungen zwischen Freesendorf, Spandowerhagen und Freest an der Spandowerhagener Wieck;
- 2 Kröslin, das Hafengebiet von Wolgast und Lassan am Festlandufer des nördlichen Peenestroms;
- 3 Peenemünder Haken und Karlshagen-Zinnowitzer Sandebene einschließlich der Orte Peenemünde und Karlshagen im Nordostteil der Insel Usedom;
- 4 Boddenufer in Zempin und Zinnowitz, Niederung zwischen Ückeritz und Bansin, Insel Görmitz sowie Niederung bei Grüssow (Lieber Winkel) am Achterwasser;
- 5 Weite Niederungen bei Anklam (Peenetal-Moor, Anklamer Stadtbruch) und Wiesen bei Zecherin am südlichen Peenestrom („Der Strom“) und der Westküste des Kleinen Haffs;

- 6 Niederungen an der Südküste des Kleinen Haffs bei Grambin und Ueckermünde;
- 7 Weite Teile der Swine Niederung mit den Städten Swinemünde (Świnoujście) und Misdroy (Miedzzydroje) sowie die Halbinsel Kaseburg (Karsibór)*;
- 8 Niederungen an der Süd- und Ostküste des Großen Haffs*;
- 9 Halbinsel Pólwysep Rów einschließlich der Stadt Wollin (Wolin)*;
- 10 Flussniederung und Mündungsbereich der Dievenow*;

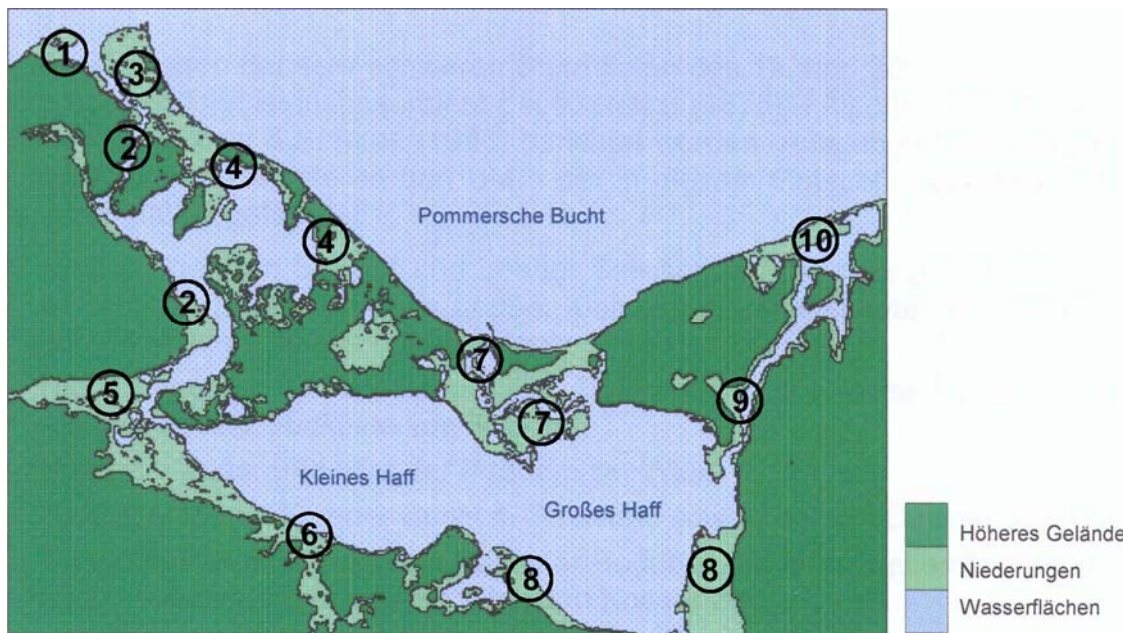


Abbildung 8: Die überflutungsgefährdeten Flächen (hellgrün) der Odermündungsregion (Quelle: ergänzt nach TU DRESDEN 2005, S. 14)

Exkurs: Die Ausgleichsküste der Insel Usedom.

Die Insel Usedom erstreckt sich vom Peenemünder Haken bis zur polnischen Grenze auf 406 km² mit einer Küstenlänge von 231,5 km, welche sich in 41,5 km Außenküste und 190 km Innenküste aufteilen lässt. Die geomorphologische Entstehung Usedom wurde bereits in Kapitel 2.1.1 besprochen, so dass an dieser Stelle nur auf die Küstenverlagerungsprozesse eingegangen wird. Die Küste der Insel Usedom ist eine Ausgleichsküste und lässt sich in drei Abschnitte, NW-Usedom (Peenemünder Haken bis Zempin), Zentral-Usedom (Zempin bis Heringsdorf) und SO-Usedom (Heringsdorf bis zur Swine) gliedern. Der Abschnitt NW-Usedom stellt einen Akkumulationsbereich dar, welcher zwischen 0,23 m/a (1829-1998) und 1,87 m/a (1829-1885) an Material anlagert. In Höhe Zempin findet sich der Übergang zum Abrasionsbereich Zentral-Usedom. Dieser Küstenabschnitt besteht bis zur Ortschaft Kölpinsee aus Steilküste und aktiven Kliffs (z.B. Streckelsberg mit 56 m ü. NN), die mit einer Abrasionsrate von 0,47 m/a bis maximal 1,14 m/a stark beansprucht werden. Daran schließt sich ein durch Akkumulation beeinflusstes Gebiet an, welches bei Bansin von Abrasionsprozessen abgelöst wird. Der Küstenabschnitt beim Seebad Heringsdorf ist der Übergangsbereich zum Abschnitt SO-Usedom und einem Akkumulationsgebiet. Hier wird ein durchschnittlicher Wert von 0,86 m/a erreicht (RÖBER & RUDOLPHI 2004, S. 185 & 187 f.).

4.1.1 Klimatische Verhältnisse

Die Odermündungsregion ist ein Teil der südlichen Ostsee und unterliegt demnach den klimatischen Bedingungen des Binnenmeeres. Diese werden im Folgenden beschrieben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Zustand der Ostsee stark von den klimatischen Verhältnissen ihres gesamten Einzugsgebietes beeinflusst wird.

Das Klima der Ostsee wird durch die allgemeine atmosphärische Zirkulation der Nordhalbkugel vorgegeben und durch die Tiefdruckgebiete der gemäßigten Breiten bestimmt (vgl. HUPFER & TINZ 1996, S. 25). Die geographische Lage und Erstreckung der Ostsee lässt eine einheitliche Zuordnung zu einem Klimatyp nicht zu. Das Klima lässt sich hingegen von maritim geprägt im Süden und Westen bis polar-kontinental geprägt im Nordosten beschreiben (vgl. NEHLS 1934, S. 5) (siehe Abbildung 9).

Der südliche und westliche Teil der Ostsee wird durch die Verhältnisse im Atlantik beeinflusst und ist durch warm-gemäßigtes Klima geprägt, d.h. es herrschen vorwiegend kühle Sommer,

milde Winter (mittleres Minimum: -9°C) und Winde aus westlicher Richtung. Der nördliche und östliche Teil hingegen ist feucht und winterkalt, d.h. es kommt zu hohen Niederschlagssummen (Regen und Schnee), sehr kalten Wintern (mittleres Minimum: -25°C) sowie Nordostwinden (vgl. HUPFER & TINZ 1996, S. 24).

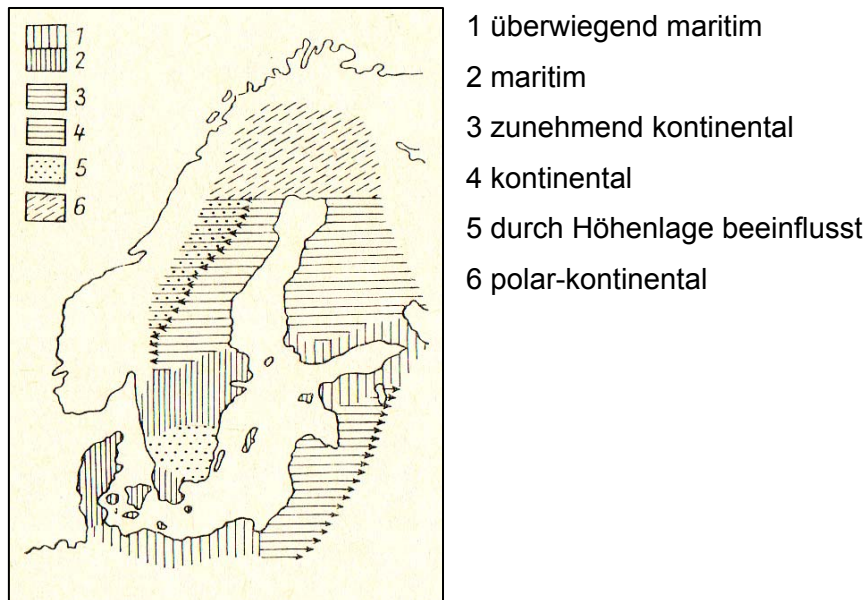


Abbildung 9: Die Klimate der Ostsee (Quelle: NEHLS 1934, S. 85)

Im gesamten Ostseegebiet fallen ganzjährig Niederschläge in Höhe von durchschnittlich 400-800 mm/a, im freien Seegebiet < 400 mm pro Jahr. Die Temperaturen erreichen im Sommer ein mittleres Maximum von ca. 26°C im gesamten Gebiet, während im Winter die Temperaturen in Richtung Osten und Norden besonders stark abnehmen (vgl. HUPFER & TINZ 1996, S. 24). Zudem treten im Winterhalbjahr starke Temperaturgegensätze auf, da sich die Landmasse sehr stark abkühlt, die Temperatur des Ostseewassers jedoch bei 0°C stagniert (vgl. HUPFER 1978, S. 50).

Kommt es zum Einbruch kalter trockener Festlandsluft oder arktischer Polarluft, so folgt bei Eisfreiheit der Ostsee eine hohe Energieabgabe an die Atmosphäre. Dies kann unter Umständen zur Bildung von Wärmezyklonen führen, die als Tiefdruckgebiet in bodennahe Luftschicht starken Schneefall mit Sturm- und Orkanböen auslösen (vgl. HUPFER 1978, S. 71).

Die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung entscheiden über das Ausmaß der Wellen- und Austauschbewegungen im Wasserkörper des Ostseebeckens. Diese wiederum hängen unmittelbar von den Luftdruckverhältnissen ab, die sich im Laufe eines Jahres stark wandeln.

Der stärkste mittlere Wind herrscht im Dezember, wobei Orkane am häufigsten im Januar auftreten. Die allgemeine atmosphärische Zirkulation bewirkt im Ostseeraum hauptsächlich Höhenwindfelder aus westlicher Richtung, die - je nach Ausprägung - die klimatischen Vorgänge über der Ostsee beeinflussen. Treten dagegen starke Nordostwinde auf, verstärken sich die Windgeschwindigkeiten besonders im südlichen Küstenbereich (z.B. Pommersche Bucht) und es können Sturmfluten entstehen.

Im Winterhalbjahr erstrecken sich im klimatologischen Mittel die Isobaren von SW nach NO über der Ostsee, da sich zwischen November und Februar ein starkes Luftdruckgefälle von Nord (niedrig) nach Süd (hoch) bildet. Im Frühling nimmt der Druck im Süden ab und im Norden zu und es kommt annähernd zum Druckausgleich. Daher herrschen im April nur schwache Luftdruckgegensätze, die sich bis Juni als windschwache Periode mit hohem Luftdruck halten. Im nördlichen und östlichen Teil der Ostsee bleibt dieser Zustand bis August stabil, wogegen sich im westlichen und südlichen Teil durch auftretende Westwetterlagen größere Druckunterschiede aufbauen. Im September erfolgt erneut ein Druckanstieg im Süden, der zur Ausbildung der bereits beschriebenen winterlichen Verhältnisse führt. Daraus ergeben sich für die Monate November bis März maximale Windgeschwindigkeiten der Stärke vier bis fünf¹⁹, für die Monate Mai bis Juli hingegen minimale Windgeschwindigkeiten der Stärke eins bis drei²⁰ (vgl. HUPFER 1978, S. 52f. & TIESEL 1995, S. 46 & 49).

Das Klima an der südlichen Ostseeküste ist bei auflandigem Wind maritim, bei ablandigem Wind eher kontinental geprägt. Dagegen weisen die vorgelagerten Inseln, Halbinseln, Haff- und Boddengebiete vorwiegend maritimes Klima auf. Ebenso bestehen Unterschiede zwischen dem Wetter über der freien Ostsee und den Insel- bzw. Küstenbereichen. Neben den Temperaturunterschieden zwischen Wasser und Land, den Verhältnissen bei Luv- und Leeausrichtung und sogenannten „Düsen- und Eckeneffekten“ an Steilküsten und Erhebungen, tragen Orographie sowie Topographie zur Bildung individueller Wettervorgänge bei. So lassen sich auf den Inseln die stärksten Winde messen, dagegen ist die Wolkenbildung und somit der Niederschlag geringer (vgl. TIESEL 1995, S.47 & 52).

Die hydrologischen und meteorologischen Faktoren beeinflussen ebenfalls die Wasserstandsverhältnisse im Ostseeraum. Langfristige Wasserstandsschwankungen werden durch die Parameter Festlandsabfluss, Verdunstung, Niederschlag sowie Vereisung verursacht. Bei kurzfristigen Wasserstandsschwankungen sind winderzeugte Staueffekte,

¹⁹ Diese entsprechen 7 bis 9 m/s.

²⁰ Diese entsprechen 4 bis 5 m/s.

Gezeitenerscheinungen, Luftdruckverhältnisse, Eigenschwingungen sowie Dichteanomalien entscheidend (vgl. CORRENS 1973, S. 678).

Vor allem die Auswirkungen der Extremwasserstände gefährden die Küste und machen Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen notwendig. Demzufolge ist deren Entstehung und Auftreten in Häufigkeit und Stärke, unter Berücksichtigung der Veränderungen durch den globalen Klimawandel, von besonderer Bedeutung.

Die Entstehungsgeschichte eines Sturmhochwassers an der südlichen Ostseeküste beginnt ca. 10 bis 15 Tage vor dem Ereignis. Dabei verursachen sich verstärkende westliche bis nordwestliche Windströmungen über der Nordsee einen Wasserstau in der Deutschen Bucht und damit eine Wasserstands Differenz zwischen Nordsee und Ostsee. Der windbedingte Einstrom erhöht den Füllungsgrad der Ostsee um durchschnittlich 15 cm (vgl. BECKMANN & TETZLAFF 1999, S. 73). Neben diesem hohen Ausgangswasserstand führen die Bodenluftdruckverhältnisse²¹ zu positiven Wasserstandsabweichungen entlang der Ostseeküste. Ein Teil der Änderungen des Wasserstandes lässt sich auf Schwingungen des Wasserkörpers im Ostseebecken zurückführen („Badewanneneffekt“²²) (vgl. SCHUMACHER 2003, S. 87). Diese Eigenschwingungen können eine Amplitude bis zu einem Meter verursachen und die Wirkung des Winddruckes verstärken.

Bildet sich dann ein Gradient zwischen einem Tiefdruckgebiet über dem Baltikum bzw. Russland und einem Hochdruckgebiet über den Azoren und Irland²³, dreht sich der Wind von westlicher bis nordwestlicher Richtung kommend über der zentralen Ostsee in nordöstliche Richtung und erreicht dadurch die maximale Windwirklänge und einen starken Anstieg des Wasserstandes an der südlichen Ostseeküste (vgl. BAERENS & HUPFER 1999, S. 56). An den Bodden- und Haffküsten kann es durch den „Buchteneffekt“ zusätzlich zu einer Erhöhung des Wasserstandes um bis zu einen halben Meter kommen (vgl. SCHUMACHER 2003, S. 90).

Die maximalen Windwirklängen erreichen die Nordost- und Südwestwinde. Dennoch sind im vornherein die Winde aus westlichen Richtungen für die Entstehung eines Sturmhochwassers entscheidend. In den letzten 25 Jahren wurde ein häufigeres Auftreten stärkerer westlicher Winde zwischen November und Februar festgestellt. Ebenfalls hat die

²¹ Diese ergeben sich aus positiven Bodenluftdruckanomalien über den Britischen Inseln und Irland und negativen Bodenluftdruckanomalien über Skandinavien (vgl. SCHUMACHER 2003, S. 87).

²² Dieser Effekt ergibt sich aus der fast geschlossenen Beckenform der Ostsee.

²³ Der Gradient kann sich ebenfalls zwischen einem Tiefdruckgebiet über dem Mittelmeer und einem Hochdruckgebiet über Skandinavien bilden.

Dauer und die Geschwindigkeit dieser westlichen Winde auf Kosten der südlichen Winde um 20 m/s zugenommen (vgl. BECKMANN & TETZLAFF 1999, S. 78 f.). Die Auswertung von Pegeldatenreihen an der südlichen Ostseeküste ergab eine Zunahme von leichten und mittleren Sturmhochwasserereignissen in den letzten Jahrzehnten. Schwere Sturmhochwasser traten eher seltener auf. Gleichzeitig konnte eine Zunahme der Niederschlagshöhen für den Zeitraum 1891 und 1990, insbesondere im Herbst und Winter, nachgewiesen werden (vgl. HUPFER & TINZ 1996, S. 26) (siehe Anhang II).

4.1.2 Hydrologische Verhältnisse

Die Odermündungsregion setzt sich aus einem verzweigten hydrologischen System zusammen, welches von den Verhältnissen in der Ostsee beeinflusst wird. Das Stettiner Haff umfasst 687 km² und fungiert als Auffangbecken zwischen den Süßwasserzuflüssen ($\frac{2}{3}$ Anteil) und der Ostsee ($\frac{1}{3}$ Anteil). Der gesamte Wasserhaushalt des Stettiner Haffs setzt sich folgendermaßen zusammen:

- Süßwasserzufuhr durch Festlandszuflüsse,
- Einstrom von Ostseewasser,
- Ausstrom von Wassermassen zur Ostsee,
- Süßwasserzufuhr durch Niederschläge (540 mm/a),
- Verdunstung von der Haffoberfläche (780 mm/a),
- Wasservolumenänderung (vgl. ARNOLD & ZIELKE 1996, S. 6).

Die Oder liefert ca. 90% der Flusszufuhr sowie Uecker und Peene zusammen ca. 10%, wobei der überwiegende Teil des Peenewassers nicht in das Haff gelangt, sondern direkt über den Peenestrom in die Ostsee abfließt. (vgl. CORRENS 1973a, S. 693f.). Der Peenestrom mit einer Länge von ca. 46 km (vgl. CORRENS 1972, S. 13) stellt die westliche Verbindung des Kleinen Haffs mit dem Greifswalder Bodden und der Ostsee dar. Seine Gestalt wechselt von stromartig im Bereich der Peenemündung über boddenartig im weiteren Verlauf - mit den angrenzenden Boddengewässern Achterwasser und Krumminer Wieck - bis zur flussartigen Mündung in die Spandowerhagener Wieck. Das Große Haff, in welches die Oder mündet, ist durch die Swina und Dievenow mit dem Binnenmeer verbunden. 78% des Oderabflusses fließen durch sie in die Ostsee wobei der Peenestrom und die Dievenow 14% beziehungsweise 8% bewältigen (Ausstrom) (vgl. ARNOLD & ZIELKE 1996, S. 7).

Durch diese Verbindungen gelangt gleichzeitig Ostseewasser ins Stettiner Haff (Einstrom). Dieser Austausch ist für Wasserhaushalt und –qualität von großer Bedeutung und findet nur unter besonderen Bedingungen statt. In Tabelle 2 sind die Voraussetzungen für den Ein- bzw. Ausstrom zusammengefasst. Bei gleichzeitigem Auftreten von Wasserstauwirkungen an der Ostseeküste und starker Flusszufuhr kommt es aufgrund des ausbleibenden Abfließens zu Wasserstandserhöhungen im Stettiner Haff (vgl. CORRENS 1973a, S. 702f.).

Tabelle 2: Voraussetzungen für das Auftreten von extremen Ein- bzw. Ausstromlagen zwischen Stettiner Haff und Pommerscher Bucht/Ostsee

Voraussetzungen für Einstromlagen	Voraussetzungen für Ausstromlagen
Anhaltende Großwetterlagen: West, Nordwest, Nord oder Nordost	Mehrtägige Großwetterlagen: Südost und Südwest
Starke NW- bis N-Winde, die an der Außenküste Wasserstandserhöhungen und Wasserspiegelgefälle zum Haff hin erzeugen	Starke SO- bis SW-Winde, die an der Außenküste zu Wasserspiegelabsenkung und folgendem Gefälle (stromauswärts) führen
Ähnliche Wind-, Gefälle- und Strömungsverhältnisse in der Pommerschen Bucht und in den Mündungsarmen	Ähnliche Wind-, Gefälle- und Strömungsverhältnisse
Geringer Festlandszufluss	Starker Festlandszufluss

Quelle: eigene Darstellung nach CORRENS 1973a, S. 702f.

Die Wasserstände im Stettiner Haff werden von denen in der Ostsee stark beeinflusst. Treten Sturmhochwassereignisse ein, so gelangen diese durch die Verbindungen ins Haff und treten dort mit gedämpfter Amplitude und Phasenverschiebung auf. Während der Wasserstand bei Ruden²⁴ maximal 650 cm erreichte, wurden in Ueckermünde zu einem späteren Zeitpunkt nur 570 cm gemessen. Dagegen kehrte im Stettiner Haff erst nach längerer Zeit als an der Außenküste wieder der „Normalzustand“ ein (siehe Abbildung 10). (vgl. CORRENS 1973, S. 678f. & 689).

²⁴ Ruden ist eine Insel in der Ostsee nördlich von Usedom.

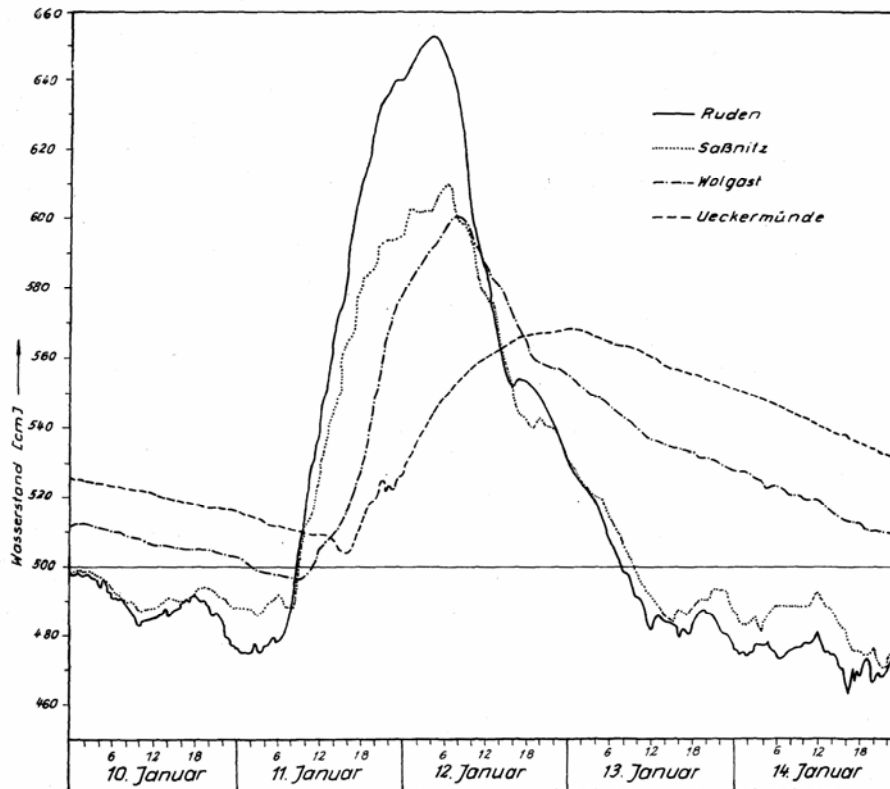


Abbildung 10: Der Wasserstandsverlauf während des Sturmhochwassers vom 12. Januar 1968 an ausgewählten Pegeln des Ostseegebietes (Ruden und Saßnitz) und des Stettiner Haffs (Wolgast und Ueckermünde) (Quelle: CORRENS 1973, S. 684)

4.1.3 Charakteristika der Oder

Die Oder durchquert auf einer Länge von 854 km die Länder Tschechien, Polen und Deutschland und bildet die deutsch-polnische Grenze. Die Quelle der Oder entspringt 634 m über dem Meeresspiegel am Lieselberg (Fidluv Kopec) im Mährischen Odergebirge (Oderské Vrchy). Die Oder stellt bei einer mittleren Abflusspende von $4,93 \text{ l/(s} \times \text{km}^2)$ und 17 km^3 Jahresabflussmenge²⁵ den sechstgrößten Süßwasserzufluss der Ostsee dar. Das Abflussregime ist bei Schneeschmelze hoch und im Sommer niedrig. Zweimal im Jahr, im Winter/Frühling und im Sommer, führt die Oder Hochwasser ab, welches durch Eisgang, Schneeschmelze bzw. hohe Niederschläge im Einzugsgebiet zu erklären ist. Im Einzugsgebiet der Oder (ca. 120.000 km^2) (siehe Abbildung 11), welches zu 89% (106.057 km^2) in Polen, zu 6% (7.217 km^2) in der Tschechischen Republik und zu 5% (5.587 km^2) in Deutschland liegt, fallen durchschnittlich 500 bis 600 mm pro Jahr. Das Klima ist gemäßigt kontinental bis kontinental, unter Umständen kann kalte Festlandsluft aus dem Osten zu

²⁵ Die Messung kommt vom Pegel Hohensaaten-Finow (MQ 1921/90 ohne 1945).

Vereisungen führen (vgl. KÖHLER & CHOJNACKI 1996, S. 59, 60). Das Stettiner Haff erhält einen mittleren Zufluss aus der Oder von 620 m³/s, wobei im April ein mittleres Maximum von 979 m³/s und im Oktober ein mittleres Minimum von 390 m³/s auftritt (vgl. ARNOLD & ZIELKE 1996, S. 8).

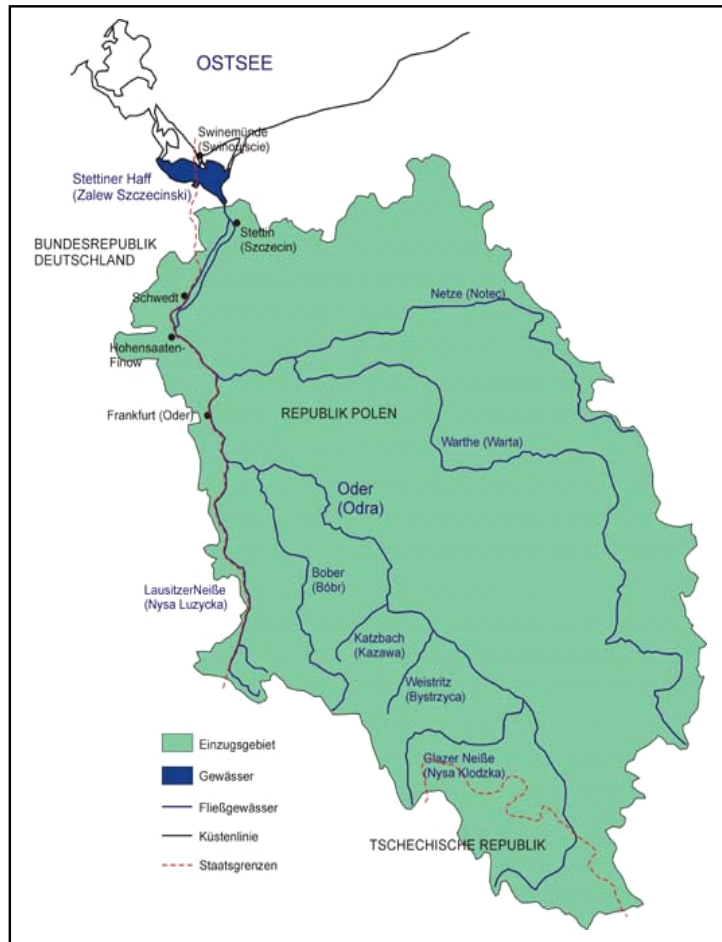


Abbildung 11: Die Oder und ihr Einzugsgebiet (Quelle: MINNING 2004, S.181)

Die Retentionsflächen der Oder wurden im Verlauf des 20. Jh. zwischen km 0 (Mündung der Opava) und dem Stettiner Haff von ehemals 3708,9 km² aufgrund von Eindeichungen, Landwirtschaft und Besiedelung um 23,17% auf 859,4 km² reduziert. Das Auftreten extrem hoher Niederschläge, vor allem in den Sommermonaten, kann daher zu Überschwemmungen im Oderlauf führen. Daneben erzeugt ein hoher Füllungsgrad der Ostsee, gekoppelt mit Wind aus nördlicher Richtung, einen Rückstau im Stettiner Haff, der den Abfluss der Oder einschränkt und ebenfalls zu erhöhten Wasserständen von bis zu 50 cm führen kann (vgl. ARNOLD & ZIELKE 1996, S. 60). Dieser kann sich durch ein verändertes Wasserspiegellängsgefälle bis weit ins Binnenland hinein auswirken. Überschwemmungen mit Auswirkungen für den Menschen und seine Siedlungen, aber auch für die Natur sind die Folge (vgl. WSA 2005).

Zur Entstehung des Oderhochwassers 1997 trugen viermal so starke Niederschläge²⁶ bei, welche überwiegend oberirdisch abflossen. Grund dafür war eine Vb-Wetterlage (siehe 2.3), welche sich Anfang Juli 1997 im Grenzgebiet Polen, Tschechien, Österreich bildete und zu Starkniederschlägen im Einzugsgebiet der oberen Oder und ihrer Nebenflüsse führte (vgl. WSA 2005). Die Hochwasserwelle erreichte einen Scheitelwert von 3000 m³/s. Ohne die Deichbrüche, die besonders in Polen verheerende Schäden durch Überflutungen nach sich zogen, hätte dieser Wert bei 5000 m³/s gelegen (vgl. BTU 2005).

Der Einfluss des Oderhochwassers auf das Stettiner Haff wurde u.a. von ROSENTHAL et al. (1998, S. 215-229) gemessen und modelliert. Aufgrund der ruhigen Verhältnisse in der Pommerschen Bucht zu diesem Zeitpunkt, den südwestlichen Windverhältnissen und den bereits erwähnten Deichbrüchen, kam es nur zu einer leichten Erhöhung des Wasserstands im Haff. Die Wassermassen der Oder konnten im Mündungsbereich abgefangen und durch die Verbindungen in die Ostsee weitergeleitet werden. 70% des Oderabflusses flossen direkt vom Großen Haff durch die Swina in die offene See (siehe Abbildung 12). Das Kleine Haff zeigte trotz hoher Abflussmenge nur einen geringen Transport von Oderwasser.

²⁶ Im Vergleich zur mittleren Niederschlagsmenge in diesem Gebiet.

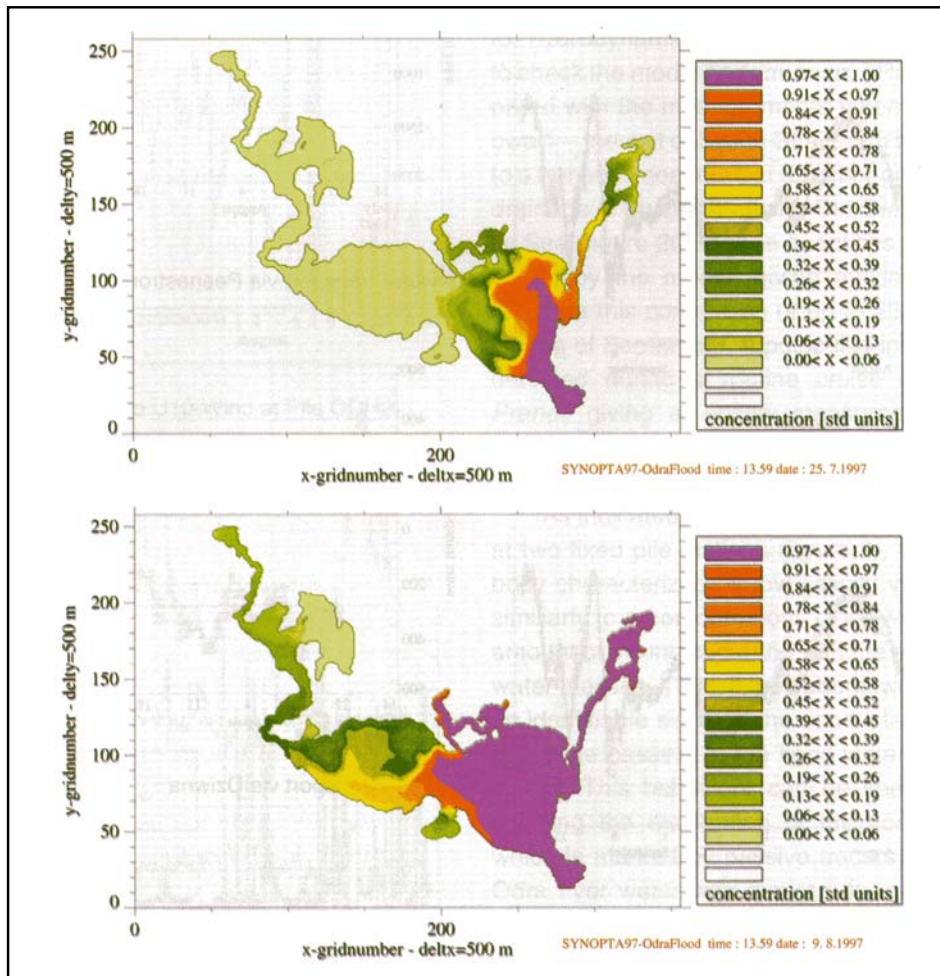


Abbildung 12: Verbreitung des Oderwassers während der Flut am 25. Juli und am 9. August 1997 (Quelle: ROSENTHAL 1998, S. 228)

4.2 Küsten- und Hochwasserschutz

Die Ostseeküste als Grenzsäum zwischen Land und Meer befindet sich seit ca. 5700 v. Chr. und dem Einsetzen des postglazialen Meeresspiegelanstiegs unter dem meteorologischen und hydrodynamischen Einfluss des Meeres. Aufgrund von Küstenausgleichsprozessen (Abrasion und Akkumulation) unterliegt die Küstenzone einer ständigen natürlichen Veränderung. Mit der Besiedlung und Nutzung des Küstenraumes wurden zum Schutz von Menschenleben und Sachwerten Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen notwendig. Dazu dienen einerseits Küstenschutzmaßnahmen zur mittel- oder langfristigen lokalen Reduzierung oder Verhinderung des Uferrückganges und Landverlustes, andererseits Maßnahmen des Hochwasserschutzes vor Überschwemmungen durch Sturmfluten und vor Durchbrüchen von Nehrungen, verbunden mit dauerhaften Trennungen (vgl. MBLU 1995, S. 5-10).

„Hochwasserschutzanlagen haben das Ziel, den in ihrem Schutz lebenden Menschen weitestgehende Sicherheit vor dem Ertrinken und vor schwerem materiellen Verlusten selbst bei größeren Ereignissen zu gewährleisten“ (MBLU 1995, S. 28). Der Küsten- und Hochwasserschutz folgt auf deutscher Seite landesrechtlicher Bestimmung und wird im Landeswassergesetz (LWaG)²⁷ geregelt. In §83 LWaG wird das Land Mecklenburg-Vorpommern zu Neubau und Unterhaltung von Küstenschutzanlagen für im Zusammenhang bebaute Gebiete verpflichtet.

Tabelle 3 untergliedert die Hochwassergefährdung der Ortschaften und die erforderlichen Handlungsmaßnahmen. Der Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz Mecklenburg-Vorpommern stellt die Arbeitsgrundlage zur Umsetzung der gesetzlichen und gesellschaftlichen Ansprüche dar. Zudem beinhaltet das Landesnaturschutzgesetz (LNatG M-V)²⁸ verschiedene Schutzmechanismen in Form von Bauverböten im Gewässerschutzstreifen (bis zu 200 m von der Uferlinie) oder durch Ernennung von u.a. Steilküsten und Dünen zu geschützten Biotopen. In Polen fordert das Gesetz über die Einrichtung des langfristigen Programms „Programm für den Küstenuferschutz“ (UferG)²⁹ die Sicherung der Küstenufer und Schutz vor Erosionen (Art. 1 UferG). In Art. 2 UferG finden sich Angaben zu Bau, Ausbau und Erhaltung von Hochwasserschutzsystemen in den Küstengebieten (vgl. JANSSEN et al. 2004, S.78).

²⁷ Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) vom 30.11.1992 (GVOBl. M-V S. 669), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 17.12.2003 (GVOBl. M-V S. 2).

²⁸ Gesetz zum Schutz der Natur und der Landschaft im Land Mecklenburg-Vorpommern Landesnaturschutzgesetz (LNatG M-V), in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Oktober 2002 (VOBl. M-V S. 1), zuletzt geändert durch Gesetz vom 17.12.2003 (GVOBl. M-V S. 2).

²⁹ Gesetz über die Einrichtung des langfristigen Programms „Programm für den Küstenuferschutz“ vom 28.03.2003 (Dz. U. Nr. 67, Poz. 621 Ustawa z dnia 28.03.2003 r. o ustanowieniu programu wieloletniego „Programm ochrony brzegów morskich“).

Tabelle 3: Fallunterscheidung der Hochwassergefährdung.

Vorliegen einer Hochwassergefahr	Handlungsbedarf
5 und mehr Wohnhäuser eines im Zusammenhang bebauten Gebietes mehr als 50 cm überstaut oder 3 Wohnhäuser und 2 Wochenendhäuser eines im Zusammenhang bebauten Gebietes mehr als 50 cm überstaut.	Sturmflutschutz erforderlich, Schadenspotenzialermittlung erübrigt sich.
5 und mehr Wohnhäuser eines im Zusammenhang bebauten Gebietes mehr als 50 cm überstaut oder 3 Wohnhäuser und 2 Wochenendhäuser eines im Zusammenhang bebauten Gebietes mehr als 50 cm überstaut, Hochwassergefahr wird durch anderweitig notwendige Sturmflutschutzmaßnahmen beseitigt.	Zusätzlicher Sturmflutschutz nicht erforderlich, Schadenspotenzialermittlung erübrigt sich.
Weniger als 5 Häuser eines im Zusammenhang bebauten Gebietes mehr als 50 cm überstaut und Hochwassergefahr wird durch anderweitig notwendige Sturmflutschutzmaßnahme beseitigt.	Sturmflutschutz nicht erforderlich, Schadenspotenzialermittlung erübrigt sich.
Weniger als 5 Häuser eines im Zusammenhang bebauten Gebietes mehr als 50 cm überstaut.	Prüfung der Überflutungsverhältnisse erforderlich, Schadenspotenzialermittlung ggf. erforderlich, Sturmflutschutz ggf. erforderlich.
Bebautes Gebiet liegt hochwasserfrei.	Sturmflutschutz nicht erforderlich, Schadenspotenzialermittlung erübrigt sich.

Quelle: ARCADIS 2005, S. 26

Seegang und Strömung bewirken einerseits bei mittlerem Wasserstand eine kontinuierliche Küstendynamik und führen auf lange Sicht zu Küstenrückgang und Verlust des Vorlandes vor Hochwasserschutzanlagen. Andererseits sind es die Sturmfluten mit anhaltenden extremen Wasserständen und hoher Seegangsenergie³⁰, die zu starken Veränderungen (z.B. Landverlust, Zerstörung von Hochwasserschutzanlagen und Durchbrüchen von Flachküstenabschnitten) führen können. Deren Höhe und Häufigkeit bestimmen die Maße der Küstenschutzbauwerke. In Anhang II sind die Einteilungen und Häufigkeiten von Sturmfluten an der Ostseeküste und an den Bodden- und Haffküsten Mecklenburg-Vorpommerns laut Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz zusammengefasst (vgl. MBLU 1995, S. 19).

Ca. 70% der Außenküste Mecklenburg-Vorpommerns befindet sich im Rückgang mit einem durchschnittlichen Wert von 34 m in 100 Jahren. Mehr als 70% der Flachküste sind von

³⁰ Die Seegangsenergie setzt sich aus der Windgeschwindigkeit und dessen Richtung und Wirklänge (fetch) zusammen und ist abhängig von der Wassertiefe in Küstennähe.

Sandmangel auf der Schorre sowie am Strand betroffen, so dass sich die Uferlinie jährlich um 1,20 m landeinwärts verlagert (vgl. MBLU 1995, S. 14 & 26). Dies hat die Schwächung des Vorlandes von Hochwasserschutzanlagen und einen negativen Sedimenthaushalt zur Folge. Um dem entgegenzuwirken werden u.a. Sandvorspülungen vorgenommen, die für eine befristete Stabilität sorgen. Demzufolge haben sich die Funktionsbedingungen der Hochwasserschutzanlagen an der Außenküste verschlechtert:

- Die Vorlandgeometrie ist aufgrund geringerer Breite und Mächtigkeit ungünstig,
- die Seegangsdämpfung ist infolge größerer Wassertiefen geringer, so dass größere Wellen den Strand und das Hochwasserschutzbauwerk erreichen,
- der Bemessungshochwasserstand ist durch den Meeresspiegelanstieg gegenüber dem bisher bekannten größten Ereignis gestiegen (vgl. MBLU 1995, S. 26 f.).

Der Hochwasserschutz in Mecklenburg-Vorpommern erfolgt über zwei Systeme:

- Hochwasserschutzdünen und
- Kombination Dünen-Küstenwald-Deich.

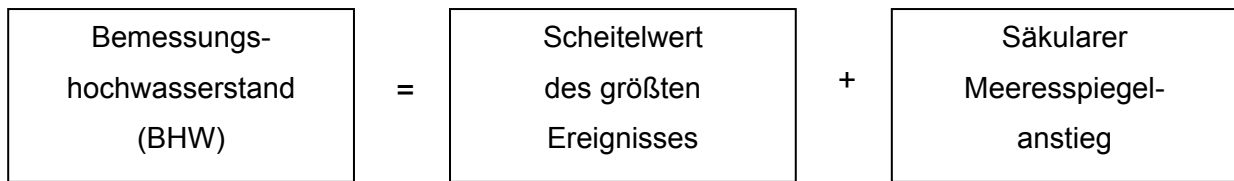
Dabei sind folgende Belastungsgrößen maßgebend:

- Wasserstand als Scheitelwert der Sturmflutereignisse,
- zeitlicher Abfluss und Dauer des Wasserstandes in einzelnen Höhenstufen,
- auf das Schutzbauwerk auftreffende Wellenhöhen, die durch den Wasserstand und die Sohltiefe bestimmt werden (vgl. MBLU 1995, S. 28).

Eine Übersicht zu den Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen im Einzelnen findet sich in Anhang III.

Für die Planung von Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen ist der Bemessungshochwasserstand eine grundlegende Größe. Dieser setzt sich aus dem Scheitelwert des höchsten, sicher durch Messung erfassten Hochwasserereignisses und dem säkulären³¹ Meeresspiegelanstieg zusammen. Für die Küste Mecklenburg-Vorpommerns wird mit einem Wert von 15 cm bis 25 cm/Jh. gerechnet, wobei sowohl tektonische, klimatische, morphologische als auch ozeanologische Elemente enthalten sind (vgl. MBLU 1995, S. 30).

³¹ Säkular bezeichnet langjährige Vorgänge oder solche, die sich in großen Abständen (Jahren bis Jahrhunderten) wiederholen (vgl. LESER 1997, S. 724).



Die TU DRESDEN (1999, S. 43 & 49) hat in ihrem Abschlussbericht zur „Verifizierung der Bemessungshochwasserstände an den Küsten von Mecklenburg-Vorpommern“ Interpolationen für die Scheitelwasserstände der Sturmfluten von 1872 und 1913 vorgenommen. Dabei sind für alle im Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz M-V aufgeführten Orte Zahlenwerte ermittelt worden. Die Werte in Abbildung 13 zeigen, dass an der Bodden- und Haffküste der Odermündungsregion die Sturmflut von 1913 die höchsten Wasserstände erreichte und somit in die Berechnung der Bemessungshochwasserstände einfließt. An der Ostseeküste des Untersuchungsgebietes werden die Scheitelwasserstände von 2,62 m über HN verwendet, welche bei der Sturmflut 1872 erreicht wurden.

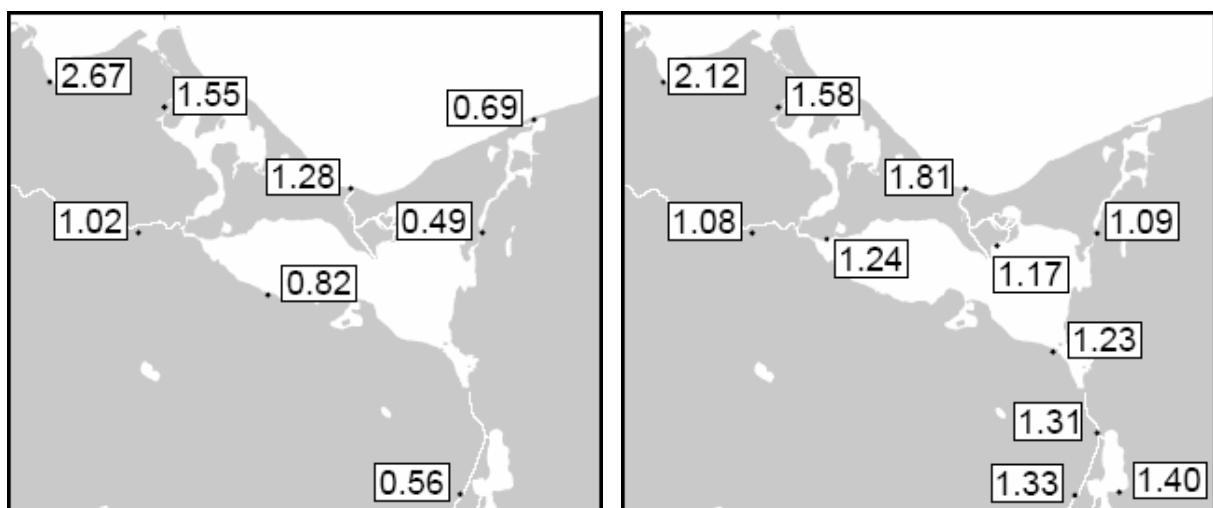


Abbildung 13: Scheitelwasserstände der Sturmfluten von 1872 (links) und 1913 (rechts) in der Odermündungsregion (m über HN) (Quelle: TU DRESDEN 1999, S. 43)

Aus den Scheitelwerten (Anhang IV) der zutreffenden Sturmfluten und dem säkularen Meeresspiegelanstieg (Anhang V) ergeben sich die Bemessungshochwasserstände für die einzelnen Stationen im Untersuchungsgebiet. Tabelle 4 stellt diese zusammen. Anhand derer wird die Höhe der Schutzbauten bestimmt.

Tabelle 4: Bemessungshochwasserstände im Untersuchungsgebiet.

Gewässer	Bemessungshochwasserstände (m über HN)
Peenestrom	1,75 bis 2,40
Achterwasser und Krumminer Wieck	1,75 bis 1,80
Kleines Haff	1,55 bis 1,65
Außenküste	2,90

Quelle: TU DRESDEN 2005, S. 17f.

Karte 2 stellt die vorhandenen Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen im Untersuchungsgebiet dar. Insgesamt wurden für den Erhalt, Neubau und die Verstärkung von Küstenschutzanlagen an der Außenküste Mecklenburg-Vorpommerns in den Jahren 1991-2004 ca. 171 Mio. Euro aufgewendet. Hinzu kommen Aufwendungen für die Unterhaltung in Höhe von 37 Mio. Euro und für Vorarbeiten 33,5 Mio. Euro. Abbildung 14 zeigt die Kostenverteilung für Küstenschutzmaßnahmen an der Außenküste Mecklenburg-Vorpommerns in den Jahren 1991-2004 (vgl. STAUN 2004).

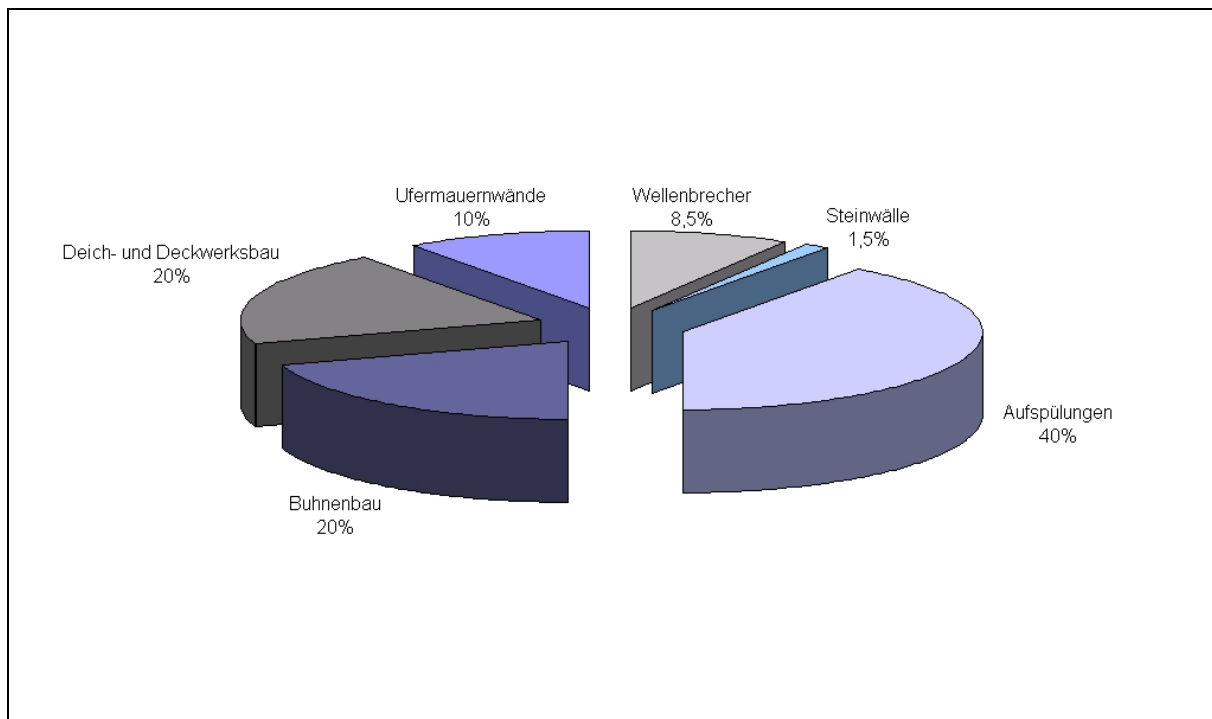


Abbildung 14: Zusammenstellung der Aufwendungen für Küstenschutzmaßnahmen im Zeitraum 1991-2004 (Quelle: STAUN 2004)

Allein die Küstensicherung am Streckelsberg, Außenküste Usedom, erforderte für den Bau von Wellenbrechern, Bühnen, Ufermauer und Strandaufspülung (siehe Abbildung 15) 9 Mio.

Euro (vgl. STAUN 2004). Zum Küstenschutz auf polnischer Seite kann aufgrund mangelnder Daten keine Aussage getroffen werden.

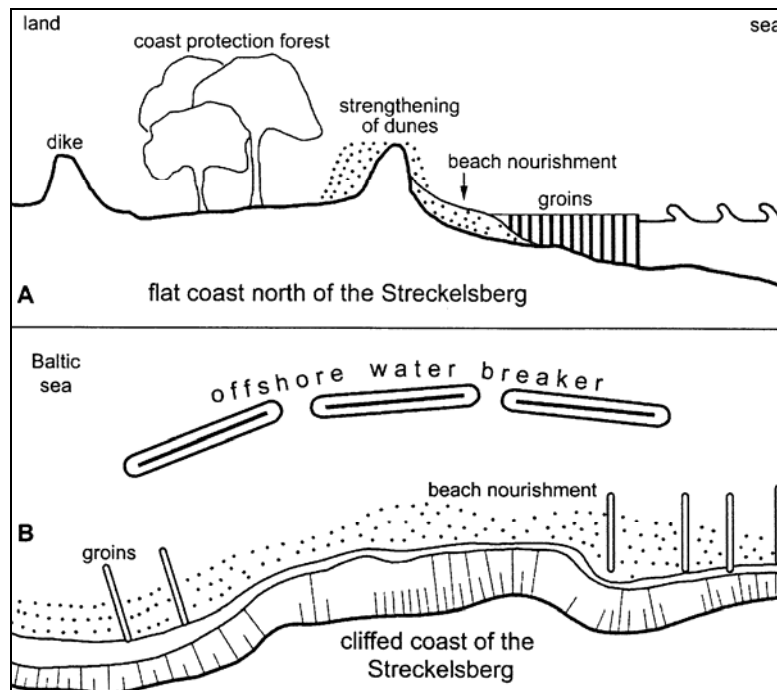






Abbildung 15: Küstenschutzmaßnahmen entlang der Flachküste (A) und der Steilküste (B) am Streckelsberg (Quelle: SCHUMACHER 2002, S.134)



Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus

**Karte 2:
Küsten- und Hochwasser-
schutzmaßnahmen**

-  Dünen
-  Deiche
-  Polderflächen
-  Standorte von Ufermauern

Grundlagen:
Staats-, Bezirks- und Gemeindegrenzen:
MapInfo Vektorkanten 2003
Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen:
ARCADIS 2000



Der Hochwasserschutz der Oder, insbesondere in Polen, setzt sich aus zwei Systemen zusammen: dem Warn- und Prognosesystem (hydro-meteorologische Stationen) sowie dem hydro-technischen System. Letzteres besteht aus Hochwasserdeichen, Poldern, Entspannungskanälen, Staubecken und trockenen Hochwasserbecken (vgl. DUBICKI 2000, S. 148f.). Die vorhandenen Hochwasserdeiche sind unterschiedlichen Alters und basieren auf verschiedenen Bemessungsgrundlagen, so dass kein einheitliches Hochwasserschutzsystem an der Oder besteht. Die Polder weisen eine Gesamtkapazität von 243,5 Mio. m³ auf (vgl. BTU 2000, S. 10). Die sogenannten Entspannungskanäle befinden sich vorrangig in der Nähe der Städte. Mit einer Gesamtkapazität von 29 Mio. m³ reduzieren die trockenen Hochwasserbecken den maximalen Wasserfluss vor allem in den Gebirgsregionen. Zusätzlich existieren Staubecken mit einer Überschwemmungskapazität von 384,9 Mio. m³ (vgl. DUBICKI 2000, S. 149). Abbildung 16 gibt einen Überblick über den Hochwasserschutz an der Oder und dem Großen Haff. Zudem sind Abrasions- und Überschwemmungsgebiete eingezeichnet.

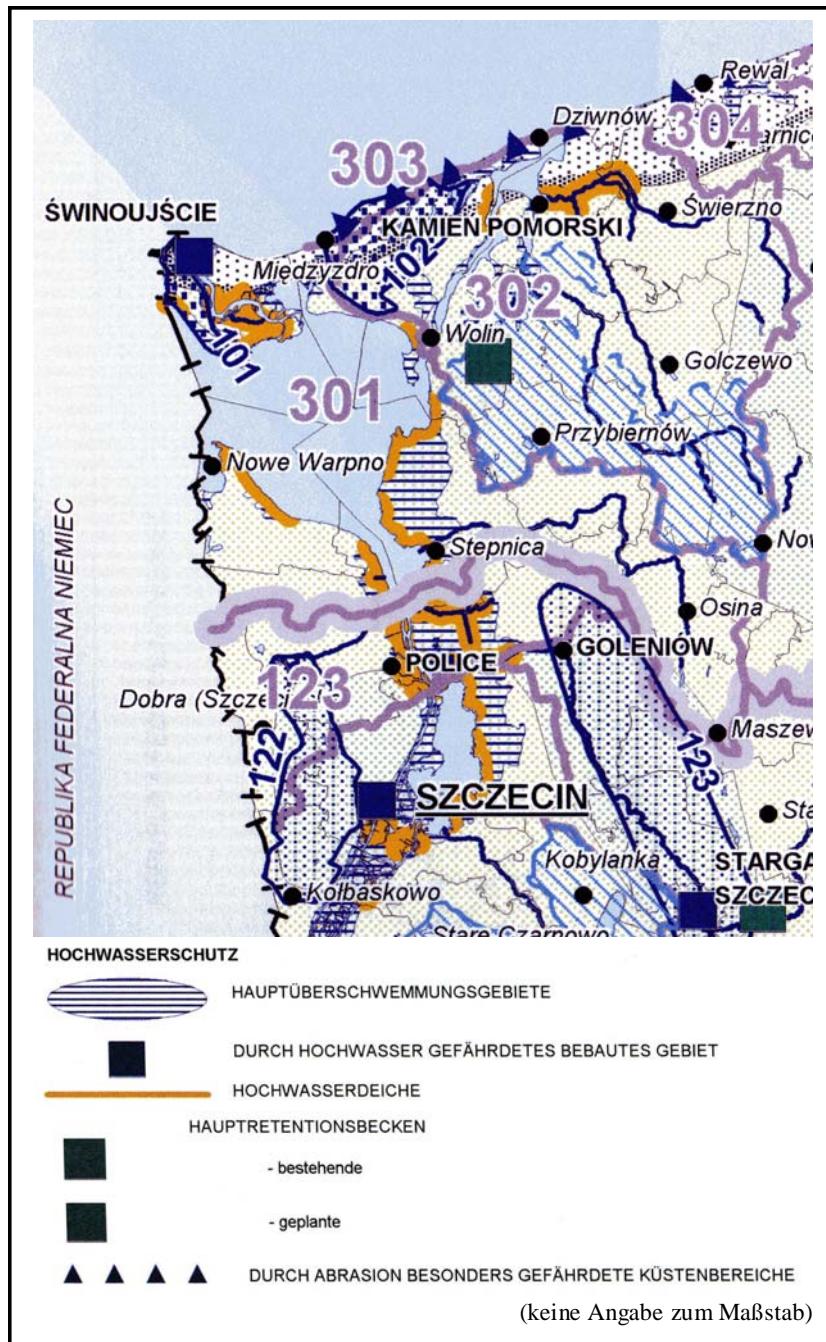


Abbildung 16: Hochwasserschutz am Großen Haff (Polen) (Quelle: RRPB WZ 2002, Anhang XXX)

Als Reaktion auf das Oderhochwasser 1997 wurde das Programm „Oder 2006“ mit einem Umfang von 3,6 Mrd. Euro eingerichtet. Dabei ist der Aufbau eines passiven und aktiven Hochwasserschutzsystems das Ziel, wobei auf der polnischen Seite der Schwerpunkt auf dem Bau von Großstaubauwerken und Flussregulierung liegt. Alternative kostengünstigere Maßnahmen als dezentraler Hochwasserschutz – wie die Speicherung von Niederschlagswasser, Entsiegelungsmaßnahmen, Schaffung von Grünland auf Brachflächen, Retention in kleinen Becken oder Verringerung der Fließgeschwindigkeit – werden jedoch vorerst nicht berücksichtigt (vgl. KÜHNE 2004, S. 74). Tabelle 5 fasst die Hochwasserschutzmaßnahmen bis 2030 für das Einzugsgebiet der Unteren Oder

(Warthemündung bis Stettiner Haff) bzw. für das gesamte Einzugsgebiet der Oder zusammen und stellt die Kosten dar. Für die Umsetzung der Maßnahmen in diesem Bereich sind 677 Mio. Euro notwendig.

Tabelle 5: Hochwasserschutzmaßnahmen nach Kategorien und Gebieten (ausgewählt).

Maßnahmenkategorien	Einheit	Umfang und Aufwand 2000-2030	
		Umfang	Mio. Euro
Einzugsgebiet Untere Oder (Warthemündung bis Stettiner Haff)			
1 Natürlicher Wasserrückhalt im Einzugsgebiet der Oder			
Renaturierung von Fließgewässern	km	108	11
Erweiterung von Überschwemmungsgebieten	km ²	305	61
Sicherung von Waldflächen / Wiederaufforstung	km ²	850	9
Förderung der Versickerung durch extensive Bodennutzung	km ²	745	5
2 Künstlicher Wasserrückhalt an der Oder und den Nebenflüssen			
Bau von Poldern und Hochwasserrückhaltebecken	Mio. m ³	587	168
3 Technischer Hochwasserschutz			
Bau von Hochwasserschutzanlagen	km	2132	287
Gesamtsumme 1-3			539
Gesamteinzugsgebiet der Oder			
4 Verminderung des Schadenspotentials			
Festlegung der überschwemmungsgefährdeten Bereiche	%		41
5 Verbesserung des Hochwassermelde- und Vorhersagesystems			
Verlängerung der Vorhersagezeiten	h		13
Vergrößerung der räumlichen Vorhersagedichte/-genauigkeit	Anzahl	748	41
6 Stärkung des Risikobewusstseins und der Eigenvorsorge			
Erarbeitung von Risikokarten	%		42
Gesamtsumme 4-6			138

Quelle: IKSO 2004, S. 26f.

Laut Entwicklungsplan der Wojewodschaft Westpommern (RRPB WZ 2002, S. 36f.) befinden sich die existierenden Hochwasserschutzdeiche der Oder in einem schlechten technischen Zustand und weisen eine unzureichende Höhe der Deichkronen auf. Der Ausbau des Hochwasserschutzsystems ist daher entlang der gesamten Oder zwingend notwendig.

4.3 Tourismus

Der Tourismus ist als wichtiger wirtschaftlicher Hoffnungsträger der Odermündungsregion zu sehen. Die Menschen vor Ort, sowohl auf deutscher als auch auf polnischer Seite, setzen große Erwartungen in dessen Entwicklung. Die Außenküsten der Inseln Usedom und Wollin gelten wegen der breiten Sandstrände als besonders attraktiv. Daneben ist das Stettiner Haff ebenfalls ein wichtiger „[...] touristischer Imagerträger der Region“ (vgl. THALES 2002, S. 80).

Die Odermündungsregion verfügt über ein hohes naturräumliches Potential, welches die Entwicklung des Wirtschaftszweiges Tourismus in der sonst strukturschwachen Region begünstigt. Die Zahl der Beschäftigten im Hotel- und Gastgewerbe erreichte im Jahr 2002 in Mecklenburg-Vorpommern 5,2%, in der Wojewodschaft Westpommern 3,3% an der Gesamtanzahl der Beschäftigten (vgl. STEINGRUBE et al. 2004, S. 24).

Abbildung 17 stellt die Bedeutung des Tourismus für die jeweilige Region dar. Anhand der Übernachtungen bzw. Übernachtungsplätze zeigt sich, dass insbesondere die Inseln verstärkt besucht werden: Usedom mit bis zu 300.000 Übernachtungen pro 1000 Einwohner und Wollin mit 417,5 Übernachtungsplätzen pro 1000 Einwohner.

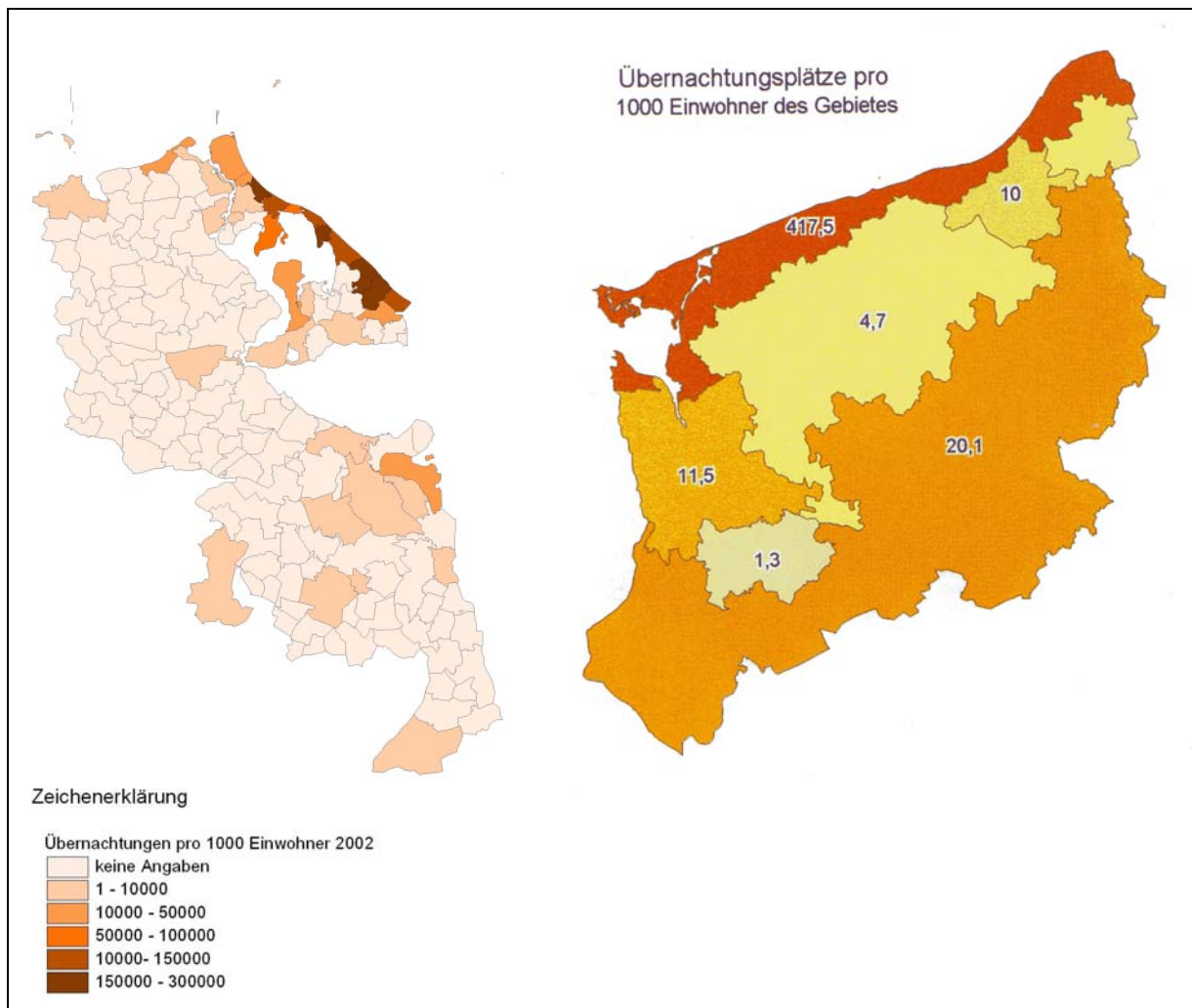


Abbildung 17: Tourismus in Vorpommern (links) und Tourismus in Westpommern (rechts) (Quellen: STEINGRUBE et al. 2004 & RRPB WZ 2002)

Laut dem Regionalen Raumordnungsprogramm Vorpommern (RROP) (1998, S. 106f.) gelten die Außenküste der Insel Usedom und die Südküste des Stettiner Haffs als Tourismusschwerpunkträume. Diese Gebiete verfügen über eine natürliche Eignung für Fremdenverkehr und Erholung und sind in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung zu fördern. Die Randgebiete des Küstenraumes und das Küstenhinterland, der Randbereich der Peene sowie große Teile der Ueckermünder Heide sind als Tourismusedwicklungsräume ausgeschrieben (siehe Abbildung 18). Aufgrund ihrer spezifischen Ausstattung mit natürlichen Potentialen sind sie besonders geeignet, touristische Funktionen zu übernehmen.

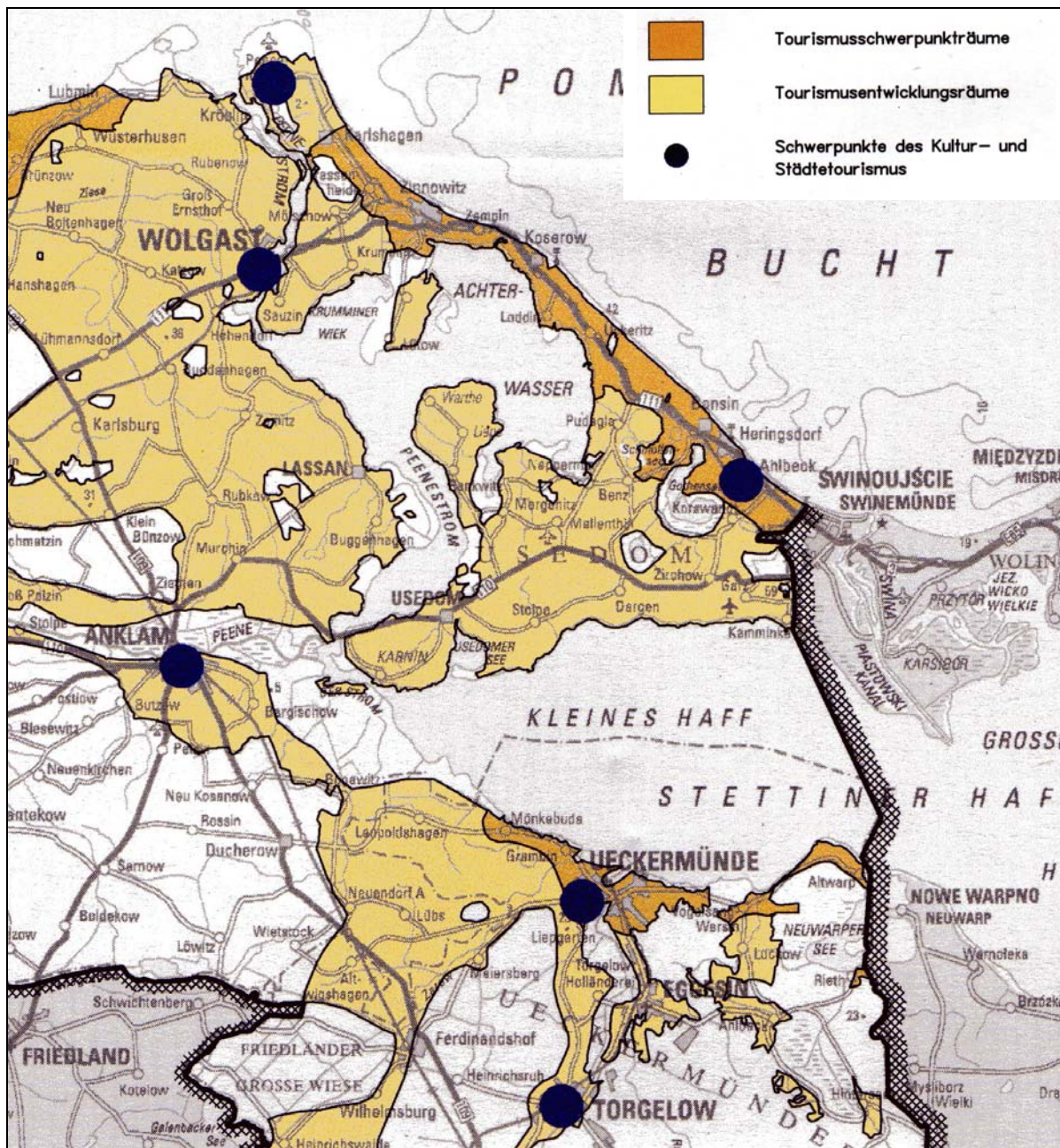


Abbildung 18: Räume für Tourismus und Naherholung (Quelle: RROP 1998, Karte 9)

Der Tourismus in der Odermündungsregion findet vor allem an den Küsten statt. Die Nähe zum Wasser ist die Grundlage für die touristische Entwicklung in Mecklenburg-Vorpommern und in der Wojewodschaft Westpommern. Die Urlauber und Besucher kommen hauptsächlich wegen der „wassergebundenen“ Aktivitäten, zudem gewinnen die „landgebundenen“ Angebote ebenfalls an Bedeutung, z.B. der Gesundheitstourismus. Die folgenden „Tourismusarten“ finden sich in der Odermündungsregion (vgl. STEINGRUBE et al. 2004, S. 25f.):

Landgebundener Tourismus:

- Beherbergungswesen (Hotels, Motels, Pensionen, Jugendheime, Ferienheime, Campingplätze),
- Kulturtourismus (Städtetourismus, Museen und Gedenkstätten, Theater und Kinos, Kultur-Events),
- Sporttourismus (Reittourismus und Pferdesport, Radwandern und Fahrradfahren, Wandern, Fliegen und Ballonfahrten),
- Gesundheitstourismus,

Wassergebundener Tourismus:

- Segeln und Motorbootfahren,
- Windsurfen und verwandte Sportarten,
- Kanu fahren und Rudern,
- Angeln,
- Tauchen,
- Fahrgastschiffahrt und Kreuzfahrten (Seebäderverkehr, Flusskreuzfahrten, Hochseekreuzfahrten),
- Traditionsschiffahrt,
- Baden (vgl. STEINGRUBE et al. 2004, S. 25-79 & RRPB WZ 2002, S. 25).

Aus den Leitlinien des RROP³² gehen neben Naturschutzaspekten vor allem wirtschaftliche Entwicklungsinteressen hervor: „Der Tourismus soll zu einem Wirtschaftszweig mit tragfähigen Erwerbsquellen und ganzjähriger Bedeutung entwickelt werden. Die Spezifik und Anziehungskraft der Tourismusregion liegt in ihrem natürlichen Potential, das gezielt nutzbar gemacht und sinnvoll durch witterungsunabhängige Angebote ergänzt werden soll“ (RROP 1998, S. 14).

4.4 Bedeutung der Thematik in der Region

Das Ergebnis der Frequenzanalyse stellt die Bedeutung der Thematik „Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus“ in der Region dar.

Die Analyse ergab 427 relevante Artikel im Zeitraum vom 1. Januar 2000 bis zum 31. Dezember 2004. Die Abbildung 19 zeigt die Anzahl der Artikel nach den Schlagwörtern.

³² Landesverordnung über die Verbindlichkeit des Regionalen Raumordnungsprogramms Vorpommern vom 29. September 1998 (GVOBl. M-V S. 833), in Kraft am 22. Oktober 1998.

Dabei wird deutlich, dass die Artikel zum Tourismus (124) weit überwiegen. Die Themen globaler Klimawandel (15) und Meeresspiegelanstieg (9) wurden - zusammen genommen (24) - genauso häufig behandelt, wie der Küstenschutz (23). Die Extremereignisse Sturmflut (17) und Hochwasser (44) erschienen relativ häufig in den Artikeln der Ostsee-Zeitung.

Demgegenüber stehen Themen, welche in der Odermündungsregion relevant, jedoch nicht direkt mit der Thematik verknüpft sind. Die meisten Artikel berichteten vom Wirtschaftszweig Fischerei (100). Über deutsch-polnische Themen (44) wurde in der Region häufiger berichtet als über Windenergie (20) oder Sportboothäfen (18). Berichte zur Ölverschmutzung (13) erschienen seltener. Mit Hilfe der „Vergleichszahlen“ ist eine Wertung der genannten Artikelzahlen möglich.

Die dargestellten Schlagwörter und Artikelzahlen der Ostsee-Zeitung zeigen, dass die aktuellen Bedürfnisse und Probleme der Odermündungsregion stärker vertreten sind als zukunftsorientierte Themen. Der Wirtschaftszweig Tourismus (124) ist u.a. neben der Fischerei (100) ein wichtiger Arbeitgeber und „Hoffnungsträger“ der Region. Die Extremereignisse Hochwasser (44) und Sturmflut (17) werden im Falle ihres Eintretens veröffentlicht, da sie stark auf die Küste einwirken sowie Schäden und Kosten verursachen. Zahlenmäßig vergleichbar sind diese mit der Artikelzahl der deutsch-polnischen Themen (44) und der Ölverschmutzung (13). Erstere waren in den Jahren 2000 bis 2004 aufgrund des EU-Beitritt Polens sehr häufig in den Medien. Zweitere verursachen ebenfalls hohe (ökologische) Schäden und Kosten. Im Vergleich dazu ist der Küstenschutz (23) als Schutz vor den Folgen der Extremereignisse relativ häufig in der Ostsee-Zeitung vertreten. Dieser ist zahlenmäßig mit den „Entwicklungsthemen“ Sportboothäfen (18) und Windenergie (20) vergleichbar. Der globale Klimawandel (15) ist in den Artikeln der Ostsee-Zeitung vertreten, jedoch finden die Auswirkungen, bspw. in Form des Meeresspiegelanstiegs (9), und deren Folgen für die Odermündungsregion wenig Berücksichtigung.

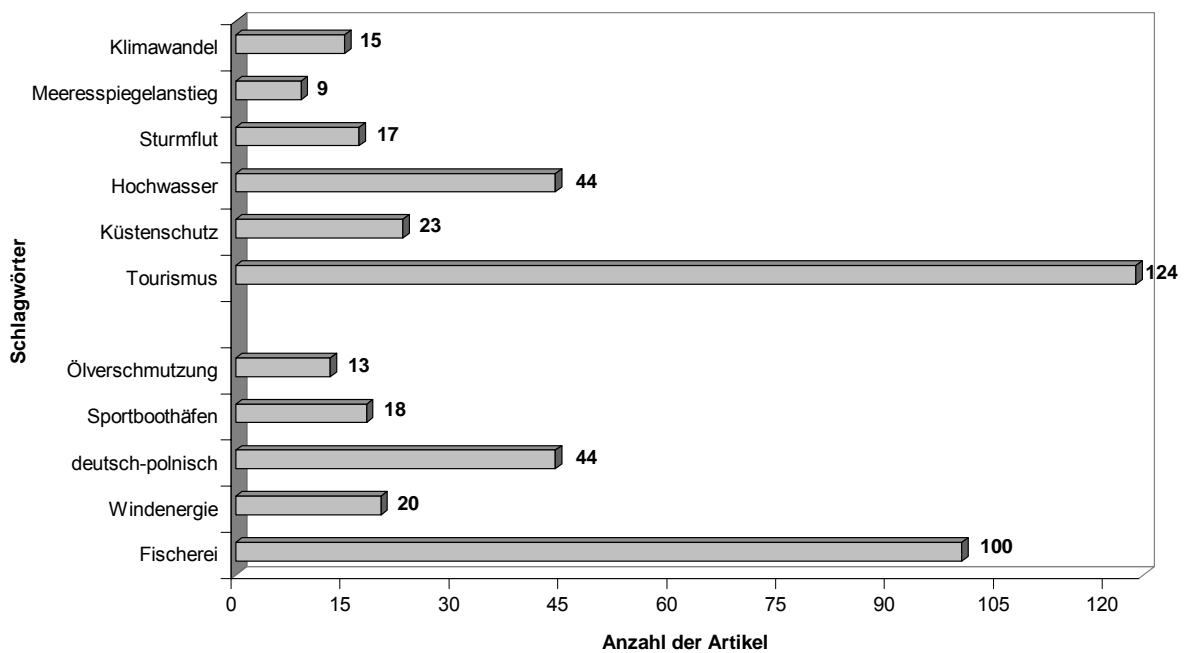


Abbildung 19: Artikel der Ostsee-Zeitung nach Schlagwörtern (Quelle: eigene Darstellung nach Archivrecherche³³)

Die Frequenzanalyse spiegelt die größere Bedeutung der ökonomisch orientierten Themen in der Region wieder. Des Weiteren wird die Bevölkerung über Sturmfluten, Hochwasserereignisse und notwendige Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen informiert. Dagegen wird den zukunftsorientierten Themen globaler Klimawandel und Meeresspiegelanstieg weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Abschließend lässt sich sagen, dass der Zusammenhang zwischen den Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion, dem Küstenschutz und dem Tourismus durch die Artikel der Ostsee-Zeitung nicht hergestellt wird.

5 Darstellung der Projekte

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht über die Projekte, welche die aktuellen Forschungsergebnisse bezüglich des Küsten- und Hochwasserschutzes und der Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion enthalten. Das Staatliche Amt für Umwelt und Natur (StAUN) Rostock, Abteilung Küste, das Staatliche Amt für Umwelt und Natur (StAUN) Ueckermünde und die Universität Greifswald waren so freundlich die Daten zur Verfügung zu stellen.

³³ <http://www.ostsee-zeitung.de/archiv.phtml>

Tabelle 6: Übersicht über die Projekte

Projekt	Inhalt	Gebiet
Grenzüberschreitender Umwelt- und Katastrophenschutz im Bereich der deutschen Landkreise Ostvorpommern, Uecker-Randow und der Hansestadt Greifswald und den polnischen Landkreisen Police, Świnoujście und der Stadt Szczecin (ARCADIS 2000)	Analyse zur Hochwassergefährdung anhand der Bemessungshochwasserstände (BHW)	Ostvorpommern, Uecker-Randow, Greifswald
Studie zum Sturmflutschutz der Stadt Ueckermünde (UmweltPlan GmbH 2000)	Integrierte Planung zur Gewährleistung des Sturmflutschutzes	Ueckermünde
Hochwasserschutz Nordusedom – Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes (ARCADIS 2005)	Erstellung einer Hochwassergefährdungsanalyse durch Simulationen mit BHW's	Nordusedom
Bemessung von Küstenschutzbauwerken an den Bodden- und Haffgewässern zwischen Strelasund und Swine (TU Dresden 2005)	Berechnung der eHW's für die Fortschreibung des Generalplans Küsten- und Hochwasserschutz 2006	Peenestrom, Achterwasser, Krumminer Wieck, Kleines Haff
“Usedom - Coastal Development and Implementation of Geo Information in a Decision Support Frame” (RÖBER et al. 2005)	Entwicklung eines Entscheidungshilfesystems	Usedom

Quelle: eigene Darstellung

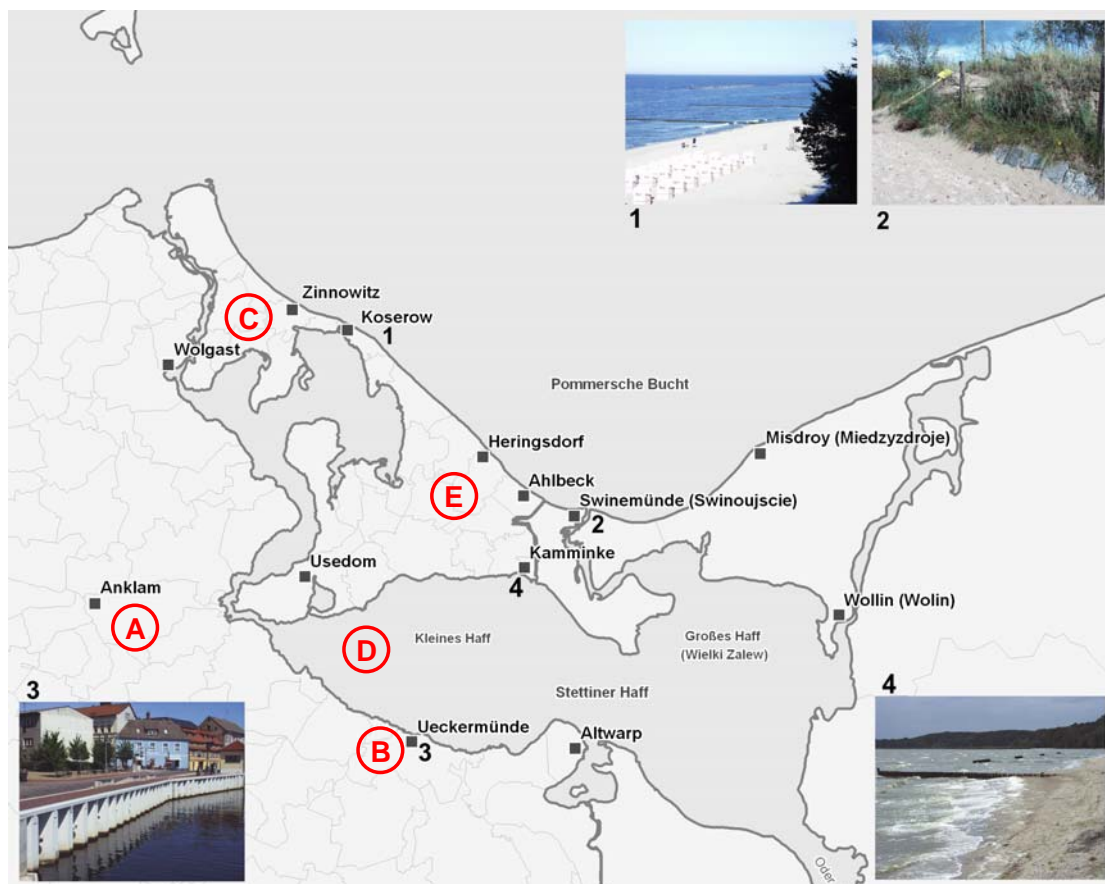


Abbildung 20: Übersichtskarte Projekte (Quelle: Map Info 2003, eigene Darstellung)

5.1 Umwelt- und Katastrophenschutz im Bereich der deutschen Landkreise Ostvorpommern, Uecker-Randow und der Hansestadt Greifswald

Im Auftrag des Landkreises Ostvorpommern erarbeitete die ARCADIS Consult GmbH im Rahmen des Projektes „Umwelt- und Katastrophenschutz im Bereich der deutschen Landkreise Ostvorpommern, Uecker-Randow und der Hansestadt Greifswald und den polnischen Landkreisen Police, Świnoujście und der Stadt Szczecin“ (A) eine Hochwassergefährdungsanalyse für das deutsche Teilgebiet.

Das Untersuchungsgebiet setzte sich aus den Landkreisen Ostvorpommern, Uecker-Randow und der Hansestadt Greifswald mit einer Küstenlänge von 450 km, davon ca. 50 km Außen- und ca. 400 km Boddenküste sowie ca. 50 km Flusslauf der Flüsse Peene, Uecker und Randow zusammen.

Die Analyse konzentrierte sich auf diese Küstenbereiche und die vorhandenen Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen. Diese wurden mittels einer Datenrecherche erfasst und bezüglich der Fähigkeit, das jeweilige Bemessungshochwasser zu kehren³⁴, ausgewertet. Dabei wurden die Deiche I. Ordnung³⁵ - die Hochwasserschutzdünen und die Ufermauern - berücksichtigt. Die Hochwasserschutzanlagen II. Ordnung - die landwirtschaftlichen Polderdeiche - wurden aus der Analyse herausgenommen, da diese zukünftig nicht mehr wirtschaftlich instandgehalten werden können.

Die Analyse ergab, dass ein Teil der Deiche I. Ordnung den Anforderungen des geltenden Bemessungshochwasserstandes nicht entsprechen. Demnach besteht für zahlreiche Ortschaften ein erhöhtes Risiko im Falle eines Hochwasserereignisses. Des Weiteren wurden Defizite in den Höhenlagen der Landanschlüsse festgestellt. Die Ufermauern hingegen entsprechen den geltenden Bemessungshochwasserständen (vgl. ARCADIS 2000).

5.2 Sturmflutschutz der Stadt Ueckermünde

Die Firma UmweltPlan GmbH führte im Auftrag des Staatlichen Amtes für Umwelt und Natur (StAUN) Ueckermünde eine „Studie zum Sturmflutschutz der Stadt Ueckermünde“ (B) durch. Das Ziel der Studie war die Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten zur Gewährleistung eines

³⁴ Im Zusammenhang mit Hochwasserschutzanlagen wird von „kehren“ gesprochen. Das bedeutet soviel wie „der Höhe des Hochwassers standhalten können“.

³⁵ Deiche I. Ordnung dienen zum Schutz von Siedlungen und teilweise landwirtschaftlichen Flächen, Deiche II. Ordnung zum Schutze ausschließlich landwirtschaftlicher Nutzflächen.

wirksamen Sturmflutschutzes für das Untersuchungsgebiet Ueckermünde. Dabei wurde eine integrierte Planung angestrebt, welche wasserwirtschaftlich-technische Anforderungen, planerische Instrumente und ökologische Aspekte mit einbezieht. Zudem erfolgte eine technische Ausarbeitung, um die notwendigen Sturmflutschutzbauwerke zu aktualisieren und deren Kosten zu ermitteln.

Die Datengrundlage ergab sich aus einer flächenhaften Analyse der wasserwirtschaftlich-technischen Anlagen und Verhältnisse (u.a. Hydrologie, BHW, Hochwasserhäufigkeit, Seegang, Wellenauflauf, wasserwirtschaftliche Anlagen), der vorhandenen und geplanten Nutzungen aus raumordnerischer, landesplanerischer und städtebaulicher Sicht (u.a. landwirtschaftliche und touristische Nutzungen und Entwicklung, Infrastruktur) sowie des Naturschutzes und der Landschaftspflege (u.a. Schutzgebiete, Entwicklungspotential).

Tabelle 7 zeigt die Ist-Höhen und die variantenabhängigen Soll-Höhen der Deiche I. Ordnung. Die Studie ergab, dass das Sturmflutschutzsystem (Ist-Höhen) der Stadt Ueckermünde den Bemessungshochwasserstand von 1,65 m über HN nicht kehren kann und sich die Stadt größtenteils im potentiellen Überflutungsbereich befindet. Demnach wurden Lösungsvorschläge in verschiedenen Maximal-, Minimal- und Sondervarianten (variantenabhängigen Soll-Höhen) erarbeitet. Die Maximalvariante fordert die Erhöhung der Sturmflutschutzbauwerke auf die Sollhöhe. Die Minimalvariante soll, durch weitgehende Beschränkung auf den Schutz von im Zusammenhang bebauten Flächen und teilweise Neutrassierung der Sturmflutschutzbauwerke, Kosten minimieren (vgl. UMWELTPLAN GmbH 2000).

Tabelle 7: Ist- und Soll-Höhen der Deiche I. Ordnung

	Polder 13	Polder Neuendorf	Polder 12	Polder 7
Ist-Höhen (Deich) in m über HN:				
Minimal	1,2	1,0	1,0	1,1
Maximal	2,6	2,1	2,1	2,15
Soll-Höhen (Deich) in m über HN:				
Minimal	2,15	2,15	2,15	2,15
Maximal	2,8	2,5	-	2,65
Kosten:				
Minimal	1.125.000	525.000	515.000	1.325.000
Maximal	2.840.000	1.358.000	535.000	1.425.000
Sondervariante	-	-	525.000	1.160.000

Quelle: UMWELTPLAN GmbH 2000, S. 11 & 33

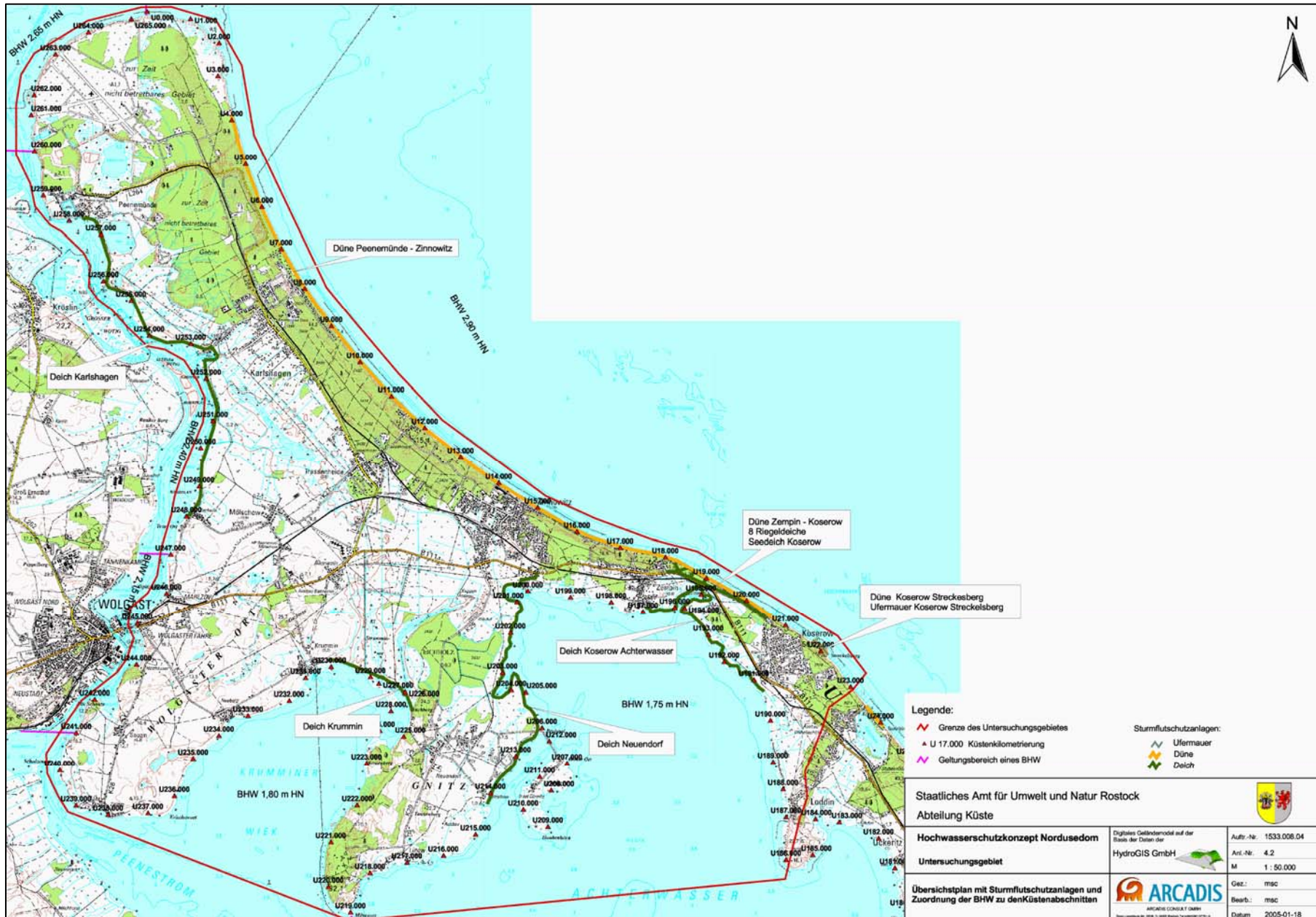
5.3 Hochwasserschutz Nordusedom

Im Auftrag des Staatlichen Amtes für Umwelt und Natur Rostock (StAUN) Abteilung Küste wurde durch die Firma ARCADIS Consult GmbH im Rahmen des Projektes „Hochwasserschutz Nordusedom“ (C) ein Hochwasserschutzkonzept für das Untersuchungsgebiet erarbeitet. Dabei wurde eine Hochwassergefährdungsanalyse für den nördlichen Teil Usedoms unter der Annahme der Bemessungshochwasserstände für die Außenküste sowie die Bodden- und Haffküste erstellt. Parallel sollte eine Möglichkeit zur Ermittlung des Schadenpotentials sowie Varianten zur Beseitigung vorhandener Defizite im Hochwasserschutzsystem des Untersuchungsgebietes gefunden werden.

Zur Darstellung der Hochwassergefährdung wurde ein digitales Geländemodell (DGM) mit Daten aus Deichvermessungen und Ortsbesichtigungen aufbereitet und mit allen Bemessungshochwasserständen der Region simulativ überflutet und auf Plausibilität geprüft. Nach Zuordnung der Bemessungshochwasserstände (BHW) zu den entsprechenden Küstenabschnitten (siehe Tabelle 4 und Abbildung 21) wurden erneut Überflutungsszenarien für jedes BHW berechnet. Dabei fanden der Wellenauflauf, die Retentionseffekte und die zeitliche Verteilung des Hochwassers keine Berücksichtigung (vgl. ARCADIS 2005).

Bei der Simulation mit dem jeweiligen Bemessungshochwasserstand waren zahlreiche Ortschaften betroffen, da teilweise zwischen 0,5 m und 1 m überstaut. Insgesamt wurden bei der Simulation 18 von 20 Ortschaften, d.h. im Zusammenhang bebauten Gebiete Nordusedoms von den Wassermassen erreicht, zahlreiche Deiche überflutet und Defizite im Schutzsystem aufgedeckt (vgl. ARCADIS 2005) (siehe Anhang VI).

Abbildung 21: Übersichtsplan mit Sturmflutschutzanlagen und Zuordnung der BHW zu den Küstenabschnitten (Quelle: ARCADIS 2005)



Legende: Grenze des Untersuchungsgebietes U 17.000 Küstenkilometrierung Geltungsbereich eines BHW Sturmflutschutzanlagen: Ufermauer Düne Deich	
Staatliches Amt für Umwelt und Natur Rostock Abteilung Küste	
Hochwasserschutzkonzept Nordesedom Untersuchungsgebiet	Digitales Geländemodell auf der Basis der Daten der HydroGIS GmbH
Übersichtsplan mit Sturmflutschutzanlagen und Zuordnung der BHW zu den Küstenabschnitten	ARCADIS <small>ARCADIS CONSULT GMBH</small> <small>HYDROGIS GMBH</small>
Autr.-Nr.: 1533.006.04 Art.-Nr.: 4.2 M 1 : 50.000	Gez.: msc Bearb.: msc Datum: 2005-01-18

5.4 Bemessung von Küstenschutzbauwerken an den Bodden- und Haffgewässern zwischen Strelasund und Swine

Im Rahmen der Fortschreibung des „Generalplans Küsten- und Hochwasserschutz Mecklenburg-Vorpommern“ erarbeitete die Technische Universität Dresden im Auftrag des Staatlichen Amtes für Umwelt und Natur (StAUN) Rostock, Abteilung Küste ein Gutachten zur „Ermittlung von Bemessungsparametern für Küsten- und Hochwasserschutzbauwerke an den inneren Küstengewässern von Mecklenburg-Vorpommern“ (D). Anhand lokaler Berechnungen von Hochwasserständen (eHW) und Seegangparametern wurden der Bemessungshochwasserstand (BHW) und der Bemessungsseegang für die Bodden- und Haffgewässer zwischen Strelasund und Swine ermittelt.

Aufgrund des dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungsgebietes werden nur die Gebiete Peenestrom, Krumminer Wieck, Achterwasser und Stettiner Haff (Kleines Haff) betrachtet.

Zur Simulation des Füllungswasserstandes für das Stettiner Haff wurde ein Geländedatenmodell erstellt. Die Wasserstandsdaten der Sturmfluten von 1995 und 2002 (gemessene und modellierte Sturmflutganglinien), der mittlere Oderabfluss von 522 m³/s und lokale Windstaueffekte wurden berücksichtigt. Dabei wurde das Eintreten des ungünstigsten Falles vorausgesetzt, d.h. maximal gefülltes Bodden- bzw. Haffgewässer zusammen mit maximalen Windstauhöhen, und alle Schutzbauten als standfest angenommen, d.h. geschützte Niederungen ausgenommen und Überflutungsflächen inbegriffen. Zur Festlegung des Bemessungshochwasserstandes und des Bemessungsseegangs wurde die erforderliche Kronenhöhe für einen 1:3-geböschten Grasdeich ermittelt. Zur Berechnung der einzelnen Parameter soll auf den Forschungsbericht verwiesen werden.

Das Gutachten ergab die errechneten maßgebenden Wasserstände, die als Empfehlung zur administrativen Festlegung der Bemessungshochwasserstände zu verstehen sind. Darin ist der säkulare Meeresspiegelanstieg enthalten. Die erforderlichen Kronenhöhen wurden aus dem Wellenauflauf, dem Windstau und dem BHW bestimmt (siehe Anhang VII) (vgl. TU DRESDEN 2005).

5.5 “Usedom - Coastal Development and Implementation of Geo Information in a Decision Support Frame”

Im Rahmen des Projektes “Sea Level Change Affecting the Spatial Development in the Baltic Sea Region“ (SEAREG) wurde das Thema “Usedom - Coastal Development and Implementation of Geo Information in a Decision Support Frame” (E) erarbeitet.

Dabei wurden mögliche sozioökonomische und ökologische Konsequenzen eines Meeresspiegelanstiegs in der Ostseeregion am Beispiel der Insel Usedom untersucht. Zusätzlich wurde ein Entscheidungshilfesystem (Decision Support Frame, DSF) für Natur- und Sozialwissenschaftler, Planungsbehörden und Entscheidungsträger entwickelt, um den Informationsaustausch zu verbessern und um wissenschaftliche Erkenntnisse praktisch umsetzen zu können. Vier sich ergänzende Teilbereiche bilden die Basis des DSF:

- Klima- und Ozeanmodellierung sowie GIS-Anwendungen im regionalen und lokalen Maßstab,
- Schadenspotentialanalyse,
- Wissensdatenbank und
- Diskussionsforum (siehe Abbildung 22).

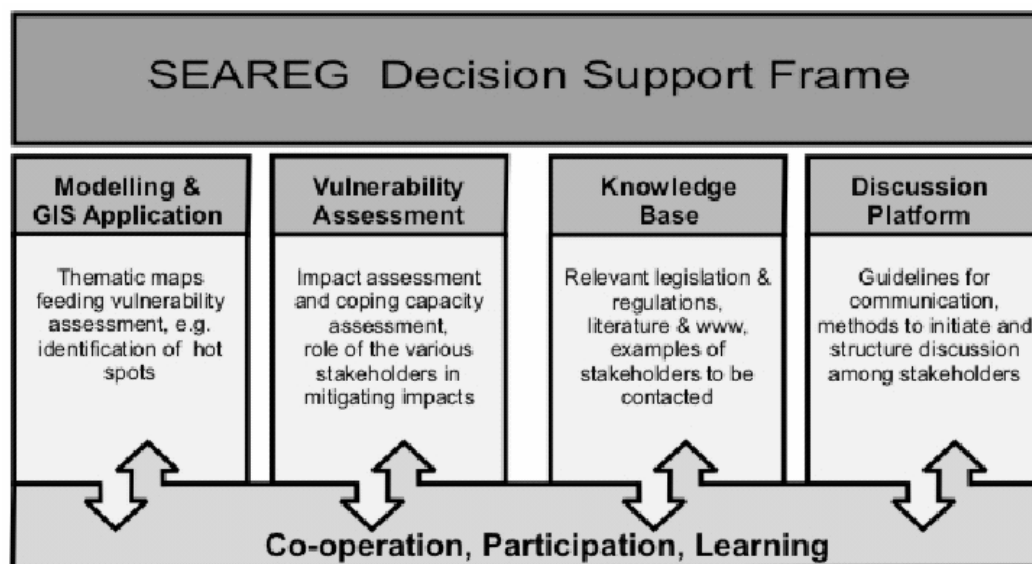


Abbildung 22: Grundstruktur des Entscheidungshilfesystems (Decision Support Frame) (Quelle: RUDOLPHI et al. 2004, S. 324)

Die GIS-Anwendungen (Modelling & GIS) wurden mit Topographie- und Nutzungsdatensätzen gespeist sowie die überflutungsgefährdeten Gebiete herausgestellt. Der Landverlust durch dauerhafte Überflutung und die durch Sturmfluten betroffenen Bereiche stehen bei der Bewertung der sozioökonomischen und ökologischen Auswirkungen

des Meeresspiegelanstiegs durch die Schadenspotentialanalyse (Vulnerability Assessment) im Mittelpunkt. Hierbei werden das sozioökonomische System und das ökologische System gekoppelt betrachtet, um abschätzen zu können, inwieweit die Region fähig ist die Folgen des Klimawandels durch Schutzmaßnahmen, Anpassung oder Nachgeben zu kompensieren (Coping Capacity). Die Datenbank (Knowledge Base) dient als Basis des Diskussionsforums und unterstützt die Schadenspotentialanalyse, indem sie umfassende Informationen zum Klimawandel und Meeresspiegelanstieg verschiedenster Medien und Formen und höchster Aktualität bereitstellt. Zur Förderung der Kommunikation und des Informationsaustausches dient das Diskussionsforum (Discussion Platform).

Um vorhersagen zu können wie sich die Küstenzone entwickelt und inwieweit die Küstenerosion die Infrastruktur beeinträchtigen wird, wurde das langfristige Verhalten der Küste modelliert. Dazu wurde der Sedimenttransport in Verbindung mit der Wellenbewegung, welche in Abhängigkeit der Windverhältnisse steht, abgeschätzt. Auf der Grundlage von Windzeitreihen und Wellenmodellen sowie tektonischer Landsenkung wurden drei Szenarien mit je einem Meeresspiegelanstieg von 25 cm (Abbildung 23), 40 cm (Abbildung 24) und 80 cm (Abbildung 25) für die nächsten 100 Jahre berechnet und das Sedimentationsverhalten kalkuliert. Dabei fanden die Küstenschutzbauten keine Berücksichtigung.

Zusammen mit geometrischen und thematischen Daten zur Region entsteht ein GIS-Tool³⁶, welches wiederum in den DSF implementiert wird. Auf dieser Basis lassen sich sowohl die Konsequenzen für die Überflutungsflächen als auch die Aufnahmefähigkeit und eine Bewertung der Gefährdung für die Insel Usedom sowie Handlungsmaßnahmen bei einem Meeresspiegelanstieg darstellen bzw. ableiten (vgl. RÖBER et al. 2005).

5.6 Zusammenfassung

Die Inhalte und Ergebnisse der Projekte stellen die Datengrundlage bezüglich der Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen und der Auswirkungen des globalen Klimawandels für diese Arbeit dar. Die verschiedenen Untersuchungsgebiete der Projekte decken zusammengenommen den deutschen Teilraum der Odermündungsregion ab.

Die Projekte (A) bis (D) wurden vom StAUN Rostock, Abteilung Küste bzw. dem StAUN Ueckermünde in Auftrag gegeben und sind im Zeitraum 2000 bis 2005 bearbeitet worden.

³⁶ Das GIS-Tool befindet sich derzeit noch im Aufbau, so dass daraus keine Ergebnisse entnommen werden können.

Dabei wurde der Landesaufgabe des Küsten- und Hochwasserschutzes nachgekommen. Die Hochwassergefährdung beim Auftreten von Extremereignissen war die Motivation. Ziel der Projekte (A) bis (C) war eine Bestandsaufnahme und Bewertung der vorhandenen Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen bezüglich der Bemessungshochwasserstände (BHW). Im Anschluss an diese Hochwassergefährdungsanalysen wurden Maßnahmen zur Beseitigung der aufgedeckten Defizite vorgestellt. In Teilen sind diese bereits umgesetzt, z.B. der Sturmflutschutz in Ueckermünde. Die Ermittlung der aktuellen BHW's für die Bodden- und Haffküste erfolgte in Projekt (D). In Projekt (E) wurden dagegen die zukünftig dauerhaft überfluteten Flächen bei unterschiedlichem Anstieg des Meeresspiegels dargestellt. Diese gehen in das Entscheidungshilfesystem (DSF) als zukünftiges Instrument der Raumplanung ein.

Trotz unterschiedlicher Problemstellungen berücksichtigten alle Projekte, direkt oder indirekt, die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion. In den Projekten (A) bis (D) wurde der säkulare Meeresspiegelanstieg in den Bemessungshochwasserständen eingerechnet. Einzig Projekt (E) betrachtet den anthropogen eustatischen Meeresspiegelanstieg und dessen Folgen.

6 Zusammenführung der Ergebnisse

Eine grenzübergreifende Betrachtung der Odermündungsregion zur Thematik des globalen Klimawandels bzw. zu den Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen liegt nicht vor. Für die Bearbeitung der Problematik in der betroffenen polnischen Region sind keine Daten verfügbar. Die Projektergebnisse beschränken sich somit auf den deutschen Teilraum des Untersuchungsgebietes.

6.1 Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels wirken sich auf die Ostsee aus. Aufgrund der Temperaturzunahme kommt es zur Wärmeausdehnung des Meerwassers und zu einem Meeresspiegelanstieg (vgl. IPCC 2100, S. 671) (siehe 2.1). Zusätzlich wird der Meeresspiegelanstieg durch die tektonischen Senkungstendenzen im Bereich der südlichen Ostseeküste, verstärkt (vgl. KFKI 2003, S. 7) (siehe 4.1). Gleichzeitig nimmt die Häufigkeit im Auftreten von Sturmfluten und Starkniederschlägen zu (vgl. BAERENS & HUPFER 1999, S. 70 & vgl. MUSKULUS & JACOB 2005) (siehe 2.3). Die Auswirkungen werden sich an den Küsten und im Einzugsgebiet des Binnenmeeres bemerkbar machen. Als ein Teil des

Ostseegebietes ist die Odermündungsregion vom Einfluss des Klimawandels ebenfalls betroffen (siehe 2.2).

6.1.1 Meeresspiegelanstieg

Im Untersuchungsgebiet vollzieht sich ein eustatischer Meeresspiegelanstieg von ca. 1,1 mm/a (vgl. DIETRICH & LIEBSCH 2000, S. 617) (siehe Abbildung 3). Die Angaben zum anthropogen eustatischen Meeresspiegelanstieg³⁷ in der Ostsee schwanken zwischen -1 cm und 88 cm bis zum Jahr 2100. (vgl. MEIER et al. 2004a, S. 171) (siehe 2.2). In den Projekten (A) bis (D) wird ein Meeresspiegelanstieg in der Berechnung der Bemessungshochwasserstände mit 15 bis 25 cm/Jh. berücksichtigt (siehe 4.2). Da dem Meeresspiegelanstieg in der Odermündungsregion kein eindeutiger Wert zugeordnet werden kann, sind die möglichen Auswirkungen im Folgenden pauschal dargestellt.

Die Küste der Odermündungsregion befindet sich im direkten Wirkungsfeld des Meeresspiegelanstiegs, da sie bereits im „Normalzustand“ landwärts verschoben und während einer Sturmflut zusätzlich stark beansprucht wird. Der Meeresspiegelanstieg führt zu einer Verschiebung der Brandungszone auf Kosten der Landseite (vgl. DIETRICH & LIEBSCH 2000, S. 617).

Ein Meeresspiegelanstieg von 50 cm³⁸ würde sich auf die Odermündungsregion sowohl ökologisch als auch sozioökonomisch auswirken. Ohne entsprechende Gegenmaßnahmen könnte zur Überflutung der küstennahen Feuchtgebiete und Niederungen kommen. Abbildung 8 zeigt die Bereiche, welche unter dem Meeresniveau liegen und potentielle Überflutungsflächen darstellen. Die Abrasions- und Akkumulationsprozesse sowohl an der Außenküste als auch an der Bodden- und Haffküste der Odermündungsregion würden sich verändern. Es ist davon auszugehen, dass sich die Abrasionsraten erhöhen und der Erosionsprozess an den Steil- und Flachküsten zunehmen würde. Davon wären insbesondere die Sandstrände und die Gebiete, welche bereits heute durch Materialverlust geprägt sind, betroffen (z.B. Streckelsberg/Usedom) (siehe 4.1). Demzufolge wäre die Stabilität der Küste im gesamten Untersuchungsgebiet zunehmend gefährdet, da die Überflutungs- und Durchbruchgefahr steigt (z.B. bei Koserow). Das eindringende Meerwasser würde zur Versalzung der Odermündung und der Grundwasservorkommen entlang des Stettiner Haffs führen (vgl. BUCHWALD 1996, S. 64).

³⁷ In diesen Werten finden die Wärmeausdehnung des Meerwassers sowie die Veränderungen der Eisflächen Berücksichtigung (vgl. IPCC 2001, S. 670).

³⁸ Der Mittelwert des Meeresspiegelanstiegs ist von MEIER et al. (2004b, S. 171) mit 48 cm bis 2100 angegeben.

Die Entwicklung der Boddenküste (siehe 4.1) ist von der Höhe des Meeresspiegelanstiegs abhängig. Ein Anstieg des Meeresspiegels würde den Abbauprozess der Flachküsten verstärken und zur Zerschneidung der Haken und Nehrungen und zur Herausbildung eines offenen Küstentyps mit vorgelagerten Inseln führen (vgl. JANKE, KLIEWE & STERR 1993, S. 137).

Die Universität Greifswald hat im Rahmen des Projektes (E) "Usedom - Coastal Development and Implementation of Geo Information in a Decision Support Frame" verschiedene Szenarien für die Insel Usedom unter Einfluss des Meeresspiegelanstiegs von 25 cm (Abbildung 23), 40 cm (Abbildung 24) und 80 cm (Abbildung 25) modelliert (siehe 5.5). Dabei sind die Flächen dargestellt die ohne Berücksichtigung der Schutzbauten je nach Höhe des Anstiegs zukünftig unter Normal Null (NN) liegen würden, d.h. dauerhaft überflutet wären. Bereits ein Meeresspiegelanstieg von 25 cm würde die Zweiteilung der nördlichen Hälfte andeuten und zur Überflutung zahlreicher Flächen im südlichen Teil der Insel Usedom führen. Dabei sollte es sich ausschließlich um ehemals vermoorte Niederungen handeln. Die etwaige Entwicklung zu einem Inselarchipel zeigt sich zunehmend bei einem Anstieg von 40 cm. Beispielsweise würde eine Verbindung zwischen Schmollensee und Achterwasser entstehen. Die Überflutung von Flächen bestehend aus Sedimentablagerungen und Grundmoränenmaterial würde bei einem Meeresspiegelanstieg von 80 cm beginnen. Die Wasserflächen der Seen im südlichen Teil könnten sich ausweiten und die Stabilität der Insel gefährden. An zahlreichen Stellen würde es zu Durchbrüchen kommen, wie im Nordbereich und bei Koserow. Insbesondere die Bodden- und Haffküsten würden sich ins Inselinnere verlagern.

Aufgrund der gemeinsamen Genese und naturräumlichen Ausstattung ist anzunehmen, dass die Folgen des Meeresspiegelanstiegs auf polnischer Seite ohne Berücksichtigung der Schutzbauten in ähnlicher Weise ausgeprägt sein würden (siehe 4.1).

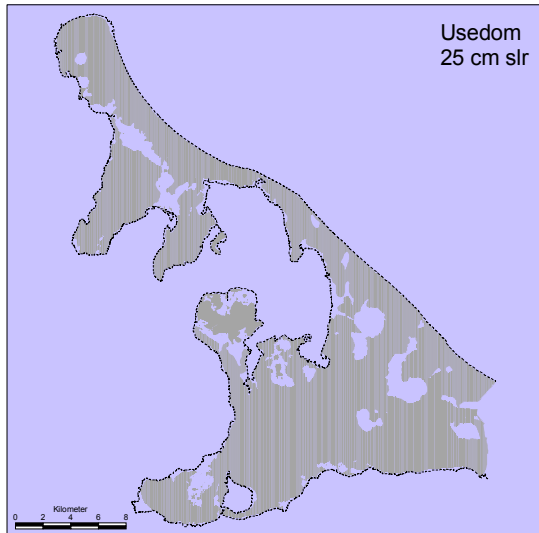


Abbildung 23: Meeresspiegelanstieg um 25 cm

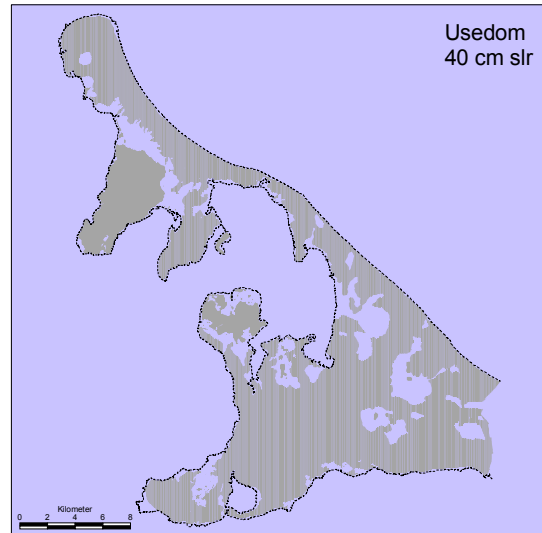


Abbildung 24: Meeresspiegelanstieg um 40 cm

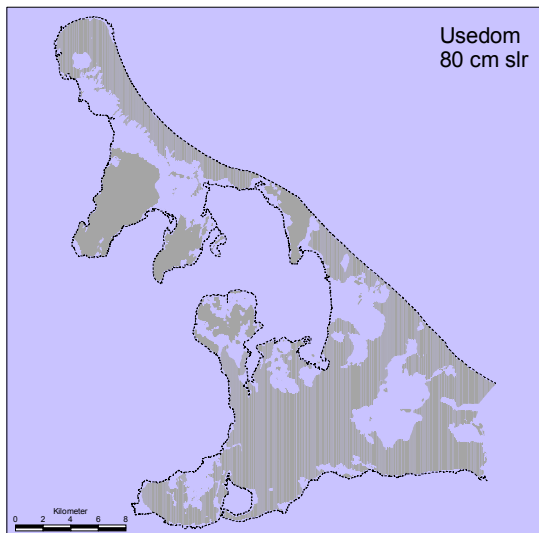


Abbildung 25: Meeresspiegelanstieg um 80 cm

Quelle: RÖBER et al. (2005)

6.1.2 Sturmfluten und Hochwasser

Aufgrund des globalen Klimawandels wird es zu häufigerem Auftreten von Sturmhochwasser an der südlichen Ostseeküste und damit in der Pommerschen Bucht kommen. Der zukünftige Meeresspiegelanstieg verstärkt die Entstehung einer Sturmflut in der Höhe des Wasserstandes (vgl. BAERENS & HUPFER 1999, S. 49 & 70) (siehe 2.2). Das häufigere Auftreten starker Westwinde verursacht einen starken Einfluss auf die sensiblen mittleren Seegangseigenschaften in Form eines veränderten Energieeintrages in die ufernahen Flachküsten (vgl. KOLAX & HUPFER 1999, S. 111 f.). Dies wird sich in einer veränderten

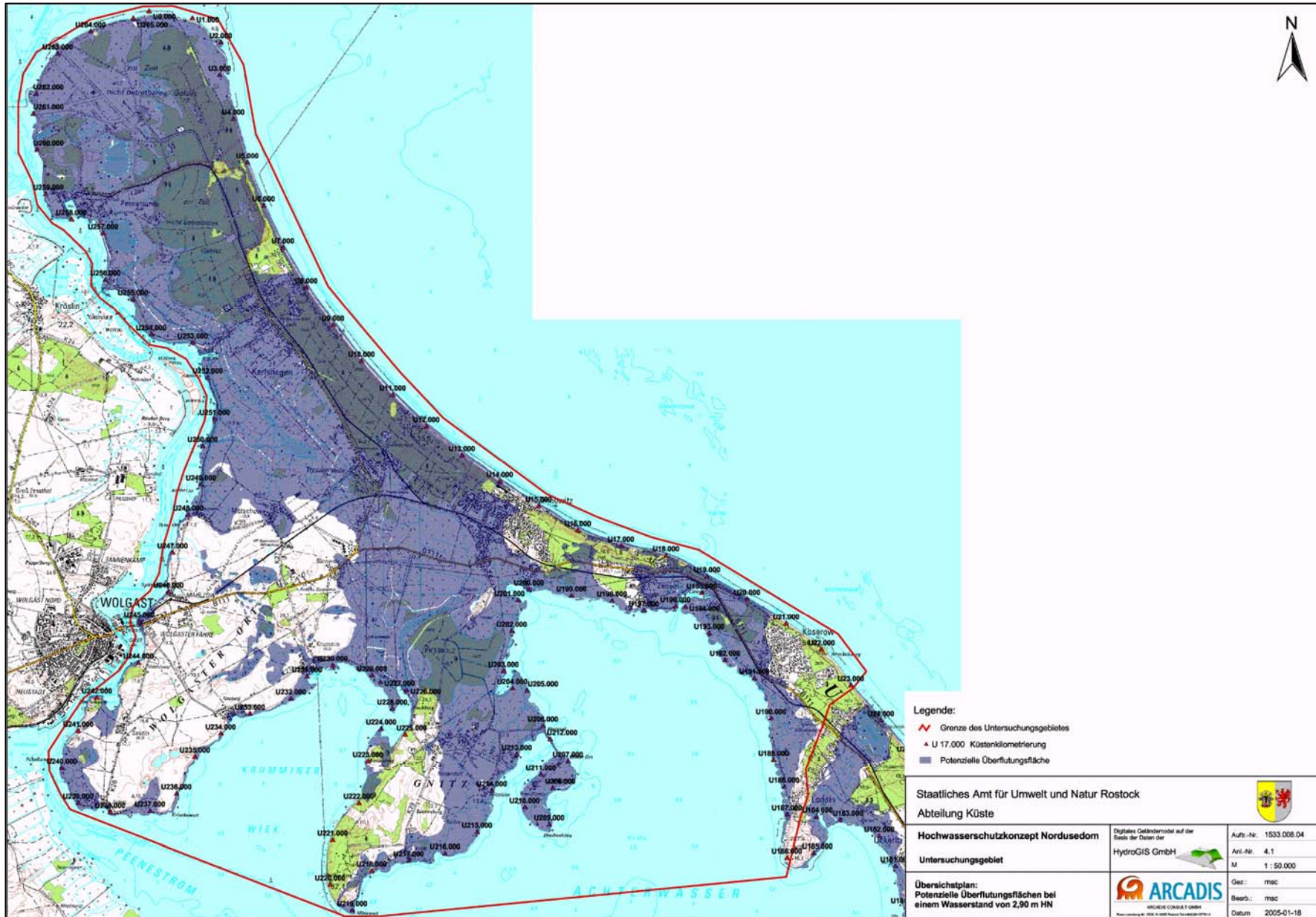
Dynamik an den Küsten der Odermündungsregion zeigen. Es könnte zu einer Verstärkung und/oder Verschiebung der, unter 4.1 aufgeführten, Ausgleichsprozesse kommen. Die Zunahme der Sturmfluthäufigkeit und -höhe würde den Abrasionsprozess (z.B. am Streckelsberg auf Usedom) verstärken und zum Küstenrückgang führen. Die kurzzeitig auftretenden hohen Wasserstände sowie der hohe Eintrag an Seegangsenergie könnten „über Nacht“ Durchbrüche im Küstensaum und Überflutungen verursachen (vgl. BECKMANN & TETZLAFF 1999, S. 74). Zusätzlich würden Schäden an den Schutzbauten entstehen.

Der Schutz vor Sturmfluten und Hochwasser war der Handlungsgrund der Projekte (A) bis (D). Um die Stabilität der Schutzsysteme bezüglich der Anforderungen dieser Extremereignisse beurteilen zu können, wurden Hochwassergefährdungsanalysen für die Gebiete Ostvorpommern, Uecker-Randow (A), Ueckermünde (B) und Nordusedom (C) durchgeführt. Dabei wurden zahlreiche Defizite in den Deichen I. Ordnung aufgedeckt. In den meisten Fällen entsprach die Höhe der Schutzbauten den Bemessungshochwasserständen (BHW) nicht, so dass für zahlreiche Ortschaften in diesen Gebieten ein Überflutungsrisiko gilt. Die in Projekt (C) „Hochwasserschutz Nordusedom“ durchgeführten Simulationen mit den jeweiligen BHW's, stellen die Folgen von Sturmflutereignissen für das Gebiet graphisch dar (vgl. ARCADIS 2000, vgl. UmweltPlan GmbH 2000 & vgl. ARCADIS 2005) (siehe 5). Abbildung 26 zeigt die potentiellen Überflutungsflächen bei einem Wasserstand von 2,90 m über HN unter Annahme des Versagens aller Schutzmaßnahmen. Diese Höhe entspricht dem Bemessungshochwasserstand der Außenküste (siehe Tabelle 4). Ein solches Ereignis würde weite Teile Nordusedoms überschwemmen. Zahlreiche Ortschaften wären überstaut, stark beeinträchtigt und deren Versorgung könnte nicht mehr gewährleistet werden. Die ökonomischen und ökologischen Schäden wären trotz Schutzbauten immens.

Die Hochwassergefährdung der Odermündungsregion würde mit dem ansteigenden Meeresspiegel weiter zunehmen. Demnach steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein derartiges Ereignis tatsächlich eintritt.

Die Ergebnisse der Hochwassergefährdungsanalysen lassen sich auf die polnische Seite des Untersuchungsgebietes übertragen da davon auszugehen ist, dass die Bemessungshochwasserstände an der Küste der Insel Wollin und am Großen Haff ähnliche Werte annehmen. Jedoch sind die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen in Polen in einem schlechten technischen Zustand und weisen unzureichende Höhen auf (vgl. RRPB WZ 2002, S. 36f.) (siehe 4.2), so dass mit schwerwiegenderen Folgen einer derartigen Sturmflut zu rechnen wäre.

Abbildung 26: Potenzielle Überflutungsflächen bei einem Wasserstand von 2,90 m über HN (Quelle: ARCADIS 2005)



- Legende:
- Grenze des Untersuchungsgebietes
 - ▲ U 17.000 Küstenkilometrierung
 - Potenzielle Überflutungsfläche

Staatliches Amt für Umwelt und Natur Rostock Abteilung Küste		
Hochwasserschutzkonzept Nordseeområde	Digitales Geländemodell auf der Basis der Daten der HydroGIS GmbH	Auftr.-Nr.: 1533.008.04
Untersuchungsgebiet		Anl.-Nr.: 4.1
		M: 1:50.000
Übersichtsplan: Potenzielle Überflutungsflächen bei einem Wasserstand von 2,90 m HN		Gez.: msc
		Bearb.: msc
		Datum: 2005-01-18

Die Zunahme der Lufttemperatur im Zusammenhang mit dem globalen Klimawandel führt zu einer Intensivierung des Wasserkreislaufs (vgl. SCHIRMER 1996, S. 25). Demnach ist mit einer Zunahme der Niederschlagsintensität zu rechnen. Weiterhin nimmt die Häufigkeit im Auftreten von Starkniederschlägen und der Vb-Wetterlage, welche zum Oderhochwasser 1997 geführt hat, zu (vgl. MUSKULUS & JACOB 2005) (siehe 2.3). Diese veränderten Faktoren wirken sich auf das Abflussregime der Oder aus und führen zu Veränderungen in der Höhe der Abflussmenge und dem saisonalen Auftreten von Hochwasserereignissen. Dies würde eine erhöhte Flusszufuhr in das Stettiner Haff und einen verstärkten Einfluss auf die Odermündungsregion nach sich ziehen.

Da es keine prognostischen Szenarien³⁹ zu den Auswirkungen des globalen Klimawandels speziell auf die Oder gibt, soll das Oderhochwasser 1997 verwendet werden, um die möglichen Folgen zu skizzieren.

Der mittlere Zufluss der Oder in das Stettiner Haff beträgt $620 \text{ m}^3/\text{s}$ mit einem mittleren Maximum von $979 \text{ m}^3/\text{s}$ im April (vgl. ARNOLD & ZIELKE 1996, S. 8). Der Scheitelwert während des Hochwassers im Juli/August 1997 betrug $3000 \text{ m}^3/\text{s}$, jedoch wären es ohne die Deichbrüche im oberen Oderlauf $5000 \text{ m}^3/\text{s}$ gewesen (vgl. BTU 2005) (siehe 4.1.3). Dieses Ereignis übte nur einen geringen Einfluss auf das Stettiner Haff aus. Jedoch hätte die Zunahme der Extremereignisse einen erhöhten Abfluss und somit einen erhöhten Wasserstand im Stettiner Haff zur Folge. Zudem könnten die dringend erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen der Schutzbauten entlang der Oder die Abführung des gesamten Hochwassers in das Haff konzentrieren. Dies würde sich auf die Stabilität der Schutzbauten sowie die überflutungsgefährdeten Flächen entlang der Odermündung auswirken. Die Überflutungsgefahr der Küsten des Stettiner Haffs, der Flussufer der Swine und der Dievenow würde zunehmen.

Der Meeresspiegelanstieg könnte die Wirkung der Hochwasserereignisse auf die Odermündungsregion noch weiter verstärken. Dessen Folgen wurden bereits unter 6.1.1 beschrieben. Das Stettiner Haff als „Puffer“ zwischen Ostsee und Oder würde im Zuge des Meeresspiegelanstiegs und der Zunahme von Sturmfluten einerseits sowie durch das veränderte Abflussregime und die häufiger auftretenden Hochwasserereignisse andererseits stärker beansprucht. Zudem könnten sich die Gegebenheiten für einen ungehinderten Abfluss im Falle eines Oderhochwassers verschlechtern. Der Zufluss der Oder könnte aufgrund erhöhter Winterniederschläge mit den ungünstigen Wind- und

³⁹ An dieser Stelle soll auf die laufende Forschungsarbeit des Max-Planck-Institutes für Meteorologie in Hamburg verwiesen werden.

Wasserstandsverhältnissen an der Außenküste zusammentreffen und somit die Überflutungsgefahr steigen.

In den Projekten (A) bis (E) wurde die Problematik des veränderten Oderzuflusses als Folge des globalen Klimawandels nicht berücksichtigt. Aus dem Entwicklungsplan der Wojewodschaft Westpommern (RRPB WZ) geht hervor, dass der Hochwasserschutz der Oder auf polnischer Seite inklusive dem Bereich der Odermündung den heutigen Anforderungen nicht gerecht wird (vgl. RRPB WZ 2002, S. 36f.).

6.2 Konsequenzen für den Küsten- und Hochwasserschutz

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion stellen erhöhte Anforderungen an die Küsten- und Hochwasserschutzbauten. Zum Schutz von im Zusammenhang bebauten Gebieten müssen die Schutzbauten dem ansteigenden Meeresspiegel und den häufiger auftretenden Extremereignissen im Laufe der Zeit angepasst werden. Die Bemessungshochwasserständen (BHW's) enthalten den Wert des säkulare Meeresspiegelanstiegs von 15 cm bis 25 cm/Jh. (vgl. MBLU 1995, S. 30). Im Untersuchungsgebiet wird ein Anstieg von maximal 88 cm bis zum Jahr 2100 prognostiziert (vgl. MEIER et al. 2004a, S. 171) (siehe 2.2).

Der Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz Mecklenburg-Vorpommern stellt die Grundlagen für alle Maßnahmen auf der deutschen Seite des Untersuchungsgebietes dar. Zur Fortschreibung des Generalplans hat die TU Dresden in dem Projekt „Bemessung von Küstenschutzbauwerken an den Bodden- und Haffgewässern zwischen Strelasund und Swine“ (D) die Bemessungshochwasserstände für die Bodden- und Haffküste u.a. der Odermündungsregion neu berechnet und danach die erforderliche Kronenhöhe der Schutzbauten (m über HN) ermittelt (siehe 5.4). Diese befinden sich größtenteils bis zu einem Meter über den Höhen der vorhandenen Schutzbauten (vgl. MBLU 1995, S. 48f. & vgl. TU DRESDEN 2005) (siehe Anhang VII). Die errechneten Kronenhöhen sind als Forschungsergebnisse zu sehen, ihre praktische Umsetzung hängt von politischen und finanziellen Entscheidungen ab.

In den Projekten (A) bis (D) fand ebenfalls der säkulare Meeresspiegelanstieg entsprechend dem Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz M-V zwischen 20 und 22 cm/Jh. (vgl. TU DRESDEN 1999, S. 49) (siehe Anhang V) Berücksichtigung. Inwieweit der Meeresspiegelanstieg in den Berechnungen der Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen

bzw. in Forschungsprojekten auf polnischer Seite einbezogen wurde, ist aufgrund von Informations- und Datendefiziten nicht zu beantworten.

Um die langfristige Sicherheit der im Zusammenhang bebauten Gebiete gewährleisten zu können, müssen die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen in der Odermündungsregion den heutigen Ansprüchen und den Auswirkungen des globalen Klimawandels angepasst werden. Aufgrund der desolaten Haushaltslage des Landes Mecklenburg-Vorpommern müssen jedoch kostengünstigere Alternativen gefunden werden.

Für die Instandsetzung des Sturmflutschutzes von Ueckermünde (B) wurden Minimal-Maximal- und Sondervarianten vorgeschlagen. Dabei unterscheiden sich die Kosten von minimal 3.490.000 Euro bis maximal 6.158.000 Euro deutlich (siehe Tabelle 8). Die Minimalvarianten konzentrieren sich auf den Schutz von im Zusammenhang bebauten Gebieten und schlagen die Aufgabe von Poldern II. Ordnung vor. Dies hätte vor allem Konsequenzen für die landwirtschaftlich genutzten Flächen (vgl. UMWELTPLAN GmbH 2000). Die Diskussion verschiedener Varianten und Alternativen ist aufgrund finanzieller Abwägungen durchaus sinnvoll.

Die aus dem Projekt „Hochwasserschutz Nordusedom“ (C) hervorgegangene Hochwassergefährdungsanalyse zeigt bei den Simulationen mit den jeweiligen BHW's zahlreiche Defizite vor allem in den Höhen der Schutzbauten auf. Auf dieser Grundlage wurde eine Schadenspotentialanalyse durchgeführt. Dabei gilt ein angemessenes Verhältnis zwischen dem möglichen Schadenspotential durch das Sturmflutereignis und den Aufwendungen für die notwendigen Schutzbauten, d.h. dass der mögliche Schaden der statistisch in einem Zeitraum von 100 Jahren eintretenden Sturmflut fünfmal so hoch ist wie die Kosten für die Schutzmaßnahmen. Die Summe der erforderlichen Beseitigung der Defizite im Sturmflutschutzsystem Nordusedoms (siehe Abbildung 27) beläuft sich auf ca. 22 Mio. Euro (vgl. ARCADIS 2005) (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Kostenzusammenstellung

Sturmflutschutzanlage	Kosten in Euro
Abriegelung Nordbereich	6.260.000
Deich Karlshagen	2.430.000
Deich Krummin	3.577.000
Deich Neuendorf	4.746.000
Deich Koserow/Achterwasser	5.325.000
Gesamtkosten	22.338.000

Quelle: ARCADIS 2005, S. 120

Im Projekt „Hochwasserschutz Nordusedom“ (C) wurde eine kostengünstige und effiziente Alternative vorgeschlagen. Der Nordbereich der Insel Usedom der Peenemünde Haken soll „abgeriegelt“ werden (siehe Abbildung 27), um von Norden eindringendes Wasser abzuhalten. Der Schutz der dort im Zusammenhang bebauten Gebieten ist dennoch gewährleistet (vgl. ARCADIS 2005).

Zusätzlich kann auf Grundlage der Überflutungsszenarien aus Projekt (E) (siehe Abbildung 23 bis Abbildung 25) mit Hilfe der Raumplanung lenkend auf die Vergabe von beispielsweise Baugenehmigungen eingegangen werden, um später entstehende Kosten für Schutzbauten oder eventuelle Schäden zu verhindern. Des Weiteren lassen sich die zukünftig notwendigen Pumpleistungen für Polderflächen berechnen sowie deren „Kosten-Nutzen-Verhältnis“ abschätzen (vgl. RÖBER et al. 2005).

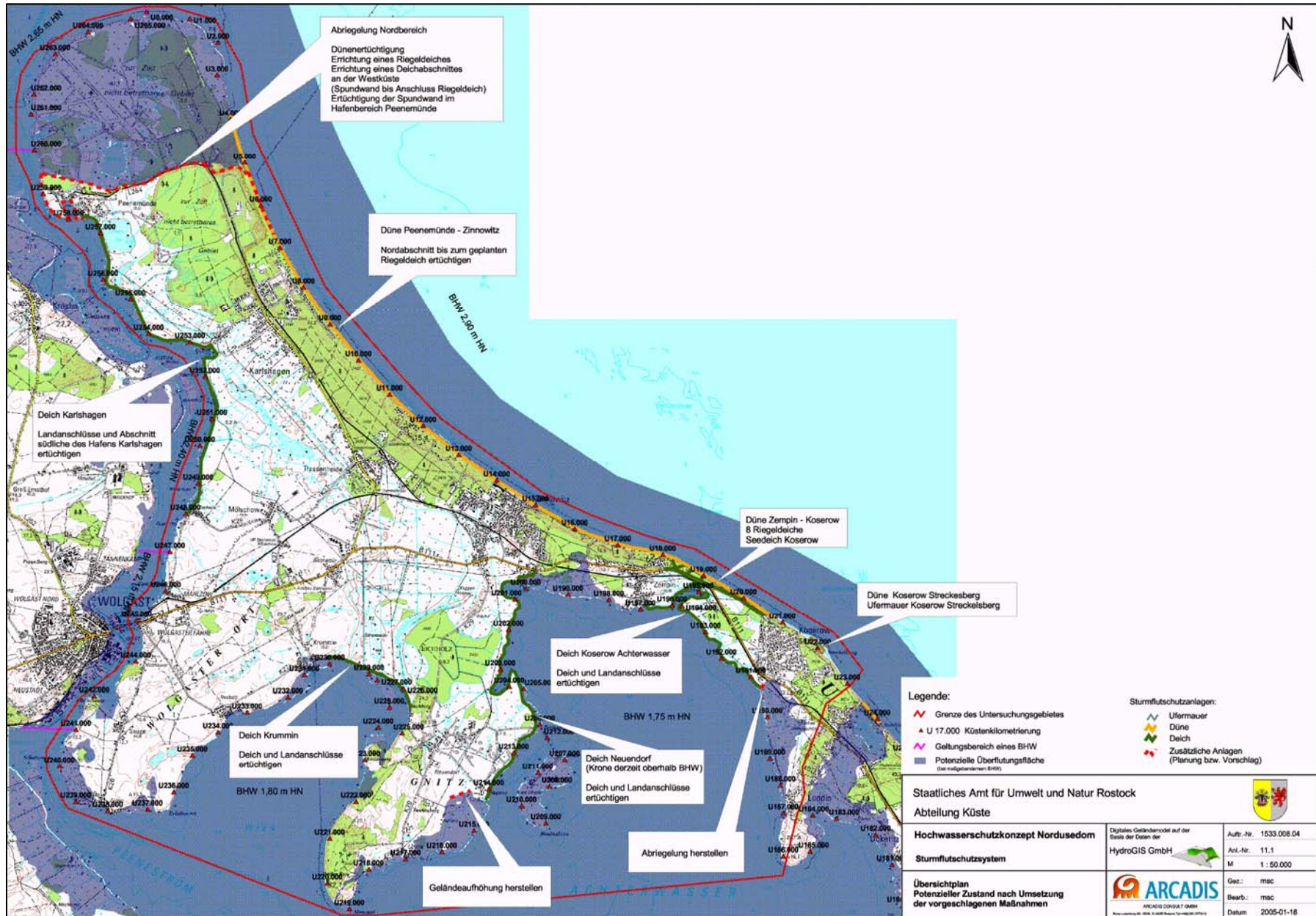
Mit dem ansteigenden Meeresspiegel und den zunehmenden Sturmflut- und Hochwasserereignissen steigen die Kosten für Erhalt, Neubau und Verstärkung der Küstenschutzanlagen. In den Jahren 1991-2004 wurden insgesamt 187,5 Mio. Euro aufgewandt (vgl. STAUN 2004).

Laut Internationaler Kommission zum Schutz der Oder vor Verunreinigungen (IKSO) (2004, S. 26f.) werden 3,6 Mrd. Euro für die Modernisierung und Instandhaltung der Hochwasserschutzbauten am gesamten Oderlauf bis 2030 notwendig sein. Gleichzeitig werden kostengünstigere Alternativen wie z.B. Entsiegelungsmaßnahmen und Ausweisung von Retentionsflächen⁴⁰ in Betracht gezogen, welche mit den Auswirkungen des globalen Klimawandels an Bedeutung gewinnen werden (siehe 4.2).

Bereits heute lässt sich erkennen, dass trotz vermehrter Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen, die Sicherung aller Gebiete in naher Zukunft nicht mehr gewährleistet werden kann. Daher bedarf es zukunftsorientierter und integrativer Entwicklungskonzepte (vgl. MBLU 1995, S. 26 f.).

⁴⁰ Retentionsflächen sind Ausbreitungsflächen bei Überschwemmungen (vgl. HOCHWASSER 2005).

Abbildung 27: Potentieller Zustand nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen (Quelle: ARCADIS 2005)



6.3 Folgen für den Wirtschaftszweig Tourismus

Der Wirtschaftszweig Tourismus in der Odermündungsregion wird sowohl von den Auswirkungen des globalen Klimawandels als auch von den notwendigen Maßnahmen des Küsten- und Hochwasserschutzes betroffen sein. Dabei ist eine absolute Trennung aus heutiger Sicht nicht möglich. Demnach folgt eine Betrachtung des Tourismus bezüglich der Folgen global klimatischer Veränderungen sowie der Wechselwirkungen mit dem Küsten- und Hochwasserschutz.

Aus der Bedeutung von Wetter und Klima für den Tourismus ergibt sich, dass die Klimaveränderungen ebenfalls einen Einfluss auf den Wirtschaftszweig haben werden. Je nach Grad und Ausmaß der Auswirkungen kann es aus touristischer Sicht zur Verbesserung oder Verschlechterung der durchschnittlichen Wetterbedingungen kommen. Beispielsweise hätte eine Zunahme der Lufttemperatur und die damit einhergehende Verlängerung der Saison einen positiven Effekt. Dagegen wirkt sich die Zunahme von Extremereignissen Sturmflut und Hochwasser negativ auf die Branche aus. Vor allem die Nähe zum Wasser als eigentlicher Standortvorteil kann infolge klimatischer Veränderungen und etwaiger Auswirkungen auf die Qualität und Quantität des Standortes negativ wirken (vgl. ABEGG 1996, S. 29-34).

Die Bedeutung des Tourismus für die Odermündungsregion wurde bereits unter 4.3 dargestellt. Eine Verlängerung der Saison würde u.a. höhere Einnahmen und Arbeitsplätze bedeuten. Dies trägt wiederum zu einer positiven Entwicklung der Region bei.

Demgegenüber stehen die negativen Auswirkungen des globalen Klimawandels. Die Karten 3 bis 5 stellen die räumlichen Wechselwirkungen zwischen dem jeweilig möglichen Meeresspiegelanstieg und den Tourismusschwerpunkträumen im Untersuchungsgebiet dar. Dabei wurden die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen nicht berücksichtigt. Die Beschränkung auf das Teilgebiet Usedom ist in der Verfügbarkeit der Daten begründet.

Auf der gesamten Insel Usedom sind im Regionalen Raumordnungsprogramm Vorpommern (RROP) Tourismusentwicklungsräume gekennzeichnet (siehe Abbildung 18) (siehe 4.3). Diese sollen als Entlastungs- und Ergänzungsgebiete zu den Hauptferienorten entwickelt und deren Beherbergungskapazitäten deutlich erweitert werden. Weiterhin wird angestrebt die vorhandenen natürlichen und kulturhistorischen Potentiale stärker zu nutzen und mit weiteren touristischen Angeboten zu ergänzen. In den Tourismusschwerpunkträumen dagegen besteht Vorrang für alle touristischen Vorhaben. Hier geht es vor allem um die Sicherung, Verbesserung und sorgsame Weiterentwicklung des Wirtschaftszweiges. An der

Südküste des Stettiner Haffs soll die Qualität des Fremdenverkehrs verbessert sowie weitere Beherbergungskapazitäten und Erlebnisbereiche geschaffen werden (vgl. RROP 1998, S. 106 & 110).

Es wird deutlich, dass bereits ein Meeresspiegelanstieg von 25 cm weitreichende Folgen für die Entwicklung des Tourismus hätte. Die „Zerschneidung“ der Landschaft würde Einschränkungen in der Nutzung und Erreichbarkeit touristischer Angebote nach sich ziehen. Aufgrund der dauerhaften Überflutung großer Flächen der Insel könnten diese für touristische Nutzung bzw. Entwicklung wegfallen. Ein Meeresspiegelanstieg von 40 cm würde in den Tourismusschwerpunktraum eingreifen, insbesondere die Strandbereiche an der Außen- und an der Innenküste verändern. Damit könnte das Gefährdungspotential der sich dort befindenden Beherbergungsstätten steigen. Die zahlreichen Durchbrüche bei einem Meeresspiegelanstieg von 80 cm würden nicht nur die Entwicklung des Tourismus, sondern zugleich die Aufrechterhaltung der vorhandenen Infrastruktur verhindern. Um diese Szenarien einzudämmen sind Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen zu ergreifen, welche die Maße der heute vorhandenen Schutzbauten weit übersteigen würden.

Die Zunahme von Sturmfluten und Hochwasser würde zusätzlich die Schutzbauten und die dahinter liegenden Flächen, insbesondere die Ostseebäder entlang der Außenküste gefährden (siehe Abbildung 26). Diese im Zusammenhang bebauten Gebiete müssen laut §83 (LWaG)⁴¹ vom Land Mecklenburg-Vorpommern gesichert werden (siehe 4.2).

Zusammengefasst steht die Entwicklung des Wirtschaftszweiges Tourismus den Auswirkungen des globalen Klimawandels gegenüber. Die Förderung des Tourismusschwerpunktraumes setzt die vorhandene Fläche, die Infrastruktur und den Schutz vor Extremereignissen voraus. Gleichzeitig nehmen die Anforderungen durch die global klimatischen Veränderungen an die Küsten- und Hochwasserschutzbauten zu, welche kostenintensiv angepasst werden müssen. Dies kann jedoch zum heutigen Zeitpunkt aufgrund der desolaten Haushaltslage des Landes Mecklenburg-Vorpommern nicht realisiert werden.

Beispielsweise fielen in den Jahren 1991-2004 40% der Aufwendungen für Küstenschutzmaßnahmen in M-V auf die Sandaufspülungen (vgl. StAUN 2004) (siehe 4.2). Diese Maßnahmen dienen vorrangig der Stabilität der Schutzbauten. Gleichzeitig gelten

⁴¹ Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) vom 30.11.1992 (GVOBl. M-V S. 669), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 17.12.2003 (GVOBl. M-V S. 2).

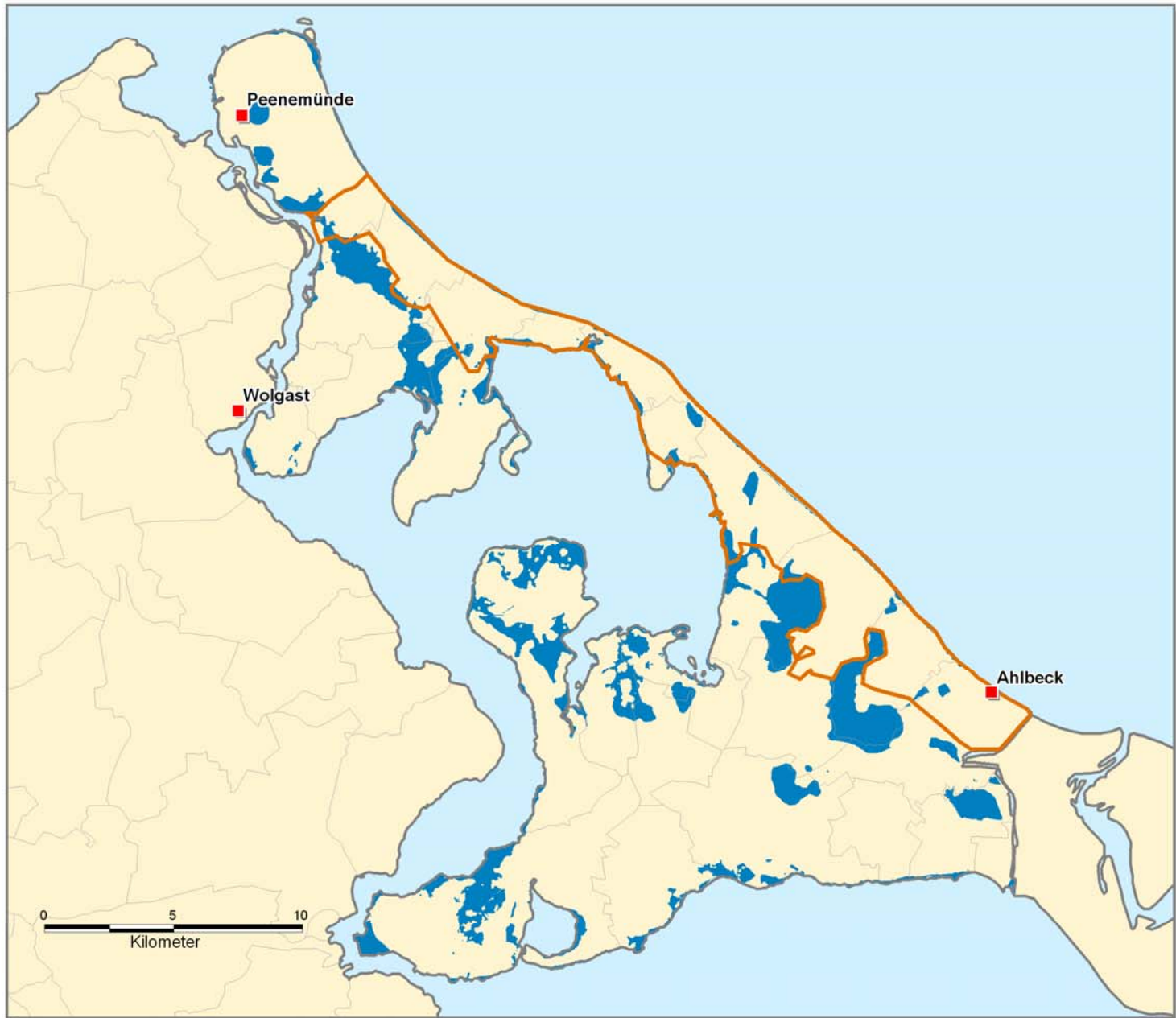
breite Sandstrände als touristisch attraktiv. Mit dem ansteigenden Meeresspiegel würde die Abrasionsrate zunehmen, so dass die Kosten für Sandaufspülungen weiter steigen und nicht mehr durchgeführt werden könnten. Dies würde den Rückgang der Sandflächen an den Stränden forcieren und die Stabilität der Schutzbauten sowie die touristische Attraktivität beeinträchtigen.

Daher müssen bereits heute Alternativen gefunden werden. Die Vorschläge der Projekte (B) und (C) beinhalten die Aufgabe der Deiche II. Ordnung um Ueckermünde und die Abriegelung des Nordbereichs der Insel Usedom (siehe 5.2 und 5.3). Abbildung 18 zeigt das Umland der Stadt Ueckermünde als Tourismusentwicklungsraum, welcher in diesem Szenario aufgrund der zunehmenden Gefährdung durch Hochwasserereignisse seine Attraktivität verlieren würde. Demnach wäre eine weiterführende Entwicklung des Tourismus in diesem Gebiet nicht möglich. Der Nordbereich der Insel Usedom ist ebenfalls als Tourismusentwicklungsraum beschrieben und beinhaltet einen Schwerpunkt des Kultur- und Städtetourismus (vgl. RROP 1998, Karte 9) (siehe 4.3). Dieser Bereich wäre je nach Szenario im Falle einer Sturmflut komplett überschwemmt (siehe Abbildung 27). Zudem wäre die Denkmallandschaft als Sehenswürdigkeit gefährdet.

Die zukünftig überfluteten Flächen würden ebenfalls die Naturschutzgebiete der Region betreffen. Als Träger wichtiger Erholungsfunktionen sind sie für die Erhaltung und die Entwicklung des Tourismus überaus bedeutend. Vor allem die Feuchtbiotope, wie z.B. der Gothensee auf Usedom und das Peenetal-Moor, wären vom Meeresspiegelanstieg betroffene bzw. überflutungsgefährdete Flächen (siehe Karte 5 & Abbildung 8). Demzufolge müsste mit Veränderungen dieser Biotope und ihrer Biodiversität gerechnet werden. Beispielsweise gehen ökologisch wertvolle Moore bei Überflutung verloren und stehen somit als Lebens- und Erholungsraum nicht mehr zur Verfügung. Gleichzeitig würden zahlreiche Arten, wie z.B. bestimmte Vögel, als Bestandteil des Ökosystems, aber auch als touristische Attraktion (Naturschauspiel Vogelzug) verschwinden. Wiederum könnten sich durch den Wandel und in Abhängigkeit der Schutzmaßnahmen parallel neue Biotope mit anderer Charakteristik und Biodiversität entwickeln.

Anzunehmen ist, dass sich die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen aus Kostengründen zukünftig auf die im Zusammenhang bebauten Gebiete konzentrieren werden. Die touristische Infrastruktur wäre in den Ortschaften nicht gefährdet. Jedoch könnte die zukünftige Entwicklung des Tourismus (z.B. Bau von Beherbergungsstätten) im Umland eingeschränkt sein. Zusätzlich würde sich das naturräumliche Potential der Landschaft und die Zugänglichkeit bei dauerhaft überfluteten Flächen verändern. Der eventuelle Verlust an Aktivitätenraum und an Land- und sonstigen Eigentumswerten würde sich auf die

touristischen Umsätze, die Arbeitsplätze und letztlich auf das Steueraufkommen der Region auswirken (vgl. ABEGG 1996, S. 35f.).



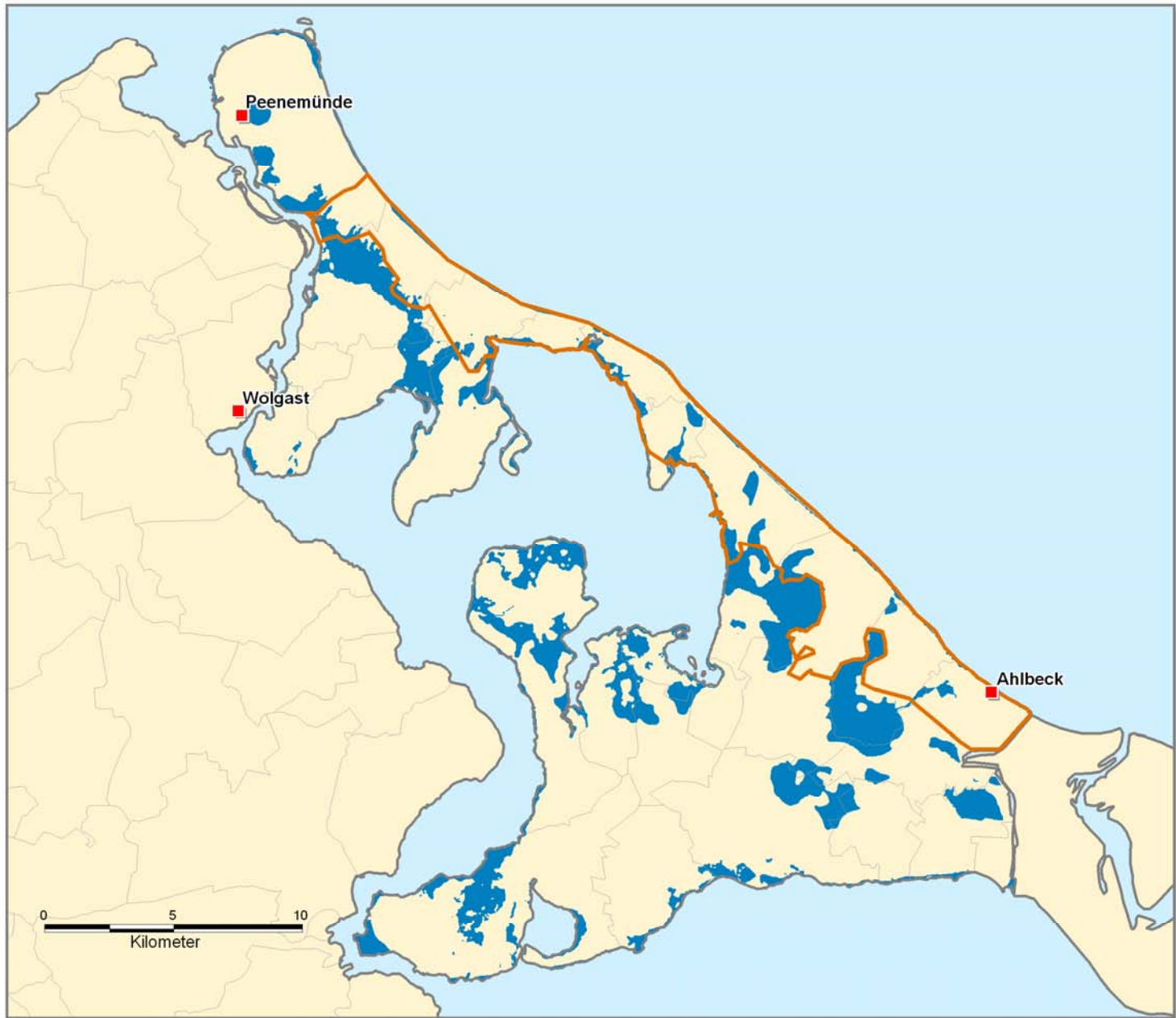
Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus

**Karte 3:
Flächen zukünftig unter NN
im Untersuchungsgebiet
- 25 cm-Prognose -**

- Gemeindegrenze (Deutschland) oder Landkreisgrenze (Polen)
- Staatsgrenze
- Fläche zukünftig unter NN
- ▭ Tourismus-schwerpunktraum
- Schwerpunkte des Kultur- und Städtetourismus

Grundlagen:

Staats-, Bezirks- und Gemeindegrenzen:
MapInfo Vektorkanten 2003
Tourismusregionen und -orte: RROP 1998
Überflutungsflächen: Röber et al. 2005

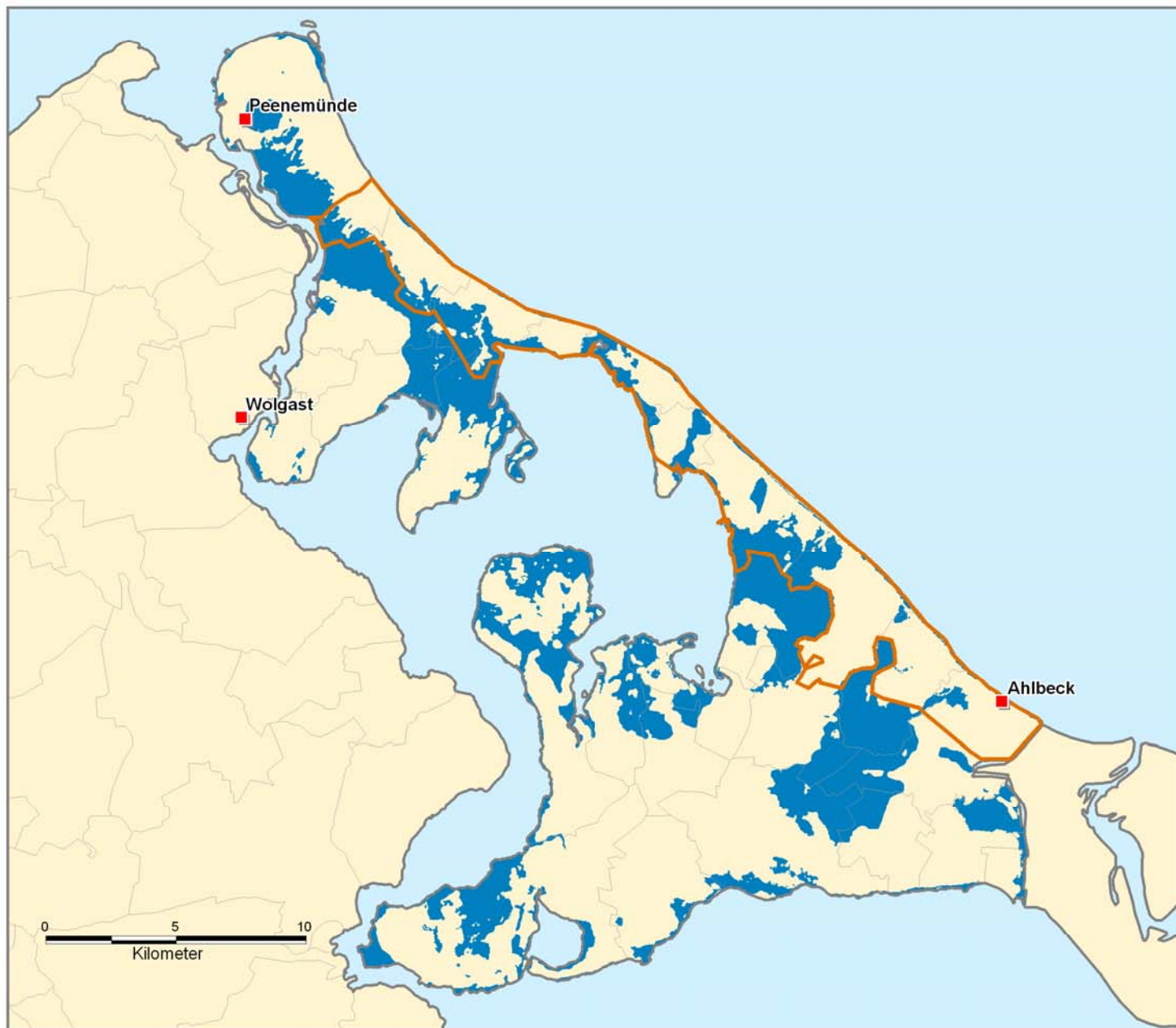


Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus

**Karte 4:
Flächen zukünftig unter NN
im Untersuchungsgebiet
- 40 cm-Prognose -**

- Gemeindegrenze (Deutschland) oder Landkreisgrenze (Polen)
- Staatsgrenze
- Flächen zukünftig unter NN
- ▭ Tourismusschwerpunktraum
- Schwerpunkte des Kultur- und Städtetourismus

Grundlagen:
Staats-, Bezirks- und Gemeindegrenzen:
MapInfo Vektorkanten 2003
Tourismusregionen und -orte: RROP 1998
Überflutungsflächen: Röber et al. 2005



Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus

**Karte 5:
Flächen zukünftig unter NN
im Untersuchungsgebiet
- 80 cm-Prognose -**

- Gemeindegrenze (Deutschland) oder Landkreisgrenze (Polen)
- Staatsgrenze
- Flächen zukünftig unter NN
- ▭ Tourismus-schwerpunktraum
- Schwerpunkte des Kultur- und Städtetourismus

Grundlagen:

Staats-, Bezirks- und Gemeindegrenzen:
MapInfo Vektorkanten 2003
Tourismusregionen und -orte: RROP 1998
Überflutungsflächen: Röber et al. 2005



Humboldt-Universität zu Berlin
Geographisches Institut
Physische Geographie
Rudower Chaussee 16
12489 Berlin

6.4 Wechselwirkungen

Die Sensitivitätsmatrix (vgl. IKZM-D 2005) (siehe Tabelle 9) soll zur Darstellung der Wechselwirkungen zwischen „küstenschutz-, tourismus- und regionsrelevanten“ Faktoren dienen. Diese sind jeweils themenbezogen heraus gewählt und in einer Matrix gegenübergestellt worden. Die Wirkung eines einzelnen auf einen anderen Faktor wurde subjektiv von der Autorin mit 0 (gar nicht), 1 (gering), 2 (mittel) und 3 (stark) bewertet. Dabei wird anhand der Summe der Zählerpunkte die Vielzahl der Wirkung deutlich.

Die Extremereignisse Sturmflut/Hochwasser (31) und der Meeresspiegelanstieg (29) haben eine starke Wirkung auf alle anderen Faktoren. Da der Meeresspiegelanstieg eine Auswirkung des globalen Klimawandel ist, wird dieser von keinem der aufgeführten Parameter beeinflusst (0). Die Extremereignisse (10) hingegen werden vom Meeresspiegelanstieg verstärkt und von den Schutzbauten in ihrem Ausmaß eingeschränkt.

Die Kosten für Schutzbauten haben nur einen geringen Einfluss auf andere Faktoren (8) werden jedoch von denen - vor allem von den Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen - verursacht (23). Der Faktor Strand (20) wirkt sich auf den Tourismus und die Region (21) aus und wird von den „küstenschutzrelevanten“ Themen wie z.B. Strandaufspülungen beeinflusst. Das Image der Region (39) zeigt sich als besonders stark abhängig von den anderen Faktoren (u.a. Schutz vor Extremen, Badewasserqualität und Landschaft).

Die Wirkung der „küstenschutzrelevanten“ Parameter auf die „tourismusrelevanten“ insgesamt ist durch das gelbe Feld markiert. Das blau markierte Feld stellt die Wirkung der „tourismusrelevanten“ Faktoren auf die „küstenschutzrelevanten“ dar. In der Summe der Punkte wird deutlich, dass der Küstenschutz (49) mehr Wirkung auf den Tourismus (14) ausübt als andersherum. Gleichzeitig beeinflusst der Tourismus die Region (40), ist aber auch von dieser abhängig (24). Die „küstenschutzrelevanten“ Themen sind für die Region bedeutend (29), umgekehrt besteht jedoch eine sehr geringe Wirkung (9).

Tabelle 9: Sensitivitätsmatrix

Wirkung von → auf ↓		„küstenschutzrelevant“							„tourismusrelevant“					„regionsrelevant“				Σ	
		Meeresspiegelanstieg	Sturmfluten/Hochwasser	Überflutungsflächen	Deiche, Buhnen etc.	Sandaufspülungen	Kosten für Schutzbauten	Schutz vor Extremen	Infrastruktur	Strand	Badwasserqualität	Beherbergungsstätten	Landschaft	Freizeitangebote	Arbeitsplätze	Einwohnerzahl	Raumplanung		Image
„küstenschutzrelevant“	Meeresspiegelanstieg	X	3	3	3	3	3	2	2	3	0	1	1	1	0	0	3	1	29
	Sturmfluten/Hochwasser	0	X	3	3	3	3	3	2	3	1	1	2	2	0	0	3	2	31
	Überflutungsflächen	0	3	X	1	0	2	3	2	0	0	1	2	2	0	0	3	1	20
	Deiche, Buhnen etc.	0	3	0	X	0	3	3	2	1	0	2	2	2	0	1	1	2	22
	Sandaufspülungen	0	1	0	1	X	3	1	0	3	2	0	0	2	0	0	0	2	15
	Kosten für Schutzbauten	0	0	0	0	0	X	3	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	8
	Schutz vor Extremen	0	0	0	0	0	3	X	2	0	0	2	0	2	0	3	0	3	15
„tourismusrelevant“	Infrastruktur	0	0	0	0	0	0	0	X	1	1	3	3	3	3	1	2	3	20
	Strand	0	0	0	1	0	2	2	2	X	2	3	3	2	0	1	0	3	21
	Badwasserqualität	0	0	0	0	0	0	0	0	3	X	3	0	2	1	1	0	3	13
	Beherbergungsstätten	0	0	0	0	2	2	3	3	1	1	X	1	3	3	1	0	3	23
	Landschaft	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	3	X	3	1	2	2	3	18
	Freizeitangebote	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	3	2	X	3	1	0	3	17
„regionsrelevant“	Arbeitsplätze	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	X	3	2	3	10
	Einwohnerzahl	0	0	0	0	0	2	3	3	2	2	0	1	0	3	X	3	3	22
	Raumplanung	0	0	0	3	1	0	0	3	0	0	1	3	0	1	1	X	2	15
	Image	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	3	3	1	X	13
Σ		0	10	6	12	9	23	25	26	20	11	26	21	26	18	18	22	39	

Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

7 Diskussion

Die gewonnenen Ergebnisse dieser Arbeit werden im Folgenden kritisch betrachtet, diskutiert und anschließend im Fazit zusammenfassend dargestellt. Auf dieser Basis werden im Anschluss Handlungsempfehlungen bezüglich der Auswirkungen des globalen Klimawandels für die Odermündungsregion gegeben.

Die Frequenzanalyse zeigt, dass ein Aufklärungsbedarf der Bevölkerung bezüglich der Thematik dieser Arbeit besteht. Es fehlt vor allem eine integrative Betrachtungsweise der Auswirkungen des globalen Klimawandels. Zudem sollten die absehbaren Folgen für die Region und die dort lebenden Menschen veröffentlicht und zur Diskussion gestellt werden.

Es handelt sich dabei um quantitative Ergebnisse und nicht um qualitative Aussagen. Eine intensive Befragung der regionalen Bevölkerung würde demnach Informationen zur Wahrnehmung des globalen Klimawandels und dessen Auswirkungen auf die Odermündungsregion hervorbringen. Interessant wäre ebenfalls eine Befragung von Akteuren des Tourismus zu den Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen unter dem Aspekt der global klimatischen Veränderungen und Anforderungen.

Gleichzeitig muss sich mit der grenzübergreifenden Forschung beschäftigt und die verschiedenen Institutionen und Ergebnisse zusammengeführt werden. In Polen besteht im Zuge des EU-Beitritts dringender Nachholbedarf in der Informationsgewinnung und –bereitstellung. Dennoch wird in dieser Arbeit deutlich, dass die Forschungsergebnisse zum Klimawandel auf globaler Ebene durchaus Anwendung finden und auf überregionale (Ostsee) und regionale (Insel Usedom) Ebenen übertragen werden. Dies sollte auf die polnische Seite ausgeweitet werden.

Laut des "Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC) erhöht sich der globale Meeresspiegel zwischen 9 cm und 88 cm bis zum Jahr 2100. Für die südliche Ostseeküste wurden durch das "Swedish Meteorological and Hydrological Institutes" (SMHI) Werte zwischen –1 cm und 88 cm bis zum Jahr 2100 modelliert (vgl. MEIER et al. 2004a, S. 171). Die Universität Greifswald rechnet mit einem Anstieg im Bereich der Insel Usedom von 25 cm, 40 cm bis 80 cm in den nächsten 100 Jahren (vgl. RÖBER et al. 2005).

Die Werte resultieren aus verschiedenen Szenarien und Ausgangsdaten. Die Angaben des IPCC gelten für den globalen Meeresspiegelanstieg und basieren auf insgesamt 40 Szenarien welche unterschiedlichen Entwicklungen im sozialen, ökonomischen und ökologischen Bereich beinhalten (siehe 2.1). Neben der Wärmeausdehnung des

Meerwassers, den Veränderungen der Eisflächen und der Permafrostbereiche sind die Effekte von Sedimentablagerungen berücksichtigt worden (vgl. IPCC 2001, S. 527 & 671).

Die Werte des SMHI wurden auf Basis der IPCC-Daten für die gesamte Ostsee ermittelt und beinhalten zusätzlich die tektonischen und isostatischen Ausgleichsbewegungen (siehe 2.2). MEIER et al. (2004b, S. 171) gehen von einer Landhebung im Bereich der südlichen Ostseeküste aus, so dass sich für den „lower case“ ein Rückgang des Meeresspiegels (-1 cm bis 2100) abzeichnet. Dagegen stehen die verbreiteten Forschungsergebnisse welche für eine Landsenkung und eine Verstärkung des Meeresspiegelanstiegs in dieser Region sprechen (u.a. KFKI 2003, S. 7) (siehe 4.1). In Anlehnung an die SMHI-Daten modellierte die Universität Greifswald die Szenarien für die Insel Usedom mit einem Meeresspiegelanstieg von 40 cm und 80 cm. Zusätzlich wurde der Wert von 25 cm hinzugezogen. Neben den global klimatischen Veränderungen und deren Folgen sind die Absenkbewegungen und die Windverhältnisse eingerechnet (vgl. RÖBER et al. 2005) (siehe 5.5).

Die angegebenen Werte weisen eine große Spannweite auf. Es ist aus heutiger Sicht weder möglich den genauen Verlauf des globalen Klimawandels vorherzusagen noch einen Wert für den Meeresspiegelanstieg festzulegen. Dabei kann es sich um einen langwierigen Prozess handeln oder eine plötzliche Veränderung eintreten. Hinzu kommen die zahlreichen Faktoren welche in unterschiedlicher Art und Weise in den Prognosen Berücksichtigung finden. Der aufeinander aufbauende Charakter der einzelnen Prognosen ist als positiv zu bewerten. Allerdings sollte sich im Bereich der südlichen Ostseeküste auf Landhebung bzw. –senkung geeinigt werden. Der höchste Meeresspiegelanstieg liegt bei allen Prognosen bei 80/88 cm bis 2100, so dass dieser als maximaler Wert gesehen werden kann.

Grundsätzlich ist bei der Beurteilung der Folgen des Meeresspiegelanstiegs und der zunehmenden Sturmfluten- und Hochwassereignisse zu beachten, dass die Szenarien auf theoretischen Berechnungen beruhen und sich in der Praxis höchstwahrscheinlich abgewandelt auswirken werden. Der natürliche Ablauf lässt sich nicht in all seinen Facetten simulieren. Dafür ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens, das Maß des Auftretens, die Wirkung der Schutzbauten und der natürlichen Gegebenheiten zu differenziert. Gleichzeitig variieren die Auswirkungen je nach Region und deren Expansion, naturräumlichen Ausstattung, vorhandenem Schutzsystem, aktuellen Nutzungen usw. in der Küstenzone.

Zudem zieht ein langsam ansteigender Meeresspiegel andere Konsequenzen nach sich, als ein kurzzeitig heftig auftretendes Sturmhochwasser. Auf das erst genannte Ereignis kann sich die Region einstellen und Maßnahmen ergreifen, um den Verlust von Menschenleben und Sachwerten zu vermeiden. Einer Sturmflut lässt sich nur bedingt entgegenwirken.

Die Unsicherheit in der Forschung schlägt sich ebenfalls in Form von Skepsis und Ignoranz in der Praxis nieder. Zudem gestaltet es sich als schwierig den heute tätigen Akteuren die Brisanz eines „im Jahre 2100 eintretenden“ Ereignisses zu verdeutlichen. Letztlich muß mit verschiedenen Szenarien gearbeitet und anhand derer Aufklärungsarbeit geleistet werden.

Die Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs wurden im Projekt (C) „Hochwasserschutz Nordusedom“ dargestellt, allerdings ohne Berücksichtigung der vorhandenen Schutzbauten. Demnach könnte sich die zukünftige Entwicklung der Region teilweise anders gestalten. Dennoch gilt es, diese Szenarien als „worst case“ anzunehmen und darauf zu reagieren (siehe Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25).

Die Zunahme der Nordostwinde verursacht - verstärkt durch den Meeresspiegelanstieg - eine Zunahme der Sturmflutereignisse an der südlichen Ostseeküste (vgl. BAERENS & HUPFER 1999, S. 49) (siehe 2.2). Hierbei handelt es sich ebenfalls um errechnete „Trendprognosen“ welche keine genauen Angaben zu der Häufigkeit und der Höhe der zukünftigen Sturmflutereignisse und dessen Auswirkungen zulassen, zumal diese ebenfalls von der Höhe des Meeresspiegelanstiegs abhängen.

In den Projekten „Umwelt- und Katastrophenschutz im Bereich der deutschen Landkreise Ostvorpommern, Uecker-Randow und der Hansestadt Greifswald“ (A), „Sturmflutschutz der Stadt Ueckermünde“ (B), „Hochwasserschutz Nordusedom“ (C) und „Bemessung von Küstenschutzbauwerken an den Bodden- und Haffgewässern zwischen Strelasund und Swine“ (D) wurde der säkulare Meeresspiegelanstieg in den jeweiligen Untersuchungsgebieten von 20 cm bis 22 cm/Jh. (vgl. TU DRESDEN 1999, S. 49) berücksichtigt.

Die Motivation fast aller Projekte waren die Sturmflut- und Hochwasserereignisse. Für die Bemessung der Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen im Untersuchungsgebiet sind die Sturmfluten von 1872 und 1913 maßgebend. Die zunehmende Sturmfluthäufigkeit und -höhe wird jedoch nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der Bemessungshochwasserstände (BHW) sowie die Bestimmung der Höhe der Schutzbauten gilt als „schwarze Kunst“. Weder ist nachvollziehbar wie die Werte des säkularen Meeresspiegelanstiegs zahlenmäßig zustande kommen, noch ob die Sturmfluten von 1872 und 1913 wirklich die höchsten in dieser Region waren/sind. Darüber hinaus ist der Zusammenhang zwischen den notwendigen Kronenhöhen und den BHW's rein rechnerisch nicht erfassbar, da die praktische Umsetzung vom Grad der Notwendigkeit

sowie politischen und finanziellen Entscheidungen abhängt. Oftmals wird erst reagiert wenn „was passiert ist“ und die Notwendigkeit bewiesen worden ist. Die Umsetzung aller notwendigen Maßnahmen (siehe Abbildung 27) aus Projekt (C) wird trotz der verhältnismäßig moderaten Summe von ca. 22 Mio. Euro vorerst nicht erfolgen. Die „Konkurrenz“ durch andere Investitionen des Landes Mecklenburg-Vorpommern ist zu groß. Kommt es im September zu einem Regierungswechsel liegen die Prioritäten wieder woanders. Zahlreiche „Kosten-Nutzen-Diskussionen“ werden folgen und mit der Tatsache enden, dass es keinen 100%igen Schutz vor Naturereignissen gibt.

Verbunden damit sollte abgewogen werden wieviel Kosten der Erhalt touristischer Infrastruktur verursachen darf, um für die Region wirklich rentabel zu sein? Um zukünftige Kosten für Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen zu vermeiden muss bereits heute lenkend eingewirkt werden. Die Ausdeichung bestimmter Gebiete ist ebenfalls sinnvoll, um den Druck auf die besiedelten Gebiete zu verringern. Die Entwicklung des Wirtschaftszweiges Tourismus ist auf die existierenden Schwerpunkträume zu konzentrieren, um die Kosten für das Land Mecklenburg-Vorpommern auf lange Sicht einzudämmen und den Schutz aller Ortschaften gewährleisten zu können. Auf den Bau touristischer Infrastruktur (z.B. Ferienwohnungen und Hotels) in überflutungsgefährdeten Gebieten bzw. im unmittelbaren Küsten- oder Strandbereich sollte verzichtet werden, da es die Erfüllung ihrer Funktion nicht einschränkt (vgl. RPVV 2005, S. 75).

Die Bedeutung des Tourismus für die Region wurde in der Sensitivitätsmatrix nochmals verdeutlicht. Parallel konnte die Wirkung des Küstenschutzes für die Region und auf den Tourismus herausgestellt werden. Dies wird sich mit den Auswirkungen des globalen Klimawandels verschärfen. Eine Küstenregion wie die Odermündungsregion lebt vom Tourismus, kann jedoch ohne den Schutz vor Extremereignissen nicht existieren. Demnach sollte der Fokus des Handels auf den Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen liegen. Vor dem Hintergrund der steigenden Anforderungen können diese aus technischen und ästhetischen Gründen nicht unbegrenzt erweitert werden. Schlussfolgernd müssen unterstützende Lösungen gefunden werden.

7.1 Fazit

Die Küste der Odermündungsregion befindet sich im direkten Wirkungsfeld eustatischer, isostatischer, klimatologischer sowie sedimentologischer Veränderungen. In welchem Maße und in welchem Zeitraum sich diese Veränderungen vollziehen ist aus heutiger Sicht nicht vorhersagbar. Dennoch wird es einen Meeresspiegelanstieg und eine Zunahme der Sturmflut- und Hochwasserereignisse geben, welche vielfältige Auswirkungen auf das gesamte Untersuchungsgebiet haben werden.

Diese Entwicklung zieht ebenfalls Konsequenzen für die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen in der Region nach sich. Diese beinhalten den Scheitelwert der höchst gemessenen Sturmflut und berücksichtigen in Form des säkularen Meeresspiegelanstiegs von 15 cm bis 25 cm/Jh. die Auswirkungen des globalen Klimawandels. Dabei ist fraglich ob die zugrunde liegenden Werte der Bemessungshochwasserstände die zukünftige Entwicklung und steigenden Anforderungen abdecken. Weder ist sicher, dass die Scheitelwerte der Sturmfluten 1872 und 1913 die höchst möglichen in dieser Region sind, noch ob der eingerechnete säkulare Meeresspiegelanstieg von 15 cm bis 25 cm/Jh. ausreicht. Zudem hängt die Umsetzung der notwendigen Maßnahmen von den technischen, räumlichen, finanziellen und politischen Möglichkeiten der Region ab.

Bereits heute müssen Maßnahmen ergriffen werden welche einerseits den Schutz der im Zusammenhang bebauten Gebiete gewährleisten und andererseits auch in Zukunft zu finanzieren sind. In der Untersuchung wurde deutlich, dass kostengünstige Alternativen gefunden werden müssen. Demzufolge kann es beispielsweise zu Ausdeichungen und Landverlust kommen. Dies wiederum schränkt den Tourismus in seiner Entwicklung ein welcher für die Wirtschaft der Region als „Hoffnungsträger“ von großer Bedeutung ist. Hier müssen nachhaltige Lösungen gefunden werden.

Zusätzlich sollte die Bevölkerung über die zukünftige Entwicklung der Odermündungsregion aufgeklärt und die Verbindung zwischen dem globalen Klimawandel und regionaler Probleme verdeutlicht werden. Wie aus der Frequenzanalyse hervor ging, geschieht dies derzeit nicht.

7.2 Handlungsempfehlungen

Die dargestellten Veränderungen im Untersuchungsgebiet haben ihre Ursache im globalen Klimawandel. Demnach ist der Klimaschutz, d.h. die Reduktion der Treibhausgas-Emissionen, die Grundlage aller Handlungsmaßnahmen. Regionale Klimaschutzkonzepte aber auch Aktionen wie z.B. „Niedrig-Energie-Häuser“ oder „Ohne Auto in den Urlaub“ würden dazu beitragen. Der Klimaschutz muss Bestandteil der regionalen Politik bleiben. Im Regionalen Raumordnungsprogramm und in den Regionalen Entwicklungskonzepten muss der Klimawandel und der Klimaschutz thematisiert werden. Eine ressourcenschonende Nutzung und eine nachhaltige touristische Entwicklung der Region im Einklang mit und zum Schutz der Natur sind grundlegend.

Des Weiteren muss die Bedeutung der Thematik in der Region gefördert werden. Dies könnte durch vermehrte Veröffentlichung der aktuellen Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen des globalen Klimawandels gelingen. Zusätzlich sollte der Zusammenhang zwischen dem globalen Klimawandel, dem Küstenschutz und dem Tourismus in den Medien dargestellt werden. Die Menschen in der Odermündungsregion sollten bezüglich der möglichen Gefährdung ihrer Existenzgrundlage vorzeitig aufgeklärt werden.

Ein in den Medien höher frequentiertes Auftreten des globalen Klimawandels in Verbindung mit dessen konkreten Folgen für die Region wäre dabei hilfreich. Die Halbinsel Fischland-Darß-Zingst oder die Insel Sylt werden häufiger in Verbindung mit dem Küstenverlust in den Medien dargestellt. Die Folge ist, dass ein höheres Bewusstsein der Problematik in diesen Regionen besteht. Das Aufstellen von Informationstafeln direkt am „Ort des Geschehens“ würde sowohl die Anwohner als auch die Touristen eingehend informieren. Beispielsweise befindet sich auf dem Streckelsberg eine Stellwand welche über die Rechtslage im Meeresraum aufklärt. In der Art ließen sich z.B. die Folgen eines Meeresspiegelanstiegs für die Küste bildhaft darstellen.

Der Informationsaustausch mit Polen ist für die Odermündungsregion unerlässlich. Die grenzübergreifenden Themen wie z.B. der Küsten- und Hochwasserschutz müssen als solche behandelt werden. Die regionale Agenda 21 „Stettiner Haff – Region zweier Nationen“ wird dafür als Basis genutzt. Im Rahmen des Projektes „Forschung für ein Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion (IKZM-Oder)“ muss die Herstellung des Kontaktes zu Polen und der Aufbau einer Vertrauensbasis weiterhin wichtigstes Ziel sein. Des Weiteren sollten deutsch-polnische Forschungsprojekte beispielsweise an den Universitäten angeregt werden.

Der auf deutscher Seite für die Berechnung der Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen derzeitig verwendete säkulare Meeresspiegelanstieg sollte überdacht und den aktuellen Forschungsergebnissen angepasst werden.

Grundsätzlich muss sich bereits heute mit den Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion auseinandergesetzt und präventive Maßnahmen ergriffen werden. Um das Ausmaß der dauerhaft überfluteten Flächen zu verringern, kann Wiedervernässung von Küstenüberflutungsmooren, z.B. in der Ueckerniederung oder im Bereich der Odermündung vorgenommen werden. Im Bezug auf die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen sind Ausdeichungen bestimmter Grünflächen - z.B. die Abriegelung des Nordbereichs der Insel Usedom - und die Aufgabe der Deiche II. Ordnung insbesondere aus finanzieller Sicht sinnvoll (vgl. ARCADIS 2005 & UMWELTPLAN GmbH 2000).

Damit der Schutz vor Extremereignissen in der Odermündungsregion gewährleistet werden kann, ist ein grenzübergreifend funktionierendes Schutzsystem notwendig. Insbesondere auf polnischer Seite besteht diesbezüglich ein dringender Nachholbedarf. Dazu ist die Berechnung der Bemessungshochwasserstände an der Außenküste der Insel Wollin und an der Küste des Großen Haffs vorzunehmen. Im Anschluss daran kann die Anpassung der Schutzbauten an die aktuellen Anforderungen erfolgen. Informationen zu den vorhandenen Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen sollten der deutschen Seite zur Verfügung gestellt werden.

Es wäre außerdem empfehlenswert die Methodik der Risikoanalyse anzuwenden. So lassen sich die Überflutungsflächen infolge von Sturmfluten in der Raumplanung berücksichtigen und ein integriertes Management verschiedener Ansprüche der Raumnutzung wie z.B. Küstenschutz und Tourismus ermöglichen.

Anhand der Risikoanalyse wird mit Hilfe der folgenden Definitionsgleichung die Eintrittswahrscheinlichkeit des Versagens der Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen und der resultierenden Überflutungsfläche berechnet (vgl. ELSNER et al. 2004, S. 137).

$$\text{Risiko} = \text{Versagenswahrscheinlichkeit} \times \text{Folgeschaden}$$

Die Prüfung der Schutzbauten erfolgt über eine Zuverlässigkeitsfunktion (Z) als Differenz von Belastbarkeit (R) und Belastung (S).

$$Z = R - S$$

Nimmt Z einen negativen Wert an kommt es zum Versagen (vgl. v. LIEBERMANN & MAI 2001 & 2001a, S. 3). An dieser Stelle könnten die Auswirkungen des globalen Klimawandels mit einfließen.

Die Schadenspotentialanalyse ist wie bereits im Projekt (C) „Hochwasserschutz Nordusedom“ angewandt (siehe 5.3) ebenfalls ein wichtiger Bestandteil der Risikoanalyse. All diese Daten können in ein Geographisches Informationssystem (GIS) integriert und anschließend Überflutungsszenarien simuliert werden. Dies ist bereits im Projekt (E) „Usedom - Coastal Development and Implementation of Geo Information in a Decision Support Frame“ unter Berücksichtigung des Meeresspiegelanstiegs durchgeführt worden (siehe 5.5). Die Ergebnisse der Risikoanalyse werden in einen Decision Support Frame (DSF) implementiert und Entscheidungsträgern wie z.B. Raumplanern zur Verfügung gestellt.

Die Erarbeitung eines DSF sollte für das gesamte Untersuchungsgebiet vorgenommen werden. Neben den Sturmflutereignissen könnten ebenfalls die Hochwasserereignisse der Oder eingerechnet werden. Als wichtiger Bestandteil des Integrierten Küstenzonenmanagements könnte die integrative und nachhaltige Raumplanung der Odermündungsregion auf diese Ergebnisse zurückgreifen und sie berücksichtigen.

Die im Regionalen Raumordnungsprogramm (RROP) aufgeführten Tourismusentwicklungs- und Tourismusschwerpunkträume sollten die aktuellen Erkenntnisse zu den Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion berücksichtigen und diese „einplanen“. Eine Anpassung der ausgezeichneten Gebiete an die räumlichen Veränderungen ist notwendig und mit Hilfe des Decision Support Frame umsetzbar. Diese Maßnahme sollte bereits heute ergriffen werden, um „Fehlplanungen“ zu vermeiden.

An dieser Stelle kann die Verlagerung der Beherbergungsstätten ins nahe Hinterland wieder aufgegriffen werden (siehe 7). Zudem gewinnt die Entwicklung der Randgebiete des Küstenraumes und des Küstenhinterlandes an Bedeutung (entsprechen den Tourismusentwicklungsräumen) während die Räume der Tourismusschwerpunkte für bestimmte Nutzungen wegfallen bzw. eingeschränkt sind. Dies würde den Erhalt des Wirtschaftszweiges sichern.

Des Weiteren gilt es das Naturpotential trotz Veränderungen natürlich zu belassen und die touristischen Nutzungen anzupassen, ggf. neu auszurichten. Beispielsweise bedeutet der etwaige Verlust von Mooren im Verlauf des Meeresspiegelanstiegs (siehe 6.1.1) nicht zugleich den Verlust an naturräumlichem Potential für die Nutzung durch den Tourismus. In

diesem Bereich sollten sich bereits heute nachhaltige Nutzungsvorschläge ausgedacht und die Touristen darüber informiert werden (z.B. auf Diavorträgen).

Im Bereich der Oder muss das Vorwarn- und Prognostiziersystem für Hochwasserereignisse ausgebaut und stabilisiert werden. Es besteht Forschungsbedarf bezüglich der Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Einzugsgebiet, dem veränderten Abflussregime der Oder und dem Einfluss auf die Odermündungsregion.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat eine Hochwasserschutzstrategie mit folgenden Zielen erarbeitet:

- Hochwasser-Flächenmanagement
- Technischem Hochwasserschutz
- Hochwasservorsorge (LAWA 2004, S. 14) (siehe Anhang VIII).

Diese Ziele sind in das Bundesgesetz zur Verbesserung des vorsorgenden Hochwasserschutzes (Hochwasserschutzgesetz)⁴² eingeflossen, welches seit dem 10. Mai 2005 in Kraft ist. Dabei sind folgende Paragraphen zu nennen, welche im Artikel 1 des Wasserhaushaltgesetzes (WHG)⁴³ aufgeführt sind: §31a (WHG) Grundsätze des Hochwasserschutzes, §31b (WHG) Überschwemmungsgebiete, §31c (WHG) Überschwemmungsgefährdete Gebiete, §31d (WHG) Hochwasserschutzpläne.

Gemäß §31b Abs. 2 (WHG) sind die Länder verpflichtet, Überschwemmungsgebiete bis zum 10. Mai 2012 festzusetzen und die Öffentlichkeit über diese Gewässer zu informieren. In Überschwemmungsgebieten gelten bestimmte Verbote, wie z.B. in §31b Abs. 4 (WHG) aufgeführt: „In Überschwemmungsgebieten [...] dürfen durch die Bauleitpläne keine neuen Baugebiete ausgewiesen werden [...]“. Weiterhin müssen nach §31d Abs. 1 (WHG) Hochwasserschutzpläne aufgestellt werden die einen möglichst schadlosen Wasserabfluss, den technischen Hochwasserschutz und die Gewinnung von Rückhalteflächen sowie weitere dem Hochwasserschutz dienenden Maßnahmen beinhalten. Dies soll auf der Grundlage von einem statistisch einmal in 100 Jahren zu erwartenden Hochwasser vorgenommen werden.

Dieses Bundesgesetz gilt es in Landesrecht umzusetzen, um die Gefahr von Hochwassereignissen entlang der Oder und in der Odermündungsregion einzudämmen.

⁴² Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 03. Mai 2005 (BGBl. I S. 1224).

⁴³ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts – Wasserhaushaltgesetz vom 19. August 2002 (BGBl. I Nr. 59).

Zusätzlich setzt dies u.a. eine räumlich integrative Betrachtung von „Einzugsgebiet-Küste-Ostsee“ voraus, welches bereits ein Ziel des Projektes „IKZM-Oder“ ist.

8 Literatur

LITERATURVERZEICHNIS

ABEGG, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus - Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. Zürich.

ARCADIS (ARCADIS Consult GmbH) (2000): Grenzüberschreitender Umwelt- und Katastrophenschutz im Bereich der deutschen Landkreise Ostvorpommern und Uecker-Randow und der Hansestadt Greifswald und den polnischen Landkreisen Police, Świnoujście und der Stadt Szczecin. Analyse zur Hochwassergefährdung. Abschlussbericht. Anklam.

ARCADIS (ARCADIS Consult GmbH) (2005): Hochwasserschutz Nordusedom – Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes. Rostock.

ARNOLD, H. & W. ZIELKE (1996): Bestimmung der Bemessungswasserstände im Achterwasser und Oder-Haff. Zwischenbericht: Modellerstellung und Modellvalidierung. Hannover.

BAERENS, C. & P. HUPFER (1999): Extremwasserstände an der deutschen Ostseeküste nach Beobachtungen und in einem Treibhausgasszenario. IN: Die Küste. Heft 61. S. 47-71.

BECKMANN, B.J. & G. TETZLAFF (1999): Veränderungen in den Häufigkeiten von Sturmhochwassern an der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns und deren mögliche Ursachen. IN: Die Küste. Heft 61. S. 73-87.

BEHNEN, T. (2000): Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und seine sozioökonomischen Folgen. Hannoversche Geographische Arbeiten. Band 54.

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) (2002): Klimawandel und Konflikte. Berlin.

BRONSTERT, A. (1997): Klimaänderungen und Hochwasser – Zusammenhänge und Auswirkungen. IN: IMMENDORF, R. (Hrsg.): Hochwasser – Natur im Überfluss? Heidelberg. S. 163-182.

BUCHWALD, K. (1996): Schutz der Meere - Ostsee und Boddenlandschaften. Bonn.

BTU (Brandenburgische Technische Universität Cottbus) (2000): Zum Entwicklungsstand und zu den Anforderungen an ein grenzüberschreitendes operationelles Hochwasservorhersagesystem im Einzugsgebiet der Oder. Cottbus.

CORRENS, M. (1972): Beiträge zur Hydrographie des Kleinen Haffs und des Peenestroms. Berlin.

CORRENS, M. (1973): Über die Wasserverhältnisse des Kleinen Haffs und des Peenestroms. IN: Berliner Geographische Arbeiten. Nr. 55. S. 677-692.

CORRENS, M. (1973a): Beitrag zum Wasserhaushalt des Oderhaffs. IN: Berliner Geographische Arbeiten. Nr. 56. S. 693-703.

DIETRICH, R. & G. LIEBSCH (2000): Zur Variabilität des Meeresspiegels an der Küste Mecklenburg-Vorpommern. IN: Zeitschrift für geologische Wissenschaften. Nr. 28. S. 615-623.

DUBICKI, A. (2000): Hochwasserschutz in Polen. IN: KRAMER, M. & H.-C. BRAUWEILER (Hrsg.): Gewässerschutz- und Hochwasserschutzrecht. Wiesbaden. S. 147-153.

ELSNER A., S. MAI, C. ZIMMERMANN (2004): Risikoanalyse – ein Element des Küstenzonenmanagements. IN: SCHERNEWSKI, G. & T. DOLCH (Hrsg.): Geographie der Meere und Küsten. Coastline Reports 1. S. 137-147.

GRAßL, H. (1993): Globaler Wandel. IN: SCHELLNHUBER, H.-J. & H. STERR (Hrsg.): Klimaänderung und Küste – Einblick ins Treibhaus. Berlin. Heidelberg. New York. S. 28-36.

HEGERL, G.C., K. HASSELMANN, M. LATIF (2001): Natural Climate Variability and Anthropogenic Climate Change. IN: LOZÀN , J.L., H. GRAßL, P. HUPFER (Hrsg.): Climate of The 21st Century: Changes and Risks. Wissenschaftliche Auswertungen. Hamburg. S. 157-163.

HUPFER, P. (1978): Die Ostsee – kleines Meer mit großen Problemen. Leipzig.

HUPFER, P. (1997): Klimaänderungen und –wirkungen im Ostseeraum. IN: Greifswalder Geographische Arbeiten. Band 15. S. 36-55.

HUPFER, P. & B. TINZ (1996): Klima und Klimaänderungen. IN: LOZÁN et al. (Hrsg.): Warnsignale aus der Ostsee – Wissenschaftliche Fakten. S. 24-29.

IKSO (Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung) (Hrsg.) (2004): Aktionsprogramm Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oder. Wroclaw.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (Hrsg.) (2001): Climate Change 2001. Working Group I: The Scientific Basis. Cambridge. New York.

JANKE, W., H. KLIEWE, H. STERR (1993): Holozäne Genese der Boddenküste Mecklenburg-Vorpommerns und deren künftige klimabedingte Entwicklung. IN: SCHELLNHUBER, H.-J. & H. STERR (Hrsg.): Klimaänderung und Küste – Einblick ins Treibhaus. Berlin. S. 137-152.

JANSSON, G., S. CZARNECKA-ZAWADA, B. KONIECZNY & V. VODOVA (2004): Bestandsaufnahme der IKZM-relevanten Rechts- und Verwaltungsstrukturen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Polen unter Berücksichtigung des Internationalen Rechts und des Gemeinschaftsrechts. IKZM-Oder Berichte 5. Dresden.

KFKI (Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen) (Hrsg.) (2003): Die Küste. Die Wasserstände der Ostsee, Entwicklung – Sturmfluten – Klimawandel. Heft 66.

KLIEWE, H. (1960): Die Insel Usedom in ihrer spät- und nacheiszeitlichen Formenentwicklung. Berlin.

KÖHLER, R. & I. CHOJNACKI (1996): Die Oder – ein wichtiger Fluss an der südlichen Ostsee in Gefahr. In: LOZÁN, J. L. & H. KAUSCH (Hrsg.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren – Wissenschaftliche Fakten. Berlin. S. 59-65.

KOLAX, M. & P. HUPFER (1999): Schwankungen der atmosphärischen Zirkulation und die Veränderlichkeit des Seegangs vor der deutschen Ostseeküste. IN: Die Küste. Heft 61. S. 111-125.

KÜHNE, O. (2004): Das Programm Oder 2006. IN: Zeitschrift für angewandte Geographie 2/2004. S. 73-78.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (Hrsg.) (2004): Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. Düsseldorf.

LUNG & UM-MV (LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE M-V) & (UMWELTMINISTERIUM MECKLENBURG-VORPOMMERN) (Hrsg.) (2004): Geotourismuskarte. Güstrow.

MEIER, H. E. M., B. BROMAN, E. KJELLSTRÖM (2004): Simulated sea level in past and future climates of the Baltic Sea. IN: Climate Research. Vol. 27. Nr. 1. S. 59-75.

MEIER, H. E. M., B. BROMAN, E. KJELLSTRÖM (2004a): Modelling sea level variability in different climates of the Baltic Sea. IN: ISEMER, H.-J. (Hrsg.): Proceedings of the fourth study conference on BALTEX. International BALTEX Secretariat publication series No.29. S.170-171.

MBLU (Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern) (Hrsg.) (1995): Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin.

MINNING, M. (2004): Der Einfluss des Schiffahrtskanal auf den Stoffhaushalt des Oderhaffs. IN: SCHERNEWSKI, G. & T. DOLCH (Hrsg.): The Oder Estuary – against the background of the European Water Framework Directive. Marine Science Reports 57. S. 179-222.

MUSKULUS, M & D. JACOB (2005): Tracking Changes in Frequency and Intensity of Vb Cyclones. Max-Planck-Institut für Meteorologie. Poster-Präsentation. Hamburg.

NIEDERMEYER, R.-O., H. KLIEWE, W. JANKE (1987): Die Ostseeküste zwischen Boltenhagen und Ahlbeck. Gotha.

NEHLS, E. (1934): Das Klima des Ostseegebietes. Greifswald.

RÖBER, B. & H. RUDOLPHI (2004): Impacts of sea level changes on coastal regions – a local study for SEAREG. IN: SCHERNEWSKI, G. & N. LÖSER (Hrsg.): Managing the Baltic Sea. Coastline Reports 2. S. 185-194.

RÖBER, B., H. RUDOLPHI, R. ZÖLITZ-MÖLLER (2005): Usedom – Coastal Development and Implementation of Geo Information in a Decision Support Frame. Greifswald. Unveröffentlicht.

ROSENTHAL, W., T. WOLF, G. WITTE, W. BUCHHOLZ, P. RYBACZOK (1998): Measured and Modelled Water Transport in the Odra Estuary for the Flood Period July/August 1997. IN: Deutsche Hydrographische Zeitschrift. Band 50. S. 215-229.

RPVV (Regionaler Planungsverband Vorpommern) (Hrsg.) (2005): Möglichkeiten zur nachhaltigen Entwicklung der Odermündung im Bereich des Peenestroms, des Achterwassers und des Stettiner Haffs unter besonderer Berücksichtigung maritimer touristischer Nutzungen. Greifswald.

RROP (Regionaler Planungsverband Vorpommern) (Hrsg.) (1998): Regionales Raumordnungsprogramm – Planungsregion Vorpommern. Schwerin.

RRPB WZ (Regionales Raumplanungsbüro der Wojewodschaft Zachodniopomorskie) (Hrsg.) (2002): Entwicklungsplan der Wojewodschaft Zachodniopomorskie. Szczecin.

RUDOLPHI, H., B. RÖBER, P. SCHMIDT-THOMÉ, M. STAUDT, R. ZÖLITZ-MÖLLER, R. LAMPE (2004): Folgen eines Meeresspiegelanstiegs in der Ostsee – erste Ergebnisse des SEAREG-Projektes. IN: GÖNNERT, G., H. GRASSL, D. KELLETAT, H. KUNZ, B. PROBST, H. v. STORCH, J. SÜNDERMANN (Hrsg.): Klimaänderung und Küstenschutz. Proceedings. S. 323-333.

SCHIRMER, M. (1996): Das Klima und seine Bedeutung für Fluss-Ökosysteme. IN: LOZÀN, J. L. & H. KAUSCH (Hrsg.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren – Wissenschaftliche Fakten. Berlin. S. 23-27.

SCHUMACHER, W. (2003): Flutkatastrophen an der deutschen Ostseeküste. Rostock.

SCHUMACHER, W. (2002): Coastal dynamics and coastal protection of the Island of Usedom. IN: Greifswalder Geographische Arbeiten. Band 27. S. 131-134.

STAUN (Staatliches Amt für Umwelt und Natur Rostock) Abteilung Küste (2004): Kosten Küstenschutz.

STEINGRUBE W., SCHEIBE R. & M. FEILBACH (2004): Ergebnisse der Bestandsaufnahme der touristischen Infrastruktur im Untersuchungsgebiet. IKZM-Oder Berichte 4. Greifswald.

TU DRESDEN (Technische Universität Dresden) (Hrsg.) (1999): Verifizierung der Bemessungshochwasserstände an der Küste Mecklenburg-Vorpommern. Abschlussbericht. Dresden.

TU DRESDEN (Technische Universität Dresden) (Hrsg.) (2005): Forschungsbericht 2005/04. Bemessung von Küstenschutzbauwerken an den Bodden- und Haffgewässern zwischen Strelasund und Swine. Dresden.

THALES (THALES IS GmbH & LANDKREIS UECKER-RANDOW) (Hrsg.) (2002): Wir am Stettiner Haff – lebenswerte Region zwischen Usedom und Berlin. Regionales Entwicklungskonzept Uecker-Randow.

TIESEL, R. (1995): Das Wetter. IN: RHEINHEIMER, G. (Hrsg.): Meereskunde der Ostsee. S. 46-55.

UMWELTPLAN GmbH (2000): Sturmflutschutz der Stadt Ueckermünde. Stralsund.

v. LIEBERMAN, N. & S. MAI (2001a): Elemente der Risikoanalyse im Küstenraum. Konferenzbeitrag. Tagungsband zum 31. Wasserbau-Symposium Aachen IWASA. Aachen.

v. LIEBERMAN, N. & S. MAI (2001b): Sturmflutrisiko im Küstenraum – ein Entscheidungskriterium in der Raumplanung. Konferenzbeitrag. Tagungsband des 2. Forums Katastrophenvorsorge „Extreme Naturgefahren“. Leipzig.

WERNICKE, W. (1929): Die Inseln Usedom und Wollin - Studien zur Morphologie der Küste vom Peenemünder Haken bis zum Swinhöft. Greifswald.

INTERNETQUELLEN

BERLIN (2005):

<http://www.berlin.de/RBmSKzl/Europa/Ansprechpartner/d/westpommern.html>

14.04.2005

BTU (Brandenburgische Technische Universität Cottbus) (2005):

http://www.hydrologie.tu-cottbus.de/deutsch/aktuelles_d/Potsdam_Vortrag2002.pdf

04.07.2005

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2004):
http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/10_klimakonferenz/doc/6652.php
04.08.2005

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2005):
<http://www.bmu.de/klimaschutz/kurzinfo/doc/4021.php>
09.08.2005

HAMBURGER BILDUNGSSERVER (2005):
<http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/ipcc2001/szen-1.html>
26.07.2005

HOCHWASSER (2005):
<http://www.hochwasser-special.de/fliessgewaessertour/retentionsflaechen.htm>
12.08.2005

IKZM-D (2005):
<http://www.ikzm-d.de>
01.07.2005

IKZM-ODER (2005):
<http://www.ikzm-oder.de>
20.03.2005

LK OVP (LANDKREIS OSTVORPOMMERN) (2005):
<http://www.kreis.ovp.de>
14.04.2005

LK UER (LANDKREIS UECKER RANDOW) (2005):
<http://www.lkuer.de>
14.04.2005

OSTSEE-ZEITUNG (2005):
<http://www.ostsee-zeitung.de/archiv.phtml>
03.-09.01.2005

WISSEN (2005):

<http://www.wissen.de>

14.08.2005

WSA (Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde) (2005):

http://www.wsa-eberswalde.de/wir_ueber_uns/fachgebiete/gewaesserkunde/hochwasserberichte_47_und_97/

17.01.2005

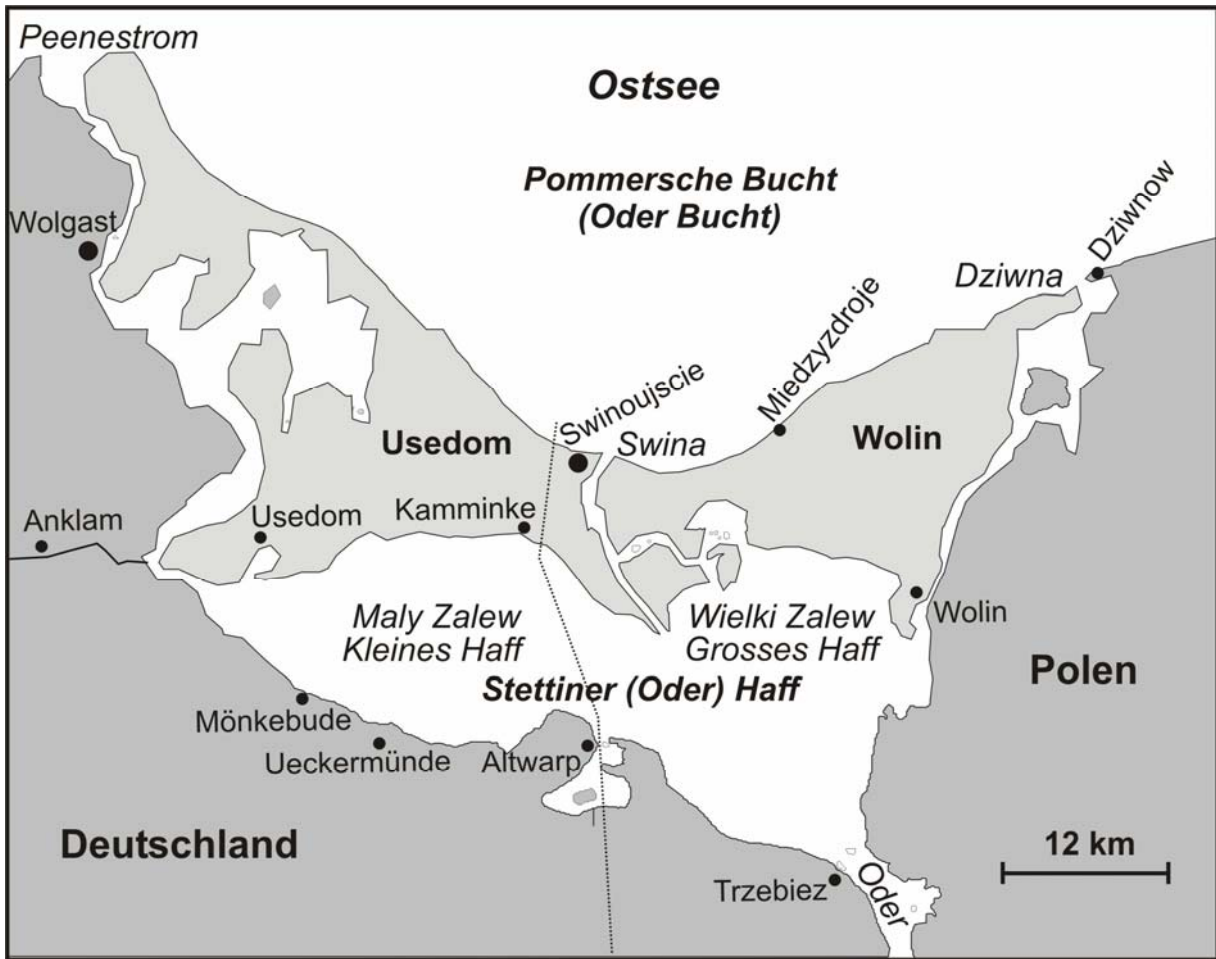
KARTENGRUNDLAGEN

ARCADIS (ARCADIS Consult GmbH) (2000) : Digitale Vektorkanten des Untersuchungsgebietes – Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen. Anklam.

MAPINFO (2003): Digitale Vektorkanten Deutschlands. Detroit.

RÖBER, B., H. RUDOLPHI, R. ZÖLITZ-MÖLLER (2005): Digitale Vektorkanten – Flächen zukünftig unter NN. Greifswald. Unveröffentlicht.

9 Anhang



Anhang I: Kartenausschnitt Untersuchungsgebiet (Quelle: IKZM-Oder 2005)

Anhang II: Einteilung der Sturmfluten an der Ostseeküste und an den Bodden- und Haffküsten
Mecklenburg-Vorpommerns

	Häufigkeit des Auftretens	Wasserstand (cm über PN)	Wasserstand (cm über NMW/NN)	Wasserstand (cm über HN)
Leichte Sturmflut	Zwischen 2mal im Jahr und 1mal in 5 Jahren	600-640	100-140	90-130
Schwere Sturmflut	Zwischen 1mal in 5 Jahren und 1mal in 20 Jahren	641-670	141-170	131-160
Sehr schwere Sturmflut	Weniger als 1mal in 20 Jahren	>670	>170	>160

	Wasserstand (cm PN)	Wasserstand (cm über NMW/NN)	Wasserstand (cm über HN)
Leichte Sturmflut	580-610	80-110	70-100
Schwere Sturmflut	611-630	111-130	101-120
Sehr schwere Sturmflut	>630	>130	>120

Quelle: MBLU 1995, S.19

Anhang III: Übersicht Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen

Art	Nutzen	Problem	Lösungsansatz
Deiche I. Ordnung ⁴⁴	<ul style="list-style-type: none"> - Schutz vor Hochwasser bei Sturmfluten (BHW) - hydrodynamisch wirksames Vorland 	<ul style="list-style-type: none"> - negativer Sedimenthaushalt und Küstenrückgang führen zu verminderter Vorlandwirkung - Belastungsfähigkeit - aufwendige Unterhaltung 	<ul style="list-style-type: none"> - Deichverkürzung, verlegung, Riegeldeichbau - Schaffung größere Vorlandflächen - Zurückstufen von Deichen I. Ordnung in II. Ordnung - Schaffung periodisch überfluteter Niederungs-flächen
Hochwasserschutzdünen	<ul style="list-style-type: none"> - an Flachküsten gegen Überschwemmung des Hinterlandes bei Sturmfluten - Volumen des Sandkörpers und Dünenbreite entscheidend 	<ul style="list-style-type: none"> - Dünenabbruch - Sandumlagerung auf Strand und Vorstrand - Stabilitätssicherung durch ständige Aufspülungen - heranreichende Bebauung 	<ul style="list-style-type: none"> - see- und landwärtige Verstärkung durch Bühnenbau und Strandaufspülungen - Dünenkörper mit Deckwerk
Strandaufspülung	<ul style="list-style-type: none"> - bei negativem Sedimenthaushalt, d.h. Sandmangel - Erhöhung und Verbreiterung der Schorre und des Strandes → Reduzierung der Seegangsbelastung - Auf- bzw. Vorspülung der Dünen → Erhöhung der Dünenhöhe und – breite; Schutz vor Durchbruch, Abbruch und Überschwemmungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Verfügbarkeit von Sanden auf Festlandssockel - Wiederholungsspülungen alle sechs bis sieben Jahre notwendig - Verlagerungsprozesse - Ökologische Zerstörung der Lagerstätten 	<ul style="list-style-type: none"> - Entnahmegebiete ausweisen
Bühnen	<ul style="list-style-type: none"> - zur Eindämmung von Küstenrückgang und Sandmangel - Verminderung der uferparallelen Brandungslängsströmung und des Uferabbruchs 	<ul style="list-style-type: none"> - Lebensdauer 40-60 Jahre unter ständiger Instandsetzung - Anfälligkeit bei Eisbildung und gegenüber Schädlingen (Schiffsbohrwurm) 	<ul style="list-style-type: none"> - Forschungsbedarf

⁴⁴ Deiche I. Ordnung zum Schutze von Siedlungen und teilweise landwirtschaftliche Flächen, Deiche II. Ordnung zum Schutze ausschließlich landwirtschaftlicher Nutzflächen.

Art	Nutzen	Problem	Lösungsansatz
Wellenbrecher	<ul style="list-style-type: none"> - seegangsdämpfende, küstenparallele Bauwerke - Verminderung von Brandungsströmungen - Sandablagerung → stabile Uferlinienformen 		
Uferlängswerk (Deckwerke, Steinwälle, Ufermauern)	<ul style="list-style-type: none"> - Sicherung gefährdeter Dünen- und Deichabschnitte → Verhinderung von Erosion - Wellenaufaufläufdämpfende Konstruktionen - Unterbinden Hinter- oder Unterspülungen 	<ul style="list-style-type: none"> - durch Wellenreflexion und Brandungsströmungen teilweise hohe Abrasion der Schorre 	<ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmen gegen sich landeinwärts verlagernde Tiefenlinie
Ingenieurb biologische Bauweisen (Strandhafer, Küstenschutzwald, Windschutzstreifen)	<p>Strandhafer</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stabilisierung der Dünenoberflächen gegen Deflation und Abrasion - Voraussetzung für die weitere natürliche Besiedlung Wald - Dämpfung der Wellenenergie bei einer Sturmflut nach Deichbruch - Begünstigt Dünenaufbau und -erhalt - Stabilität durch Wurzelsystem vermindert den terrigenen Kliffzerfall 	<ul style="list-style-type: none"> - wenn Küstenschutzwald an Kliffoberkante dann Begünstigung des Kliffabbruchs 	

Quelle: MBLU 1995, eigene Darstellung

Anhang IV: Interpolierte Scheitelwasserstände im Untersuchungsgebiet

Station	Küstenbereich	Interpolierter Scheitelwasserstand 1872 (m über HN)	Interpolierter Scheitelwasserstand 1913 (m über HN)
Krummin	Krumminer Wieck	1,40	1,45
Neuendorf	Achterwasser	1,25	1,50
Koserow	Achterwasser	1,15	1,50
Pudagla	Achterwasser	1,05	1,50
Kamminke	Kleines Haff	0,80	1,20
Mönkebude	Kleines Haff	0,95	1,35
Ueckermünde	Kleines Haff	0,82	1,35
Vogelsang	Kleines Haff	0,65	1,35
Zinnowitz	Außenküste	2,62*	
Koserow	Außenküste	2,62*	
Ahlbeck	Außenküste	2,62*	

* maßgebend für die Scheitelwasserstände der Außenküste ist die Sturmflut 1872.

Quelle: TU DRESDEN 1999, S. 45 & 47

Anhang V: Säkularer Meeresspiegelanstieg im Untersuchungsgebiet

Station	Küstenbereich	Relativer säkularer Meeresspiegelanstieg in cm
Zinnowitz	Außenküste	20
Koserow	Außenküste	20
Ahlbeck	Außenküste	22
Krummin	Peenestrom	22
Neuendorf	Achterwasser	22
Koserow	Achterwasser	22
Pudagla	Achterwasser	22
Kamminke	Kleines Haff	22
Mönkebude	Kleines Haff	22
Ueckermünde	Kleines Haff	22
Vogelsang	Kleines Haff	22

Quelle: TU DRESDEN 1999, S. 49.

Anhang VI: Ergebnisse der Hochwassergefährdungsanalyse Nordusedom

Küstenabschnitt	BHW (m HN)	Beschreibung	Küstenschutz	Ergebnis
U 000,000 bis U 23,000	2,90	Teil der Außenküste Usedom	<ul style="list-style-type: none"> - Anforderung an Düne in diesem Bereich (Solldüne): Kronenhöhe: 4 m HN, Kronenbreite: 44 m, Höhe des Dünenfußes: 1,50 m HN - Geländeanschluss des Deichs Neuendorf/Zinnowitz mit Höhe 1,90 m HN 	<ul style="list-style-type: none"> - Wassereinbruch im nördlichen Teil - Peenemünde, Karslhagen, Trassenheide, stark betroffen (bis 1 m Überstauhöhe) - Wasserausbreitung gen Westen der Insel - Ortschaften Zecherin, Mölschow, Bannemin, Neuendorf, Netzelkow, Lütow wurden mit 0,5-1 m überstaut - Zinnowitz, Zempin, Damerow, Koserow und Loddin betroffen; Wasser würde in Achterwasser abfließen - Schutz durch Düne o.ä. im Norden fehlt
U 186,000 bis U 219,000	1,75	Achterwasser-Küste bei Neuendorf und Koserow	<ul style="list-style-type: none"> - Deichhöhe variiert zwischen 1,20 m und 3,10 m HN bzw. 1,40 m und 3,00 m HN - Geforderte Deichkronenhöhe 2,95 m HN 	<ul style="list-style-type: none"> - Wassereintritt über Deichanschlussstellen in Netzelkow (U 214,500), über den Deichabschnitt U 200,600 bis U 201,200, Deich Koserow (U 190.500), Deichabschnitte U 194,300 bis U 195,700 sowie U 191,100 - Wassereintritt und –ausbreitung über Polderdeich (II. Ordnung) sowie über Deichabschnitte mit zu geringen Kronenhöhen - Überstauungen am Deich Krummin, am Rande von Bannemin, Mölschow und Neuendorf, Krummin, entlang des Deichs Karlshagen bis Zecherin, Karlshagen, Trassenheide, Zinnowitz - Bei diesem Hochwasserfall im Achterwasser wären große Teile des Untersuchungsgebietes betroffen
U 219,000 bis U 241,000	1,80	Küste Krumminer Wieck	<ul style="list-style-type: none"> - Deich Krumminer Wieck, Höhe zwischen 1,20 m und 1,80 m HN - Geforderte Deichhöhe: 2,80 m HN - Deich ist im gesamten Verlauf nicht sturmflutsicher - Landanschlüsse des Deiches nicht ausreichend ausgebaut und demnach umläufig 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Simulation wird Deich überschwemmt und umspült - Großflächiger Wassereintritt und –ausbreitung in Senke des Untersuchungsgebietes - Ortschaften Neeberg gering Ziemitz, Zecherin, Trassenheide, Karlshagen, Peenemünde, Zinnowitz stark betroffen (1 m) - Neuendorf und Netzelkow beeinträchtigt

Küstenabschnitt	BHW (m HN)	Beschreibung	Küstenschutz	Ergebnis
U 241,000 bis U 247,000	2,15	Peenestrom Höhe Wolgast (hohe Geländelagen)	<ul style="list-style-type: none"> - Größtenteils keine Hochwasserschutzbauwerke erforderlich bisher, Steilküste 	<ul style="list-style-type: none"> - Wassereintritt am südlichen Deichanschluss und -abschnitt (U 248,600, U 252,100 bis U249,700) wegen zu geringer Deichhöhen möglich, leichte Überflutungen - Wassereintritt über funktionsuntüchtige Deichabschnitte des Deichs Karlshagen, Ausbreitung über Grabensystem - Trassenheide, Karlshagen, Peenemünde, Mölschow, Lütow, Neuendorf und Netzelkow mit 0,5-1 m überstaut - aufgrund unzureichende Geländeanschlüsse des Deiches Krummin und Neuendorf Krummin, Zinnowitz, Zempin, Koserow, Loddin und Damerow betroffen -
U 247,000 bis U 260,000	2,40	Nordwestlicher Bereich der Insel Usedom	<ul style="list-style-type: none"> - Deich Karlshagen (U 248,600 bis U 257,500) soll vor Hochwasser von Nordwesten her schützen (durchschnittliche Höhe ca. 3,20 m) - Südlich von Karlshagen (U 252,700 bis U 248,600) durchschnittliche Deichhöhe nur noch ca. 2,30 m 	<ul style="list-style-type: none"> - vom Peenestrom aus Wassereintritt (U 248,600, U 249,700 bis U 252,100) wegen zu geringer Deichhöhe - Deich Karlshagen umläufig, d.h. Peenemünde, Senke des Kölpinsees und Cämmerer See vollkommen überflutet - Wassereinbruch aus nördlicher Richtung überschwemmte Peenemünder Flugplatz, Karlshagen, Trassenheide, Zecherin (bis zu 1 m) - ebenfalls Mölschow aufgrund der Senkenlage und des Grabensystems - großräumige Überflutung von Nordzinnowitz und Krummin - zusätzlich: einströmendes Wasser würde ins Achterwasser abfließen, dennoch große Teile des Untersuchungsgebietes betroffen

Küstenabschnitt	BHW (m HN)	Beschreibung	Küstenschutz	Ergebnis
U 260,000 bis U 265,300	2,65	Nördliche Außenspitze der Insel Usedom	<ul style="list-style-type: none"> - Sandablagerungen vor der Insel - Kleinere Dünen - Verwallung (durchschnittliche Höhe ca. 2,50 m HN) 	<ul style="list-style-type: none"> - Überflutung der gesamten Flugplatzfläche und der Niederung im Kern der Insel durch Grabensystem (1 m Überstauung) - ganz Peenemünde betroffen (0,5 m Überstauung) sowie Karlshagen und Trassenheide - Zecherin, Mölschow, Bannemin mit 0,5-1 m überstaut - aufgrund natürlicher Erhebung keine Ausbreitung nach Westen - Abfluss des Wassers in die Krumminer Wieck und ins Achterwasser - Überstauung der südöstlichen Gebiete von Neuendorf, Netzelkow und Lütow

Quelle: ARCADIS 2005, S. 10-20

Anhang VII: Ergebnisse der Kronenhöhenbemessung.

Lokation	Kronenhöhe des Küstenschutzbauwerkes (H_k)		
	H_k , Auflauf (m über HN)	H_k , Windstau (m über HN)	H_k , erforderlich (m über HN)
Peenestrom			
Freest (F 552,000)	3,45	2,86	3,45
Kröslin (F 557,250)	2,72	2,80	2,80
Wolgast (F 568,000)	2,31	2,30	2,31
Negenmark (F 578,000)	3,22	2,67	3,22
Lassan (F 587,000)	3,02	2,52	3,02
Jannowitzer Hard (F 598,000)	3,02	2,67	3,02
Vossberg (U 126,000)	3,17	2,77	3,17
Rankwitz (U 136,000)	2,78	2,50	2,78
Ziemitz (U 239,000)	3,06	2,70	3,06
Karlshagen (U 252,500)	2,57	2,70	2,70
Peenemünde (U 258,000)	2,72	2,81	2,81
Achterwasser und Krumminer Wieck			
Warthe (U 146,000)	2,73	2,33	2,73
Grüssow (U 151,000)	3,03	2,42	3,03
Kreuzerort (U 161,000)	3,04	2,45	3,04
Neppermin (U 171,000)	2,64	2,61	2,64
Pudagla (U 177,000)	3,05	2,59	3,05
Ückeritz (U 181,000)	3,00	2,58	3,00
Loddin (U 187,500)	3,00	2,55	3,00
Koserow (U 191,000)	3,07	2,61	3,07
Zempin (U 196,000)	3,09	2,63	3,09
Zinnowitz Hafen (U 199,000)	3,00	2,61	3,00
Neuendorf (U 205,000)	3,07	2,53	3,07
Lütow (U 215,000)	2,76	2,41	2,76
Neuendorf (U 225,000)	2,47	2,49	2,49
Krummin (U 229,000)	2,87	2,54	2,87
Kleines Haff			
Anklamer Fähre (F 608,000)	3,44	3,29	3,44
Anklamer Stadtbruch (F 618,000)	3,82	3,12	3,82
Mönkebude (F 627,000)	3,93	2,99	3,93
Grambin (F 632,000)	3,85	2,90	3,85
Ueckermünde (F 636,000)	3,75	2,82	3,75
Vogelsang (F 645,000)	3,55	2,69	3,55
Altwarp (F 655,000)	3,40	2,55	3,40
Rieth (F 665,000)	2,88	2,80	2,88
Kamminke (U 076,000)	3,24	2,52	3,24
Dargen (U 086,000)	3,43	2,73	3,43
Welzin (U 096,000)	3,72	2,96	3,72
Usedom (U 106,000)	3,09	3,05	3,09
Karnin (U 116,000)	3,20	3,21	3,21

Quelle: TU DRESDEN 2005, Anhang VI.5 und VI.6

Hochwasser-Flächenmanagement

Flächenvorsorge für Hochwasser gefährdete Gebiete:

- Wasserrechtliche Festsetzung von Überschwemmungsgebieten
- Berücksichtigung des Hochwasserschutzes in Landes-, Regional- und Bauleitplanung, einschließlich rechtlicher Festlegungen und Benennung der zuständigen Akteure
- angepasste Nutzung

Natürliche Wasserrückhaltung:

- Erhalt und Wiederherstellung von Retentionsräumen in den Gewässerauen
- Gewässerrenaturierung, naturnahe Gewässerunterhaltung
- Berücksichtigung des Aspekts der Wasserrückhaltung bei der Flächennutzung, insbesondere Erhalt und Wiederherstellung von versickerungsfähigen Böden
- Niederschlagswasserversickerung in Siedlungsgebieten

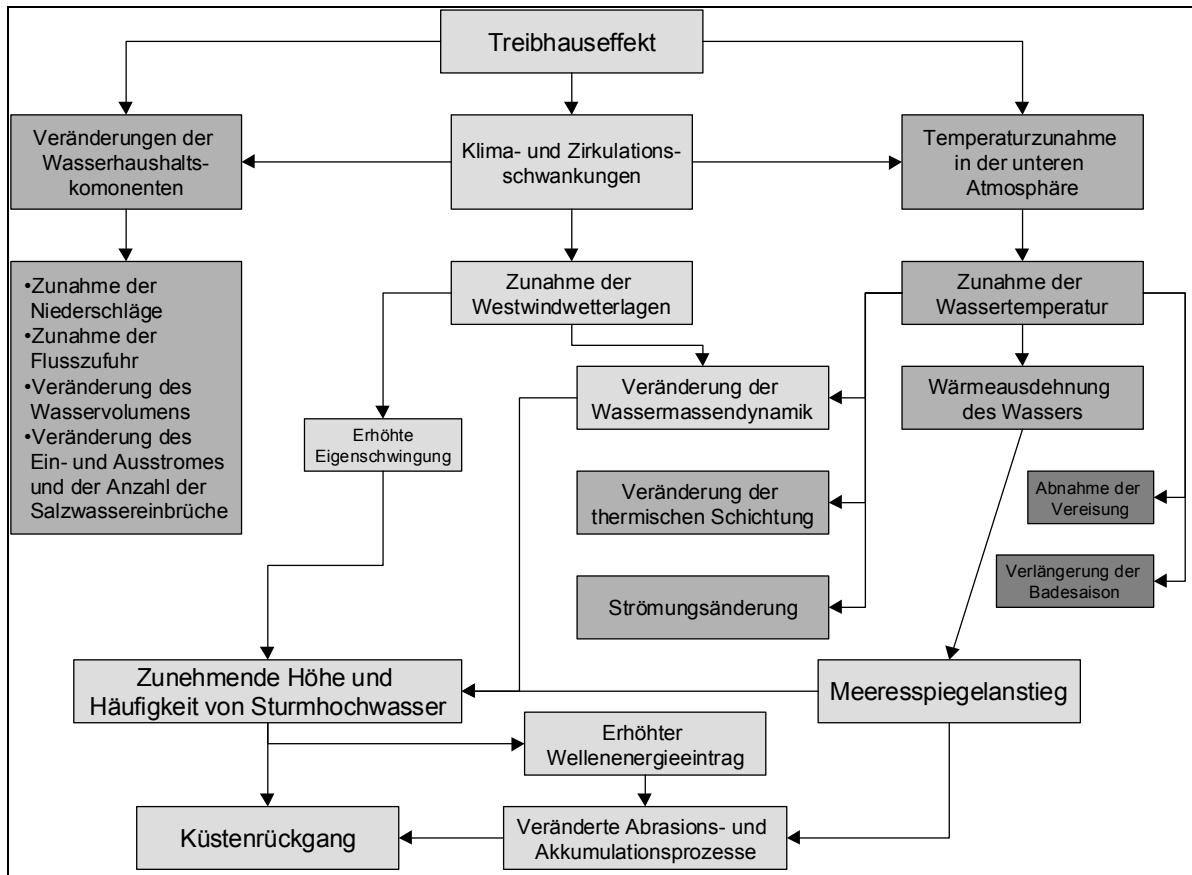
Technischer Hochwasserschutz

- Deiche und Dämme
- Stauanlagen mit Hochwasserrückhalteraum
- Freihaltung der Hochwasserabflussquerschnitte
- Gewässerausbau im Siedlungsraum
- Hochwasserschutzmauern
- Objektschutz

Hochwasservorsorge

- Bauvorsorge durch angepasste Bauweise und auf Hochwasser ausgerichtete Anlagenausrüstung, einschließlich entsprechender Nutzung gefährdeter Keller- und Wohnräume
- Verhaltensvorsorge durch rechtzeitige Hochwasserwarnung und planvolles Handeln vor und während des Hochwassers, Alarm- und Einsatzplanung, Gründung von Hochwasserpartnerschaften
- Risikovorsorge in Form von Versicherungen und eigenen Rücklagen

Anhang X: Folgen des Treibhauseffektes für die Ostsee und ihre Küste



Quelle: eigene Darstellung nach HUPFER 1997, S. 42

GLOSSAR

Abflussregime - das typische regelmäßig wiederkehrende Abflussverhalten eines Flusses in der jahreszeitlichen Abfolge

Abrasion - die abtragende Wirkung von Prozessen der Brandungserosion bzw. der Brandung an den Küsten von großen Seen oder von Meeren

Akkumulation – Ansammlung von Verwitterungs-, Abtragungs- und Bodenmaterial mit Veränderung der Reliefformen bzw. der Bodenformen

anthropogen - durch menschliches Handeln direkt oder indirekt geschaffen, geprägt oder beeinflusst

Emission - Aussendung oder Abgabe von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen, sowie von Wärme, Geräuschen, Lärm oder Strahlung an Luft, Boden oder Wasser des Ökosystems

Erosion - Abtragung (geomorphologisch)

eustatische Meeresspiegelschwankungen - Schwankungen des Meeresspiegels durch Massenverlagerungen des Wassers infolge klimabedingter Änderungen des globalen Wasserhaushaltes mit Verschieben der Anteile Wasser/Eis im globalen Klima- und Wasserhaushaltssystem

fetch - Windwirklänge

fluvial – „vom Fluss geschaffen“ bzw. „zum Fluss gehörig“

glazifluvial – vom Schmelzwasser des Eises geformt oder abgelagert

Genese - Entstehungsgeschichte

halin - salzhaltig

Holozän - jüngster Abschnitt der Erdgeschichte, an letzte Eiszeit anschließend

hydrographisch – meint die Beschreibung, quantitative Darstellung und Ausmessung offener Gewässer

Isobaren – Linie gleichen, auf ein gemeinsames Bezugsniveau reduzierten Luftdrucks

Isolinien – Linien gleicher Werte in graphischen Darstellungen

isostatisch - jene Ausgleichsbewegung in der Erdkruste, die sich als Massenbewegungen und als oberirdische Verformungen der Erdoberfläche zeigen

Permafrost - Dauerfrost

Pleistozän - Eiszeitalter vor dem Holozän

Polder – das eingedeichte, dem Meer abgerungene Marschland, durch Landgewinnung entstanden und ständig oder bei Hochwasser unter dem Meeres-, See- oder Flusswasserspiegel liegend

postglazial - nacheiszeitlich

Retentionsfläche - Ausbreitungsflächen bei Überschwemmungen

rezent - gegenwärtig

säkular - bezeichnet langjährige Vorgänge oder solche, die sich in großen Abständen wiederholen

Schorre - Abrasionsplattform

tektonisch - bezeichnet Formen und Prozesse, die mit Veränderungen von Gefüge und Lagerungsverhältnissen der Erdkruste verbunden sind

Zonalzirkulation - Typ der mehr oder weniger breitenparallel verlaufenden globalen Strömung in der außertropischen Westwinddrift

Zyklone - Tiefdruckwirbel

ABKÜRZUNGEN

a	Jahr
Abb.	Abbildung
BHW	Bemessungshochwasserstand
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
bspw.	beispielsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
DSF	Decision Support Frame
ebd.	ebenda (an der bereits erwähnten Stelle)
eHW	errechneter Hochwasserstand
ENSO	El Niño Southern Oscillation
et al.	et alia (und andere)
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geographisches Informationssystem
IKZM	Integriertes Küstenzonenmanagement
IKZM-Oder	Forschung für ein Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion
IOW	Institut für Ostseeforschung Warnemünde
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KFKI	Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen
LUNG	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
Mrd.	Milliarden
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
NAO	North Atlantic Oscillation
NN	Normal Null
OZ	Ostsee-Zeitung
RPVV	Regionaler Planungsverband Vorpommern
RROP	Regionales Raumordnungsprogramm Vorpommern
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter

SEAREG	Sea Level Change Affecting the Spatial Development in the Baltic Sea Region
StAUN	Staatliches Amt für Umwelt und Natur
SRES	Second Report on Emission Scenarios
Tab.	Tabelle
v.a.	vor allem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel