

**COASTLINE**

**2004 - 1**

**REPORTS**

# **Geographie der Meere und Küsten**

**22. AMK - Jahrestagung**



**Herausgeber:  
G. Schernewski & T. Dolch**

*The Coastal Union*

*Die Küsten Union Deutschland*

# ***Coastline Reports***

**1 (2004)**

## **Geographie der Meere und Küsten**

Ergebnisse der 22. Jahrestagung des Arbeitskreises  
"Geographie der Meere und Küsten" in Warnemünde

## **Geography of Seas and Coasts**

Proceedings of the 22nd annual conference  
in Warnemünde, Germany

**Herausgeber / Editors**

**Gerald Schernewski & Tobias Dolch**

**EUCC – The Coastal Union  
EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.  
Warnemünde, 2004**

**ISSN 0928-2734**



## V o r w o r t e

Die 22. Jahrestagung führte den in der Deutschen Gesellschaft für Geographie (DGfG) verankerten Arbeitskreis „Geographie der Meere und Küsten“ (AMK) vom 28. bis 30. April 2004 nach Rostock-Warnemünde. Gerne sind wir der Einladung von Herrn Kollegen Gerald Schernewski nach Mecklenburg-Vorpommern gefolgt. Der Standort war in besonderer Weise als Tagungsort geeignet, da er in den jungen Bundesländern und an der Ostsee liegt. Damit tagte der AMK zum zweiten Mal in Ostdeutschland (nach 1993 in Greifswald). Zeitgemäß und buchstäblich am Vorabend der Aufnahme Polens und der baltischen Staaten im Rahmen der EU-Erweiterung um 10 Staaten wurde damit die zunehmende Bedeutung der Ostsee unterstrichen.

Wir erlebten zwei interessante Tage mit Vorträgen und Postern im Technologiepark Warnemünde. Eine vorausgegangene halbtägige Exkursion zum Thema naturnahe Küstenlandschaft, Küstendynamik, Küstenschutz und Tourismus führte in die Umgebung von Rostock. Etwas Besonderes war die Einbeziehung der „Langen Nacht der Wissenschaften“ im Institut für Ostseeforschung und im Technologiezentrum mit vielen Vorführungen, Postern und Exponaten zum Thema Ostseeforschung.

Der lokale Schwerpunkt der Vorträge lag naturgemäß auf Nord- und Ostsee. Dabei spielte die Modellierung eines klimatisch oder tektonisch bedingten Meeresspiegelanstiegs und seiner Auswirkungen auf die Küsten eine große Rolle. Spannend waren computeranimierte Simulationen von Überflutungsszenarien bei Deichbruch. Ein in vielen Beiträgen aufgegriffenes Thema ist das des integrierten Küstenzonenmanagements. Ihm kommt eine immer größere Bedeutung zu. Das breite Spektrum der im AMK vertretenen Forschungsfelder zeigte sich z.B. an Vorträgen über die holozäne Entwicklung von Küsten im östlichen Mittelmeerraum und in Dubai, Tsunami-Ablagerungen an verschiedenen Küsten dieser Welt, Fischfang in der Barentssee, technologische Innovationen im Seeverkehr und die Konsequenzen für die deutschen Häfen sowie über die Küstengestalt Nordfrieslands im Mittelalter.

Unmittelbar nach der Tagung erscheint bereits die Veröffentlichung der meisten Beiträge. Damit wird die Tradition fortgesetzt, dass seit Gründung des AMK im Jahre 1983 in Essen zu jeder Jahrestagung ein Verhandlungsband herausgegeben wird. Hinsichtlich der Artikel ist zu beachten, dass es ein Ziel des AMK ist, auch jungen Wissenschaftlern/innen eine Plattform zu bieten, ihre Ergebnisse vorzutragen und angemessen veröffentlichen zu können.

Wenn man bedenkt, dass heute ein großer Teil der Menschheit in Küstenregionen lebt, dass Küstenzonen häufig Konflikträume verschiedener Interessensgruppen sind und dabei nicht selten Ökologie und Ökonomie aufeinanderprallen, so ist ihre Bedeutung evident. Die Jahrestagung 2004 des AMK in Rostock-Warnemünde hat dazu beigetragen, dies zu unterstreichen. Ich hoffe, dass sich durch die Lektüre der nachfolgenden Artikel etwas von der Faszination der Meere und Küsten auf die Leserinnen und Leser überträgt. Die wissenschaftliche Beschäftigung mit dieser Thematik wird nicht nur innerhalb der Geographie zunehmen.

Marburg, Mai 2004

Helmut Brückner  
– Sprecher des AMK –

Zur 22. Jahrestagung des Arbeitskreises “Geographie der Küsten und Meere” (AMK) in Rostock-Warnemünde konnten wir über 80 Teilnehmer aus Wissenschaft und Praxis begrüßen. Auf der dreitägigen Veranstaltung wurde in 25 Vorträgen und 16 Postern ein breites Spektrum geboten, welches Anlaß zu zahlreichen und intensiven Diskussionen gab. Der vorliegende Tagungsband spiegelt die gesamte Bandbreite wider.

Eingeleitet wurde die Tagung durch eine von Prof. Dr. U. Schiewer geleitete Exkursion, die Einblicke in den regionalen Küstenschutz, Tourismus und Naturschutz vermittelte. Parallel hierzu fand das Auftakttreffen des Projektes „Forschung für ein integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion (IKZM-Oder) mit etwa 60 Teilnehmern statt. Das Projekt ist eines der beiden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten nationalen Großprojekte zum Küstenzonen-

management. In diesem Rahmen fand auch die Begrüßung der Teilnehmer der AMK-Tagung durch den Umweltminister des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Herr Prof. Dr. Methling, statt.

Die Tagung wurde gemeinsam vom Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) und dem Verein EUCC – Die Küsten Union Deutschland ausgerichtet sowie vom Wissenschaftsverbund Umwelt der Universität Rostock unterstützt. Unterstützung erfolgte zudem durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Projektes „IKZM-Oder“ sowie durch die Europäische Union im Rahmen des Interreg IIIc-Projektes „BaltCoast“.

Wir möchten uns bei allen Teilnehmern herzlich für die Präsentationen, Artikel und Diskussionsbeiträge bedanken. Informationen zur Tagung sowie die einzelnen Artikel sind im Internet dauerhaft unter [www.eucc-d.de/amk2004](http://www.eucc-d.de/amk2004) abrufbar.

Warnemünde, Mai 2004

Gerald Schernewski, Tobias Dolch & Nardine Löser  
- Institut für Ostseeforschung & EUCC-Deutschland -

## **I n h a l t**

Karl-Ernst Behre

**Die Schwankungen des mittleren Tidehochwassers an der deutschen Nordseeküste in den letzten 3000 Jahren nach archäologischen Daten ..... 1**

Olaf Jakobsen, Jutta Meurers-Balke, Gerd Hoffmann-Wieck & Jörn Thiede

**Postglazialer Meeresspiegelanstieg in der südwestlichen Ostsee - Geoarchäologische Ergebnisse aus der Niederung des Oldenburger Grabens (Ostholstein)..... 9**

Jürgen Newig

**Die Küstengestalt Nordfrieslands im Mittelalter nach historischen Quellen ..... 23**

Friederike Bungenstock, Barbara Mauz & Andreas Schäfer

**The late Holocene sea level rise at the East Frisian coast (North Sea): New time constraints provided by optical ages of coastal deposits..... 37**

Andreas Vött, Helmut Brückner, Armin Schriever, Mathias Handl, Mark Besonen & Klaas van der Borg

**Holocene coastal evolution around the ancient seaport of Oiniadai, Acheloos alluvial plain, NW Greece..... 43**

Marc Müllenhoff, Mathias Handl, Maria Knipping & Helmut Brückner

**The evolution of Lake Bafa (Western Turkey) – Sedimentological, microfaunal and palynological results..... 55**

Anja Scheffers & Dieter Kelletat

**Bimodal tsunami deposits – a neglected feature in paleo-tsunami research..... 67**

Franziska Whelan & Barbara Keating

**Tsunami Deposits on the Island of Oahu, Hawai'i..... 77**

Hans-Jürgen Grabemann, Iris Grabemann & Dieter P. Eppel

**Climate change and hydrodynamic impact in the Jade-Weser area: a case study..... 83**

Stephan Mai & Claus Zimmermann

**Veränderung der Seegangsbedingungen an den Küsten von Jade und Weser als Folge der Klimaänderung ..... 93**

Gunilla Kaiser & Daniel Witzki

**Public perception of coastal flood defence and participation in coastal flood defence planning ..... 101**

Jacobus Hofstede

**A new coastal defence master plan for Schleswig-Holstein ..... 109**

Gabriele Gönnert & Jürgen Triebner

**Hochwasserschutz in Hamburg..... 119**

Stefan Wittig, Dietmar Kraft, Jürgen Meyerdirks & Michael Schirmer <b>Risikobewertung ökologischer Systeme an der deutschen Nordseeküste im Klimawandel</b> .....	127
Anne Elsner, Stephan Mai & Claus Zimmermann <b>Risikoanalyse – ein Element des Küstenzonenmanagements</b> .....	137
Andreas Jeschke <b>Spatial planning as an integrative instrument in coastal protection management</b> .....	149
Bastian Schuchardt, Tim Bildstein, Hellmuth Lange, Jürgen Lange, Silvia Pestke, Winfried Osthorst, Michael Schirmer, David Wille & Gerd Winter <b>Wie wir gute IKZM-Praxis definieren: erste Ergebnisse des Forschungsvorhabens RETRO</b> .....	153
Gerald Schernewski & Steffen Bock <b>Online-Lernmodule zum Küstenmanagement (ikzm-d Lernen)</b> .....	163
Horst Sterr, Christoph Corves & Rainer Duttmann <b>Studienprojekt <i>Virtueller Erlebnispfad Ostseeküste</i> Ein Beitrag der Geographie zum IKZM in Lehre und Praxis</b> .....	169
Andreas Kannen <b>Holistic Systems Analysis for ICZM: The Coastal Futures Approach</b> .....	177
Gerald Schernewski, Hermann Behrens, Steffen Bock, Peter Dehne, Wilfried Erbguth, Bernhard Glaeser, Gerold Janssen, Wasilios Kazakos, Thomas Neumann, Thorsten Permien, Burkhard Schuldt, Holmer Sordyl, Wilhelm Steingrube, Lutz Vetter & Kai Wirtz <b>Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion (IKZM Oder)</b> .....	183
Florian Ballnus <b>Die Küstenagenda 21 als Instrument zum Erreichen nachhaltiger Raumentwicklungen in den Küstenzonen der Ostsee</b> .....	195
Bernhard Glaeser <b>Social Science Responses to New Challenges for the Coast</b> .....	201
Maren Lau <b>Küstenzonenmanagement in der Volksrepublik China und Anpassungsstrategien an den Meeresspiegelanstieg</b> .....	213
Andreas Kannen, Wilhelm Windhorst, Hermann Lenhart & Corinna Nunneri <b>Assessing catchment-coast interactions for the Elbe by linking scenarios, indicators and modelling</b> .....	225
Jörn Kohlus & Carsten Heidmann <b>NOKIS – Nord- und Ostsee Informationssystem</b> .....	239
Kerstin Stelzer, Carsten Brockmann, Desmond Murphy & Uwe Krämer <b>Applicability of Remote Sensing in Monitoring Coastal Zones</b> .....	249

UmweltPlan GmbH Stralsund

**Raumanalyse im offshore-Bereich östlich und südlich der Insel Rügen  
(Pommersche Bucht) - Konfliktanalyse zur Verlegung von Energiekabeln ..... 255**

Catrin Strauch

**Windenergienutzung in Mecklenburg-Vorpommern –  
Planung von Eignungsräumen für Onshore-Windenergieparks ..... 261**

UmweltPlan GmbH Stralsund

**Handlungsempfehlungen zur nachhaltigen Entwicklung im EU-  
Vogelschutzgebiet „Greifswalder Bodden“ auf der Grundlage der  
räumlichen und zeitlichen Ordnung der Erfordernisse des Biotop- und  
Artenschutzes sowie der Nutzungsanforderungen und -potenziale..... 267**







## **Die Schwankungen des mittleren Tidehochwassers an der deutschen Nordseeküste in den letzten 3000 Jahren nach archäologischen Daten**

The oscillations of the MHW level along the German North Sea coast during the last 3000 years, recorded by archaeological data

Karl-Ernst Behre

Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung, Wilhelmshaven, Germany

### **Abstract**

Numerous archaeological excavations have been carried out along the German North Sea coast during the last decades. Together with new evidence from archaeological surveys, they provide a large number of new sea-level data. As the archaeological settlements were adapted to the level of the highest storm floods in the respective periods, these archaeological dates indicate this level. Three sites from different regions gave the opportunity to find out the difference between MHW and the storm flood level before the start of diking. It turned out that there was only 1 m between this levels, which is much less than nowadays. From the many habitation layers in the Clay District the height position only of the lowermost buildings can be used as sea-level indicators. This is particular important for the use of data from dwelling mounds – wurten – where there often is a considerable height difference between houses from the same habitation layer.- Based on these archaeological dates and controlled by new geological evidence a new sea-level curve for the last millennia was constructed. It shows 7 regression phases which represent clear declines in MHW, during which occupation took place. At first the settlements were abandoned as soon as the sea rose again, but from the first century AD the settlement bases were raised to dwelling mounds and continuously adapted to the rising storm floods. After the completion of the continuous dike line in the 13th century, settlements did not reflect the sea-level changes any more.

### **1 Einleitung**

Bei den bisher publizierten Meeresspiegelkurven standen die geologischen Daten ganz im Vordergrund, während siedlungsarchäologische Befunde kaum berücksichtigt wurden. In den vergangenen 50 Jahren sind jedoch durch die Tätigkeit der Institute, bzw. Denkmalpflegeämter in Wilhelmshaven, Schleswig und Kiel zahlreiche neue Erkenntnisse zur Frage der Meeresspiegelbewegungen gewonnen worden. Diese können jetzt mit Hilfe von archäologischen Befunden sehr viel genauer erfasst werden, als es vorher möglich war.

In der Zeit vor dem Deichbau, der an der deutschen Nordseeküste im späten 11. Jh. einsetzte, reagierte die Besiedlung sehr schnell auf Änderungen der Wasserstände, sowohl nach oben als auch nach unten. Vor allem Meeresspiegelabsenkungen – Regressionen – lassen sich mit archäologischen Daten sehr viel sicherer und genauer erkennen als mit geologischen Methoden.

Der begrenzende Faktor für die Lage der Siedlungen war das Sturmflutniveau der jeweiligen Zeitperiode. Nachdem es gelungen war, die frühere Differenz zwischen Sturmflutniveau und mittlerem Tidehochwasser (MThw) festzulegen, ist auch das letztere auf dem Umweg über die archäologischen Daten zu bestimmen. Der hier vorgestellte Aspekt ist ein Teilbereich der systematischen Auswertung aller vorliegenden geologischen und archäologischen Daten von der deutschen Nordseeküste und diente dem Entwurf einer neuen Meeresspiegelkurve für diesen Raum (Behre 2003).

## 2 Art und Aussagemöglichkeit archäologischer Daten

Wie auch bei geologischen Daten sind die zu verwendenden archäologischen Daten sehr kritisch auszuwählen, wobei bereits viele ausscheiden, weil sie entweder zu unscharf oder „weich“ sind oder nicht genau genug publiziert wurden.

Die Hauptquelle archäologischer Daten sind die Flachsiedlungen (ohne Aufhöhung auf dem flachen Marschboden errichtet) und die Wurten (gegen Sturmfluten aufgetragene Wohnhügel, auch Warfen genannt). Damit ihre Höhe für die Abschätzung des früheren Sturmflutspiegels verwendet werden kann, muss sichergestellt sein, dass die jeweilige Siedlung auch ganzjährig und nicht nur im Sommer benutzt wurde. Dieses ist häufig am Nachweis von Wohn-Stallhäusern erkennbar, deren Grundrisse eine winterliche Aufstallung des Viehs zeigen.



Abb. 1: Beispiel eines Querschnitts durch eine Wurt (Feddersen Wierde, Röm. Kaiserzeit). Dunkle Siedlungsschichten liegen im Wechsel mit hellen Auftragsschichten. Die Höhe der untersten Siedlungsschicht liefert ein Datum für die Meeresspiegelkurve in Abb. 2. (Grabung Haarnagel).

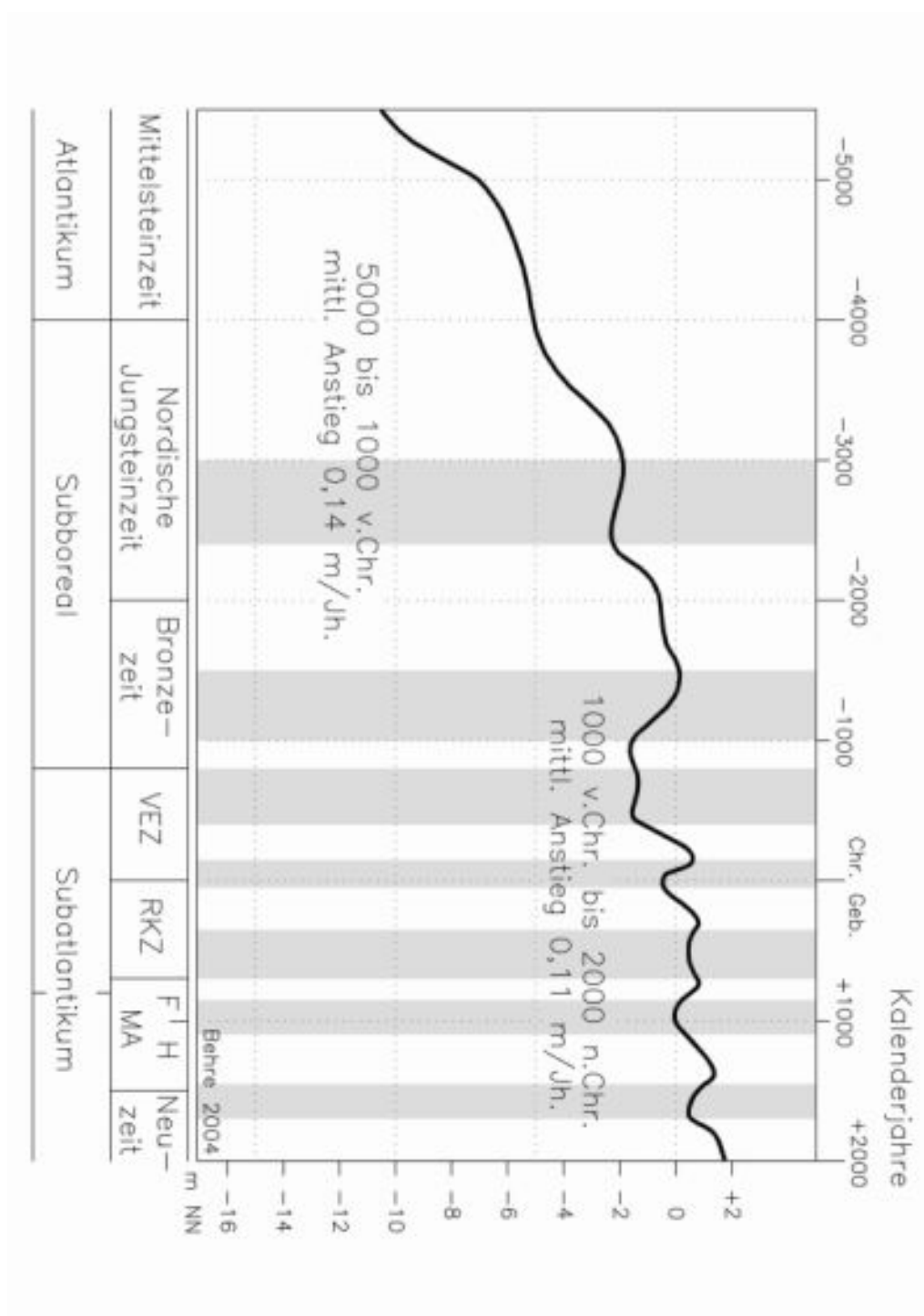


Abb. 2: Der Verlauf des MThw an der südlichen Nordsee zwischen 5500 v.Chr. und heute. Die grau unterlegten Phasen zeigen Meeresspiegelabsenkungen (Regressionen 1-7). Ausschnitt aus der Meeresspiegelkurve (MThw) von Behre (2003). Abkürzungen: VEZ = Vorrömische Eisenzeit; RKZ = Römische Kaiserzeit; MA = Mittelalter (F = Früh-, H = Hochmittelalter).

Bei der Auswertung von Siedlungsdaten für Meeresspiegelhöhen kann in der Regel nur die unterste Siedlungsschicht herangezogen werden, die unmittelbar auf der Bezugsfläche, nämlich der Marschoberfläche, liegt (Abb. 1). Bei deren Datierung muss ebenso wie bei Radiokarbondatierungen die Fehlergrenze bedacht werden, d.h. es muss die Laufzeit der bestimmten Keramik oder der Metallfunde

etc. berücksichtigt werden. Dabei liegt die Genauigkeit der Altersbestimmung in manchen Zeitabschnitten, z.B. der Spät-Latène-Zeit (um Christi Geburt), über der der  $^{14}\text{C}$ -Datierungen. Da in den frühen Marschsiedlungen sehr viel Weichholz verbaut wurde, gibt es bisher erst sehr wenige der viel genaueren dendrochronologischen Daten.- Beachtet werden muss auch, dass die Besiedlung der durch einen Meeresrückzug neu bewohnbaren Gebiete nicht immer sofort erfolgte. So gibt es z.B. bei der großen Marschenkolonisation ab kurz vor Christi Geburt eine deutliche Verzögerung von Niedersachsen nach Schleswig-Holstein, die etwa 150 Jahre beträgt und nichts mit Meeresspiegelveränderungen zu tun hat.

Ebenso wichtig wie das genaue Alter prähistorischer Siedlungen ist die Ermittlung und Bewertung ihrer Höhenlage. Die Anlage auf unterschiedlich hohen Uferwällen muss ebenso berücksichtigt werden wie die Siedlungslage in der See- oder Flussmarsch und die Position zu luv und lee (Näheres dazu in Behre 2003). Setzungsbeeinflusste Gebiete sind auszuschließen.

Wurten hat man lange Zeit als fossile Pegel angesehen und die Höhe der Wurtkuppen in den verschiedenen Siedlungsphasen als Maß für den jeweiligen Sturmflutspiegel genommen. Dadurch gab es wegen unterschiedlicher aber gleichzeitiger Wurthöhen Erklärungsschwierigkeiten. Doch wie heute die Deiche, hat man früher auch die Wurten aus Sicherheitsgründen oft erheblich höher aufgetragen als notwendig, so dass deren Höhe nicht als Maß dienen kann. Entscheidend ist die Höhe der tiefstgelegenen Häuser an den Flanken einer Wurt in der jeweiligen Siedlungsschicht. Um diese jedoch sicher zu erfassen, muss eine Wurt vollständig ausgegraben werden, was bis jetzt nur bei der römisch-kaiserzeitlichen Wurt Feddersen Wierde im Land Wursten der Fall ist (Haarnagel 1979).

Um die Höhenlage von Siedlungsschichten, die auf den Sturmflutspiegel ausgerichtet waren, für die Bestimmung des MThw zu nutzen, muss man die frühere Differenz zwischen beiden kennen. Bei bisher drei Ausgrabungen aus dem Zeitraum zwischen Christi Geburt und 700 n. Chr. konnte diese einheitlich auf 1 m berechnet werden, und zwar anhand von Landungsstegen in den Siedlungen Hatzum-Boomborg/Ems (Haarnagel 1980) und Feddersen Wierde (Haarnagel 1979), die auf das MThw ausgerichtet gewesen sein müssen, sowie aus einer Berechnung von Prieldaten zur Marschoberfläche bei Wellinghusen (Meier 2001). Dieser Wert wird durch Beobachtungen aus anderen Grabungen gestützt. Gemessen an der Höhe heutiger Sturmfluten ist er ausgesprochen niedrig. Dieses ist vor allem darauf zurückzuführen, dass in der Zeit vor der Bedeichung das gesamte Marschgebiet als Überflutungsraum bei Sturmfluten zur Verfügung stand, das später durch den Deichbau, in den Flussgebieten auch durch Sperrwerke abgeschlossen wurde, so dass das Wasser außerhalb jetzt bei Sturmflut wesentlich höher aufläuft.

Eine unabhängige Kontrolle für die Höhenlage der die früheren Siedlungen umgebenden Flächen zum MThw liefert die Untersuchung der in den feuchten Marschsiedlungen oft sehr gut erhaltenen Pflanzenreste. Diese wurden in den letzten Jahren in großem Umfang durchgeführt, genannt seien nur die Monographien zur römisch-kaiserzeitlichen Feddersen Wierde im Lande Wursten (Körber-Grohne 1967) und zur wikingerzeitlichen Wurt Elisenhof auf Eiderstedt (Behre 1976).

Bei der Zusammenstellung von Meeresspiegeldaten aus einer größeren Region, wie dem deutschen Nordseeküstengebiet, stellt sich noch ein weiteres Problem. Da der Tidenhub innerhalb dieses Raumes unterschiedlich ist, ändert sich auch die Höhe des MThw entlang der Küste. Dieses liegt auf Borkum bei +0,99 m NN, in Wilhelmshaven und Bremerhaven bei +1,70 m NN und in Westerland bei +0,83 m NN (vgl. Abb. 1 in Behre 2003). Somit mussten alle gewonnenen Daten auf den Pegel Wilhelmshaven als Standardpegel korrigiert werden, um vergleichbar zu sein und in einer einzigen Kurve dargestellt werden zu können.

Für die Vergleichbarkeit der entwickelten Meeresspiegelkurve mit solchen aus anderen Regionen muss die Stabilität des Untergrundes bekannt sein. Die südliche Nordseeküste liegt gerade außerhalb des isostatisch beeinflussten Raumes. Im 20. Jahrhundert wurden insgesamt drei aufwendige Nordseeküsten-Nivellements durchgeführt, um dieses zu überprüfen. Dabei ergab der Vergleich zwischen dem ersten und zweiten Nivellement eine allgemeine, sehr leichte Absenkungstendenz, die aber noch innerhalb der Fehlergrenze lag (Gronwald 1960). Das dritte Nivellement zeigte demgegenüber teil-

weise deutliche Abwärtsbewegungen, die aber lokal sehr unterschiedlich waren und vermutlich auf anthropogene Tätigkeiten, wie z.B. umfangreiche Erdgasgewinnung zurückzuführen sind. Damit ist dieses jüngste Nivellement für unsere Fragestellung nicht geeignet. Aus der Höhenlage quartärer Sedimente lässt sich hingegen ein tektonisches Absinken der deutschen Nordseeküste seit dem Tertiär erkennen, das wahrscheinlich noch anhält. Berechnungen dazu führen zu einem mittleren Betrag für die deutsche Nordseeküste von  $<1$  cm pro Jahrhundert; dieses Absinken nimmt nach Westen in die Niederlande hin zu. Der Wert von unter einem cm/Jh. entspricht dem der Differenz zwischen dem 1. und 2. Nordseeküsten-Nivellement und zeigt, dass die südliche Nordseeküste ein vergleichsweise sehr stabiler Raum ist.

### 3 Mit archäologischen Methoden erfasste Meeresspiegelbewegungen

Das Auffinden von alten Siedlungen in der Marsch ist weitgehend vom Zufall abhängig, da sie in der Regel von mehreren Metern Sediment überdeckt sind. Wahrscheinlich deshalb reichen in Deutschland die bisher bekannten Marschsiedlungen zeitlich nicht so weit zurück wie in den benachbarten Niederlanden, wo der Untergrund besser bekannt ist. Dort sind bereits meso- und neolithische Siedlungen in größerer Zahl nachgewiesen worden. Besonders die dortigen Marschsiedlungen der Einzelgrabkultur, datiert zwischen kal. 2600 und 2400, lassen sich mit der deutschen Marschstratigraphie verknüpfen, denn sie fallen in die erste sichere Meeresregression (R 1), die in Deutschland durch Torfbildung belegt ist. Auch die nächstfolgenden Marschsiedlungen aus der Bronzezeit finden sich vor allem in den Niederlanden, wo im dortigen Westfriesland mehrere Siedlungen aus der Zeit zwischen kal. 1600 und 800 v.Chr. ergraben wurden. In dieser Zeit gibt es sowohl in Deutschland wie in den Niederlanden eine sehr weit verbreitete z.T. mächtige Torfbildung, die die Regression 2 kennzeichnet.

Nach dem Ende von R 2 um 1000 v.Chr. setzt die Dünkirchen Ia – Transgression ein, in die jedoch um 900 v.Chr. eine Ruhepause eingeschaltet ist. Aus dieser Phase in der jüngeren Bronzezeit stammt die bislang älteste deutsche Marschsiedlung, die in den letzten Jahren bei Rodenkirchen an der Unterweser ausgegraben wurde (Strahl 2003). Ihre Höhenlage weist auf ein damaliges MThw von  $-1,80$  m NN. Wenig später wurden zwischen 650 und 550 v.Chr. Siedlungen auf dem linken Emsufer angelegt, die bis um 400 v.Chr. reichen und eine erneute, die 3. Regression anzeigen.

Auf die Regression 3 folgte die Dünkirchen Ib – Transgression, die sehr stark war und alle damaligen Siedlungen zerstörte. In dieser Zeit rissen neue Buchten ein, die durch die Sturmflutsedimente mit Uferwällen umfasst wurden, auf denen dann die Siedlungen der nächsten Phase errichtet worden sind. Im letzten Jahrhundert v.Chr. kam es dann zur ersten großflächigen Marschenkolonisierung, die von einem neuen Meeresrückzug während der Regression 4 ausgelöst wurde. Die archäologischen Landesaufnahmen für Niedersachsen verzeichnen zahlreiche Flachsiedlungen, die in dieser Zeit angelegt worden sind. Sie weisen auf ein MThw zwischen  $-0,60$  und  $-0,70$  m NN, mithin rd.  $1,20$  m niedriger als während des Höhepunktes der vorangegangenen Transgression. Diese günstigen Verhältnisse hielten jedoch nicht lange vor, denn bereits im 1. Jh. n.Chr. begann die Dünkirchen II – Transgression. Einige der frisch angelegten Flachsiedlungen wurden wieder verlassen, doch die meisten blieben besetzt und wurden zu Wurten aufgehöhht, um den Sturmfluten zu widerstehen. In der Folgezeit mussten diese Wurten ständig weiter erhöht werden; bis zu sieben Siedlungsschichten liegen in diesen Wohnhügeln übereinander. Es ist die erste große Wurtenperiode in der deutschen Marsch.

Die schnelle Reaktion der Bevölkerung auf die neuen Siedlungsmöglichkeiten in der Marsch zeigt sich allerdings nur in Niedersachsen. Die archäologischen Befunde aus Schleswig-Holstein verweisen auf eine erhebliche Besiedlungsverzögerung hin, denn dort setzen die Siedlungen erst gegen Ende des 1. Jh. n.Chr. ein und entsprechend dem schon wieder angestiegenen Sturmflutspiegel nicht als Flachsiedlungen, sondern gleich mit Wurtauftragungen.

Wie die Untersuchungen der Feddersen Wierde gezeigt haben, werden bereits um 350 n.Chr. die Häuser an den Flanken der dortigen Wurt nach unten verlegt. Um diese Zeit sinken wiederum der Sturmflutspiegel und das MThw, und es kommt zur Regression 5 mit einem MThw um  $+0,50$  m NN. Bald

danach werden in der Völkerwanderungszeit die Wurten verlassen, und es folgt eine allgemeine Siedlungslücke in der Marsch.

Die frühmittelalterliche Wiederbesiedlung der Marschgebiete nutzte die Bedingungen der Regression und konnte deshalb wiederum in der Form von Flachsiedlungen erfolgen (Schmid 1988). Die Existenz dieser Regression 5 kann an der südlichen Nordseeküste bisher nur anhand der archäologischen Befunde nachgewiesen werden. - Die bislang älteste dieser neuen Siedlungen, Oldorf im Wangerland, setzte bereits um 630 n.Chr. ein, die meisten jedoch erst gegen Ende des 7. oder im frühen 8. Jh. In dieser Zeit hatte bereits die Dünkirchen III – Transgression begonnen, und sehr bald waren die Siedler gezwungen, auch diese jüngeren Flachsiedlungen zu Wurten aufzuhöhen. In dieser zweiten deutschen Wurtenphase entstanden vor allem in Niedersachsen zahlreiche große Dorfwurten, die oft den Kern heutiger Orte bilden.

Ebenfalls archäologische Befunde, nämlich neu angelegte Siedlungen auf niedrigerem Niveau, haben gezeigt, dass die Dünkirchen III – Transgression in D IIIa und D IIIb zweigeteilt werden muss; zwischen ihnen liegt die Regression 6, die von 850 bis 1100 gedauert hat und während derer das MThw auf etwa 0 m NN abgesunken ist.

Nach dieser Zeit versagen die archäologischen Quellen, denn ab dem späten 11. Jh. setzt der Deichbau ein, der im 13. Jh. zu einer geschlossenen Winterdeichlinie geführt hat. Die jetzt beginnende Binnenkolonisation hinter den Deichen ist in ihrer Siedlungshöhe nicht mehr am Sturmflutspiegel ausgerichtet. Mit den geschlossenen Deichen und anderen Wasserbaumaßnahmen stieg zudem der Sturmflutspiegel viel stärker an als das MThw, und die bisherige Relation zwischen beiden war nicht mehr gegeben.

Für den jüngeren Abschnitt der Meeresspiegelkurve werden datierte alte Oberflächen von den nicht bedeckten Ostfriesischen Inseln sowie ab dem späten 18. Jh. Pegelmessungen herangezogen.

## 4 Ergebnisse

Der Ablauf der Marschbesiedlung wird in den frühen Zeitabschnitten im Wesentlichen durch den Naturraum, und dieser wiederum durch die Veränderungen des MThw bzw. des Sturmflutspiegels bestimmt. Dieses passive Verhalten ändert sich in Deutschland ab dem 1. Jh. n.Chr. (in den nördlichen Niederlanden bereits ab ca. 400 v.Chr.), als sich die Marschbewohner durch ständiges Erhöhen ihrer Siedlungsplätze gegen die ansteigenden Sturmfluten schützten und dabei Wurten errichteten. Auch in der Folgezeit wurden in den Marschen je nach den Vorgaben des Meeresspiegels Flachsiedlungen oder Wurten errichtet. Damit reflektieren die Siedlungen, insbesondere deren Höhenlage, den Ablauf der Meeresspiegelbewegungen in den letzten Jahrtausenden.

Diese archäologischen Quellen sind überaus wichtig für die Ermittlung bzw. Bestätigung von Meeresspiegelabsenkungen, die mit geologischen Methoden schwieriger und quantitativ meist nur ungenau erfasst werden können. Im Gegensatz zu früheren Meeresspiegelkurven zeigt die von Behre (2003) vorgestellte und im Einzelnen belegte neue Kurve ab 3000 v.Chr. sieben deutliche Meeresspiegelabsenkungen. In diesem Zusammenhang wurden anhand des jetzt sehr umfangreichen Datenbestandes auch die Phasen der Calais- und Dünkirchen-Transgressionen dem neuen Forschungsstand angepasst und ihre zeitlichen Begrenzungen z.T. neu bestimmt.

Neben den Daten zu früheren Meeresspiegelhöhen liefern die prähistorischen Siedlungen in ihrem jeweiligen Verteilungsmuster auch wichtige Angaben zu den Veränderungen der Küstenlinie.

## Literatur

- Bantelmann, A., Hoffmann, D. & Menke, B. (1984): Veränderungen des Küstenverlaufs. Ursachen und Auswirkungen: Schleswig-Holstein. In: Kossack, G., Behre, K.-E. & Schmid, P. (Hrsg.): Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen an ländlichen und frühstädtischen Siedlungen im deutschen Küstengebiet 1, 54-68.
- Behre, K.-E. (1976): Die Pflanzenreste der frühgeschichtlichen Wurt Elisenhof. Studien zur Küstenarchäologie Schleswig-Holsteins, Ser. A, 2, 183 S., Bern.
- Behre, K.-E. (1999): Die Veränderungen der niedersächsischen Küstenlinien in den letzten 3000 Jahren und deren Ursachen. Probleme der Küstenforschung 26, 35-64.
- Behre, K.-E. (2003): Eine neue Meeresspiegelkurve für die südliche Nordsee. Probleme der Küstenforschung 28, 9-61.
- Brandt, K. (1980): Die Höhenlage ur- und frühgeschichtlicher Wohnniveaus in nordwestdeutschen Marschengebieten als Höhenmarken ehemaliger Wasserstände. Eiszeitalter und Gegenwart 30, 161-170.
- Gronwald, W. (1960): Welche Erkenntnisse zur Frage der vermuteten neuzeitlichen Küstensenkung hat die Wiederholung des Deutschen Nordseeküstennivellements gebracht? Die Küste 8, 66-82.
- Haarnagel, W. (1979): Die Grabung Feddersen Wierde. Methode, Hausbau, Siedlungs- und Wirtschaftsform sowie Sozialstruktur. Feddersen Wierde 2. Wiesbaden.
- Haarnagel, W. (1980): Die Besiedlung im nordwestdeutschen Küstengebiet in ihrer Abhängigkeit von Meeresspiegelschwankungen und Sturmfluten. In: A. Verhulst & M.K.E. Gottschalk (Hrsg.): Transgression en occupatiegeschiedenis in de Kustgebieden van Nederland en België, 209-239. Gent.
- Körper-Grohne, U. (1967): Geobotanische Untersuchungen auf der Feddersen Wierde. Feddersen Wierde 1. Wiesbaden.
- Meier, D. (2001): Landschaftsentwicklung und Siedlungsgeschichte des Eiderstedter und Dithmarscher Küstengebietes als Teilregionen des Nordseeküstenraumes. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 79. Bonn.
- Schmid, P. (1988): Die mittelalterliche Neubesiedlung der niedersächsischen Marsch. In: M. Bierma, O.H. Harsema & W. van Zeist (Hrsg.): Archeologie en Landschap. Festschrift H.T. Waterbolk, 133-164. Groningen.
- Strahl, E. (2003): Rodenkirchen. Reallexikon der German. Altertumskunde, 2. Aufl., 25, 55-58.

## Adresse

Prof. Dr. Karl-Ernst Behre  
Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung  
Postfach 2062  
D – 26360 Wilhelmshaven

E-mail: behre@nihk.de







## **Postglazialer Meeresspiegelanstieg in der südwestlichen Ostsee - Geoarchäologische Ergebnisse aus der Niederung des Oldenburger Grabens (Ostholstein)**

Postglacial sea level rise in the south-western Baltic - Geoarchaeological  
results from the lowland of the Oldenburger Graben (Ostholstein)

Olaf Jakobsen<sup>1</sup>, Jutta Meurers-Balke<sup>2</sup>, Gerd Hoffmann-Wieck<sup>1</sup> & Jörn Thiede<sup>3</sup>

1 Leibniz-Institut für Meereswissenschaften Kiel, Germany

2 Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Köln, Germany

3 Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven, Germany

### **Abstract**

The lowland of the Oldenburger Graben was investigated in an interdisciplinary cooperation between Geologists, Archaeologists and Palaeobotanists. The postglacial sea level rise was reconstructed by combining and evaluating different methods and results. A new preliminary shoreline displacement curve for the south-western Baltic was created on the basis of reliable sea level data from adjacent regions.

The shoreline displacement curve for the Oldenburger Graben mainly covering the time interval from 5100 to 3000 BC cal suggests an oscillating sea level rise. Two periods of intensive sea level rise can be distinguished from two periods of modest rise. The duration between two periods of intensive rise mounts up to 900 years. These oscillations correspond with climatic variations in the North Atlantic. The new preliminary shoreline displacement curve for the south-western Baltic reveals at least eleven oscillations during the last 9000 years.

### **1 Einleitung**

#### **1.1 Die Rekonstruktion des postglazialen Meeresspiegelanstiegs in der südwestlichen Ostsee**

Der postglaziale Meeresspiegelanstieg in der südwestlichen Ostsee wurde von zahlreichen Autoren und mit unterschiedlichen Methoden rekonstruiert (u.a. Tapfer 1940; Schmitz 1954; Köster 1961, Klug 1980, Meurers-Balke et al. 1985; Winn et al. 1986).

Von geologischer Seite wurden vorwiegend Datierungen an Transgressionskontakten aus Niederungsgebieten und vom Ostseegrund durchgeführt. Die rezente Tiefenlage des Übergangs zu marinen Sedimenten wurde mit dem Niveau des Meeresspiegels zum Zeitpunkt der Transgression in Verbindung gebracht. Als problematisch hat sich bei dieser Methode insbesondere das Auftreten von Hiäten zwischen den limnischen bzw. telmatischen und den marinen Sedimenten herausgestellt (Winn et al. 1986).

Von geographischer Seite wurden Untersuchungen von Strandwall-Landschaften und inaktiven Steilufern durchgeführt (u.a. Voss 1967; Köster 1961). Die Datierungen der ermittelten Meeresspiegelmarken erfolgten in den meisten Fällen nur indirekt oder über Abschätzungen.

Archäologische Ausgrabungen im Bereich von Küstensiedlungen und deren ehemaligen Flachwasserzonen erbrachten Angaben von Meeresspiegelhöhen während der Besiedlungszeiten. Der ehemalige Wasserstand wurde in den meisten Fällen anhand der Verteilung von organischen Resten festgelegt, da die Erhaltung von Holzartefakten (und auch von Keramik) nur unter zumindest temporärer Was-

serbedeckung möglich ist. Weitere Anhaltspunkte liefern im ehemaligen Flachwasserbereich senkrecht eingeschlagene Pfähle oder Pfosten, die etwa auf der Höhe des damaligen Meeresspiegels abgefault sind.

Labes (2002) stellte die bestehenden Ergebnisse geologischer, geographischer und archäologischer Untersuchungen an der deutschen Ostseeküste für verschiedene Regionen zusammen. Dabei zeigte sich, dass die meisten Transgressionskontakte aus Bohrkernen einen tieferen Meeresspiegel nahe legen als die archäologischen Ufermarken. Bei der Datierung von Strandwällen und inaktiven Steilufem durch archäologische Funde und Befunde zeigten sich weitere Widersprüche. Darüber hinaus ermöglichte die Zusammenstellung aller Ergebnisse auf Grund der weiten Streuung der Datenpunkte nur die Darstellung eines breiten Bandes, in dessen Rahmen sich der relative Meeresspiegelanstieg in den vergangenen 8000 Jahren vollzogen haben kann. Die gemittelte Kurve aller Daten legt einen relativ kontinuierlichen Anstieg nahe. Sie kann aber auf Grund der großen möglichen Abweichungen nur als Annäherung an den tatsächlichen Transgressionsverlauf gelten. Ähnliche Probleme ergeben sich aus dem Vergleich älterer Meeresspiegelanstiegskurven für die südwestliche Ostsee. Die Abweichungen belegen die Notwendigkeit zur kleinräumigen und interdisziplinären Bearbeitung postglazialer Meeresspiegelschwankungen. Zudem verlangen sie nach einer kritischen Betrachtung der unterschiedlichen methodischen Ansätze.

## 1.2 Geoarchäologische Untersuchungen im Oldenburger Graben (Grube-Wesseker Niederung)

Ein geeignetes Untersuchungsgebiet zur kleinräumigen Erfassung des postglazialen Meeresspiegelanstiegs ist die Niederung des Oldenburger Grabens (Grube-Wesseker Niederung) in Ostholstein. Die seit über 100 Jahren betriebene Entwässerung der Niederung ermöglicht den Zugriff auf natürliche Archive, die unter normalen Bedingungen von Wasser bedeckt und nur mit erheblichem logistischem und finanziellem Aufwand zugänglich wären.

Spät- und postglaziale Sedimente erreichen im Oldenburger Graben Mächtigkeiten von bis zu 20 m. Im Spätglazial charakterisierten zahlreiche Seen in Toteislöchern das Landschaftsbild der glazialen Hohlform. Die meisten dieser Seen waren bereits im frühen Holozän verlandet. Im Zuge der Litorina-Transgression wurde die Niederung überflutet und es entstanden zwei Meeresarme, die von der Hohwacher und der Mecklenburger Bucht bis weit in das Inland reichten. An den Ufern dieser Förden lagen zahlreiche endmesolithische und neolithische Küstensiedlungen.

Geologische und paläobotanische Untersuchungen werden im Oldenburger Graben bereits seit 1940 durchgeführt (u.a. Tapfer 1940; Seifert 1963; Venus 1965, im Druck; Jakobsen in Vorbereitung). An insgesamt sieben steinzeitlichen Küstenplätzen wurden archäologische Ausgrabungen in interdisziplinärer Zusammenarbeit vorgenommen (u.a. Schwabedissen 1979; Hoika 1987; Meurers-Balke 1983; Hartz & Hoffmann-Wieck 2000; Hartz et al. im Druck). Der quartärgeologische Aufbau der Niederung ist durch 6619 Hand- und 19 Kernbohrungen umfassend erschlossen. An 14 Bohrkernen wurden Transgressionskontakte untersucht und datiert (Seifert 1963; Venus 1965, im Druck; Jakobsen in Vorbereitung). Zur detaillierten Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte liegen über 40 z.T. hochauflösende Pollenprofile und zahlreiche Analysen von Einzelspektren zu Artefakten aus den Fundschichten und  $^{14}\text{C}$ -Datierungen aus Bohrkernen vor. Den jüngeren Untersuchungen liegt die palynologische Phasengliederung nach Kalis & Meurers-Balke (1998, 2001) zu Grunde, die auch für geologische Fragestellungen eine präzise Datierung ermöglicht. Eine monographische Abhandlung zur quartärgeologischen Entwicklung der Niederung unter Berücksichtigung der Besiedlungsgeschichte befindet sich im Abschluss (Jakobsen in Vorbereitung).

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Die Transgressionskontakte des Oldenburger Grabens

Ein deutlicher Transgressionskontakt liegt in einer Kernbohrung aus der unmittelbaren Umgebung der steinzeitlichen Küstensiedlungsplätze Rosenhof (Grube LA 58), Rosenfelde (Grube LA 83) und Siggeneben-Süd (Grube LA 12) vor (Kern Rosenhof 1981, Abb. 1). Der Transgressionskontakt liegt im zentralen Bereich eines Toteisloches in einer Tiefe von -9,07 m NN. Nach den palynologischen Ergebnissen lagerte sich über einem Torf, der den Abschluss einer Abfolge spätpleistozäner und frühholozäner limnischer Sedimente markiert, während der Phase Troels-Smith A (5000 bis 4600 BC cal) zunächst ein Brackwassertorf ab. Dieser wurde im Zuge des weiteren Meeresspiegelanstiegs ohne nennenswerte Abrasion am Ende der Phase Troels-Smith A um 4600 BC cal von Ostseeschlick überlagert. Am Fundplatz Siggeneben-Süd konnten dagegen für die Phase Troels-Smith A bereits in Tiefen um -4,15 m NN submarine Sedimente nachgewiesen werden (Kalis & Meurers-Balke 1998). Die Befunde am Fundplatz Rosenfelde sprechen für einen Meeresspiegel nahe -4,0 m NN um 4900/4800 BC cal (mdl. Mitt. Dr. S. Hartz). Die Differenz zwischen dem Niveau des Transgressionskontaktes in der Kernbohrung und dem an den Fundplätzen nachgewiesenen etwa zeitgleichen Mindestniveau des Meeresspiegels beträgt ca. 5 m. Die Abweichung ist auf die Kompaktion der rezent etwa 6 m mächtigen limnischen und telmatischen Sedimente im Liegenden des Transgressionskontaktes der Kernbohrung zurückzuführen. Das rezente Niveau des Kontaktes entspricht unter keinen Umständen der Meeresspiegelhöhe zum Zeitpunkt der Transgression.

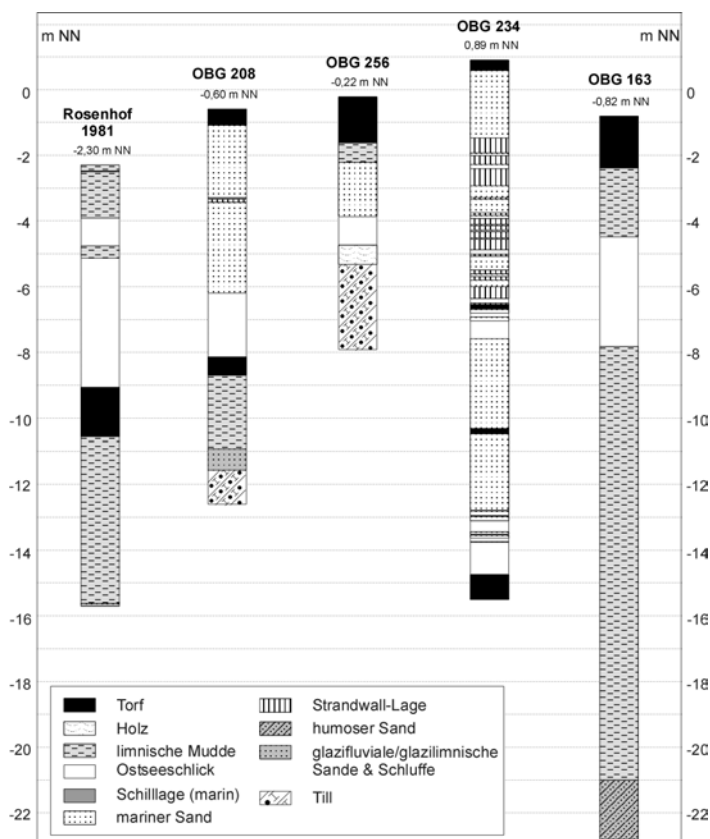


Abb. 1: Lithologie einiger Kernbohrungen aus der Niederung des Oldenburger Grabens.

Die Datierungen weiterer Transgressionskontakte (Tab. 1) machen ebenfalls deutlich, dass ein Zusammenhang zwischen dem rezenten Niveau der Kontakte und der Meeresspiegelhöhe zum Zeitpunkt der Transgression in den wenigsten Fällen gegeben ist. Es ergaben sich mindestens fünf Kategorien

lithologischer Ausprägungen von Transgressionskontakten, auf deren unterschiedlichen Wert im Zusammenhang mit Meeresspiegelrekonstruktionen bereits Seifert (1955) hinwies.

Kategorie A: Die marinen Sedimente stehen im Hangenden glazialer Ablagerungen an: Das Niveau des Transgressionskontaktes muss nicht der Meeresspiegelhöhe während der Transgression entsprechen, da vor der Ablagerung der marinen Sedimente die ehemalige Landoberfläche teilweise abradiert worden sein kann, oder es bis zum Zeitpunkt ihrer Ablagerung auf Grund einer verstärkten Hydrodynamik zu keiner Sedimentation kam; auch können bereits abgelagerte marine Sedimente wieder aufgearbeitet worden sein; handelt es sich bei den marinen Sedimenten um Sand, ist darüber hinaus selten eine verlässliche Datierung möglich.

Kategorie B: Die marinen Sedimente stehen im Hangenden von limnischen Sedimenten an: Der Transgressionskontakt liefert keinen konkreten Anhaltspunkt zum Meeresspiegelniveau, da ein ehemaliges Seebecken von der Ostsee überflutet wurde und die Seespiegelhöhe zur Zeit der Transgression in den seltensten Fällen bekannt ist; die Rekonstruktion eines Mindestniveaus ist unter Umständen bei detaillierter Kenntnis der geologischen Verhältnisse der umgebenden Ränder des Seebeckens möglich.

Kategorie C: Ein mariner Sand steht über Torf an: Ein Hiatus auf Grund mariner Abrasion des Torfes ist wahrscheinlich, hinzu kommt die mögliche Kompaktion des Torfes und möglicher liegender limnischer Sedimente.

Kategorie D: Ostseeschlick steht im Hangenden eines Verlandungstorfes an: Der Torf zeigt den Abschluss einer Gewässerentwicklung und nicht eine zunehmende Vernässung infolge des Meeresspiegelanstieges an, ist also kein Basistorf im Sinne von Lange & Menke (1967); zwischen Torf und Schlick ist ein Hiatus wahrscheinlich; zusätzlich erschwert die Abschätzung der Kompaktion der liegenden limnischen und telmatischen Sedimente die Angabe der tatsächlichen Meeresspiegelhöhe während der Transgression.

Kategorie E: Ostseeschlick steht im Hangenden eines Basistorfes an: Dieser Kontakt eignet sich für die Rekonstruktion der zeitgleichen Meeresspiegelhöhe, wenn folgende Punkte beachtet werden:

- die lokale Vegetationsentwicklung zeigt eine zunehmende Vernässung des Standortes an;
- der Torf wird ohne merkliche Abrasion von marinen Sedimenten überlagert, eine Datierung der liegenden und hangenden Sedimente ist notwendig;
- im Liegenden des Torfes stehen pleistozäne Sedimente an;
- eine geringe Mächtigkeit des Torfes ermöglicht eine realistische Berücksichtigung der Kompaktion;
- einzelne Becken, die durch pleistozäne Rücken oder Strandwälle von der offenen See abgeriegelt sind, geraten erst nach der Überflutung dieser Schwellen unter marinen Einfluss;
- die Tiefe des Transgressionskontaktes entspricht nicht unbedingt dem mittleren Wasserstand zum Zeitpunkt der Transgression, da sich z.B. Ostseeschlick erst unter einer Wasserbedeckung von ca. 0,5 m ablagert (Seifert 1963);
- die Ungenauigkeit der Bohrmethode ist zu berücksichtigen.

Transgressionskontakte der Kategorien A bis D ermöglichen meist nur Aussagen zum Mindestniveau des Meeresspiegels zum Zeitpunkt der Transgression. Dieses kann nach den Ergebnissen aus dem Oldenburger Graben erheblich von der tatsächlichen Meeresspiegelhöhe abweichen. Nur Transgressionskontakte der Kategorie E erlauben unter Berücksichtigung der aufgeführten Voraussetzungen verlässliche Aussagen zur Meeresspiegelhöhe.

Von den 14 Transgressionskontakten aus dem Oldenburger Graben fallen drei in die Kategorie E. Nur der Kontakt aus dem Kern OBG 256 (Abb. 1) erfüllt darüber hinaus die genannten Voraussetzungen zur verlässlichen Rekonstruktion einer Meeresspiegelhöhe. Die übrigen Transgressionskontakte erlauben nur Aussagen zu einem Mindestniveau des zeitgleichen Meeresspiegels.

Kernbezeichnung	Datiertes Material	Tiefe TGK [m NN]	Datierung TGK	Kategorie	Bedeutung	Quelle
Oldenburg	TGK (?)	-2,86	2600-750 BC cal	B (?)	Mindestwasserstand	Venus 1965, im Druck
Dannau	Ostsee-schlick	-2,30	3700-2600 BC cal	A	Mindestwasserstand	Tapfer 1940
Moorkathe	TGK	-4,10	3700-2600 BC cal	D	Mindestwasserstand	Tapfer 1940
Kleinwesek	Ostsee-schlick	-11,30	Um 3800 BC cal	A	Mindestwasserstand	Venus 1965, im Druck
OBG 163	Ostsee-schlick	-7,80	3995-3905 BC cal (KIA 18447)	B	Mindestwasserstand	Jakobsen in Vorbereitung
Klenau	TGK	-3,95	Um 4000 BC cal	B	Mindestwasserstand	Venus 1965, im Druck
Oldenburg-Dannau	TGK	-6,72	Kurz vor 4500 BC cal	B	Mindestwasserstand	Venus 1965, im Druck
Schwelbek	TGK	-7,20	4600-3710 BC cal	B	Mindestwasserstand	Venus 1965, im Druck; mdl. Mitt. Dr. J. Meurers-Balke
Rosenhof 1981	TGK	-9,07	4800-4600 BC cal	E	Mindestwasserstand, da limnische Sedimente im Liegenden	Jakobsen in Vorbereitung
Gruber See	TGK	-5,90	Um 4900	E	Mindestwasserstand, Hiatus möglich	Venus 1965, im Druck); mdl. Mitt. Dr. J. Meurers-Balke
OBG 256	Holz, Ostsee-schlick	-4,74	5130-5030 BC cal (KIA 14781, KIA 18448)	E	Zeitgleiche Meeresspiegelhöhe - 4,74 bis -4,24 m NN	Jakobsen in Vorbereitung
OBG 208	Ostsee-schlick	-8,14	5325-5255 BC cal (KIA 14575)	D	Mindestwasserstand	Jakobsen in Vorbereitung
Wangels-Brök	TGK	-16,85	6000-5500 BC cal	B	Mindestwasserstand	Venus 1965, im Druck
OBG 234	Torf	-14,76	6390-6250 BC cal (KIA 14782)	D	Mindestwasserstand	Jakobsen in Vorbereitung

Tab. 1: Transgressionskontakte aus dem Oldenburger Graben und ihre Bedeutung für die Rekonstruktion der Meeresspiegelhöhe.

## 2.2 Meeresspiegelrekonstruktionen an steinzeitlichen Siedlungsplätzen des Oldenburger Grabens

Anhand der Funde und Befunde von sieben steinzeitlichen Siedlungsplätzen wurden Meeresspiegelhöhen rekonstruiert. Im Liegenden der Fundschichten stehen meist nur geringmächtige organische Sedimente an oder die Fundschichten liegen dem pleistozänen Untergrund unmittelbar auf. Daher kann eine Sedimentkompaktion weitgehend ausgeschlossen werden. Bei der Rekonstruktion der Meeresspiegelhöhe zur Besiedlungszeit ist unter der Voraussetzung eines ansteigenden Meeresspiegels davon auszugehen, dass die in der Grabung aufgeschlossene Uferlinie einen Zustand am Ende der Besiedlung repräsentiert. Die aktualisierten Ergebnisse der archäologischen Untersuchungen sind in Tab. 2 zusammengefasst.

<b>Fundplatz</b>	<b>Funde/Befunde</b>	<b>Tiefe [m NN]</b>	<b>Datierung</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Quelle</b>
Siggeneben-Süd/ Grube LA 12	Auskeilen einer geröllreichen Muschelbank	-1,50	Ende PZ IX	Tempestanlage, keine längerfristige Meeresspiegelhöhe	Meurers-Balke 1983
Grube LA 62	Fundschrift mit Artefakten des Spätneolithikums	-1,1 bis -0,9	2400-1800 oder 3340-2910 BC cal	Datierung z.Zt. ungewiss	Hoika 1975
Kleinwessek/Wangels LA 505	Abgefaulte Holzpfähle in limnischen Sedimenten	-1,8 bis -1,6	2900-2600 BC cal	Seespiegelhöhe	Hartz & Hoffmann-Wieck 2000
Dannau/ Oldenburg LA 77, 191, 192	Meeresspiegel zur Hauptbesiedlungszeit	-2,0 bis -1,5	3050-2900 BC cal	Meeresspiegelhöhe	Hoika 1987; Schütrumpf 1987
Rosenhof/ Grube LA 58	Uferbereich am Ende der Besiedlung	mindestens -3,10	3800/3700 BC cal	Mindestwasserstand, Besiedlungszeitraum wurde korrigiert	Schütrumpf 1972; Hartz et al im Druck
Siggeneben-Süd/ Grube LA 12	Meeresspiegel am Ende der Besiedlung, u.a. abgefaulte Holzpfähle	-2,6 bis -2,4	3800/3700 BC cal	Meeresspiegelhöhe	Meurers-Balke 1983; Jakobsen in Vorbereitung
Siggeneben-Ost/ Grube LA 25	Meeresspiegel zur Besiedlungszeit	-2,3 bis -2,0	3820-3420 BC cal	Datierung ungenau	Hoika 1975
Kleinwessek/Wangels LA 505	Uferlinie am Ende der Besiedlung	-2,7 bis -2,5	3900/3800 BC cal	Meeresspiegelhöhe	Hartz & Hoffmann-Wieck 2000
Rosenhof/ Grube LA 58	Uferlinie, Sand mit humosen Bändern	-2,7 bis -2,5	4220 bis 3530 BC cal	Datierung nicht genauer einzugrenzen	Hartz 1999
Rosenhof/ Grube LA 58	Feuerstelle	-2,70	4220-3960 BC cal	Landmarke	Jakobsen in Vorbereitung
Rosenhof/ Grube LA 58	Uferbereich (Strand)	-2,95 bis -2,75	4450-4040 BC cal	Landmarke	Hartz 1999
Siggeneben-Süd/ Grube LA 12	Lokales Wasserstands-maximum	-2,3	4600/4500 BC cal	Regionale Bedeutung z.Zt. ungewiss	Meurers-Balke 1983
Rosenhof/ Grube LA 58	Uferbereich zu Beginn der Besiedlung	-3,50 bis -3,35	4700/4600 BC cal	Besiedlungszeitraum wurde korrigiert	Schütrumpf 1972; Hartz et al. im Druck
Rosenfelde/ Grube LA 83	Siedlungsbefunde	Nahe -4,0	4820 BC cal	Landmarke	Mdl. Mitt. Dr. S. Hartz
Siggeneben-Süd/ Grube LA 12	Baumstubben	-3,8	4930-4780 BC cal	Landmarke	Meurers-Balke 1983
Rosenhof/ Grube LA 58	Baumstubben	-4,12	5300-5140 BC cal	Landmarke	Jakobsen in Vorbereitung
Rosenhof/ Grube LA 58	Feuerstelle	-4,36	5305-5210 BC cal	Landmarke	Jakobsen in Vorbereitung
Siggeneben-Süd/ Grube LA 12	Übergang Schilftorbrackische Mudde	Ca. -4,0	PZ VIIIb, 6000-3700 BC cal	Datierung nicht genauer einzugrenzen	Meurers-Balke 1983; Jakobsen in Vorbereitung

Tab. 2: Ergebnisse archäologischer Untersuchungen aus dem Oldenburger Graben und ihre Bedeutung für die Rekonstruktion der Meeresspiegelhöhe.

Bei den Ausgrabungen am Fundplatz Kleinwessek (Wangels LA 505) wurden unmittelbar unter diagnostischen und gut erhaltenen Keramikscherben, Holz- und Geweihartefakten Proben zur Pollenanalyse entnommen. Die pollenanalytische Datierung zeigt, dass die Artefakte während der Phasen Troels-Smith A, Iversen 1a und Iversen 1b bis zum Ende der Besiedlungszeit um 3800 BC cal in unterschiedlichen Tiefenintervallen der Fundsichten abgelagert wurden. Die Erhaltung von steinzeitli-

cher Keramik und Holzartefakten ist an eine zumindest temporäre Wasserbedeckung gebunden. Daher können die oberen Grenzen der Tiefenintervalle – mit einer Schwankungsbreite von  $\pm 20$  cm – als Meeresspiegelhöhen für die jeweiligen Phasen gewertet werden (Tab. 3). Bei dieser Methode wird nicht allein das datierte Sediment sondern darüber hinaus die Erhaltung von Artefakten berücksichtigt. Die Methode ist auch gültig, wenn die Artefakte sekundär verlagert wurden. Die Pollenzusammensetzung datiert dann den Zeitpunkt der Umlagerung. Die Erhaltung des Artefaktes nach dessen Umlagerung zeigt weiterhin eine Wasserbedeckung an.

Phase	Datierung	Meeresspiegel [m NN]
Iversen 1b	3900-3800 BC cal	-2,97 bis 2,57
Iversen 1a	4000-3900 BC cal	-3,09 bis -2,69
Troels-Smith A	Um 4300 BC cal	-3,25 bis -2,85

Tab. 3: Meeresspiegelhöhen, die sich aus den Tiefenintervallen von Keramik- und Holzartefakten in den Fundschichten am Fundplatz Kleinwessek ergeben.

### 2.3 Die Strandlinienverschiebungskurve des Oldenburger Grabens

Die Zusammenstellung der zur Zeit verfügbaren meeresspiegelrelevanten Ergebnisse aus der Niederung des Oldenburger Grabens zeigt Abb. 2. Landmarken und Mindestwasserstände grenzen den Bereich ein, in dem sich der Meeresspiegelanstieg vollzogen haben kann. Konkrete Meeresspiegelhöhen sind mit ihren Abweichungen bezüglich der Datierung und des Niveaus angegeben. Die resultierende Strandlinienverschiebungskurve für den Oldenburger Graben wurde anhand der Mittelwerte der Datierungen und der Meeresspiegelhöhen festgelegt.

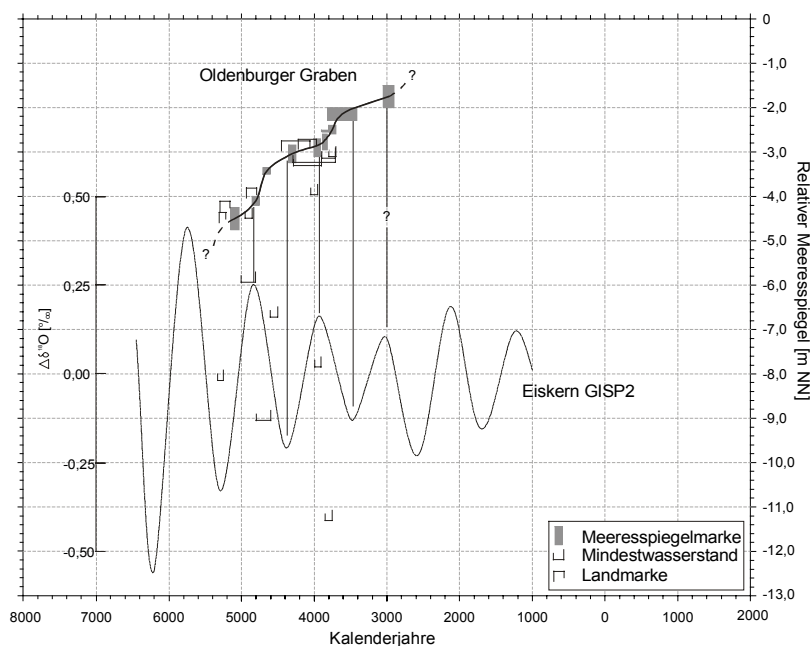


Abb. 2: Strandlinienverschiebungskurve des Oldenburger Grabens nach vorliegenden geologischen und archäologischen Ergebnissen und Korrelation mit der geglätteten Kurve der Klimaoszillationen im Nordatlantik nach Schulz & Paul (2002).



Verlässliche Ergebnisse liegen für den Zeitraum von 5100 bis 3000 BC cal vor. Es können zwei Phasen mit steilerem Anstieg von zwei Phasen mit geringeren Anstiegsraten unterschieden werden. Der Zeitraum von dem Beginn eines Steilanstieges bis zum Ende einer Phase mit geringem Anstieg beträgt etwa 900 Jahre.

Am Eiskern GISP2 (Grönland) wurden von Schulz und Paul (2002) anhand von  $\delta^{18}\text{O}$ -Messungen Temperaturoszillationen mit einer Periodizität von etwa 900 Jahren zwischen 6500 und 1000 BC cal nachgewiesen. Bei einem Vergleich dieser Ergebnisse mit dem Transgressionsverlauf im Oldenburger Graben (Abb. 2) zeigt sich, dass der Beginn der Phasen mit steilem Anstieg jeweils in die Zeit relativ hoher  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte fällt, während geringe Anstiegsraten mit relativ niedrigen  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten einher gehen. Die Oszillationen des Meeresspiegelanstiegs im Oldenburger Graben korrespondieren demnach mit Temperaturschwankungen im Nordatlantik.

#### 2.4 Neue vorläufige Strandlinienverschiebungskurve der südwestlichen Ostsee

Unter der Annahme einer Korrelation der Oszillationen des Meeresspiegelanstiegs in der südwestlichen Ostsee mit den Temperaturschwankungen im Nordatlantik ist für die Strandlinienverschiebungskurve des Gebiets zwischen Flensburger Förde und Wismarbuscht ein Verlauf wie in Abb. 3 dargestellt zu postulieren. Dabei wurden die Ergebnisse älterer geologischer, geographischer und archäologischer Untersuchungen nach Tab. 4 mit einbezogen. Unberücksichtigt blieben Ergebnisse, bei denen eine meeresspiegelrelevante Aussage nicht nachvollziehbar ist oder die Angaben bezüglich des Niveaus oder der Datierung keine eng gefassten Aussagen ermöglichen. Die Strandlinienverschiebungskurve wurde für Zeiträume mit lückenhafter Datengrundlage modellhaft mit dem Verlauf der  $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve für den Eiskern GISP2 abgeglichen.

Kern-Nr. oder Arbeitsgebiet	Tiefe [m NN]	Datierung	Bedeutung und/oder Methode	Quelle
Hohwacher Bucht	-0,12 bis -0,9	Um 1872 AD cal	Pegelmessungen	Ernst 1974
Geltinger Birk	-0,3	Um 1786 AD cal	Vergleich historischer Karten	Voss 1970
Schleimünde	-0,47 bis -0,27	Um 1642 AD cal	Fossiler Spülsaum und Vergleich historischer Karten	Voss 1967
Sieseby	-0,5	1490-1800 AD cal	Mindestwasserstand zur Nutzung eines Schutzhafens	Kramer 1990
Geltinger Birk	-0,9 bis -0,7	1480-1580 AD cal	Rekonstruktion anhand von Strandwallhöhen und Gebäuderesten	Voss 1970
Heiligenhafen	-0,3	1200-1300 AD cal	Anthropogen umgelagerte Artefakte	Stephan 1986
41	-0,52	1100-1500 AD cal	TGK Kat. E, mögl. Kompaktion berücksichtigt	Schmitz 1954, Seifert 1955
Langballigau	-0,9 bis -0,7	Um 1100 AD cal	Morphologische Untersuchungen und wikingerzeitliches Gräberfeld	Voss et al. 1973
P 60	-0,52	1070-1300 AD cal	Torf hinter Strandwällen	Ernst 1974
P 40 bis 42	-0,51	430-860 AD cal	Torfe hinter Strandwällen	Ernst 1974
Strömkendorf	-0,53	Um Christi Geburt	Mindestwasserstand	Dörfler et al. 1997
Neukirchen-Tegelbark	-0,2 bis 0	700-600 BC cal	Erlenbruchwald, Landmarke	Meurers-Balke et al. 1985
Probstei	-1,20	1430-1130 BC cal	Beginn Torfbildung, Basistorf?	Klug 1980
Probstei	-1,25	1520-1320 BC cal	Wiedereinsetzen einer Torfbildung, Basistorf?	Klug 1980
Fleckeby	-1,0	1890-1575 BC cal	Baumstubben, Landmarke	Kramer 1990

<b>Kern-Nr. oder Arbeitsgebiet</b>	<b>Tiefe [m NN]</b>	<b>Datierung</b>	<b>Bedeutung und/oder Methode</b>	<b>Quelle</b>
Neukirchen-Tegelbark P 56	-1,6 bis -1,4	2290-1980 BC cal	Auskeilende Strandsedimente, abgefaulte Pfähle	Arnold 1975
	-1,85	2860-2460 BC cal	TGK Kat. C, Mindestwasserstand	Ernst 1974
Neukirchen-Bostholm P 50	-1,8 bis -1,6	3350-2900 BC cal	Uferlinie zur Besiedlungszeit	Meurers-Balke et al. 1985
	-2,35	3360-2690 BC cal	TGK Kat. C, Mindestwasserstand	Ernst 1974
Heringsdorf-Süssau	-1,5 bis -1,0	3400-2900 BC cal	Meeresspiegelhöhe zur Besiedlungszeit	Hoika 1972, 1987
Neukirchen-Bostholm	-2,0	3520-3340 BC cal	Älteste Uferlinie	Meurers-Balke et al. 1985
Probstei	-2,20	3700-3340 BC cal	Beginn Torfbildung, Basistorf?	Klug 1980
Heringsdorf-Süssau P 50	-1,5	3800-3400 BC cal	Bruchwaldtorf, Landmarke	Hoika 1987
	-2,8	Ca. 3800-3600 BC cal	Erneutes Einsetzen der Ablagerung von Brackwassertorf	Ernst 1974
Neustadt-Marienbad P 50	-4,0 bis -3,5	4500-4300 BC cal	Ufernahe Fundschicht, Mindestwasserstand	Mdl. Mitt. Dr. S. Hartz
	-4,2	4960-4460 BC cal	Beginn Ablagerung von Brackwassertorf über Pleistozän	Ernst 1974
Jäckelberg-Nord 14852-1/2	-7,0	5300 bis 5100 BC cal	Ufernahe Fundschicht, Mindestwasserstand	Lübke 2002
	-19,50	5540-5380 BC cal	TGK Kat. D, Mindestwasserstand	Simanowsky 1985
Wismarbucht	-8,0 bis -6,5	5900-5700 BC cal	Baumstubben, Landmarken	Lübke im Druck
Sch 11	-8,09	6000-5500 BC cal	TGK Kat. A, Mindestwasserstand	Schmitz 1952
15399	-26,60	6000-5770 BC cal	TGK Kat. B, Mindestwasserstand	Winn et al. 1983
14366	-15,50	6420-6110 BC cal	TGK Kat. B, Mindestwasserstand	Niedermeyer-Lange 1985
T 3	-8,94	6500-6000 BC cal	TGK Kat. D, Mindestwasserstand	Schmitz 1952
50	-10,14	6500-6000 BC cal	TGK Kat. E, mögl. Kompaktion berücksichtigt	Schmitz 1954, Seifert 1955
48	-10,41	6500-6000 BC cal	TGK Kat. E, mögl. Kompaktion berücksichtigt	Schmitz 1954, Seifert 1955
T 4	-10,83	6500-6000 BC cal	TGK Kat. D, Mindestwasserstand	Schmitz 1952
H 2	-18,61	Um 6500 BC cal	TGK Kat. D, Mindestwasserstand	Schmitz 1951

Tab. 4: Zusammenstellung verlässlicher und eng gefasster Ergebnisse zum Meeresspiegelanstieg in der südwestlichen Ostsee.

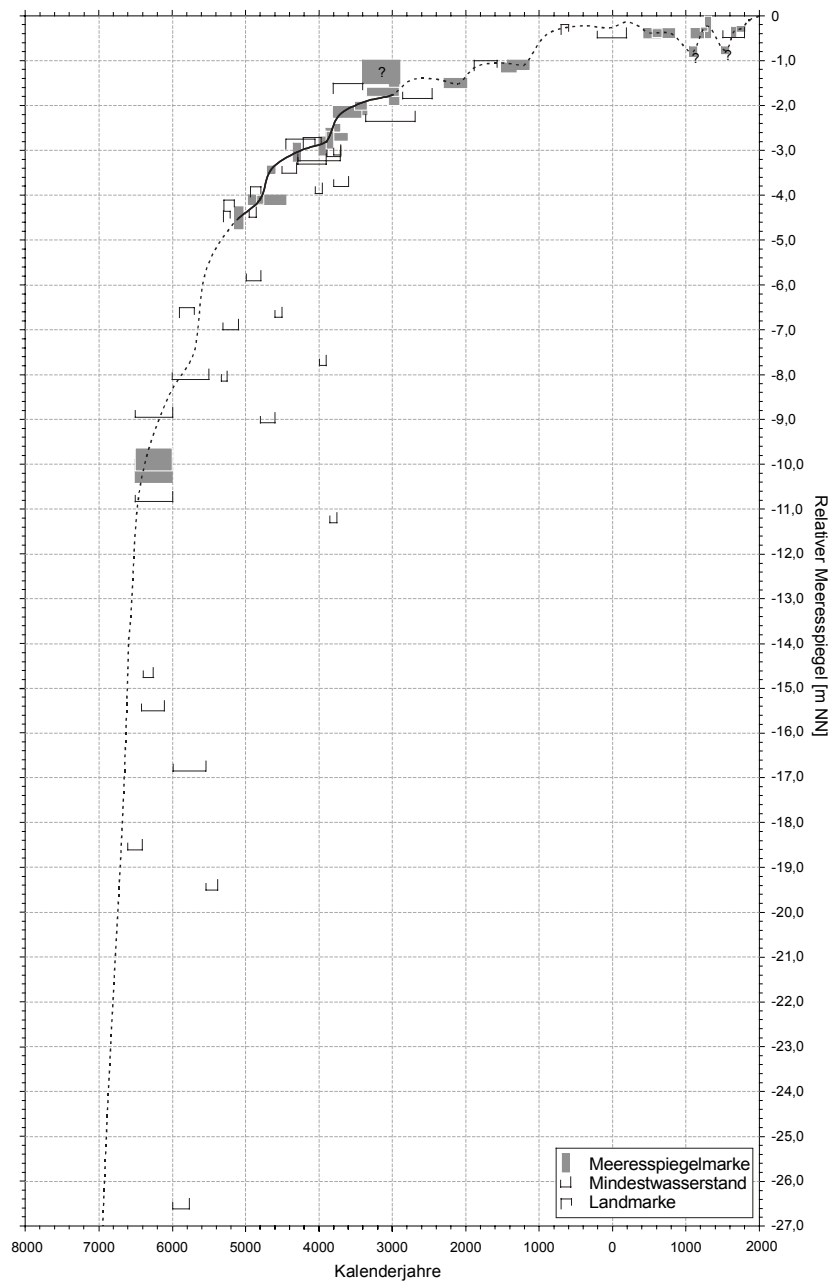


Abb. 3: Neue vorläufige Strandlinienverschiebungskurve der südwestlichen Ostsee nach geologischen, geographischen und archäologischen Ergebnissen, unter Berücksichtigung einer möglichen Korrelation mit Klimaoszillationen im Nordatlantik.

### 3 Diskussion

Nach dem Verlauf der postulierten Strandlinienverschiebungskurve sind im Bereich der südwestlichen Ostsee in den vergangenen 9000 Jahren insgesamt elf Oszillationen zu diskutieren. Um 7000 BC cal setzte die Litorina-Transgression im Bereich der südwestlichen Ostsee mit der Überflutung der Belte bei einem Meeresspiegel um -27 m NN ein (Winn et al. 1998). Nach etwa 500 Jahren erreichte der Meeresspiegel nach einem Steilanstieg ein Niveau um -11,0 m NN. Bis zum Ende der ersten Oszillation um 5700 BC cal ist eine geringere Anstiegsrate zu postulieren. Mit dem Steilanstieg zwischen 5700 bis 5400 BC cal von -7,5 bis auf -6,0 m NN begann eine zweite Oszillation, an deren Ende der Meeresspiegel nach einer Phase geringeren Anstiegs ein Niveau um -4,2 m NN um 4800 BC cal erreichte. Zwischen 4800 und 3000 BC cal schließt sich der im Oldenburger Graben nachgewiesene Verlauf der Strandlinienverschiebungskurve an. Am Ende der folgenden Oszillationen sind leichte Regressionen wahrscheinlich. Zwischen 600 BC cal und 200 AD cal erreichte der Meeresspiegel

Werte nahe NN. Um 200 AD cal setzte erneut eine leichte Regression ein. Zwischen 400 und 800 AD cal lag der Meeresspiegel in der südwestlichen Ostsee nahezu konstant auf einem Niveau um -0,35 m NN. Eine weitere Regression führte bis etwa 1100 AD cal zu einem Meeresspiegel um -0,8 m NN. Zwischen 1100 und 1300 AD cal ist ein kurzfristiger Steilanstieg auf Werte um -0,2 m NN möglich. Nach diesem relativen Hochstand sank der Meeresspiegel in der südwestlichen Ostsee erneut auf Werte um -0,8 m NN. Nach 1580 AD cal stieg der Meeresspiegel in der südwestlichen Ostsee bis auf sein heutiges Niveau an. Für die Oszillationen der letzten 2000 Jahre sind geringere Amplituden möglich, da einige Datenpunkte auf Rekonstruktionen an Strandwall-Landschaften und relativ unsicheren indirekten Datierungen beruhen.

Für den hier postulierten Verlauf des relativen Meeresspiegelanstiegs in der südwestlichen Ostsee können weitere Belege aus den Ergebnissen zur Landschaftsentwicklung des Oldenburger Grabens angeführt werden. Der endgültige Abschluss der westlichen bzw. östlichen Förde von der Ostsee erfolgte um 3000 bzw. 2400 BC cal während Phasen geringer Meeresspiegelanstiegsraten bzw. leichter Regressionen. Die Verlandung der daraus entstandenen Strandseen setzte an verschiedenen Stellen um 1700 BC cal, 400 BC cal und um 1500 AD cal stets während Stagnationen oder Regressionen ein. Es ist davon auszugehen, dass die Wasserstände der Strandseen den Meeresspiegelschwankungen in der südwestlichen Ostsee folgten und eine Stagnation oder Regression den Beginn von Verlandungsprozessen begünstigte.

Ein oszillierender Anstieg des Meeresspiegels ist für die südliche und südwestliche Ostsee sowohl durch ältere als auch durch neuere Kurven belegt (Ernst 1974; Klug 1980; Kolp 1979; Kliewe & Janke 1982; Schumacher & Bayerl 1997; Schumacher 2002). Die Ergebnisse zum zeitlichen Verlauf der Oszillationen weichen teilweise erheblich voneinander ab. Diese Abweichungen beruhen auf einer unterschiedlichen Nutzung und Bewertung meeresspiegelrelevanter Daten. Eine Vereinheitlichung, wie sie anhand der Kategorisierung von Transgressionskontakten versucht wurde, würde die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verbessern. Zur Absicherung der hier vorgestellten Strandlinienverschiebungskurve müssen weitere Untersuchungen folgen. Diese sollten sich insbesondere auf die Zeiträume mit lückenhafter Datenbasis konzentrieren.

## Literatur

- Arnold, V. (1975): Tegelbark, eine spätneolithische Ostsee-Küstenstation und ihre Flinttechnik. Diss. Inst. f. Ur- u. Frühgesch. Univ. Köln; ungedr.
- Dörfler, W., Hoffmann, D. & Jöns, H. (1997): Archäologische, geologische und pollenanalytische Untersuchungen in Groß Strömkendorf bei Wismar - Ein Vorbericht. *Jahrb. Bodendenkmalpfl. Meckl.-Vorp.* 45, 185-194.
- Ernst, T. (1974): Die Hohwachter Bucht. Morphologische Entwicklung einer Küstenlandschaft Ostholsteins. *Schr. Naturw. Ver. Schl.-Holst.* 44, 47-96.
- Hartz, S. (1999): Die Steinartefakte des endmesolithischen Fundplatzes Grube-Rosenhof LA 58 (Ostholstein). Diss. Inst. f. Ur- u. Frühgesch. Univ. Kiel.
- Hartz, S. & Hoffmann-Wieck, G. (2000): Küstenbesiedlung und Landschaftsentwicklung im 5. Jahrtausend v. Chr. am Beispiel des Oldenburger Grabens in Ostholstein. In: Kelm, R. (Hrsg.): *Vom Pfostenloch zum Steinzeithaus. Archäologische Forschung und Rekonstruktion jungsteinzeitlicher Haus- und Siedlungsbefunde im nordwestlichen Mitteleuropa.* Albersdorfer Forsch. Arch. u. Umweltgesch. 1, 70-87.
- Hartz, S., Jakobsen, O. & Hoffmann-Wieck, G. (im Druck): Geoarchäologie im Oldenburger Graben - Genese und Besiedlung einer ehemaligen Fjordlandschaft der westlichen Ostsee. In: Haffner, A. & Müller-Wille, M. (Hrsg.): *Starigard/Oldenburger Hauptburg der Slawen.* Offa-Bücher 82.
- Hoika, J. (1972): Süssau, ein neolithischer Wohnplatz an der Ostsee. *Arch. Korrb.* 2, 17-19.
- Hoika, J. (1975): Archäologisch-geologische Untersuchungen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. *Die Heimat* 82, 104-107.

- Hoika, J. (1987): Das Mittelneolithikum zur Zeit der Trichterbecherkultur in Nordostholstein. Untersuchungen zur Archäologie und Landschaftsgeschichte. Offa-Bücher 61.
- Jakobsen, O. (in Vorbereitung): Die Grube-Wesseker Niederung (Oldenburger Graben, Ostholstein): Quartärgeologische und geoarchäologische Untersuchungen zur Landschaftsgeschichte vor dem Hintergrund des anhaltenden postglazialen Meeresspiegelanstiegs. Diss. Inst. f. Geowissensch. Univ. Kiel.
- Kalis, A. J. & Meurers-Balke, J. (1998): Die "Landnam"-Modelle von Iversen und Troels-Smith zur Neolithisierung des westlichen Ostseegebietes - ein Versuch ihrer Aktualisierung. Prähist. Zeitschr. 73, 1-24.
- Kalis, A. J. & Meurers-Balke, J. (2001): Zur Landnutzung der Trichterbecherkultur in der norddeutschen Jungmoränenlandschaft. In: Kelm, R. (Hrsg.): Zurück zur Steinzeitlandschaft. Archäologische und ökologische Forschung zur jungsteinzeitlichen Kulturlandschaft und ihrer Nutzung in Nordwestdeutschland. Albersdorfer Forsch. Arch. u. Umweltgesch. 2, 56-69.
- Kliewe, H. & Janke, W. (1982): Der holozäne Wasserspiegelanstieg der Ostsee im nordöstlichen Küstengebiet der DDR. Peterm. Geogr. Mitt. 126, 65-74.
- Klug, H. (1980): Der Anstieg des Ostseespiegels im deutschen Küstenraum seit dem Atlantikum. Eiszeitalter und Gegenwart 30, 237-252.
- Kolp, O. (1979): Eustatische und isostatische Veränderungen des südlichen Ostseeraumes im Holozän. Peterm. Geogr. Mitt. 123, 177-187.
- Köster, R. (1961): Junge eustatische und tektonische Vorgänge im Küstenraum der südwestlichen Ostsee. Meyniana 2, 23-81.
- Kramer, W. (1990): Bericht über die archäologischen Untersuchungen in der Schlei im Winter 1989/90. Arch. Nachr. Schl.-Holst. 1, 77-98.
- Labes, S. (2002): Der Meeresspiegelanstieg an der südwestlichen Ostseeküste. Nachrbl. Arbeitskr. Unterwasserarch. 6, 70-74.
- Lange, W. & Menke, B. (1967): Beiträge zur postglazialen erd- und vegetationsgeschichtlichen Entwicklung im Eidergebiet, insbesondere zur Flussgeschichte und zur Genese des sogenannten Baisistorfes. Meyniana 17, 29-44.
- Lübke, H. (im Druck): Spät- und endmesolithische Küstensiedlungsplätze in der Wismarbucht. Neue Grabungsergebnisse zur Chronologie und Siedlungsweise. Jahrb. Bodendenkmalpfl. Meckl.-Vorp. 52.
- Lübke, H. (2002): Submarine Stone Age settlements as indicators of sea-level changes and the coastal evolution of the Wismar Bay area. Greifsw. Geogr. Arb. 27, 203-210.
- Meurers-Balke, J. (1983): Siggeneben-Süd. Ein Fundplatz der frühen Trichterbecherkultur an der holsteinischen Ostseeküste. Offa-Bücher 50.
- Meurers-Balke, J., Arnold, V., Hulthén, B., Johnen, N., Liermann, R., Löffler, R., Reichstein H. & Strzoda, U. (1985): Neukirchen-Bostholm, Kreis Schleswig-Flensburg. Ein Siedlungsplatz der mittelneolithischen Trichterbecherkultur an der Flensburger Außenförde. Offa 42, 273-345.
- Niedermeyer-Lange, R. (1985): Pleistozäner Untergrund und junge Sedimentbedeckung in der Hohwacher Bucht - Ihre Genese und Wechselbeziehung. Dipl.-Arb. Geol.-Pal. Inst. Univ. Kiel, unveröff.
- Schmitz, H. (1951): Pollenanalytische Untersuchungen an der inneren Lübecker Bucht. 2. Bericht. unveröff. Bericht.
- Schmitz, H. (1952): Pollenanalytische Untersuchungen an der inneren Lübecker Bucht. Die Küste 2, 34-44.
- Schmitz, H. (1954): Der zeitliche Ablauf der postglazialen Transgression an der holsteinischen Ostseeküste. Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg 23, 150-155.
- Schulz, M. & Paul, A. (2002): Holocene Climate Variability on Centennial-to-Millennial Time Scales: 1. Climate Records from the North-Atlantic Realm. In: Wefer, G., Berger, W. H., Behre, K.-E. & Jansen, E. (Eds.): Climate development and history of the North Atlantic realm, 41-54.

- Schumacher, W. (2002): Coastal Evolution of the Schaabe spit and the shoreline displacement curve for Rügen Island. *Geogr. Arb.* 27, 55-60.
- Schumacher, W. & Bayerl, K.-A. (1997): Die Sedimentationsgeschichte der Schaabe und der holozäne Transgressionsverlauf auf Rügen (Südliche Ostsee). *Meyniana* 49, 151-168.
- Schütrumpf, R. (1972): Stratigraphische und pollenanalytische Ergebnisse der Ausgrabung des Ellerbek-zeitlichen Wohnplatzes Rosenhof (Ostholstein). *Arch. Korrb.* 2, 9-16.
- Schütrumpf, R. (1987): Moorgeologisch-pollenanalytische Untersuchungen an mittelneolithischen Strandsiedlungen Nordostholsteins. In: Hoika, J. (Hrsg.): *Das Mittelneolithikum zur Zeit der Trichterbecherkultur in Nordostholstein. Untersuchungen zur Archäologie und Landschaftsgeschichte.* Offa-Bücher 61.
- Schwabedissen, H. (1979): Die "Rosenhof-Gruppe", ein neuer Fundkomplex des Frühneolithikums in Schleswig-Holstein. *Arch. Korrb.* 9, 167-172.
- Seifert, G. (1955): Die postglaziale Geschichte der Warder und der Eichholz-Niederung bei Heiligenhafen. *Meyniana* 4, 37-51.
- Seifert, G. (1963): Erdgeschichte der Grube-Wesseker Niederung. *Jahrb. Heimatk. Kreis Ostholst.* 7, 33-44.
- Simanowsky, L. (1985): Die spätglazialen und holozänen Sedimente der Kieler Förde. *Dipl.-Arb. Geol.-Pal. Inst. Univ. Kiel*, unveröff.
- Stephan, H.-J. (1986): Geologische Untersuchungen zu einer Fundstelle nördlich der Eichholzniederung bei Heiligenhafen, Kreis Ostholstein. *Offa* 43, 219-224.
- Tapfer, E. (1940): Meeresgeschichte der Kieler und Lübecker Bucht im Postglazial. *Geol. Meere Binnengew.* 4, 2, 113-244.
- Venus, J. (1965): Pollenanalytische Untersuchungen zur Frage des Alters der marinen Sedimente im Oldenburger Graben. *Bericht Geol. Landesamt Schl.-Holst.*, unveröff.
- Venus, J. (im Druck): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte des Landes Oldenburg/Holstein und der Insel Fehmarn. In: Haffner, A. & Müller-Wille, M. (Hrsg.): *Starigard/Oldenburg. Hauptburg der Slawen.* Offa-Bücher 82.
- Voss, F. (1967): Die morphologische Entwicklung der Schleimündung. *Hamb. Geogr. Stud.* 20.
- Voss, F. (1970): Der Einfluß des jüngsten Transgressionsablaufes auf die Küstenentwicklung der Gellinginger Birck im Nordteil der westlichen Ostsee. *Die Küste* 20, 101-113.
- Voss, F., Müller-Wille, M. & Raabe, E.-W. (1973): Das Höftland von Langballigau an der Flensburger Förde. *Offa* 30, 60-132.
- Winn, K., Averdieck, F.-R. & Erlenkeuser, H. (1983): Beitrag zur geologischen Entwicklung der westlichen Mecklenburger Bucht (westliche Ostsee) im Spät- und Postglazial. *Senckenb. marit.* 15, 167-197.
- Winn, K., Averdieck, F.-R., Erlenkeuser, H. & Werner, F. (1986): Holocene sea level rise in the Western Baltic and the question of isostatic subsidence. *Meyniana* 38, 61-80.
- Winn, K., Erlenkeuser, H., Nordberg, K. & Gustafsson, M. (1998): Paleohydrography of the great Belt, Denmark, during the Littorina Transgression: the isotope signal. *Meyniana* 50, 237-251.

## Adresse

Dipl.-Geol. Olaf Jakobsen  
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR)  
Dienstgebäude Ostufer  
Wischhofstr. 1-3  
24148 Kiel

E-mail: [ojakobsen@ifm-geomar.de](mailto:ojakobsen@ifm-geomar.de)





## **Die Küstengestalt Nordfrieslands im Mittelalter nach historischen Quellen**

### The coastal shape of Northern Frisia in the Middleage according to historical sources

Jürgen Newig

Geographisches Institut der Universität Kiel, Germany

#### **Abstract**

There is made an attempt to reconstruct the medieval coastal line i. e. coastal situation of Northern Frisia according to historical sources. A very important basis for that is the "Earth Book" of the Danish King Waldemar the Great, who - after the loss of his entire silver supplies - had a complete list of the local sources of income made. So lots of historical sites were mentioned for the first time ever. Of great importance is a list of islands in Waldemar's Earth Book, which tells us which parts of the coast were seen as islands at the time of about 1230. The evaluation of this actually well-known source was made rather difficult by the fact that there are mentioned three islands whose assignment had not been possible so far. By comparing them with another list of small administrative units that is mentioned in the same source the names of the islands are assigned to such ancient islands that can still be identified as land masses today. Since islands at the tidal coast of the North Sea are always separated from each other by natural tidal channels it is possible to reconstruct also the ancient ones. A second source is the reconstruction of the old church organization into "Probsteien", (praepositurae) which were taken from old episcopal registers and described cartographically by W. Jessen in 1904. It is particularly interesting to project these results onto a map of the medieval cartographer Johannes Mejer, who in his New Description of the duchies of Schleswig and Holstein - published in 1652 - tried to reconstruct the situation at the time of about 1240, a map that has so far been evaluated as rather inexact and therefore relatively worthless by a number of historians, but on the whole as true by hydraulic engineering specialists. Finally a hypothesis is undertaken that the three "praepositurae" are the three saxonian Islands of Ptolemäus (ca. 150 A.D.).

#### **1 Die Küstengestalt um das Jahr 1230/1240**

Gegenstand ist zunächst das Erdbuch des dänischen Königs Waldemars II. (vergl. M. Jessen-Klingenberg und J. Newig, 2000). Es folgt im zweiten Teil eine Auswertung der aus bischöflichen Listen zusammengestellten Probsteien-Karte aus den Quellen zur Geschichte des Bistums Schleswig, und es folgen im dritten Teil einige Überlegungen zu den Sächsischen Inseln des Ptolemäus.

Geboten wird ein Zwischenstand aus einer größeren Untersuchung, die zu einem detaillierteren Kartenbild führen soll.

Um 1230 entstand das Erdbuch Waldemars II., das in der Geschichtswissenschaft zahlreiche Würdigungen gefunden hat.

Waldemar wurde 1223 von einem seiner deutschen Vasallen, dem Grafen Heinrich von Schwerin, mitsamt seinem mitregierenden Sohn nach einer Jagd auf einer dänischen Insel gekidnappt und konnte sich erst gegen Zahlung eines horrenden Lösegeldes von 40 000 Mark in Silber nach langer Zeit der Gefangenschaft freikaufen.

Offenbar, um angesichts seiner Finanzknappheit alle Einnahmequellen lückenlos zu erschließen, ließ er das bekannte Erdbuch anfertigen, das minutiös auflistet, welches Kirchspiel oder welche Harde wie



viel zu geben hatte. Die uns überlieferte Handschrift ist um das Jahr 1300 entstanden; die Urschrift ist nicht mehr vorhanden.

Inseln werden an der Gezeitenküste der Nordsee stets durch Tiefs voneinander getrennt. Ob diese Trennung im Einzelfall auch durch Moore und/oder Schilfsümpfe erfolgte, lässt sich nicht an jeder Stelle mehr nachweisen. Letztere werden flächenhaft auch als eine Art Bremse für eindringendes Sturmflutwasser gewirkt haben und ergaben damit einen natürlichen Küstenschutz. Ihren Einfluß auf die Dämpfung des Tidehub sollte nicht unterschätzt werden. Auf die Bedeutung der Schilfsümpfe und Moore für die damalige Küstengestaltung Nordfrieslands, die noch nicht genügend erforscht ist, hat übrigens der Altmeister der Marschen- und Wurtenforschung in Schleswig-Holstein, Albert Bantelmann bereits 1967 hingewiesen.

Die im Erdbuch enthaltene, für uns so wichtige Inselliste, darf auf die große Jagdleidenschaft Waldemars zurückzuführen sein.

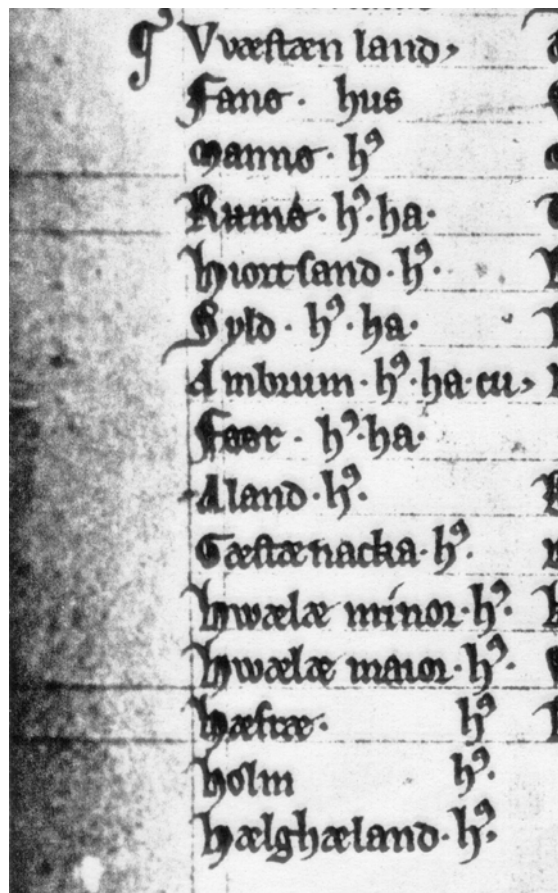


Abb. 1: Die Inselnamen in der Handschrift von ca. 1300, „ha“ für hare = Hasen, und Kaninchen „cu“ für cuning = Kaninchen - Foto freundlicherweise überlassen von der Königlichen Bibliothek in Kopenhagen

Drei der hier verzeichneten 14 Inseln konnten in der Vergangenheit nicht identifiziert werden.

Nähert man sich aus geographischer Sicht der Inselliste, so fällt auf, daß diese von Norden nach Süden fortschreitet.

Diese Erkenntnis ist gar nicht so neu. Den Gedanken hat bereits vor über 100 (1894, S. 63) Jahren Reimer Hansen geäußert und dabei durch Weglassung der drei Inseln aus der Aufzählung einen Fra-geraum geschaffen, den wir heute als „black box“ bezeichnen würden, aber er hat daraus keine ent-sprechenden Konsequenzen gezogen.

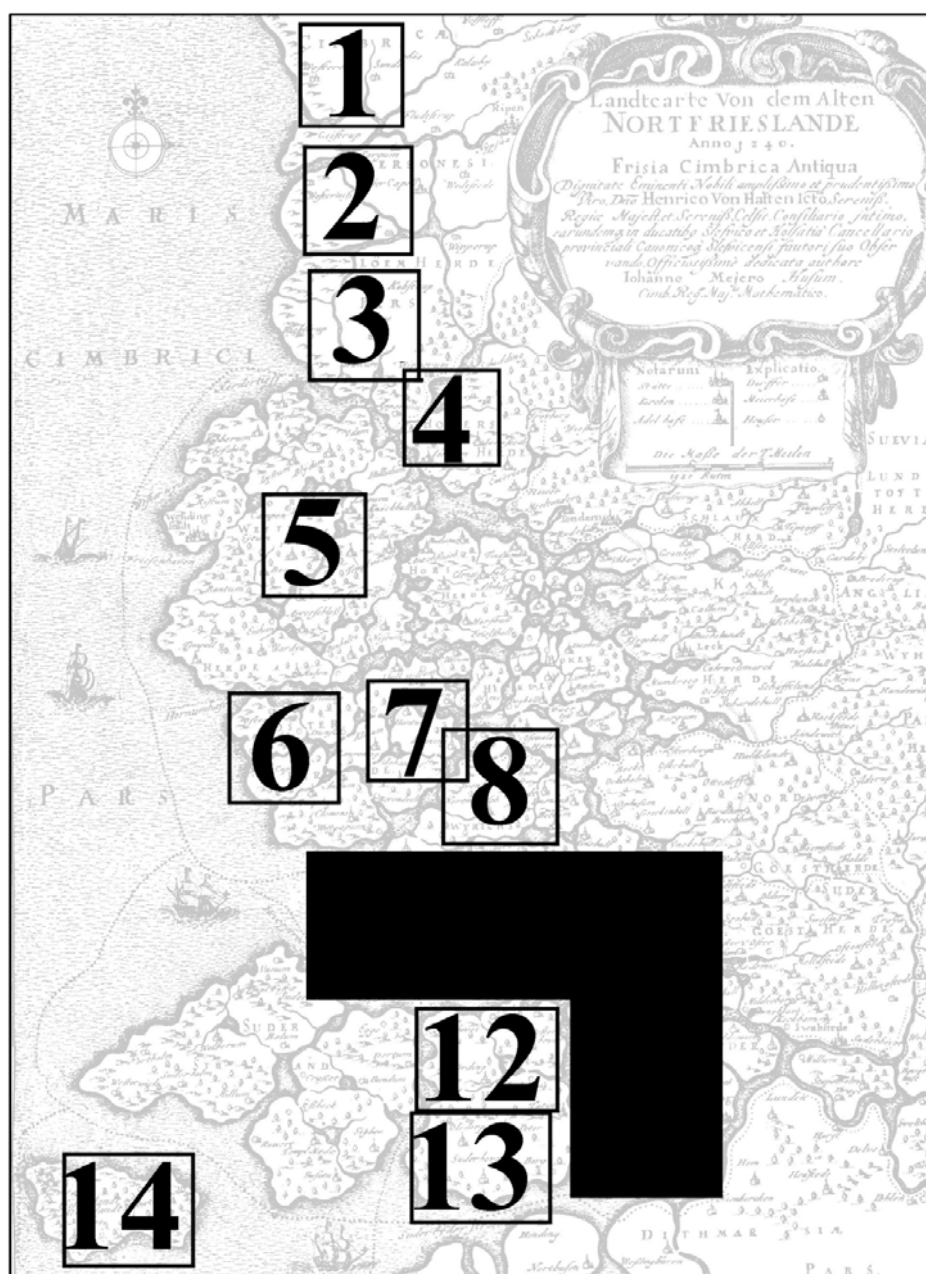


Abb. 2: Die „black box“ der Inselliste Waldemars II.

Die drei Namen, die als Inseln heute nicht mehr auffindbar sind, liegen in Waldemars Erdbuch also in einer räumlichen Folge (9, 10, 11). Sie tragen (vergl. Abb. 1) aparte Namen:

Gæstænacka

Hwælæ major

Hwælæ minor

Sie sind auch insofern auffällig, als sie weder aus der vorhergehenden noch aus der späteren Zeit überliefert sind, also eine einmalige Lesart darstellen.

Alle drei Inselnamen sind Hapaxlegomena, d. h. sie tauchen einmal und nicht wieder auf. Da sie in der Liste aufeinander folgen, liegt es nahe zu vermuten, daß es sich hier im Original um eine verderbte Stelle gehandelt hat, vielleicht verursacht durch einen Wasserfleck.



Abb. 3: Namen und Lage der Harden in „Utland“ nach Waldemars Erdbuch, projiziert auf die Nordfrieslandkarte für die Zeit bis 1240 von Johannes Mejer (Zusammendruck u. Bearbeitung: Newig)

Um hier weiterzukommen, liegt es nahe, die Inselliste (die sich ja als Sonderliste nur auf die Jagdfazilitäten bezieht) mit der ebenfalls von Norden nach Süden fortschreitenden Hardenliste (also der Verwaltungseinteilung desselben Territoriums) zu vergleichen, in der Waldemar die Silberabgaben festhalten ließ. Glücklicherweise werden auch die uns interessierenden Harden ausdrücklich als utländische Harden gekennzeichnet. Die Harden – eine Harde entspricht als politische Einheit in der Größe etwa einem Amtsbezirk – sind nun allesamt auf den beiden historischen Karten von Mejer für die Zeit bis 1240 verzeichnet, und zwar mit punktierten Linienzügen voneinander abgegrenzt.

Es handelt sich bei dieser nur groben Karte um eine Rekonstruktion, die Johannes Mejer um 1650 für die Zeit „biß an das Jahr 1240“ anfertigte - zufällig also die Zeit des Erdbuchs, das Mejer wohl nicht gekannt hat.



Die Karte ist unter Historikern umstritten. Wasserbau- und Küstenschutzfachleute sehen sie in einem besseren Licht. So heißt es etwa bei Petersen/Rohde 1977, S. 37): „Wie man sich das Marschland an der Westküste etwa zwischen 1000 und 1300 vorstellen kann, zeigt die Karte von Nordfriesland des Husumer Kartographen Johannes Mejer (1652). ... Diese Karte ist nicht in allen Einzelheiten richtig, wie aus kritischen Untersuchungen hervorgeht. Sie vermittelt dennoch einen im Allgemeinen zutreffenden Eindruck.“

Da es hier lediglich darum gehen soll, die großen Wattströme für diese Zeit nachzuweisen, braucht topographische Genauigkeit nicht angestrebt zu werden, und so wird der Einfachheit halber diese Karte im folgenden zugrunde gelegt, auch wenn der Landzusammenhang um 1240 nicht mehr so stark gewesen sein dürfte, wie es die Karte nahe legt. Daher führen Petersen/Rohde mit Recht den Zeitraum zwischen 1000 und 1300 an.

Nun müssen diese Flächen nicht immer besiedelbar oder landwirtschaftlich nutzbar gewesen sein. Riesige Areale, vor allem im östlichen Bereich, werden mit Schilf- und auch Bruchwaldbeständen sowie Mooren bedeckt gewesen sein (vergl. die Abb. 12 nach A. Bantelmann, 1995, S. 23), die der Mensch oft nur im Sommer betreten konnte. Viele dieser Flächen werden insbesondere der Großen Man(n)dränke von 1362 zum Opfer gefallen sein. Ein so empfindliches Ökosystem konnte möglicherweise in einer einzigen Flut dauerhaft vernichtet werden (Abhebung und Wegschwemmung von Landflächen sind in Nord- und Ostfriesland mehrfach urkundlich belegt).

Zu bedenken ist, daß zwischen 1100 und 1200 eine rege Deichbautätigkeit zu verzeichnen war, so daß das Meerwasser bei Sturmflut nicht mehr frei auslaufen konnte. Eine Erhöhung des Tidenhubs war die Folge. Große Teile dieser Niederungsflächen, die nur wenig über das mittlere Hochwasser hinausragten, könnten bei der großen Flut einfach abgehoben, weggetrieben und damit dauerhaft zerstört worden sein. Der verringerte Reibungswiderstand und das größere Volumen könnten innerhalb kürzester Zeit zu einem Anstieg des Tidehubs um schätzungsweise mehrere Dezimeter geführt haben. Das größere Wasservolumen erzwang sich größere Abflussquerschnitte, und so werden sich die Wattströme wiederum um mehrere Meter tiefer in den Untergrund eingeschnitten haben. Das sehr rasche Aufreißen der Tiefs ist Gegenstand historischer Überlieferungen.

Die möglicherweise schlagartige Erhöhung des Meeresspiegels als Folge der Marcellusflut vom 16. Januar 1362 war wohl nur die Fortsetzung eines (durch den ab 1100 intensiv betriebenen Deichbau) bereits schleichenden Meeresspiegelanstiegs im 12. Jahrhundert. „Durch die Bedeichung wurden viele kleine Priele abgedämmt. Zahlreiche Inseln wurden ‚zusammengedeicht‘, größere zusammenhängende Landgebiete entstanden. In den noch verbleibenden eingeeengten Prielen und Flüssen wird aber die Tidebewegung stärker geworden sein: Der Tidehub nahm zu, und die Tidegrenze wurde stromaufwärts verschoben. Das von See her bei Sturmfluten eindringende Wasser konnte sich nun nicht mehr über das verzweigte Prielsystem über das ganze Land ausbreiten, sondern es drängte sich in den wenigen großen Tidewasserläufen zusammen mit höheren Wasserständen, vor allem bei Sturmfluten.“ (Petersen/Rohde, 1977, S. 37)

Woher Johannes Mejer im 17. Jahrhundert die Angaben zu seiner Karte nahm, ist umstritten. Heimreich schreibt als Zeitgenosse (1668, S. 161/62, daß „Johannes Mejer in seinen besondern Landtafeln die um A. C. 1240 im Nordfreslande befindlichen Kirchen neben dem Zustande dieser Gegend nach dem Original, so er zu Kopenhagen gefunden, hat vorgestellt ...“. Die Angabe zahlreicher heidnischer Heiligtümer lässt auf ein hohes Alter der Quellen schließen. Setzt man nun die Harden-Namen aus Waldemars Erdbuch in die Mejer-Karte ein, so zeigt es sich, daß in Utland alle Harden mühelos identifizierbar sind. Zusätzliche, heute verschwundene Inselharden, wie manche Autoren vermuten, hat es also nicht gegeben (A. Panten, 1993). Da die bei Waldemar vorkommenden Namen Unikate sind, andererseits aber die mächtige Insel Strand sowie Eiderstedt und Everschop nicht aufgeführt sind, muß es sich bei den Nummern 9, 10, 11 um Verschreiber handeln. Nach der Abfolge wäre also „Gæstænacka“ in Wahrheit der Strand, den wir hier in der Schreibweise „De Strandt“ rekonstruieren.



Abb. 5: Von „De Strandt“ zu zu „Gæstænacka“

1. Der aus Buchstaben des Originaltextes rekonstruierte richtige Name
2. Schwarz: Die korrupten Buchstaben, wie der Abschreiber sie vorgefunden haben könnte. Grau: Ergänzungen nach der Wahrnehmung des Abschreibers
3. Die Schreibweise der einzelnen Buchstaben durch den Abschreiber
4. Die Schreibweise in der Handschrift

Für den Strand musste die Schreibweise rekonstruiert werden. Das ist für den zweiten Namen, nämlich Eiderstedt, nicht erforderlich, denn dieser Name taucht als „Eyderstath“ an anderer Stelle in Waldemars Erdbuch auf, und so haben wir hiermit eine zuverlässige Ausgangsschreibweise. So könnte sich die Metamorphose von Eydærstath zu Hwælæ major (als Flucht in die Latinisierung aufgrund mangelnder Lesbarkeit durch den Abschreiber) vollzogen haben:



Abb. 6: Von Eydærstath zu Hwælæ maior

Im Analogieschluß dürfen wir annehmen, daß auch Evershop, das auch als Hevershop geschrieben wurde und dessen Lage nunmehr zwingend zwischen Eiderstedt und Hever zu suchen ist, entsprechend verschrieben wurde.



Abb 7: Von Hevershop zu Hwælæ minor

Nunmehr lassen sich also alle Inselnamen den entsprechenden Landflächen zuzuordnen. Man könnte die Liste auf eine moderne Karte projizieren, aber dann wären topographische Festlegungen zu treffen, die beim gegenwärtigen Kenntnisstand noch nicht möglich sind.



Abb 8: Die utländischen Inseln und die sie trennenden Wattströme aus Waldemars Erdbuchs mit den Wattströmen in moderner Bezeichnung (vergl. Abb. 3)

Alle Inseln sind durch Gezeitengewässer voneinander getrennt gewesen, so daß wir annehmen dürfen, daß folgende Tiefs bereits vorhanden waren: Das Knude-Tief zwischen Fanø und Mandø, das Juvre-Tief zwischen Mandø und Rømø, das Lister Tief zwischen Sylt und Röm, das Vortrapp- oder Hörnumertief zwischen Sylt und Föhr/Amrum, das Aue-Tief zwischen Föhr/Amrum und dem alten Strand, die Hever zwischen dem Strand und Eiderstedt und die ehemalige Süderhever.

## 2 Die Küstengestalt um das Jahr 1000 (nach 947)

Vergleicht man die politische Einteilung in Harden mit der kirchlichen Einteilung nach Probsteien, so fällt auf, daß die politischen Einheiten der Utlande (Hardeneinteilung) praktisch deckungsgleich ist

mit dem kirchlichen. Die Bökingharde und die Horsbüllharde gehören in beiden Fällen mit zu den utländischen Probsteien. Auffällig ist jedoch, daß diese in der Inselliste aus dem Erdbuch von Waldemar II. nicht genannt werden, was hier so gedeutet wird, daß sie um diese Zeit nicht mehr als Inseln aufgefasst wurden.

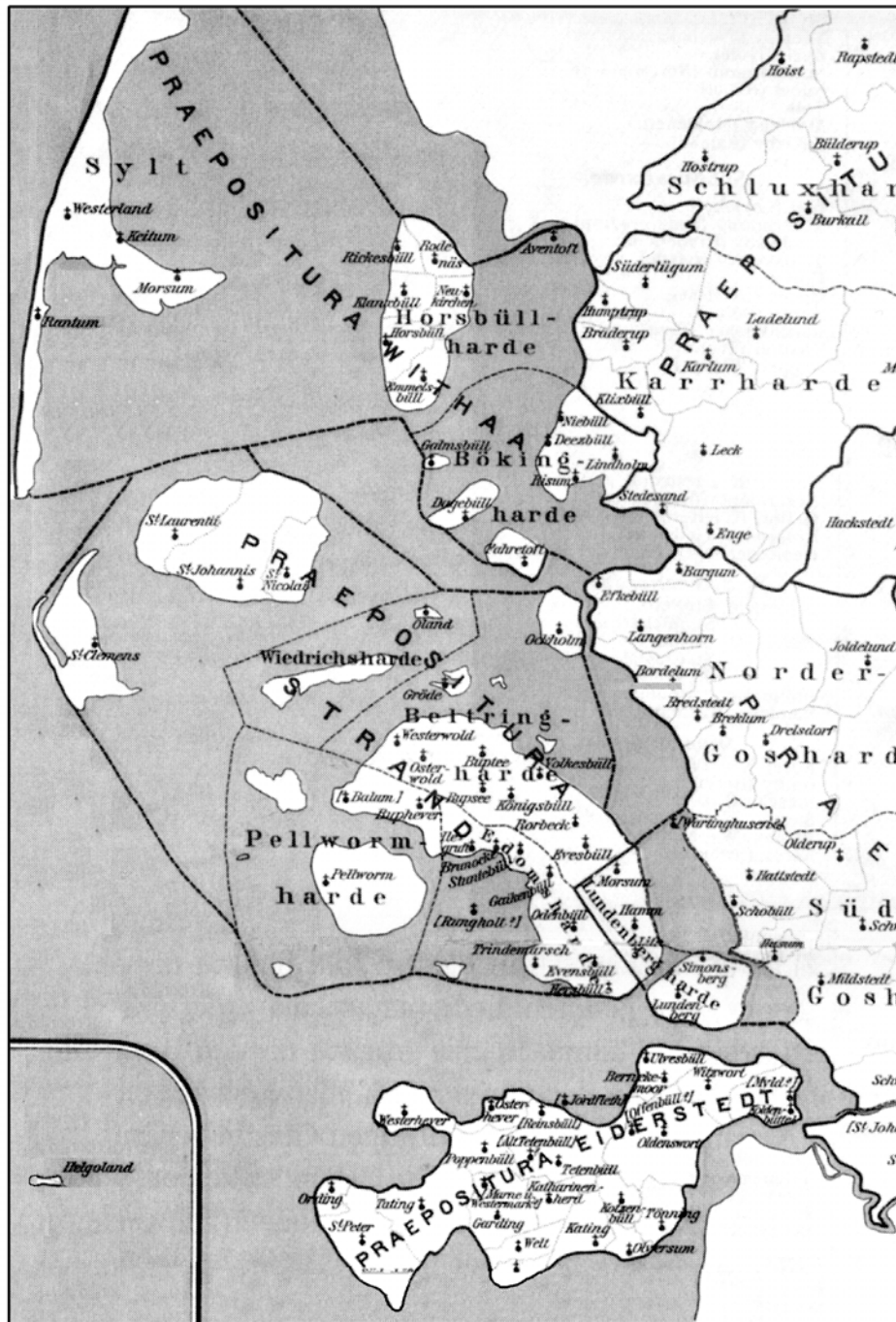


Abb. 9: Die Probsteiengliederung an der Westküste nach W. Jessen und R. Hansen, 1904 (entnommen aus: Geschichte Nordfrieslands, 1995, West- und Südrand ergänzt).

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, daß man administrative und kirchliche Grenzen in gewässerreichen Gebieten vorrangig nach dem Grundsatz der kleineren Binnen- und der größeren Butengewässer gezogen hat. D. h. je breiter und damit schwieriger zu überwinden der Wasser- oder Sumpfstreifen war, desto höher rangierte er in der raumordnenden Hierarchie.



<b>3</b>	<b>Hierar- chiestufe</b>	<b>4</b>	<b>Trenngewässer</b>	<b>5</b>	<b>Rau- m-einheit</b>	<b>7</b>	<b>Ra- um-einheit</b>
				<b>6</b>	<b>poli- tisch</b>	<b>8</b>	<b>kir- chlich</b>
<b>9</b>	<b>3.</b>	<b>10</b>	<b>kleine Priele, Gräben</b> (für Boote schiffbar), durch Holzbrücken überwindbar	<b>11</b>		<b>12</b>	<b>Kir- chspiel</b>
<b>13</b>	<b>2.</b>	<b>14</b>	<b>größere Priele,</b> Niederungen, z. T. mit Schilfmoorstreifen, z. T. kleinere Wattströme	<b>15</b>	<b>Har- de</b>	<b>16</b>	
<b>17</b>	<b>1.</b>	<b>18</b>	<b>Wattströme</b>	<b>19</b>		<b>20</b>	<b>Pro- bstei</b>

Abb. 10: Räumliche Hierarchie und Trenngewässer in Nordfriesland

So dürfen wir auch davon ausgehen, daß die gute Erreichbarkeit aller Kirchspiele durch den Bischof bzw. Probst ein wesentliches Kriterium für den Zuschnitt der Probsteien war, sollten doch die Visitationen der kirchlichen Beauftragten im Land so kurz wie möglich ausfallen. Dieser Gedanke ist indirekt auch in urkundlicher Form erhalten, denn die Binnengewässer in der Probstei Strand, insbesondere wohl die Prielgrenze zwischen dem eigentlichen Strand sowie Amrum, Föhr und Oland waren schon recht breite Priele.

In einem Dokument des Papstes Innozenz III. an „den Probst des Strandes und alle Prälaten der Kirchen in den Utlanden“ aus dem Jahre 1198 wird nicht nur das erstmal die Probstei Strand und damit auch die Insel Strand erwähnt, sondern zugleich den Gesichtspunkt der Zugänglichkeit behandelt. "Wie Wir erfahren haben, ist der Zugang zu eurem Gebiet wegen häufiger Überschwemmungen und der Behinderung durch vielfältige Wasserläufe erschwert. Es wurde deshalb schon zu jener Zeit, als der Glaube dort neu eingepflanzt war, festgesetzt und bis auf den heutigen Tag beibehalten, daß der Probst als Stellvertreter des Bischofs, so weit es ihm erlaubt ist, in jenen Gegenden fungieren darf. In der günstigen Jahreszeit, wenn das Land bereist werden kann, bleibt er bei jeder einzelnen Kirche, je nach der Größe der Pfarrei und der Menge der Delinquenten, vier Tage hindurch, um die vorher angekündigte Synode zu halten." (nach Schmidt-Eppendorf, 1977, S. 48).

Schon weit vor 1198 bestand also schon eine übergeordnete Kirchenorganisation, die unverändert auf die Zeit der Neueinpflanzung des Glaubens zurückgeht. Um welche Zeit handelt es sich nun?

H. Brandt (2001) ist der Auffassung, daß der Besuch von Erzbischof Unni im Jahre 935 in Dänemark vor allem die Funktion hatte, den Aufbau der kirchlichen Strukturen zu organisieren, nachdem König Heinrich den Dänenkönig 934 geschlagen hatte.

„Als nächster konsequenter Schritt des Ausbaues der ... seit 934 fixierten sächsischen Oberherrschaft über Dänemark, die durch die Tributpflicht, die Besetzung des Grenzlandes und den Aufbau der kirchlichen Strukturen markiert wird, erscheint die 947 durch Heinrichs Sohn, Otto den Großen, erfolgte Einteilung Jütlands in die Bistümer Haithabu, Ribe und Aarhus“ (H. Brandt, S. 49).

C. Radtke gibt den wichtigen Hinweis, daß die Bistumsgliederung im 10. Jahrhundert der vorchristlichen Sysseingliederung folgte, die wiederum in Harden untergliedert war (1984, S. 139). Das gleiche darf für die Probsteingliederung angenommen werden. So wird auch die Einstufung der Bökingharde und der Horsbüll- oder Wiedingharde als utländischer Harde in Waldemars Erdbuch auf die vorchristliche Zeit zurückgehen. Daß die kirchliche Gliederung in der Praxis zunächst nicht viel bedeutete, da der Christianisierungsprozeß erst nach der Jahrtausendwende richtig in Gang kam, ist für unsere Fragestellung unerheblich. Die Feinstruktur der Kirchenorganisation, d. h. die Schaffung der Ebene der Kirchspiele, wird möglicherweise er's zur Zeit der Gründung des nordischen Erzbistums in Lund

in der Zeit 1103/04 festgelegt worden sein, als sich der Norden endgültig in kirchlicher Hinsicht - und das bedeutete zugleich: in politischer - von der Bevormundung durch Hamburg/Bremen freimachte und der flächenhafte Kirchenbau einsetzte.



Abb. 11: Die Probsteiengliederung der Utlände, übertragen auf die Kartengrundlage von J. Mejer („biß an das Jahr 1240“)

Überträgt man die in Abb. 9 fixierte Probsteien-Gliederung auf die Mejer-Karte, so erkennt man, daß letztere den Landflächenzusammenhang zur Zeit der Einrichtung der Probsteien im Gegensatz zur Abb. 9 recht überzeugend widerspiegelt. Zugleich alle in Waldemars Erdbuch genannten Harden die drei Probsteien Withaa (Wiedau), Strand und Eiderstedt. Sie sind zugleich als Großinseln am Ende des ersten Jahrtausends zu sehen. Withaa mit Sylt hatte sein Trenngewässer zum Festland im Gewässergebiet der Gotteskoogregion. Da Böking- und Horsbüllharde zur Zeit Waldemars noch als Utländerharder geführt wurden, aber nicht mehr als Inseln angesehen wurden (vergl. Inselliste), ist dies ein Zeichen dafür, daß die Hardeneinteilung aus früherer Zeit übernommen wurde.

Setzt man die eher auf geologischem und archäologischem Wege gewonnene moderne Rekonstruktion von Bantelmann (1995) für die Zeit um 900 mit der Utländardarstellung von Mejer in Beziehung, so erkennt man Übereinstimmungen und Unterschiede.

Der von Bantelmann vage mit „vor 1362“ angegebene Heverdurchbruch wird also schon um 900 existiert haben. Die stabile Marsch im Westen war ausgedehnter als auf der Karte von Bantelmann (mit punktiertem Band im Westen) eingetragen, da es zu dieser Zeit Flachsiedlungen nicht nur in der südlichen Marsch von Eiderstedt, sondern auch im Mittelsten Koog von Pellworm sowie bei Hooge gab. Nach H. J. Kühn konnten die Menschen bis zu Beginn der großen mittelalterlichen Fluten auf der ebenen Marsch siedeln: „Die frühen Marschensiedlungen lagen nicht auf Warften.“ (H. J. Kühn, 1997, S. 68). Der recht festländische Eindruck, den die Karte von Bantelmann suggeriert, muß relativiert werden. Die Abgrenzung utländischer Probsteien vom Festland spricht für eine Separierung durch breite Tide-Gewässer, gelegentlich auch durch schwer überwindbare Sümpfe. Es gab damals offenbar ein rückwärtiges Ringprielssystem am West-Rand der hohen Geest.

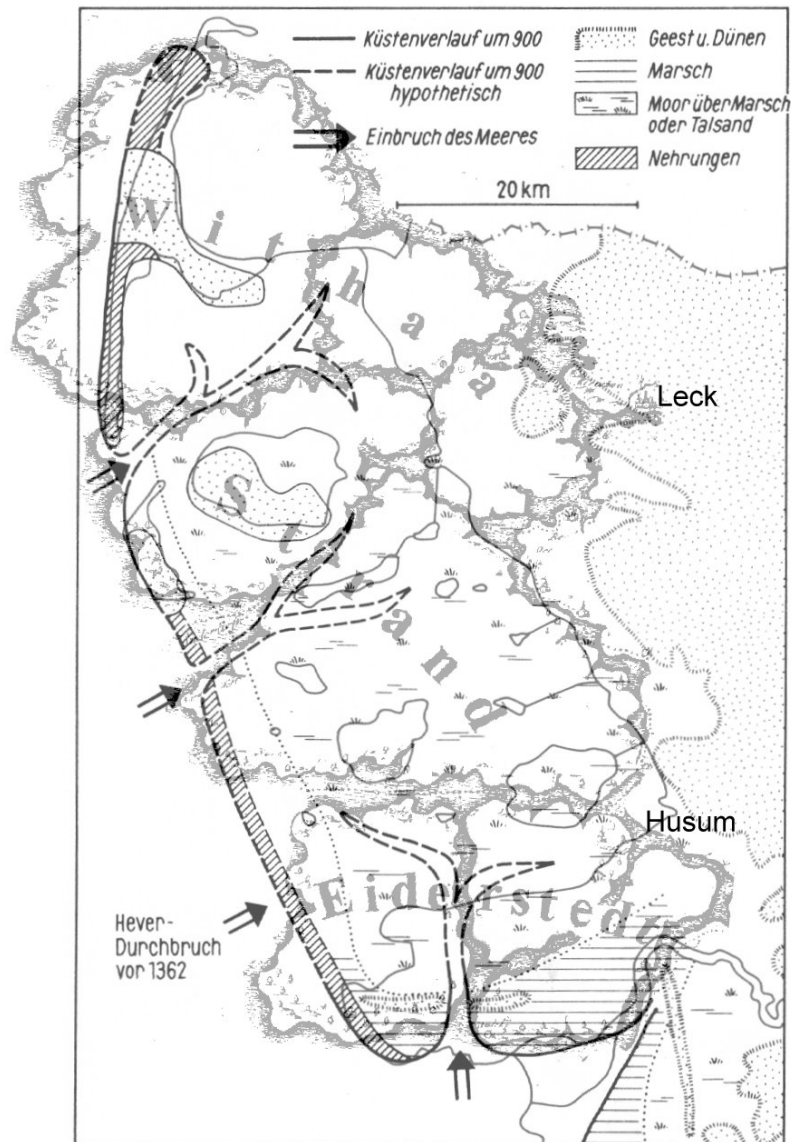


Abb. 12: Der Zustand Nordfrieslands um 900 nach A. Bantelmann, 1995, S. 23 (schwarz) mit aufgelegtem bearbeiteten Ausschnitt aus der Karte von J. Mejer. Montage: Newig

Daher konnte das Geestwasser unmittelbar in Tidegewässer strömen, was besonders nach starken Regenfällen die Entwässerung des Ostteiles der Uthlande sehr erleichterte. So war auch die Entwässerung der östlichen Teile des Strandes also umgekehrt zu heute. Die Wässer konnten auf kurzem Wege nach Osten abfließen. Damit regelte die Natur die Vorflut viel besser als später zu Zeiten des Deichbaus. Ohne permanentes Pumpen wären viele Gebiete der Marsch heute nicht nutzbar.

Zugleich erklärt sich zwanglos, daß Orte (bzw. ihre Vorgänger) wie Leck, Bredstedt, Husum und Tondern sowie Schwabstedt zugleich im Binnenland lagen und doch zur Nordsee und damit für den Transithandel geöffnet waren.

Das Grundmuster des Küstenverlaufs war damals insgesamt eher ein ost-west-gerichteter mit dem Maximum des Tidehubs in der Nähe der Außenküste; heute ist es aufgrund der nahezu perfekten Verkürzung der Deichlinie ein nord-süd-gerichteter mit einem Maximum des Tidehubs an der Innenküste.

Nach dem kartographischen Befund sind die Hever, wie auch das Aue-oder Schmaletief sowie das Hörnum und das Lister Tief sehr alt. Den oft postulierten durchgehenden Strandwall von Eiderstedt bis nördlich von Hooge wird es nicht gegeben haben. Nichtsdestoweniger konnten aufgrund des ge-

ringen Tidenhubs und der geringen Sturmflutwasserstände Flachsiedlungen in einiger Entfernung von der Außenküste existieren, wie wir aus archäologischen Untersuchungen wissen.

### 3 Die drei Sächsischen Inseln des Ptolemäus

Wagen wir uns nun zum Schluß noch einen Schritt weiter zurück, so gehen wir in die römische Antike, wo es bereits eine ausgedehnte wissenschaftliche Tätigkeit gab. Um 150 n. Chr. Geburt schrieb Claudios Ptolemäus (Ptolemaios) seine „Geographia“, in der er bereits Koordinaten nach dem heute noch gebräuchlichen Gradsystem (die Minuten allerdings in Brüchen von Graden) verwendet, wobei der Nullmeridian bei den Azoren oder Kanaren (auf dem westlichsten Punkt der „Glücklichen Inseln“) angenommen wird.

Die Mündung der Elbe liegt nach Ptolemäus auf

31 Grad westlicher Länge und

56 Grad und 15 Minuten nördlicher Breite.

Die Elbmündung liegt bei Ptolemaios damit gut 2 Grad zu weit nördlich in der Breite. Er schreibt: „An Inseln aber liegen oberhalb Germaniens im Gebiet der Elbemündung die sogenannten (Inseln) der Sachsen, und zwar drei. Deren Mitte liegt“ [bei]

30 Grad 10 Minuten, [östl. Länge]

57 Grad 40 Minuten, [nördl. Breite].“

Die Sächsischen Inseln befinden sich nach Ptolemäus also 50 Minuten westlich der Elbmündung und 1 Grad, 25 Minuten nördlich davon.

Die Herausgeber der sorgfältigen deutschen Übertragung Götz und Welwei und auch zahlreiche andere Autoren vermuten, daß es sich dabei um den Bereich der nordfriesischen Inseln handelt.

Zur Zeit der Probsteiengliederung dürfen wir - wie schon ausgeführt - in Nordfriesland die drei Probsteien Withaa, Strand und Eiderstedt als Großinseln annehmen. Diese werden in den Jahrhunderten zuvor nicht viel anders ausgesehen haben, zumal der Meereseinfluß insgesamt geringer war als später und auch die Meeresspiegelschwankungen sich zwischen dem 2. und dem 10. Jahrhundert in Grenzen hielten.

Daß zur römischen Kaiserzeit größere Gebiete der Niederungen Nordfrieslands über dem Meeresspiegel lagen (als Marsch- und Moorflächen) und besiedelbar waren, ist archäologisch gesichert. Das Niveau der kaiserzeitlichen Marsch, z. B. auf Pellworm und Sylt, war so hoch, daß Teile davon heute noch über dem mittleren Hochwasser liegen. Auch die südliche Hälfte von Eiderstedt als Marschgebiet sowie die Hakenbildung zwischen Katharinenheerd und dem Westen von Tating war recht dicht besiedelt, wie wir durch neuere Untersuchungen - insbesondere von D. Meier, D. Hoffmann und M. Müller-Wille - wissen.

Die Stelle der Sächsischen Inseln nach Ptolemäus liegt ca. 40 km nordwestlich von Sylt, also streng genommen etwas zu weit nordnordwestlich. Da er aber andererseits die Lage „im Gebiet der Elbmündung“ angibt, so ist es durchaus möglich und wahrscheinlich, daß die drei Großinseln die Sächsischen Inseln des Ptolemäus gewesen sein könnten, zumal sie durch vielfältigen Handel den Römern wohl bekannt gewesen sein dürften.

### Literatur

Aakjær, S. (1926-1943): Kong Valdemars Jordebog, Bd. 1-3, Kopenhagen

Bantelmann, A., Panten, A., Kuschert, R. (1995): Geschichte Nordfrieslands, Heide

- Brandt, H. (2001): Der fehlende Baustein in der Geschichtsrekonstruktion der dänischen Wikingerzeit oder wie sich Harald Blauzahn "ganz Dänemark gewann", in: Archäologische Gesellschaft Schleswig-Holstein, Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein (Hrsg.); Archäologische Nachrichten aus Schleswig-Holstein, Schleswig, S. 43 - 87:
- Degn, C. (1995): Schleswig-Holstein, eine Landesgeschichte, Historischer Atlas, Neumünster
- Dittmer, E. (1954): Erdgeschichtliches aus den Kreisen Husum und Südtondern, in Hinz, H.: Vorgeschichte des nordfriesischen Festlandes, Neumünster
- Falck, N. (Hrsg.) (1982): M. Anton Heimreichs ... nordfriesische Chronik erster Theil, Reprint der 2. Auflage 1668, Leer
- Goetz, H.-W.; Welwei, K.-W. (Hrsg.) (1995): Altes Germanien, Teil I, Darmstadt
- Hansen, R. (1984): Beiträge zur Geschichte und Geographie Nordfrieslands im Mittelalter, in: Zeitschr. der Ges. für Schleswig-Holstein-Lauenburgische Geschichte, Bd. 24, Kiel, S. 1 - 94
- Jessen, W. u. Hansen, R. (Hrsg.) (1904): Quellen zur Geschichte des Bistums Schleswig, Kiel
- Jessen-Klingenberg, M. u. Newig, J. (2000): Das Erdbuch Waldemars II. und die Nordfriesischen Inseln im Mittelalter, in: Newig, J. u. Theede, H.: Sturmflut – gefährdetes Land an der Nordseeküste, Hamburg
- Kühn, H.-J. (1997): Das Watt im Norderhever-Bereich, in: L. Fischer (Hrsg.): Kulturlandschaft Nordseemarschen, Westerhever, S. 67-75
- Lammers, W. (1981): Geschichte Schleswig-Holsteins, Bd. 4, Neumünster
- Laur, W. (1992): Historisches Ortsnamenlexikon von Schleswig-Holstein, Neumünster
- Meier, D.: Landschafts- und Siedlungsgeschichte Eiderstedts, in: die Heimat, Jg. 103, Nr. 7/8, Husum 1996
- Meier, D., Hoffmann, D., Müller-Wille, M. (1989): Zum mittelalterlichen Landesausbau Eiderstedts, in: Offa, Bd. 46, Neumünster
- Mejer, J. (1652): Landcarte Von dem Alten Nortfrieslande, in: C. Danckwerth: Neue Landesbeschreibung der zwey Herzogthümer Schleswig und Holstein, Husum
- Nordfriisk Instituut u. Stiftung Nordfriesland (1995): Geschichte Nordfrieslands, Heide
- Panten, A. (1993): Wolfgang Laurs Historisches Ortsnamenlexikon von Schleswig-Holstein - Aus der Sicht der nordfriesischen Regionalgeschichtsforschung, in: Nordfriesisches Jahrbuch, Neue Folge, Band 29, S. 253 ff.
- Petersen, M. u. Rohde, H. (1977): Sturmflut, die großen Fluten an den Küsten Schleswig-Holsteins und in der Elbe, Neumünster
- Radtke, C., Körber, W (Hrsg.) (1984): 850 Jahre St.-Petri-Dom zu Schleswig, Schleswig
- Rohde, H. (1978): Die Geschichte des deutschen Küstengebietes, in: Die Küste, H. 32, S. 6 - 29
- Schmidt-Eppendorf, P. (1977): Sylt – Memoiren einer Insel, Husum
- Wegemann, G. (1916): Zustände Schleswig-Holsteins nach dem Erdbuche Waldemars 1231, in: Zeitschrift der Gesellschaft für Schleswig-Holsteinische Geschichte, Bd. 46, Leipzig

## Adresse

Prof. Dr. Jürgen Newig  
 Geographisches Institut der Universität Kiel  
 Ludewig-Meyn-Str. 14  
 24118 Kiel

E-mail: [newig@geographie.uni-kiel.de](mailto:newig@geographie.uni-kiel.de)



## **The late Holocene sea level rise at the East Frisian coast (North Sea): New time constraints provided by optical ages of coastal deposits**

Friederike Bungenstock<sup>1</sup>, Barbara Mauz<sup>2</sup> & Andreas Schäfer<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung, Wilhelmshaven, Germany

<sup>2</sup> Department of Geography, University of Liverpool, Liverpool L69 7ZT, UK

<sup>3</sup> Geologisches Institut, Universität Bonn, Germany

### **Abstract**

A high spatial density of core data (available from the Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, NLFb, Hannover) on the sediment body constituting the East Frisian coast provided an optimal opportunity to study late Holocene sea level oscillations and, as a result, to establish a more detailed curve of Holocene sea level rise based on sedimentological data.

Firstly, core data were analysed to recognise transgressive and regressive phases during the Holocene sea level rise at the East Frisian coast, and secondly, samples were collected from newly drilled cores to establish a time framework based on optical ages.

By applying sequence stratigraphy on the NLFb core data two phases of transgressions and at least one phase of regression were recognised within the siliciclastic sedimentary record after the formation of the so called Upper Peat at about 1000 BC. These phases were also identified in the new cores and sampled for optical dating.

The first transgressive phase started before ca 400 AD and lasted until 800 AD. The regressive phase occurred from ca 800 to ca 1220 AD and the second transgressive phase occurred from ca 1220 to not much longer than 1400 AD.

### **1 Introduction**

At the East Frisian coast deposition of unconsolidated sediments started after about 7500 BP (Hanisch 1980) during the post-glacial sea level rise. The resulting coastal sequence is a wedge-like sediment body consisting of fine-grained sand, silt and clay, in which layers of peat are intercalated (Streif 2004). Almost all studies on depositional history and on sea level oscillations of the North Sea are based on a time framework provided by radiocarbon ages of these peat layers (e.g. Streif 1990, 2004; Allen 1995; Baetemann 1999; Behre 2004). However, oscillations of sea level rise may occur, which do not lead to peat formation but result in facies change in the siliciclastic sedimentary record.

This study focussed on sea level data available from a siliciclastic sediment record overlying the 1000 BC Upper Peat (Behre 2004), a stratigraphic marker of the North Sea coastal Holocene. Core data were analysed in terms of base level cyclicity within the siliciclastic sedimentary record (Gensous et al. 1993; Cross & Lessenger 1998). Optical ages of layers representing sea level changes yield the time framework for a sequence stratigraphic model and a curve of 'coastal onlap' of the Holocene sediments. As a result, a more detailed curve of sea level rise based on sedimentological data can be established.

### **2 Study area**

The area of interest is located in the East Frisian Wadden Sea, which is part of the Wadden Sea system of the Southern North Sea. Its western (Dutch) and central (East Frisian) sections are separated from the open North Sea by 13 barrier islands. For the area south of the East Frisian barrier island of Langeoog core data were provided by Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFb,

Hannover). Based on the authors' interpretation of the NLfB core data, the study site covering about 5 km<sup>2</sup> was chosen in a setting on the mainland south of Langeoog (Fig. 1).

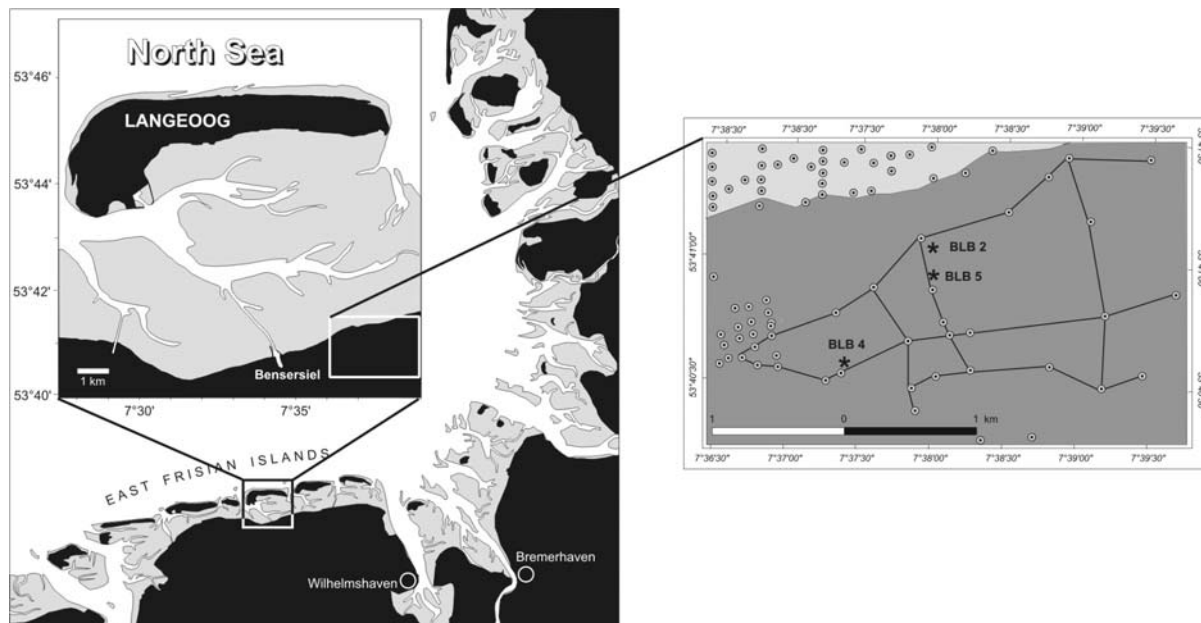


Fig. 1: Left: The location of the whole study area, where NLfB cores were investigated. Right: The cores taken by the NLfB are marked with dots, the new cores taken for this study are marked with stars. The lines show the profiles, which were studied before new cores were collected.

### 3 Methodical and experimental details

From several Southern North Sea coast studies (e.g. Reineck & Singh 1980; Streif 2004) it is known that at the Southern North Sea coast retrogradational sequences are generally represented by a sequence of peat covered by brackish and marine deposits. Progradational sequences are generally represented by a sequence of marine and brackish deposits covered by peat. Based on this knowledge a detailed sedimentological analysis on the NLfB core data was conducted to recognise these retrogradational and progradational sequences in the sedimentary record. Subsequently, a suitable site was chosen, where at least one transgressive and one regressive phase were documented within the siliciclastic sedimentary record. At this site (Fig. 1) new cores were taken using a STITZ corer with 5 cm diameter (Merkt & Streif 1970). In order to collect sufficient sample material for optical dating three cores were taken at each of the three sites with a maximal distance of 2 m. The cores were subsequently squeezed out of the tubes into light-tide bags and stored at 8°C before laboratory processing started.

In the luminescence laboratory material gained from corresponding lithological units of the three cores of each site was taken as one sample. Optical differentiation of lithological units is almost impossible under subdued laboratory light. To correlate the individual layers for sampling purposes sediment properties like grain size, molluscs and plant and carbonate content were utilised.

For optical dating samples were treated under subdued laboratory light (589 nm) applying the conventional preparation procedures for silt-sized samples (Mauz et al. 2002). Subsequently, samples were etched in diluted hydrofluoric acid (5%, 10%) for several tens of minutes to obtain a pure quartz sample. The single aliquot regeneration protocol (SAR; Murray & Wintle 2000) was adopted on around 30-70 aliquots of each sample. All measurements were conducted with an automated Risø TL/OSL DA-15 reader using blue diodes (470Δ20 nm) for stimulation and UV transmitting optical filters for detection. The external  $\beta$ - and  $\gamma$ -dose rate was calculated using radionuclide concentration derived from neutron activation analysis. A mean water content was assumed for each sample using the measured field moisture and allowing for little fluctuations.

From the core BLB2 three samples from the peat layers were collected for radiocarbon dating. The resulting AMS ages were calibrated with Calib rev 4.3 after Stuiver & Reimer (1993).

## 4 Results

The AMS ages of BLB2 date the peat between 1290 BC to 1025 BC. This time range is consistent with <sup>14</sup>C-ages obtained from the Upper Peat (Behre 2004). In each core two transgressive hemicycles and at least one regressive hemicycle were identified and hence, enabled correlation between the coring sites (Fig. 2).

A time framework for the recognised oscillations is postulated: the first transgressive phase started before about 400 AD and lasted until 800 AD. The regressive phase occurred from ca 800 to ca 1220 AD and the second transgressive phase occurred from ca 1220 to not long after ca 1400 AD. A second regressive phase cannot be proved by sedimentological data at the moment.

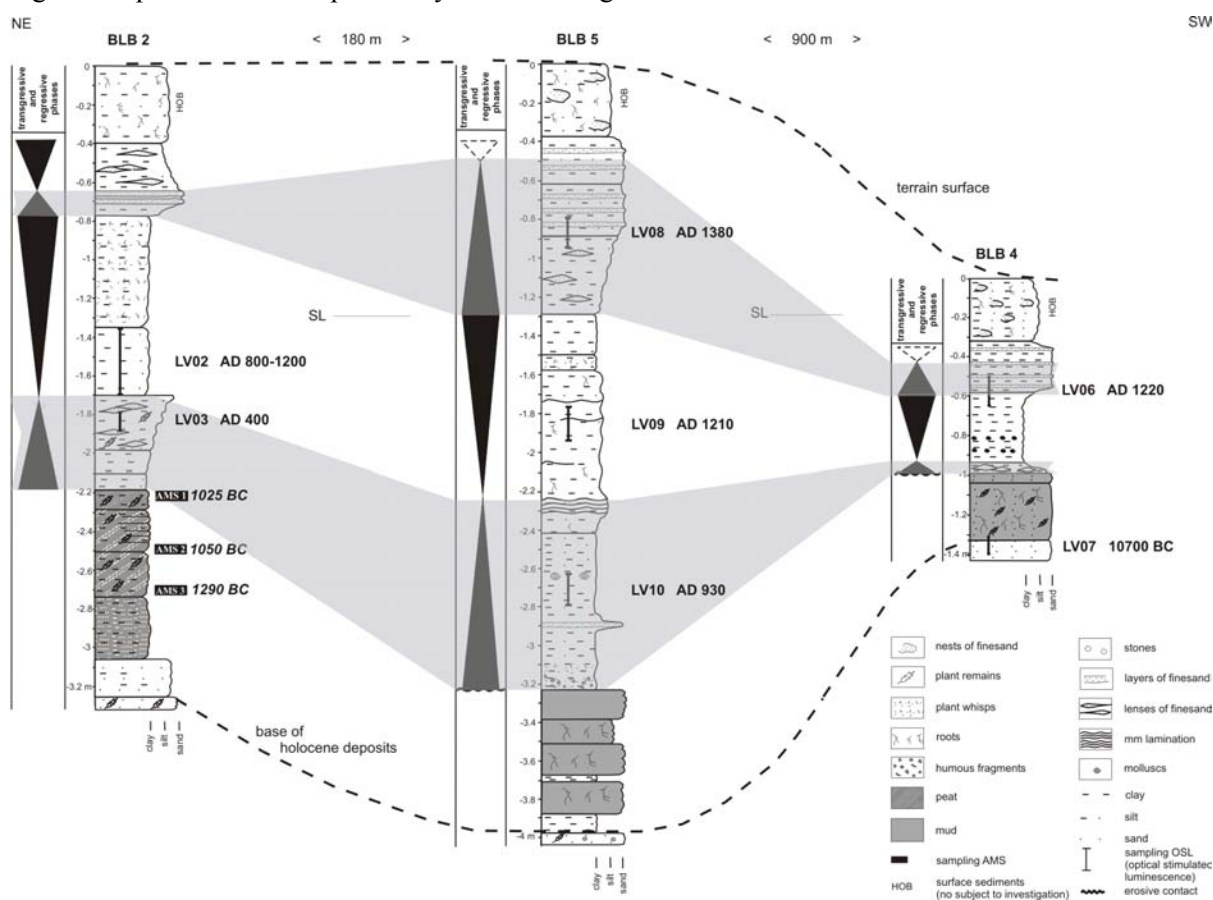


Fig. 2: The sedimentary record of the sites investigated. The base of the Holocene is indicated by a dashed line. The wells refer to sea level (SL). The sequence stratigraphic interpretation of the cores in terms of base level cyclicality is shown by triangles according to Cross & Lessenger (1998). The stratigraphic correlation of the transgressive hemicycles are shown by grey patches. To facilitate reading radiocarbon and optical ages are given with reference to AD/BC.

## 5 Discussion

Transgressive and regressive hemicycles could be recognised in the siliciclastic core record of the coastal Holocene of the East Frisian coast, indicating, that a sequence stratigraphic approach is applicable to a small scale and short-term sedimentary record. This provides the opportunity to study a sedimentary record independently from the presence of peat layers. In addition, optical dating pro-



vides the chance of higher resolution in establishing a curve of ‘coastal onlap’ of the coastal sediments of the Southern North Sea.

According to the investigations of ancient dikes (Lengen 1978), the difference of 1 m terrain height between BLB4 (being located furthest away from the coastline) and the other wells (Fig. 1 and 2) cannot be explained by the coring sites situated on different polders (Behre 2004). But in contrast to the coring sites of BLB5 and BLB2, the BLB4-site is drained. This could explain a reinforced shrinkage generating height differences between adjacent terrains.

For optical dating the fine-silt quartz approach was chosen. As this approach needs a large quantity of sample material, several centimetres of core material were collected covering a relatively long period of time. On the other hand, this allowed sampling of layers, which were deposited from suspension. More importantly, the content of organic matter in the sediment and the proximity to peat layers require a specific modelling approach to determine the annual dose rate. Work on this model is in progress.

According to the sea level curve for the late Holocene of the North Sea coastal region of Germany established by Behre (2004) four transgressions occurred after the formation of the Upper Peat. This number of transgressions is not confirmed in the present study, neither by the sedimentary record nor by the optical ages. Considering the dynamic depositional processes characterising the Holocene sediment body, we assume that not all strata after the Upper Peat formation are recognisable in our cores. One reason could be that the resolution of sedimentological analysis is not sufficient to recognise these processes. Another reason could be erosion of sediments by small-scale transgressions or by storm tide events, but erosional features were identified in one core only. In the core BLB2, in contrast, a non-erosive transition from peat to siliciclastic sediment is evident.

The timing of the late Holocene sea level oscillations resulting from optical ages is concordant with the sea level curve established by Behre (2004) who analysed the sea level change during the late Holocene using dominantly archaeological data. We recognise a regressive phase from 800 BC to 1220 BC at the East Frisian coast of Langeoog. Behre (2004) reports a regression from 850 cal. BC to 1100 cal. BC significant for the area or the Southern North Sea. The second transgression last probably not much longer than 1400 AD and this time constraint is also consistent with the regression until 1450 reported by Behre (2004).

## 6 Conclusions

Oscillations of Holocene sea level rise at the East Frisian coast of the Southern North Sea are recorded by the formation of peat layers and by facies changes within the siliciclastic sedimentary record. Whereas the timing of peat formation is well-known from a large number of radiocarbon ages, the time constraints of further sea level changes require a different approach. In this study, we combined higher-order sequence stratigraphy with optical dating to constrain the timing of late Holocene sea level oscillations. The sequence stratigraphic approach provided the identification and correlation of transgressive and regressive phases. The optical ages provided a reasonable time framework for the chronostratigraphic classification of the analysed coastal sediments.

The technique of optical dating of silt-sized quartzes in siliciclastical tidal deposits needs to be improved if organic matter is incorporated.

## Acknowledgements

We thank the Deutsche Forschungsgemeinschaft for financial support.

## References

- Allen, J. R. L. (1995): Salt-marsh growth and fluctuating sea-level; implications of a simulation model for Holocene coastal stratigraphy and peat-based sea-level curves. *Sedimentary Geology* 100, pp. 21-45.
- Baetemann, C. (1999): The Holocene depositional history of the Ijzer palaeo-valley (Western Belgian coastal plain) with reference to the factors controlling the formation of intercalated peat beds. *Geologica Belgica* 2 (3-4), pp. 39-72.
- Behre, K.-E. (2004): Coastal development, sea-level change and settlement history during the later Holocene in the Clay District of Lower Saxony (Niedersachsen), northern Germany. *Quaternary International* 112, pp. 37-53.
- Cross, T.A. & Lessenger, M. A. (1998): Sediment volume partitioning: rationale for stratigraphic model evaluation and high-resolution stratigraphic correlation. In: Gradstein, F.M., Sandvik, K.O. & Milton, N.J. (eds): *Sequence Stratigraphy – Concepts and Applications*. NPF Special Publication 8, (Elsevier) Amsterdam, pp. 171-195.
- Gensous, B., Williamson, D. & Tesson, M. (1993): Late-Quaternary transgressive and highstand deposits of a deltaic shelf (Rhône delta, France). In: Posamentier, H. W., Summerhayes, C. P., Haq, B. U. & Allen, G. P. (eds.): *Sequence Stratigraphy and Facies Associations*. Special Publications International Association of Sedimentologists 18, pp. 197-211.
- Hanisch, J. (1980): Neue Meeresspiegeldaten aus dem Raum Wangerooze. *Eiszeitalter und Gegenwart* 30, pp. 221-228.
- Lengen, H. van (1978): Historisch-Landeskundliche Exkursionskarte von Niedersachsen – Maßstab 1 : 50 000, Blatt Esens. Erläuterungsheft, Hildesheim, p. 179.
- Mauz, B., Bode, T., Mainz, E., Blanchard, W., Hilger, W., Dikau, R. & Zöller, L. (2002): The luminescence dating laboratory at the University of Bonn: equipment and procedures. *Ancient TL* 20/2, 53-61. Cost-effective nutrient reductions to the Baltic Sea. In: Gren, I.-M., Turner, K. & Wulff, F. (eds): *Managing a sea*. Earthscan Publ., London, pp. 43-56.
- Merkt, J. & Streif, H. (1970): Stechrohrbohrgeräte für limnische und marine Lockersedimente. *Geologisches Jahrbuch* 88, pp. 137-148.
- Murray, A. S. & Wintle, A. G. (2000): Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements* 32, pp. 57-73.
- Reineck, H.-E. & Singh, I. B. (1980): *Depositional sedimentary environments*. (Springer) Berlin, Heidelberg, New York, p. 551.
- Streif, H. (2004): Sedimentary record of Pleistocene and Holocene marine inundations along the North Sea coast of Lower Saxony, Germany. *Quaternary International* 112, pp. 3-28.
- Stuiver, M. & Reimer, P.J. (1993): Extended <sup>14</sup>C database and revised Calib radiocarbon calibration program. *Radiocarbon* 35, pp. 215-230.

## Address

Dipl.-Geol. Friederike Bungenstock  
Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung (NIhK)  
Viktoriastraße 26/28  
26382 Wilhelmshaven  
Germany

E-mail: bungenstock@nihk.de





## **Holocene coastal evolution around the ancient seaport of Oiniadai, Acheloos alluvial plain, NW Greece**

Andreas Vött<sup>1</sup>, Helmut Brückner<sup>1</sup>, Armin Schriever<sup>1</sup>, Mathias Handl<sup>1</sup>,  
Mark Besonen<sup>2</sup> & Klaas van der Borg<sup>3</sup>

1 Department of Geography, Philipps-University of Marburg, Germany

2 Department of Geosciences, University of Massachusetts, U.S.A.

3 R. J. Van de Graaff Laboratory, University of Utrecht, The Netherlands

### **Abstract**

The former island of Triardo with the ruins of ancient Oiniadai lies in the midst of the modern Acheloos alluvial plain, one of the largest deltaic areas in Greece. The main objective of this study was to reveal Holocene landscape evolution and its different causes. The ancient seaport of Oiniadai witnessed enormous coastal change during historical times. The site once belonged to the Echinades Islands, most of which have been engulfed by sediments of the Acheloos during the last 6,000 or so years. The present distance to the open sea is between 9 and 11 km. Analysis of literature shows differing interpretations about (i) how the Acheloos delta and alluvial plain formed during the Holocene, and (ii) how ancient Oiniadai was connected to the sea. However, little information about stratigraphy exists. A series of vibracorings were retrieved along selected transects, and lateral and vertical changes in sedimentary facies distribution were used to decipher landscape changes during the Holocene. Results suggest that (i) a vast lagoonal system north and east of Triardo came into existence during the 5<sup>th</sup> millennium BC, (ii) the Acheloos delta front had already passed south of Oiniadai by about 2000 cal BC, and (iii) Oiniadai's shipsheds were connected to the Ionian Sea via a lagoonal system opening to the west. This lagoon finally silted up in the 2<sup>nd</sup> century AD. The southern flank of Triardo, where the southern harbour is assumed to have been located, lay adjacent to a shallow marine embayment which later turned into a lagoon.

### **1 Introduction**

The Acheloos River delta and alluvial plain (Akarnania, northwestern Greece) is situated at the northern margin of the Gulf of Patras. During the Holocene the area underwent enormous environmental change. Oiniadai, an ancient city of the 5<sup>th</sup> century BC, well known for its spectacular shipsheds, was once connected to the sea. Today, the former seaport is surrounded by land; the nearest open water is about 9 km distant (Fig. 1). Using sediments as geoarchives we reconstructed Holocene coastal landscapes of the Acheloos lowlands. This study is part of a regional geomorphological-palaeogeographical project dealing with the landscape history of Akarnania during the last 10,000 years. The analysis of coastal sediments enables us to decipher lateral and vertical changes in sedimentary facies in order to build a detailed scenario for landscape evolution. In this paper we provide new geochronological data which establish a realistic time frame for the evolution of delta progradation and adjacent siltation processes. Special focus is given to the history of Oiniadai and the question of how the landscape looked like in ancient times.

### **2 Methods**

The reconstruction of Holocene landscapes is linked to the study of sedimentary strata. To date, we have carried out 40 vibracorings in the Acheloos delta. In this paper, the interpretation of 10 cores in

the environs of ancient Oiniadai is given. In the field, sedimentary units were photographed and described sedimentologically. The exact position of each coring site was recorded by means of differential GPS measurements. Vibracores were subsampled for further analyses of different geochemical parameters in the laboratory. Information about vertical variations of such geochemical parameters are valuable qualitative as well as quantitative indicators of facies changes (Vött et al. 2003a, b). The most important method for interpreting the sedimentary environment is the analysis of microfaunal assemblages. Ostracod species are sensitive to changes in salinity, water depth and sedimentary input, and therefore are useful indicators of the paleoenvironment (Handl et al. 1999). Organic samples such as plant remains or mollusks were used for AMS-radiocarbon dating.

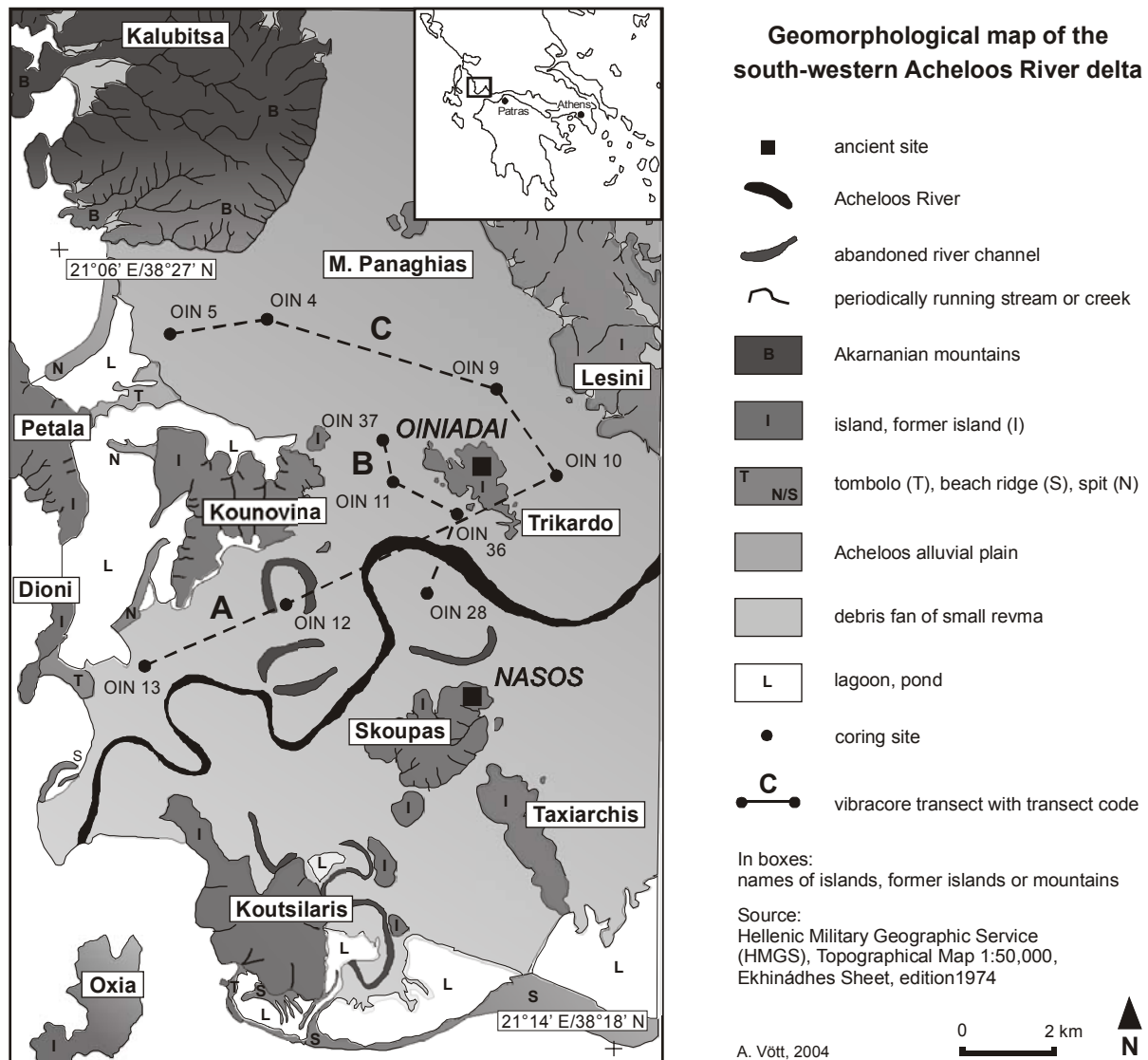


Fig. 1: Geomorphological map of the Acheloos River delta and alluvial plain with vibracore transects A, B and C. Source: Research by authors.

### 3 Literary data

Herodotus, Thukydides (both 5<sup>th</sup> century BC) and Pausanias (2<sup>nd</sup> century AD) are among those ancient writers who realized that the Acheloos River had ‘caught’ the former Echinades Islands by its sediments and connected them to the mainland. Until now, research has focused on the description and interpretation of historical sources (Freitag 1994) or was restricted to the detection of (sub-)recent sedimentary units in order to produce detailed geomorphological maps (Piper & Panagos 1981, Fouache 1999). Based on a few shallow sediment cores, Villas (1984) presented the only scenario for

delta progradation existing so far. According to her results the Acheloos first prograded to the south and southeast. Later, delta growth shifted to the southwest and reached the area around Oiniadai at around 3600 – 2700 years BP (conventional  $^{14}\text{C}$  ages, Villas 1984: Fig. 33). For further details about literary sources see Vött et al. (2003b) and Brückner et al. (2004). Based on new sedimentary data we are now able to establish a detailed scenario for the Holocene evolution of the Acheloos area.

#### 4 Sedimentary facies patterns in the Acheloos lowlands

The description and interpretation of landscape changes around the ancient seaport of Oiniadai is based on 10 selected vibracoring profiles from the western and southwestern parts of the Acheloos lowlands. Vibracore transect A (OIN 10, 12, 13) runs from northeast to southwest along the Acheloos River. Transect B (OIN 28, 36, 11, 37) is oriented in an almost north-south direction between Triardo and Kounovina. Transect C (OIN 10, 9, 4, 5) is connected to transect A east of Triardo, but runs north of it towards the coast north of Petala (Fig. 1). The vibracore description herein is restricted to the interpretation of lateral and vertical sequences of different sedimentary environments.

The following facies were distinguished in the presented cores. Marine deposits of a sublittoral environment are usually composed of homogeneous light grey mud indicating quiescent sedimentation. There are four different types of shallow marine environments: (a) silt of a low energy setting with almost no wave action (abbreviation Fl in Figs. 2-4), (b) littoral sand with abundant fragments of marine mollusks (S), (c) sandy-silty sand bar deposits with fragments and articulated specimen of marine mollusks, seaweed, and a microfauna assemblage rich in species (B), and (d) laminated silty and sandy prodelta deposits adjacent to deltaic distributary arms (P). Lagoonal deposits are characterized by bluish grey mud with abundant brackish-marine fauna, in some cases even with mollusks in living position (L). Periodic flooding by seawater leads to the deposition of laminated reddish dark grey mud in a shallow marine to mostly brackish environment (M). Dark grey sandy silt of coastal swamps contains plant remains and represents brackish conditions (K). Fluvio-marine sediments of delta distributary arms show brownish grey medium to coarse sand with fragments of marine macrofauna (D), whereas grey river channel sand is well-sorted and void of marine faunal indicators (R). Fluvial sediments deposited under subaerial conditions are mostly brown. Sand is associated with levees or crevasse splays (F); clay and silt are related to overbank freshwater marshes (H). At several coring sites semiterrestrial black peat was found (T).

##### 4.1 The prograding Acheloos River delta

Vibracores OIN 10, 12 and 13 were directly influenced by the growing Acheloos deltaic system (Fig. 2). The base of profile OIN 10 is characterized by a marine environment established in the leeward position of the Lesini mountains. Nevertheless, the delta prograding from the eastern direction led to the formation of a sand bar, probably due to the lateral transport of fluvio-marine sediments. After the delta front passed south of OIN 10 and dammed the area north of it, a lagoon came into existence. Coastal swamp deposits indicate that water depth was not very deep at this time. Later, the lagoonal environment was abruptly disturbed when a distributary arm of the delta shifted northwards depositing several metres of delta sands. Deltaic sedimentation at OIN 10 was succeeded by river channel deposits which were subsequently overlain by levee and flood plain sediments.

In its lower part vibracore OIN 12 shows deposits of a shallow marine environment possibly due to laterally drifted sediments of the Acheloos River delta. Later, as an expression of regressive conditions, marsh sedimentation took place. The marsh sediments are covered by thick sandy fluvio-marine deposits from a distributary arm of the delta which must have abruptly changed its direction and moved towards OIN 12. Similar to OIN 10, the delta sediments turn into river channel deposits and are followed by riverborne sand and mud deposited under subaerial conditions.

The basal sediments of vibracore OIN 13 show an early influence by drifted delta sediments before the delta itself passed and led to the sedimentation of several metres of fluvio-marine sand. As soon as subsequent river channel sedimentation was complete, a local regressive sequence was established:

coastal swamp deposits were overlain by marsh sediments and covered by flood plain and freshwater marsh sediments.

In a summary view, the earliest indirect influence of the Acheloos River delta is clearly visible at OIN 10 when it initiated the formation of shallow marine littoral or sand bar environments. During that time fully marine conditions prevailed at OIN 12 and 13. In the subsequent phase a lagoon existed around OIN 10. This site was directly affected by delta sedimentation shortly after 3482-3372 cal BC when delta sediments broke into the lagoon and silted it up (Tab. 1). The Acheloos subsequently must have prograded in a southwestern direction as shown by the bases of the delta sediments of OIN 10, 12 and 13. A distributary arm of the delta reached OIN 12 some 4100 years later (681-721 cal AD) resulting in a mean delta growth rate of 1.5 m/y. It cannot be excluded that the Acheloos, after having passed OIN 10, first took its way to the sea directly to the south between Skoupas to the east and Koutsilaris to the west before it turned to the southwest reaching OIN 12 and 13. Deltaic sedimentation at OIN 13 stopped around 1469-1626 cal AD.

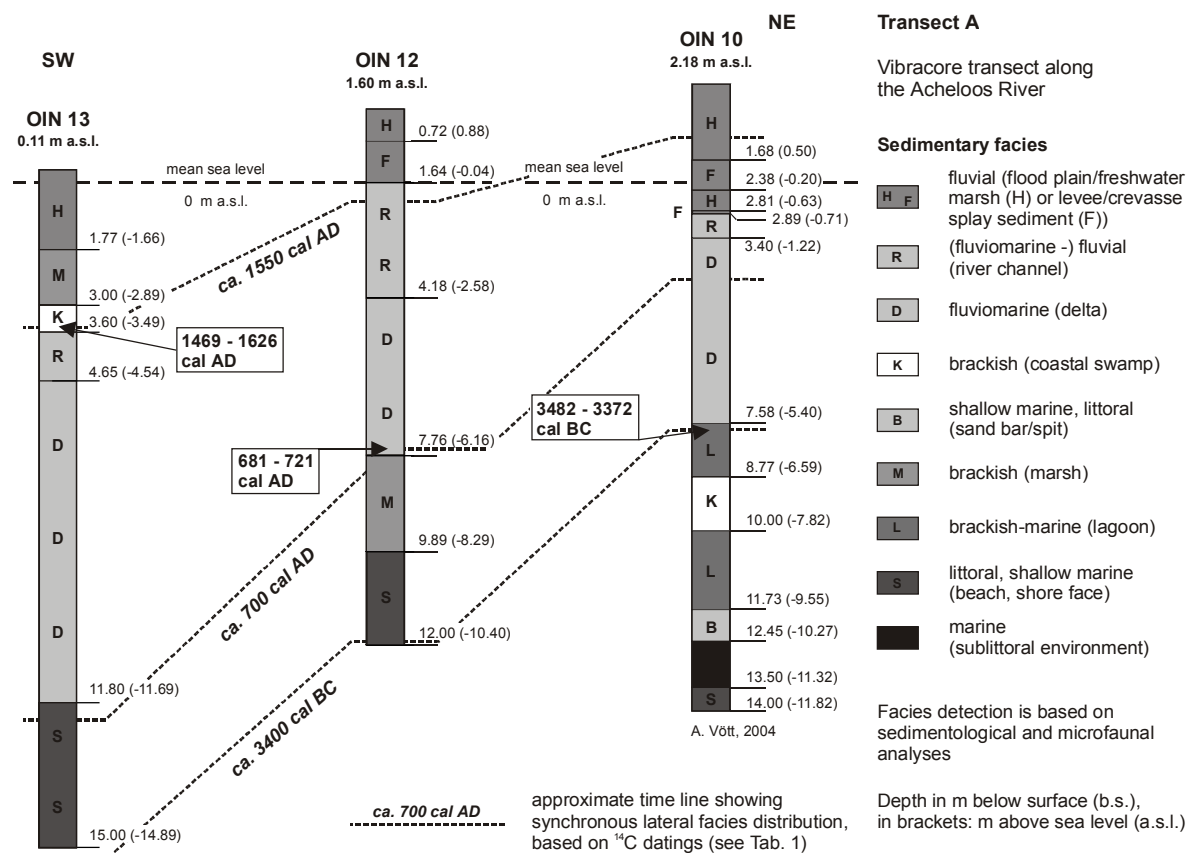


Fig. 2: Summary view of facies profiles of selected vibracores along the Acheloos River (transect A). Source: Research by authors.

## 4.2 The southern and western flank of Triardo

Vibracores of transect B show the decreasing influence of the Acheloos River towards the north (Fig. 3). Vibracore OIN 28 is characterized by a similar sequence as the profiles from transect A. The profile's base is already dominated by fluviomarine sediments of the Acheloos delta. More than 6 m of delta sand with plenty of plant and macrofaunal remains are overlain by well sorted river channel sediments free of any fossil content. The top of the profile is made up of a thick package of levee and floodplain sediments.

Vibracore OIN 36 is situated in the leeward position of Triardo. In the lower part of the profile, sediments of a fully marine environment prevail though a temporary influence by the mouth of the

nearby Acheloos exists. The marine sediments are covered by clearly laminated lateral prodelta deposits with an intercalated phase of stronger deltaic influence. As soon as the delta front passed south of OIN 36 a lagoon came into existence which, subsequently, silted up and turned into marsh. Later, fluvial processes overtook marsh sedimentation and led to the deposition of several metres of levee and overbank freshwater marsh deposits during flooding events.

The base of vibracore OIN 11 consists of sand bar sediments of a shallow marine environment rich in macro- and microfaunal remains. Abundant seaweed suggests a moderate energy environment with moderate sedimentation rates. The stratigraphy indicates that the Acheloos River delta did not directly reach OIN 11. Sand bars were accumulated by lateral drifting of fluviodeltaic sand from areas further in the south. Subsequently, there was a quiescent phase of shallow marine sedimentation followed by a lagoonal environment. Later, the lagoon silted up and was succeeded by a marsh. The marsh deposits partly show influences of younger river channel sedimentation. The profile's top is made up of floodplain sediments from the Acheloos.

Vibracore OIN 37 is situated between Triardo and Kounovina (Photo 1). Its lowest portion is characterized by sediments of a fully marine environment followed by deposits from a shallow marine sand bar setting. As at OIN 11 there are abundant seaweed remains, overlain by lagoonal and marshy deposits. It is striking that the marsh deposits are covered by a 2.5 m thick layer of fluvial channel sediments. The latter, in turn, are covered by subaerially deposited levee or crevasse splay sediments and topped by floodplain deposits.

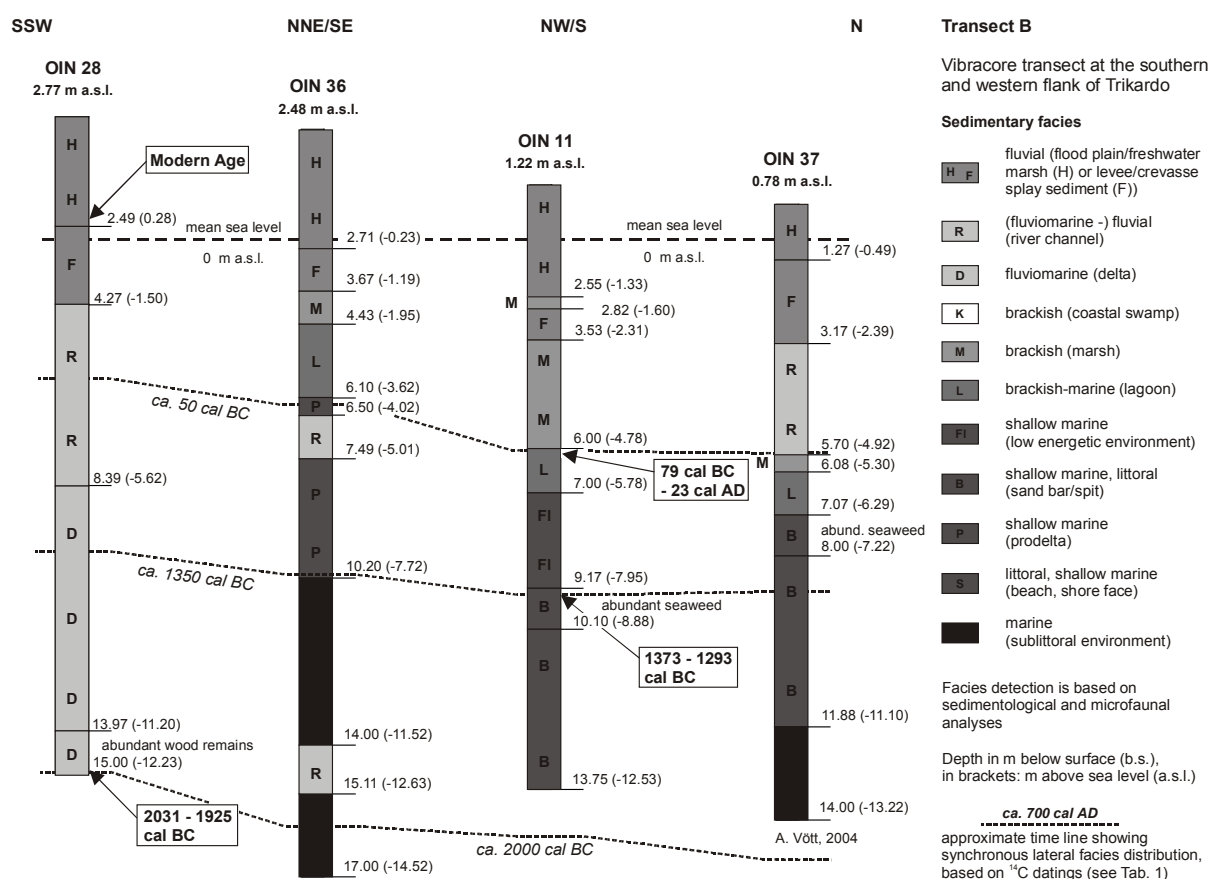


Fig. 3: Summary view of facies profiles of selected vibracores along the southern and western flank of Triardo (transect B). Source: Research by authors.

Fig. 3 illustrates that at OIN 36 marine conditions were still predominant even when the Acheloos had already reached OIN 28 at around 2031-1925 cal BC (Tab. 1). This is due to leeward and therefore sheltered position of the site. When the deltaic influence increased, a prodelta environment was estab-



lished. Further to the northwest deposits of the Acheloos triggered the formation of sand bars. At OIN 11 a quiescent shallow marine environment was established around 1373-1293 cal BC. Later, this marine embayment was sealed off from the sea and a lagoonal system developed. The latter disappeared at OIN 11 shortly after 79 cal BC – 23 cal AD. Because of the different stratigraphical situations of the lagoonal sediments at OIN 11 and OIN 36, we assume that in a subsequent phase the ongoing delta sedimentation silted up the prodelta environment at OIN 36 and led to the formation of an until now unknown, younger lagoon at the southern flank of Trikardo. Similar to the situation at OIN 11, laterally drifted delta sand initiated sand bar formation at OIN 37. It appears that the subsequent lagoon was the same as that found at OIN 11. The lagoonal deposits are overlain by marshy ones. Of particular interest in vibracore OIN 37 is the fact that river channel sediments appear at a moment when siltation is at its peak further south. This suggests that these sediments might belong to a channel branching off from the Acheloos east of Trikardo. The waters prevented the remaining lagoonal bay – e.g. the connection of Oiniadai's northern harbour to the sea (see below) – from further siltation. As indicated by the sediments of vibracore OIN 11, this channel did not reach OIN 37 from a southern direction. It appears to have been the (probably man made) precursor of the modern Trikardo canal which nowadays runs along the northern flank of the hill.



Photo 1: Panoramic view from the western edge of Trikardo to the west towards the former island of Kounovina (156 m a.s.l.). South of Kounovina lies the present mouth of the Acheloos River, and north of it the western part of the Lesini swamp (see Fig. 1). The lagoonal system between Dioni, Petala and Kounovina is located west and north of Kounovina. Its narrow northern branch once extended further to the east and guaranteed the connection of Oiniadai's shipsheds to the Ionian Sea. In the right background the southern flank of the Kalubitsa hills are visible (photos taken by A. Vött, 2001, assembled by H. Nödler, 2004).

### 4.3 The former swamps of Lesini

Transect C lies north of Trikardo and crosses the former swamps of Lesini. The facies sequence of vibracore OIN 10 was already discussed above. The base of vibracore OIN 9 is composed of sediments of a fully marine environment indicating that a marine embayment existed at this site (Fig. 4). This was subsequently followed by a long-lasting lagoonal phase which was partly replaced by deposits of a coastal or, in this case, lagoonal swamp. In their upper part, the lagoonal sediments are intercalated with well-sorted sand void of macrofaunal remains; this sand was probably deposited in a river channel. The uppermost part of the profile is made up of crevasse splay and freshwater marsh sediments related to flooding events of the Acheloos in the southeast.

Similar to OIN 9, there are sediments of an open marine embayment at the base of vibracore OIN 4. However, they are covered by deposits from a littoral environment, followed by sediments indicative of a lagoonal setting. Due to ongoing siltation processes the lagoon became marshy. A thin layer of

sterile sand in the upper part documents the later existence of a river channel. As at OIN 9, there is a thin peat intercalation in the uppermost alluvial strata.

Vibracore OIN 5 lies next to the present shore of today’s lagoon. The lower part of the profile shows sediments of both littoral and sand bar environments covered by marsh deposits of a later phase. These deposits are succeeded by two different layers of sterile sand which possibly are of fluvial nature. They are overlain by crevasse splay and floodplain sediments.

In a summary view, Fig. 4 shows that an open marine embayment once extended to the north and east of Triardo. The sediments of transect C indicate that this bay disappeared due to siltation initiated by the Acheloos River. In a first phase, delta progradation led to the formation of sand bars at OIN 10, somewhat later in the area between Kounovina and Kalubitsa around OIN 5. Consequently a large lagoonal system came into existence. The marine embayment as well as the subsequent lagoon had its deepest parts around vibracore OIN 4. However, the lagoon existed longest at OIN 9.

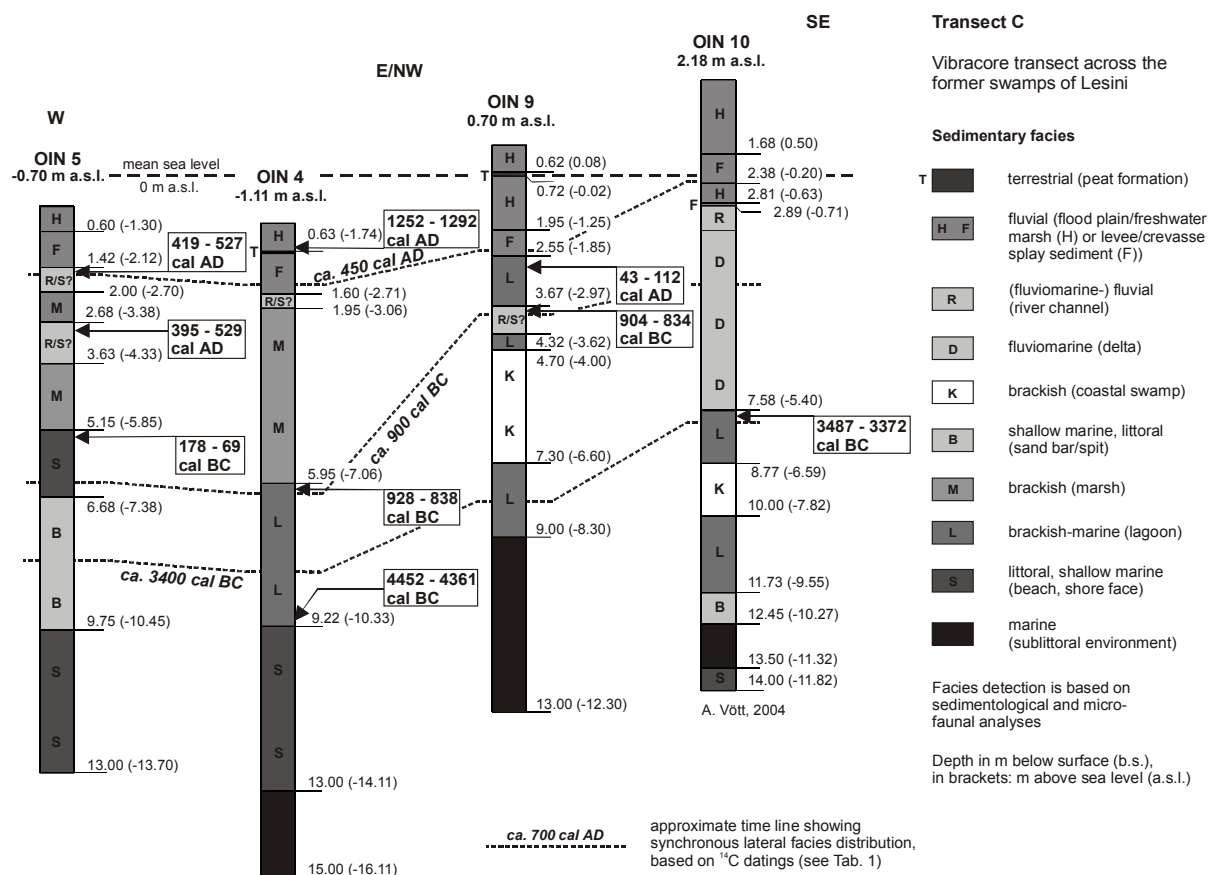


Fig. 4: Summary view of facies profiles of selected vibracores in the area of the former swamps of Lesini (transect C). Source: Research by authors.

A radiocarbon date places the beginning of lagoonal sedimentation at OIN 4 at 4452-4361 cal BC (Tab. 1). At OIN 10, almost 1000 years later, this vast Lagoon of Oiniadai was abruptly filled by delta deposits (3487-3372 cal BC). Whereas the lagoonal environment at OIN 4 already ceased to exist by 928-838 cal BC, it lasted until 43-112 cal AD at OIN 9. At OIN 5 shallow marine conditions were replaced by marsh sedimentation after 178-69 cal BC. A significant age difference was not noted between the two layers which are possibly river channel sediments. They both date back to the 4<sup>th</sup>-6<sup>th</sup> centuries AD. Therefore it seems impossible that the mentioned sandy intercalations in the upper parts of vibracores OIN 5, 4 and 9 indicate synchronous sedimentation processes. At OIN 9 this layer dates from 904-834 cal BC. During this time span the lagoon at OIN 4 had almost completely disappeared. This supports the hypothesis that considerable freshwater supply from the Acheloos prevented the

remains of the lagoonal system next to OIN 9 from further siltation. Whether this is due to anthropogenic intervention or to natural fluvial dynamics remains an open question. The first considerable human impact at Oiniadai dates from the 5<sup>th</sup> century BC (Oberhummer 1887, Philippson 1958). Provided that the <sup>14</sup>C dated plant remain found within the sand layer at OIN 9 is not reworked older material, the age for the river channel therefore seems several hundreds of years too old. The youngest phase of Holocene landscape evolution is characterized by the deposition of freshwater marsh sediments interrupted by a temporary peat formation. At OIN 4 this occurred around 1252-1292 cal AD. This inaccessible swampy landscape is responsible for the naming “Swamps of Lesini”. The swamps were drained in the 1930s and are nowadays intensely used for irrigation farming.

## 5 Holocene coastal evolution of the Acheloos River delta and alluvial plain

The results of our geomorphological-geological research clearly prove that Trikardo once was an island surrounded by a marine environment. It is still unclear exactly when the prograding Acheloos River delta first influenced the area. Lateral drifting of delta deposits must have begun very early and led to the formation of sand bar and sand spit systems at OIN 5 and west of it. This initiated the formation of a vast lagoon in the western and southwestern parts of today's lowlands of the Acheloos. Nevertheless, our data show that the lagoonal system is a very old and long-lasting feature. OIN 4 captured the beginning of the lagoonal phase at 4452-4361 cal BC. When delta growth reached OIN 10 around 3487-3372 cal BC, the northern, eastern and southeastern flanks of Trikardo still faced a lagoonal environment. The river then prograded in a southwestern direction and reached the area around OIN 28 at 2031-1925 cal BC leading to the formation of sand bars along the southern and southwestern flank of Trikardo. However, open marine conditions prevailed south of Trikardo at least until 1373-1293 cal BC when a long linearly shaped distributary arm of the delta had already passed south of OIN 11 and caused low energy conditions in a shallow marine environment. As deltaic influences appear very late at OIN 12, we assume that the Acheloos prograded first in a southern direction and reached the Ionian Sea between Skoupas and Koutsilaris (Fig. 1). This time span is also characterized by the gradual shrinking of the Lagoon of Oiniadai. At OIN 4 lagoonal sedimentation was replaced by a marsh environment shortly after 928-838 cal BC. The channel fill found at OIN 9 in the upper part of the profile lies some 4 m higher but shows the same age; this indicates that the dated plant remains might represent reworked older material.

Marsh sedimentation started at OIN 5 after 178-69 BC. Further siltation led to the end of the lagoonal environment west of Trikardo, at OIN 11, at 79 cal BC – 23 cal AD (Photo 1). The Lagoon of Oiniadai existed longest around OIN 9. In the last phase, a narrow lagoonal bay extended in west-east direction adjacent to the northern flank of Trikardo. This lagoon was the prolongation of today's lagoonal arm north of Kounovina (Fig. 1, Photo 1) and was continuously threatened by further siltation. Comparing profiles OIN 9 and OIN 37 shows that the lagoonal sediments found at OIN 9 lie at the same depth as the river channel sediments at OIN 37. This suggests that a river channel – diverging from the Acheloos southeast of Trikardo – supplied the remaining waterbody with freshwater and guaranteed the connection to the sea in the Petala area. Additionally, strong karstic springs at the northern hillside of Trikardo had a comparable effect (see also Fouache 1999: 72). Lagoonal conditions definitely disappeared at OIN 9 sometime during the late 2<sup>nd</sup> century AD.

Later, the Acheloos turned towards the southwest and reached OIN 12 at 681-721 cal AD. We have no evidence for further shifts in direction until 1469-1626 cal AD when deltaic sedimentation stopped at OIN 13. In the western Lesini area there are signs of fluvial sedimentation from northern or eastern directions during the early Middle Ages. These sediments possibly caused the formation of large swamps east of Kalubitsa as found in other profiles (not shown here). A second phase of peat formation in this area dates back to the early 13<sup>th</sup> century AD. The fact that coring sites OIN 4 and 5 lie below present sea level can be explained by subsidence due to tectonics and sediment loading on the one hand and by drainage measures on the other.

In comparison to previous studies this research provides new and more detailed information about landscape evolution during the last several millennia. Villas (1984), for instance, assumed that delta progradation in a southwestern direction occurred some 1000 years later than in our scenario (see also Brückner et al. 2004). Furthermore, the radiocarbon dates for vibracores OIN 12 and 13 prove that fluviodeltaic sedimentation had not already ceased by 1 BC, as anticipated by Philippson (1958). Intensity of coastal changes and siltation processes in the vicinities of the delta area are also underestimated by Piper & Panagos (1981) who discounted significant changes in the area of today's river mouth within the last 2300 or so years. On the contrary, we can confirm Fouache's assumption (1999) that the northern harbour of Oiniadai was connected to the sea via a lagoonal system and that there was not a direct access to the sea during historical times.

Sample Name	Depth (m b.s.)	Depth (m b.s.l.)	Sample Description	UtC No.	$\delta^{13}\text{C}$ (ppm)	M.R.C.	$^{14}\text{C}$ Age (BP)	1 $\sigma$ max.; min. (cal BP)	1 $\sigma$ max.; min. (cal BC)
OIN 4/2 PR	0.66	1.77	peat, organic material	12311	-27.5	n	748 $\pm$ 36	698 - 658	1252 - 1292 AD
OIN 4/15 M	6.05	7.16	<i>Dosina exoleta</i> , articulated spec.	12310	1.3	y	3085 $\pm$ 40	2878 - 2788	928 - 838
OIN 4/22 M	8.79	9.90	<i>Cerastoderma glaucum</i> , artic. spec.	12309	-4.5	y	5962 $\pm$ 47	6402 - 6311	4452 - 4361
OIN 5/3 PR	1.82	2.52	unidentified plant remain	12314	-27.6	n	1604 $\pm$ 34	1531; 1423	419 AD; 527 AD
OIN 5/5 PR	2.81	3.51	unidentified plant remain	12313	-27.1	n	1623 $\pm$ 34	1555; 1421	395 AD; 529 AD
OIN 5/10 M	5.30	6.00	<i>Nucula nucleus</i> , articulated spec.	12312	1.9	y	2443 $\pm$ 45	2128 - 2019	178 - 69
OIN 9/9 M	2.84	2.14	<i>Dosina exoleta</i> , single valve	12352	2.4	y	2270 $\pm$ 33	1907 - 1838	43 - 112 AD
OIN 9/12 PR	3.82	3.12	unidentified plant remain	12319	-26.1	n	2740 $\pm$ 40	2854 - 2784	904 - 834
OIN 10/19 M	7.80	5.62	<i>Dosina exoleta</i> , articulated spec.	12320	1.7	y	5032 $\pm$ 48	5432 - 5322	3482 - 3372
OIN 11/19 M	6.20	4.98	<i>Nucula nucleus</i> , articulated spec.	12322	0.9	y	2363 $\pm$ 44	2029 - 1927	79 BC - 23 AD
OIN 11/28 PR	9.34	8.12	sea weed remain. marine	12321	-15.9	y	3406 $\pm$ 37	3323 - 3243	1373 - 1293
OIN 12/18 M	7.70	6.10	fragment of <i>Dosina exoleta</i>	12368	0.7	y	1687 $\pm$ 26	1269 - 1229	681 - 721 AD
OIN 13/10 PR	3.54	3.43	unidentified plant remain	12323	-27.9	n	365 $\pm$ 37	481; 324	1469 AD; 1626 AD
OIN 28/4 PR	2.35	-0.42	unidentified plant remain	12332	-29.0	n	152 $\pm$ 42	278; 10	1672 AD; 1940 AD
OIN 28/28 PR	14.72	11.95	wood fragment	12331	-21.7	n	3628 $\pm$ 40	3981 - 3875	2031 - 1925

Tab. 1: Radiocarbon analysis results for samples from selected vibracores around the ancient seaport of Oiniadai. Note: b.s. – below ground surface; b.s.l. – below sea level; M.R.C. – marine reservoir correction with 402 years of reservoir age (corrected? y – yes, n – no); 1 $\sigma$  max; min cal BP/BC – calibrated ages, 1 $\sigma$ -range; “;” means there are several possible age intervals because of multiple intersections with calibration curve; UtC No. – laboratory number, University of Utrecht. All  $^{14}\text{C}$  datings processed by K. van der Borg, Utrecht.

## 6 Palaeogeographical aspects of Holocene coastal changes in the environs of ancient Oiniadai

The first considerable evidence for human settlement at Triardo dates back to the 5<sup>th</sup> century BC (Philippson 1958). It seems probable that even in the centuries before Triardo had been occupied by man (Oberhummer 1887: 211). Our study shows that in the middle of the first millennium BC remains of the vast lagoonal system adjacent to the northern flank of Triardo still existed. However, in the northern part of the Lesini area and east of Triardo, the lagoonal environments had already disappeared. A narrow lagoonal embayment guaranteed the connection between ancient Oiniadai's shipsheds – renewed and fortified by Philipp V. in 219 BC (Oberhummer 1887: 162), lying on the northern flank of the hill – and the open sea. This bay probably had a short secondary branch which reached OIN 11 west of Triardo. The lagoon may have been connected to open marine or shallow marine environments south of Triardo as indicated by the facies stratigraphy found in OIN 36. However, because the sandy sediments detected at OIN 9 and 37 seem characteristic of a river channel environment, we hypothesize that there was a river channel (artificial?) running along the northern flank of Triardo which delivered freshwater from the Acheloos to the narrow lagoonal embayment. Using Oiniadai's shipsheds as a sea level indicator (Vött et al. 2004), the architectural remains suggest a former sea level at about 1.20 m b.s.l. for the late 3<sup>rd</sup> century BC; we conclude that the related

sediments lie between 1.95 and 3.20 m b.s.l. This corresponds to the depth interval where the mentioned lagoonal and/or river channel sediments were encountered.

South of Trikardo, in the 5<sup>th</sup> century BC, the Acheloos River delta front was located somewhere southwest of OIN 28 where the first massive deltaic influence had already occurred by 2031-1925 cal BC. The stratigraphic sequence at OIN 36 shows that the conditions remained marine and later shallow marine for a long time. The southern harbour of Oiniadai – located at the southern flank of Trikardo directly north of OIN 36 (see Murray 1982: 43-45) – might have been a sea harbour first. Later, conditions turned it into a lagoonal environment (see also Fouache 1999: 72-73.). According to vibra-core OIN 36, the southern harbour was not a river harbour as suggested in literature (Leake 1835: vol. III, 568, Weil 1903: 344, Philippon 1958: 403, Freitag 1994: 233-234). It is worth mentioning that the highest position of lagoonal sediments around Trikardo were found at OIN 9 and OIN 36. We cannot definitely exclude that there was a narrow canal-like connection between these two lagoons. Further corings will be needed for answering this question.

## 7 Conclusions

The different evolutionary steps in the development of the southwestern delta and alluvial plain can be synthesized to the following scenario:

(1) In the 5<sup>th</sup> millennium BC early delta progradation and lateral drifting of sediments led to the formation of a large and long-lasting lagoonal complex north and east of the former island of Trikardo where ancient Oiniadai is situated. (2) The delta front of the Acheloos – a long linear distributary arm – passed south of Trikardo by approx. 2000 cal BC; it then moved further south reaching the Ionian Sea between Skoupas and Koutsilaris. (3) During the first millennium BC Trikardo's southern flank remained under marine conditions whereas the northern lagoonal system was gradually reduced in size due to siltation processes. (4) From the 5<sup>th</sup> century BC until around 1 BC the Lagoon of Oiniadai narrowed and stabilized at the northern flank of the hill. Sediments of a river channel (possibly artificial) suggest that freshwater from the Acheloos southeast of Trikardo helped keep the lagoonal bay open and navigable. Oiniadai's shipsheds in the northern harbour were connected to the sea west of Kounovina via this lagoonal system. (5) At the same time, the site where the southern harbour of ancient Oiniadai lay had access to shallow marine and, later, to lagoonal conditions. (6) The northern lagoon finally silted up by the 2<sup>nd</sup> century AD. (7) Further delta progradation in southwestern direction took place at least between the 8<sup>th</sup> and the 17<sup>th</sup> centuries.

## Acknowledgements

We express our deep gratitude to Dr. L. Kolonas, Hellenic Ministry of Culture (Athens), for supporting our research in Akarnania. We would like to thank Dr. Mettos, Hellenic Institute of Geology and Mineral Exploration (Athens), for granting work permits. Thanks are also due to Prof. Dr. I. Mariolakos, National and Kapodistrian University of Athens, for fruitful discussions. We are indebted to Dr. F. Lang, Winckelmann Institute (Berlin), for cooperation and logistic support during our field campaigns. Prof. Dr. J. C. Kraft, University of Delaware, and C. Villas provided us with the results of their former research in the Acheloos area. Financial support by the German Research Council (DFG-Az.: VO 938/1-1) is gratefully acknowledged.

## References

- Brückner, H., Vött, A., Schriever, A. & M. Handl (2004): Holocene delta progradation in the eastern Mediterranean – case studies in their historical context. *Méditerranée*. Aix en provence (in press).
- Fouache, E. (1999): L'alluvionnement historique en Grèce occidentale et au Péloponnèse – géomorphologie, archéologie, histoire. *Bulletin de Correspondance Hellénique, Supplément*, 35. Athènes.
- Freitag, K. (1994): Oiniadai als Hafenstadt. Einige historisch-topographische Überlegungen. *Klio*, 92, 212-238.
- Handl, M., Mostafawi, N. & H. Brückner (1999): Ostracodenforschung als Werkzeug der Paläogeographie. In: Brückner, H. (Hrsg.): *Dynamik, Datierung, Ökologie und Management von Küsten*. Beiträge der 16. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“, 21. – 23. Mai 1998, Marburg. *Marburger Geographische Schriften*, 134, 116-153.
- Leake, W. M. (1835): *Travels in Northern Greece*. 4 volumes. London.
- Murray, W. M. (1982): *The coastal sites of western Akarnania: a topographical-historical survey*. Dissertation, Pennsylvania.
- Oberhummer, E. (1887): *Akarnanien, Ambrakia, Amphilochien, Leukas im Altertum*. München.
- Philippson, A. (1958): *Die Griechischen Landschaften. Eine Landeskunde*. Band II: *Der Nordwesten der Griechischen Halbinsel*. Teil II: *Das westliche Mittelgriechenland und die westgriechischen Inseln*. Frankfurt.
- Piper, D. J. W. & A. G. Panagos (1981): Growth patterns of the Acheloos and Evinos deltas, western Greece. *Sedimentary Geology*, 28, 2, 111-132.
- Villas, C. (1984): *The Holocene evolution and environments of deposition of the Acheloos river delta, northwestern Greece*. Unpublished master thesis, University of Delaware, Department of Geology.
- Vött, A., Brückner, H. & M. Handl (2003a): Holocene environmental changes in coastal Akarnania (northwestern Greece). In: Daschkeit, A. & H. Sterr (Hrsg.): *Aktuelle Ergebnisse der Küstenforschung*. Berichte aus dem Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 28, 117-132. Büsum.
- Vött, A., Brückner, H., Schriever, A., Besonen, M., van der Borg, K. & M. Handl (2003b): *Landschaftsveränderungen im Mündungsgebiet des Acheloos (Nordwestgriechenland) während des Holozäns*. *Essener Geographische Arbeiten*, 35, 115-136. Essen.
- Vött, A., Brückner, H., Schriever, A., Besonen, M., van der Borg, K. & M. Handl (2004): *Holocene coastal changes in the Acheloos alluvial plain (northwestern Greece) and their effects on the ancient site of Oiniadai*. *CIESM (Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée) Workshop Contributions*, 24, Monaco (in press).
- Weil, R. (1903): *Oeniadae*. Ein Beitrag zur nordgriechischen Reise des Cyriacus von Ancona (1436). *Beiträge zur Bücherkunde und Philologie*. August Wilmanns zum 25. März 1903, 341-354. Leipzig.

## Address

Dr. Andreas Vött  
Fachbereich Geographie  
Philipps-Universität Marburg  
Deutschhausstr. 10  
D-35032 Marburg/Lahn  
Germany

E-Mail: voett@staff.uni-marburg.de





## **The evolution of Lake Bafa (Western Turkey) – Sedimentological, microfaunal and palynological results**

Marc Müllenhoff<sup>1</sup>, Mathias Handl<sup>1</sup>, Maria Knipping<sup>2</sup> & Helmut Brückner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, Philipps-University Marburg, Germany

<sup>2</sup> Institute of Botany, University of Hohenheim, Germany

### **Abstract**

During the last six or so millennia, the former marine embayment of the Latmian Gulf has been silted up by the progradation of the Büyük Menderes (Maeander) delta. Long-term human impact together with the ecologically unstable natural environment of the Mediterranean region has led to strong erosion in the hinterland resulting in the progradation of the delta and the gradual infill of the embayment. Due to these processes, Lake Bafa has been created as a brackish residual lake in the southern part of the former embayment. We present results of sedimentological, microfaunal and palynological analyses of two sediment cores out of the lake, which provide insights into the palaeogeographic evolution of the Latmian Gulf as a whole and its vicinities in the Holocene.

Open deciduous oak forests represent the climax vegetation of the area. When human impact increased in the so-called "Beyşehir Occupation Phase" in the late 2<sup>nd</sup> millennium BC, degradation to the secondary formations of maquis and phrygana took place. Whilst grain-growing was important only during Antiquity, strong evidence of pasturing and the cultivation of fruit (mostly olive) trees in the area around the lake could be found until recent times. Full marine conditions in the embayment prevailed until the Hellenistic period. Owing to the delta progradation of the northern branch of the Maeander and the development of the "Milesian Lake", the milieu became stagnant and gradually turned brackish. A freshwater impulse can be deciphered in the 1<sup>st</sup> half of the 2<sup>nd</sup> millennium AD, when Lake Bafa as such was created.

### **1 Introduction**

The "Bafa Gölü" east of the ancient city of Miletus is one of the largest coastal lakes in Turkey. Having a maximum depth of roughly 20 metres, its surface covers an area of approx. 7000 ha (Kasperek 1988; Figure 1).

Although various studies of landscape and vegetation history have been carried out on the sediments of nearly every lake in southwestern Turkey, an indepth study has not yet been published for Lake Bafa. This may be due to its polygenetic origin. The lake developed as a result of the delta progradation of the Büyük Menderes (Maeander) river. In the past six or so millennia, the river sediments have gradually infilled nearly the whole marine embayment of the so-called Latmian Gulf, thereby separating its southeastern part from the open sea. The palaeogeographic evolution of the area has been reconstructed by the indepth study of numerous geological corings in the alluvial and delta plain of the Maeander (Figure 1; cf. Brückner 1996, 1998, 2003, Brückner et al. 2001, 2002, 2003, 2004, Müllenhoff 2004, Müllenhoff et al. 2003).

Ongoing from the marine phase until recent times, Lake Bafa has acted as a sediment trap, storing most of the material produced and supplied by erosion and denudation in its vicinity. In order to decipher the palaeogeographic information stored in this excellent geo-archive, two sediment cores were retrieved out of the lake by means of a floating raft. The first one (Baf S1, water depth 10.50 m, length of the core 3.50 m) was taken from the eastern part of the lake near the ancient city of Herakleia, the second one (Baf S6, water depth 20.15 m, length of the core 9.75 m) from the profundal in its



midwestern part. Both cores have been analysed with sedimentological, micro-faunistical and palynological methods. Radiocarbon dates render the chronostratigraphic framework. This study presents the results of the investigations to date (see also Müllenhoff 2004).

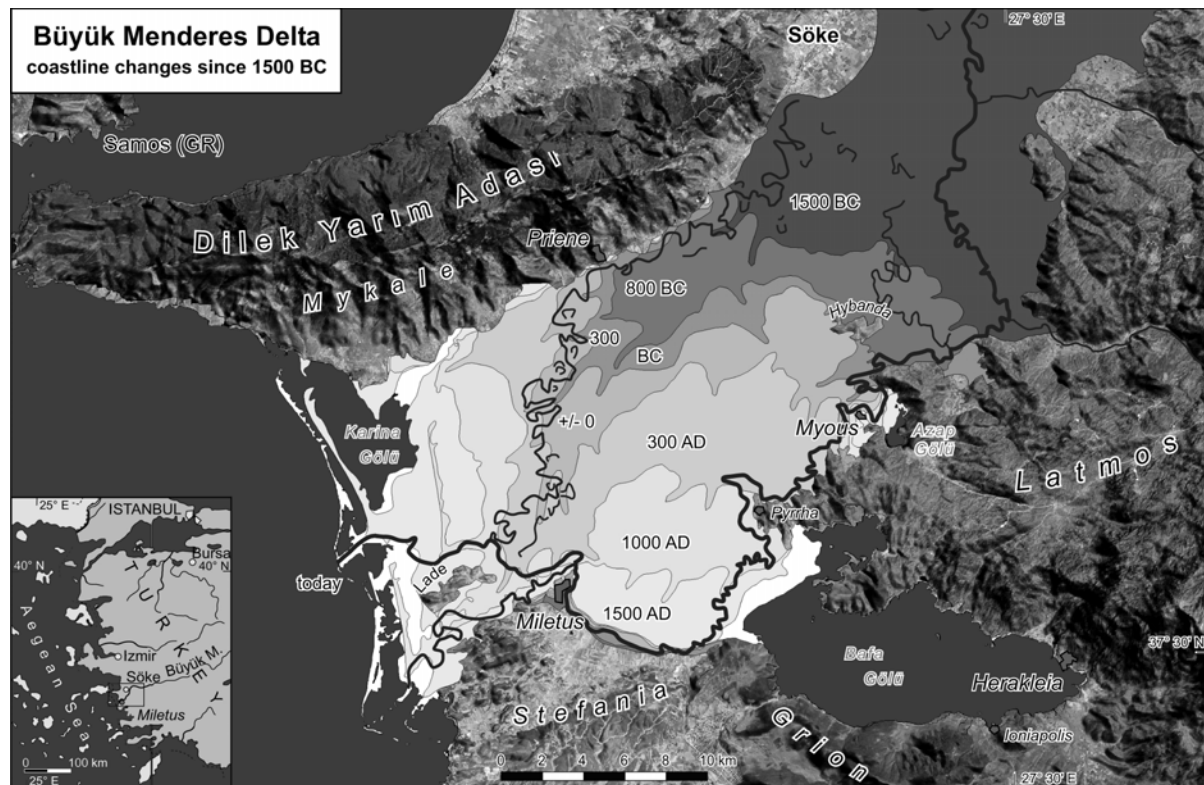


Fig. 1: Scenario for the progradation of the Büyük Menderes Delta in historical times. Source: Müllenhoff (2004), slightly modified.

## 2 Sedimentological results

### 2.1 Core Baf S1

Core Baf S1 (Figure 2) shows a bipartite stratigraphy. Coarse torrential river sediments are found below 1.40 m b.l.b. (= below lake bottom). In the upper part, these sediments are transformed by marine influence. Upwards decreasing amount of coarse pebbles and single marine microfossils (*Xestoleberis* cf. *fuscomaculata*, ostracod, and *Triloculina* sp., foraminifer) indicate a gradual increase in water depth due to the postglacial transgression. The position of this material in more than 10.50 m b.s.l. (= below present sea level) points to a time of accumulation older than 4000 BC, when local sea level was at a significantly lower level than today (cf. Müllenhoff 2004).

The following strata is silty sand, gradually changing into clayey silt with a high content of organic matter (up to 9.1 % loss on ignition, LOI). Micro and macrofaunal analyses reveal full marine conditions. Between 0.95-0.85 m b.l.b., intercalated coarse sand void of fossil remains is found. It represents increased terrestrial input from the adjacent slopes. An articulated specimen of *Cerastoderma edule* dates the beginning of this layer to 1240-1126 BC (Baf S1/6D; Table 1). Above 0.85 m b.l.b. more clayey silt is found. Microfaunal analysis shows increasing influence of freshwater, whilst a rich macrofaunal assemblage proves full marine conditions again at least until 710-558 BC (*Cerastoderma edule*, Baf S1/3D; Table 1).

The top layer is clayey to finesandy silt. The microfauna mainly consists of *Cyprideis torosa* (ostracod) and *Haynesina* sp. (foraminifer), indicating the final turnabout to definitely brackish conditions.

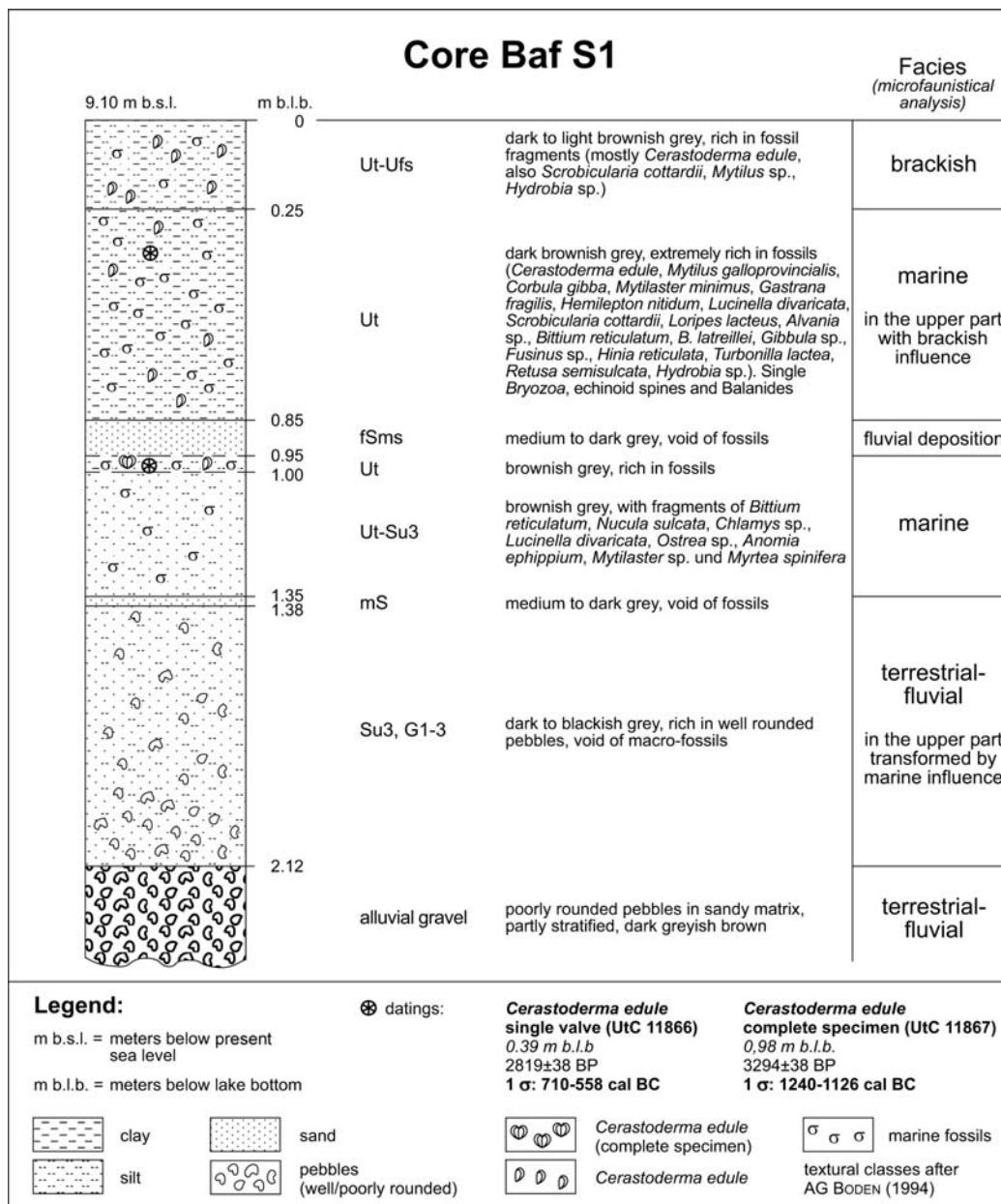


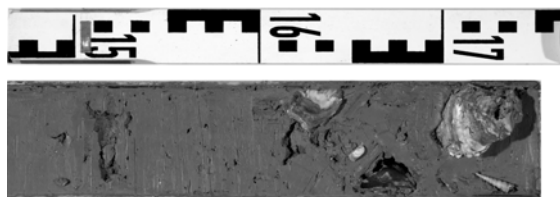
Fig. 2: Stratigraphy of coring Baf S1 out of Lake Bafa

## 2.2 Core Baf S6

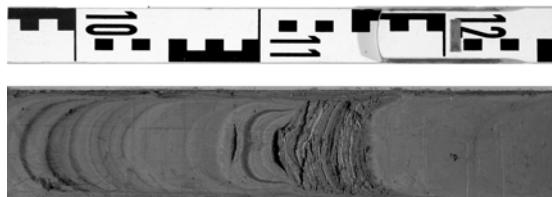
The stratigraphy of core Baf S6 shows three subsections. Beneath 9.16 m b.l.b. it reaches homogeneous clayey silts with a high content of organic matter (more than 8 % LOI). A rich microfaunal assemblage and numerous marine macrofossils (e.g. *Ostrea* sp., *Venus casina*, *Lucinella divaricata*, *Corbula gibba*, *Myrtea spinifera*, *Mytilus galloprovincialis*, *Nucula sulcata*, *Tellina donacina*, *Acanthocardia paucicostata*, *Turritella communis*, *Turbonilla lactea*, *Irus irus*, *Vermetus* sp., *Dentalium* sp.) prove oxygenated full marine conditions and a well developed benthic fauna at the sea bottom (Photo 1). One specimen of *Acanthocardia* cf. *echinata* dates the lower part of the sediments to 451-366 BC (Baf S6/6 D2, Table 1).

Between 9.16-9.11 m b.l.b., the character of sedimentation changes to a thin laminated bedding of at least 17 units of dark and light-coloured layers (Photo 2). Furthermore, microfaunal analysis indicates a total breakdown of population. Thin sections show annual layers (varves) of pure calcite (due to biogenous epilimnic decalcification during the summer; cf. Schwoerbel 1971, Kelts & Hsü 1978) and polymineralic composition (terrestrial clastic input during the winter). Both layers are rich in framboi-

dic pyrite. In contrast to the sedimentological appearance, laboratory analyses evidence no major changes in all parameters. Thus, the varves indicate no modification of sedimentation circumstances, but a total ecological collapse owing to the loss of oxygen in the profundal zone of the embayment. Due to the absence of benthic fauna no bioturbation and subsequent deletion of the laminae occurred.



Baf S6/6 (9.46-9.75 m b.l.b.)



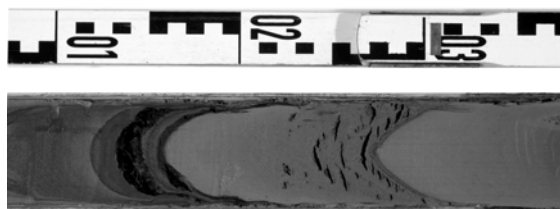
Baf S6/6 (8.96-9.26 m b.l.b.)

Photo 1: Marine sediments from the lower part of subsection 1 (core Baf S6).

Photo 2: Thin laminated bedding (varves) at the boundary between subsections 1 and 2 (core Baf S6).

Those modified circumstances were the result of the beginning separation of Lake Bafa from the open sea due to prograding Maeander delta and floodplain. The inflow of oxygen-rich seawater was then retarded; increasing freshwater supply by the Maeander caused a thermohaline stratification of the water body. Density distinctions prevented the mixing between the epilimnion and the hypolimnion, where oxygen rapidly diminished. Hence, holomixis was no longer possible and the profundal zone turned anoxic. According to the results of Müllenhoff (2004), the 2<sup>nd</sup>/1<sup>st</sup> century BC is considered to be the earliest date for this ecological change.

Subsection 2 spans 9.11-3.86 m b.l.b. It is characterized by 190 layers of differing thickness showing graded bedding. Grain size varies from slight to strong clayey silt. The single layers often end with blackish colour due to high contents of iron-sulphide, revealing once again anoxic conditions (Photo 3). The graded layers represent allochthonous input from the surrounding slopes during single events of high precipitation and/or floods, which may have spread as undercurrents or turbidity currents into the embayment (cf. Hupfer & Schneider 2001). The high sediment supply caused an attenuation of the autochthonously produced organic matter. Therefore, the LOI value is significantly lower than in section 1 (mean value: 5.7 %). Eutrophication seems to have started due to increased input of nutrients associated with the sediment load. This led to a high consumption of oxygen by biological activities, which preserved anaerobic conditions in the profundal zone. As a result of the strong sedimentation as well as the lack of oxygen, the material is almost completely void of fauna. Single specimens of the foraminifer *Haynesina* sp. prove unfavourable brackish conditions.



Baf S6/3 (4.98-5.37 m b.l.b.)



Baf S6/3 (3.45-3.75 m b.l.b.)

Photo 3: Graded bedding and black layers from subsection 2 (core Baf S6).

Photo 4: Stratified sediments with sporadic calcitic layers from subsection 3 (core Baf S6).

The top section of core Baf S6 is vaguely stratified clayey silt with a high content of organic matter (LOI approx. 12 %) and sporadic calcitic layers (Photo 4). Ecologically improved conditions with the possibility of biogenous precipitation of calcium carbonate are also documented by mostly brackish macrofossils (*Cerastoderma edule*, *Lentidium mediterraneum*, *Mytilaster* sp., *Hydrobia* sp.) and ostracods. Two specimens of *Cerastoderma edule* from the lower part of the sediments date from 438-528 and 628-654 AD, respectively (Baf S6/2 D2 and D1, Table 1).

Sample	Laboratory Sample Code	Depth (m b.l.b./ m b.s.l.)	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$^{14}\text{C}$ Age	Calibrated Age (range $\pm 1\sigma$ )
Baf S1/3D	UtC 11866	0.39/ 9.49	<i>Cerastoderma edule</i> , single valve	-2.3	2819 $\pm$ 38 BP	710-558 BC
Baf S1/6D	UtC 11867	0.98/ 10.08	<i>Cerastoderma edule</i> , articulated specimen	-3.4	3294 $\pm$ 38 BP	1240-1126 BC
Baf S6/2 D1	UtC 12125	2.96/ 21.71	<i>Cerastoderma edule</i> , articulated specimen	-3.7	1755 $\pm$ 35	628-654 AD
Baf S6/2 D2	UtC 12126	3.32/ 22.07	<i>Cerastoderma edule</i> , articulated specimen	-4.8	1925 $\pm$ 41	483-528 AD
Baf S6/6 D2	UtC 12269	9.68/ 28.43	<i>Acanthocardia</i> cf. <i>echinata</i> , single valve	1.7	2681 $\pm$ 38	451-366 BC

Tab. 1: Radiocarbon dates of the corings out of Lake Bafa. Radiocarbon age determination by Dr. K. van der Borg, R.J. Van de Graaff Laboratorium, University of Utrecht (AMS-technique). Calibrated ages according to the radiocarbon calibration program Calib4 (Stuiver & Reimer 1993; Stuiver, Reimer & Reimer 2003); for marine carbonate a reservoir correction of 402 years was applied (m b.l.b. = metres below lake bottom; m b.s.l. = metres below present sea level).

### 2.3 Chronostratigraphy and sedimentation rates

Allowing for the described stratigraphic results and the radiocarbon dates, calculation of sedimentation rates renders possible the chronological classification of the ecologic changes delivered by core Baf S6. Subsection 1, representing a full marine milieu, accumulated after 451-366 BC. The rich faunal assemblage proves at least episodic aerobic conditions in the profundal zone. The following varved section indicates the beginning separation of the embayment and the development of an anoxic profundal. Within 5 cm, 17 units consisting of both calcitic summer and clastic winter laminae have been deposited. The outcome of this is a mean accumulation rate of 0.29 cm/a. Presuming the 2<sup>nd</sup> century BC as the earliest date for the environmental change, a sedimentation rate of 22 cm/100 a can be calculated for the overall period between ca. 400-150 BC.

Subsection 3 yields two radiocarbon dates at a depth of 3.32 resp. 2.96 m b.l.b. The age difference of about 160 years leads to a mean accumulation of 22.5 cm/100 a. Allowing for this rate, the boundary between the subsections 2 and 3 dates to approx. 240 AD.

Thus, deposition of subsection 2 must have occurred between ca. 150 BC and 240 AD. From this it follows that the sedimentation rate in the late Hellenistic and Roman eras was accelerated by 6 times (135 cm/100 a) as compared to the timespan before and after. The reason for the enormous increase in sediment supply is ecologically unwise land use, particularly in Roman times. Deforestation of the hinterland led to strong erosion in the vicinities of the Latmian Gulf. This process did not decrease until post-Antiquity due to the loss of economic and strategic significance – the former seaport city of Herakleia lost its direct access to the sea – and the following depopulation of the region (see also Brückner 2003, Müllenhoff 2004).

### 3 Palynological results

Besides the sedimentological and palaeoecological examination, palynological analyses were carried out to shed new light on the vegetation history of the vicinities of the Latmian Gulf in the past millennia. Core Baf S1 documents the older stage until the Hellenistic epoch, whereas Baf S6 covers the period from Classical to recent times.

#### 3.1 Core Baf S1

The pollen-diagram of core Baf S1 (Figure 3) can be divided into four subsections. The first one in the lowermost part of the core represents the marine transformed coarse-grained fluvial sediments. It is characterised by large amounts of deciduous oak (*Quercus pubescens* type, 27.6 %) and *Pinus* (14.6 %) as well as *Isoetes histrix* type, the latter most probably originating from flat depression areas close to the coast, where the rising sea-level caused an ascending groundwater table and the development of seasonally (e.g. in winter) flooded areas, the favoured habitat of this plant (Davis 1984-1988). Pollen types showing a direct anthropogenic impact on the vegetation could not be identified. Only the relatively low values of *Plantago lanceolata* type may be a hint to the first influence of grazing. Based on the age determination (more than 4000 BC, Chapter 2.1), this pollen assemblage probably represents the climax vegetation around the Latmian Gulf, consisting predominantly of deciduous oak forests. This open woodland was affected by human activities only little by little, starting in this area in the 7<sup>th</sup>/6<sup>th</sup> millennium BC (Peschlow-Bindokat 1996, Lohmann in prep.). Altogether, the results agree with the findings of Wille (1995) for the Lion Harbour of Miletus, also postulating a once greater extension of deciduous forests. Hence, earlier studies concerning the climax vegetation of the eastern Mediterranean (e.g. Van Zeist & Bottema 1991, Jahns 1993, Rossignol-Strick 1999) are confirmed by the results of this investigation.

The second zone shows decreasing values of deciduous oak and pine, but an increasing amount of maquis elements like *Phillyrea*, *Cistus* and *Ericaceae* (Jahns 1993) as well as fruit trees (*Olea*, *Castanea*) and indicators of farming (*Plantago lanceolata* type, *Juniperus* type; Eastwood et al. 1999, Bottema & Woldring 1990, Behre 1990). As confirmed by the radiocarbon dating of sample Baf S1/6D, the changes represent the so-called “Beyşehir Occupation Phase”, starting in different profiles in south-western Turkey in the late 2<sup>nd</sup>/early 1<sup>st</sup> millennium BC (Bottema & Woldring 1990). This settlement phase resulted in a degradation of the natural vegetation and in increased soil erosion, evidenced by the massive input of terrestrial material from the adjacent slopes (see Chapter 2.1). The supply of eroded soil material from the hinterland is also proved by the noticeable content of carbonated plant remains (probably from woodland clearance by slashing and burning) and high values of indeterminate and especially resistant pollen types (*Asteraceae*, *Cichoriaceae*).

Subsection 3 is characterised by predominantly decreasing values of potential indicators of human impact. A slightly reduced rate of *Olea* and the increasing amount of *Pistacia* indicate a reduction of olive cultivation and a spread of *Pistacia* maquis on the abandoned ground (cf. Jahns 1993). Higher values of Pine and evergreen oak exemplify a gradual stabilization of the ecosystem (spreading of *Quercus coccifera* in the less used maquis and *Pinus brutia* on formerly stubbed areas). Hence, soil erosion and resulting sediment supply was reduced. This is proven by the decrescence of *Asteraceae*, *Cichoriaceae* and Indeterminata.

Subsection 4 again shows decreasing values of *Pinus* and increasing values of *Olea* as well as *Chenopodiaceae* (up to 6 %), *Artemisia*, *Rumex* type and *Plantago lanceolata* type, which are considered to indicate open vegetation (i.e. non forested/steppic areas) or pasture (Behre 1990, Bottema & Woldring 1990). The *Cerealia* type reaches maximum values of 3.3 %. Furthermore, for the first time rye (*Secale*) could be proven. This points to an accentuated cultivation of cereals. The vegetation changes represent the effects of the increased cultivation from Archaic to Hellenistic-Roman times, which is supported by the radiocarbon age of sample Baf S1/3D.

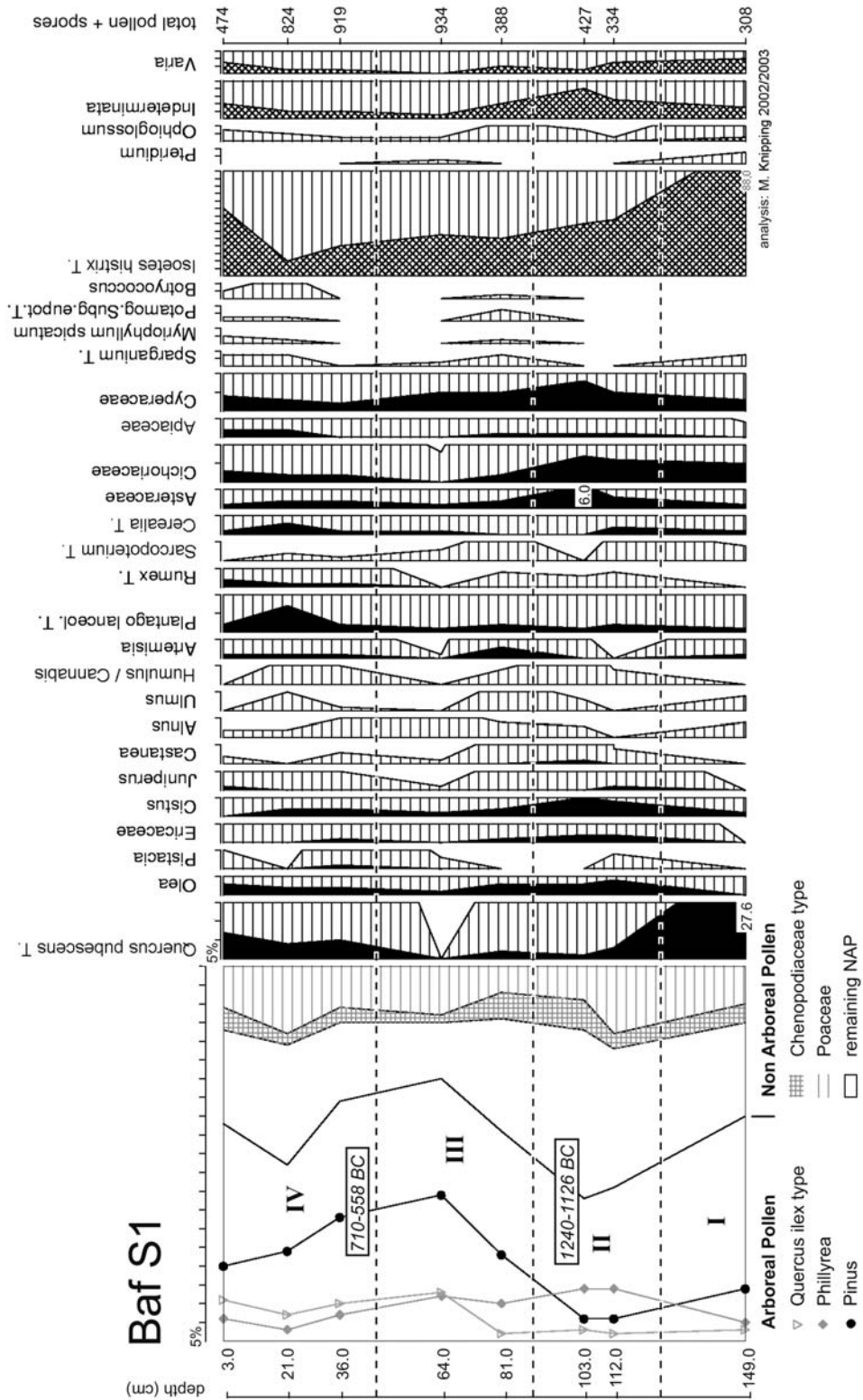


Fig. 3: Percentage pollen diagram of sediment core Baf S1. Basic sum = terrestrial elements excluding Varia and Indeterminata.

### 3.2 Core Baf S6

Palynological analysis confirms the subsections of core Baf S6, based on sedimentological criteria (Figure 4). The lowest part, representing the Classical and early Hellenistic periods (cf. Chapter. 2.2), is already disturbed by human impact. It shows large amounts of *Pinus* as well as maquis-type trees

and shrubs (e.g. *Phillyrea*, *Quercus ilex* type, *Cistus*). High values of *Olea* confirm the cultivation of olive trees, evidenced also by historical tradition (Herodot 1,17-18). Furthermore, *Juniperus*, *Sarcopoterium* and *Plantago lanceolata* type indicate pasture.

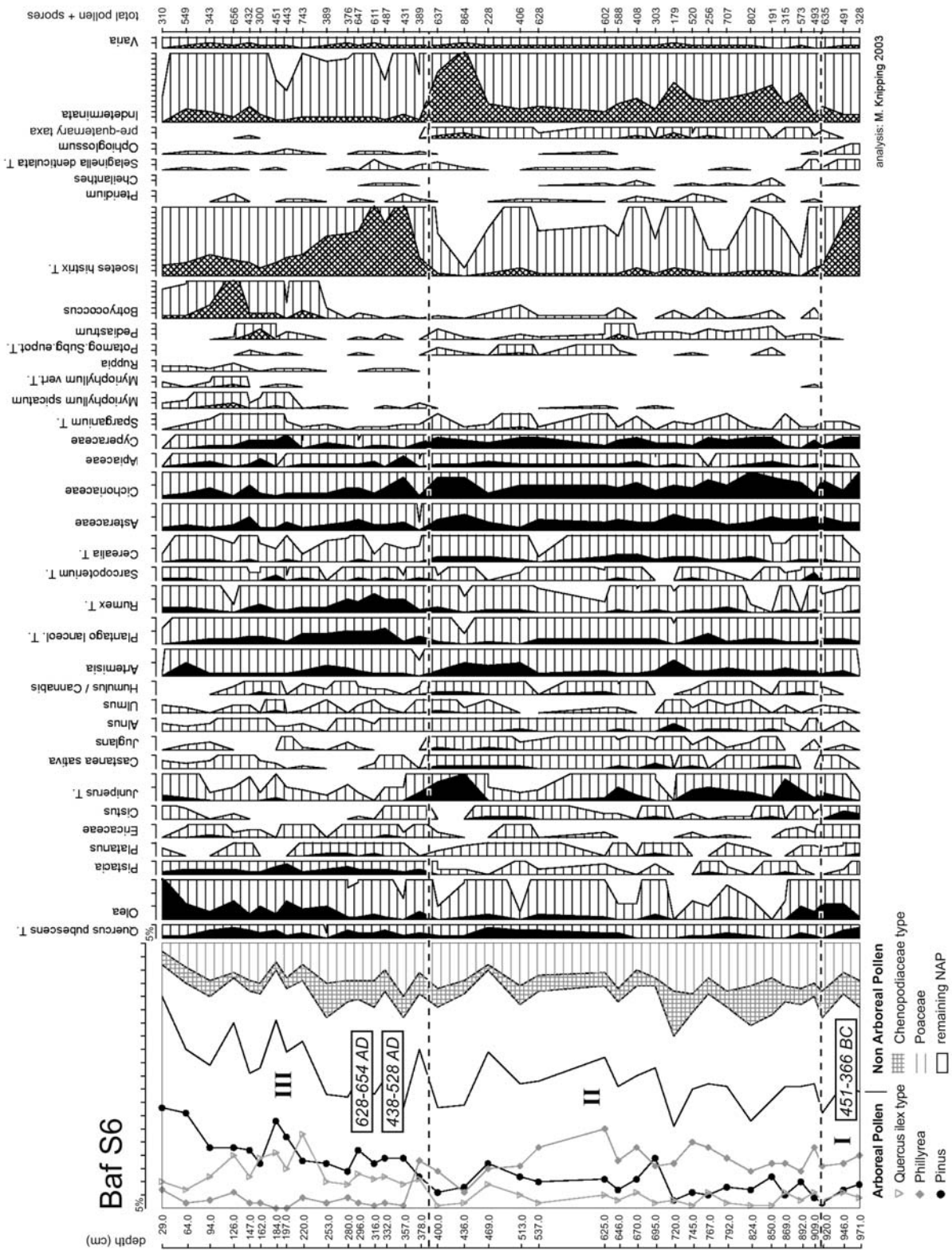


Fig. 4: Percentage pollen diagram of sediment core Baf S6. Basic sum = terrestrial elements excluding *Varia* and *Indeterminata*.

Subsection 2 is characterised by notably reduced pollen concentration and the content of reworked older pollen grains (“pre-Quaternary taxa”) as well as a high amount of Indeterminata and resistant pollen types (*Asteraceae*, *Cichoriaceae*). This indicates enhanced supply of weathered sediment and older pollen material from the hinterland (cf. Chapter 2.2). The arboreal pollen is mainly dominated by *Phillyrea* and *Pinus*. *Olea* is decreasing, whilst *Juniperus* type reaches a maximum value of almost 9 %. Therefore, pasturing seems to have been preferred to the cultivation of olive trees. Agriculture is also conjecturable (*Cerealia* type up to 3.3 %). The high amount of *Artemisia* and *Chenopodiaceae* type may be the result of quarrying marble at the southern coast of the Latmian Gulf during Hellenistic and Roman times. Transport and on-board loading of marble columns for the temple of Apollon in Didyma (Peschlow-Bindokat 1996) created open surface areas near the coast, which may have been colonised by those halophytes.

Especially the upper part of subsection 2 shows extremely high contents of indeterminable pollen types and a different state of pollen preservation, due to a high supply of reworked pollen-bearing sediment. Considering the chronostratigraphical results of Chapter 2.3, this phase of high morpho-dynamic activity dates to the mid-3<sup>rd</sup> century AD. It is most likely associated with the devastations owing to the invasions of the Goths between 258-262 AD (cf. Peschlow-Bindokat 1996, Kasperek 1988). Thus, not only the quarries at the southern coast of the gulf were abandoned, but also the cultivated (perhaps terraced) farmland and olive groves. The subsequent decay triggered soil erosion and correlate accumulation in the adjacent embayment. Similar processes are described by Hess (1985) for the neighbouring delta of the Küçük Menderes at the time of the Seldjuk invasions (14./15. cent. AD).

Subsection 3, representing the post-Antiquity times (cf. Chapter 2.2), shows an increase in *Quercus ilex* type and *Pinus* and a decrease of *Phillyrea* (cf. Jahns 2003). Maquis and phrygana elements (*Pistacia*, *Ericaceae*, *Sarcopoterium* type) as well as indicators of grazing (*Plantago lanceolata* type, *Rumex* type) are increasing, too, whilst fruit trees (*Castanea sativa*, *Juglans*) and *Cerealia* type lose importance. This indicates a change in land use with decline in agriculture and increased importance of pasturing. The rising *Olea* curve (up to 17 %) gives evidence of major olive cultivation in younger history. Higher values of swamp and freshwater plants (*Sparganium* type, *Myriophyllum spicatum*, *Ruppia*, *Pediastrum*, *Botryococcus*) in the core section above 2 m b.l.b. point to the establishment of predominantly freshwater conditions owing to the definite separation of Lake Bafa from the open sea and the evolution of an independent brackish to freshwater environment. The palynological findings do, therefore, support the sedimentological and microfaunal results.

#### 4 Conclusions

Sedimentological and microfaunal investigations on two sediment cores out of Lake Bafa (Bafa Gölü) shed new light on the development of this lake and its surrounding area in the last millennia. Baf S1 shows the transition from fluvial-terrestrial to littoral-marine conditions in consequence of the post-glacial rise in sea level. Full marine conditions prevailed until the Hellenistic era. Due to the delta progradation of the Maeander and the subsequent separation of the remaining south-eastern part of the Latmian Gulf from the open sea, the milieu gradually turned brackish and stagnant. At the same time, sedimentation rate increased from 11 cm/100 a in the Geometric-Archaic periods (Baf S1) and 22 cm/100 a in the Classical-Hellenistic periods (Baf S6), respectively, to 135 cm/100 a in the Roman era as a result of increased deforestation and ecologically unwise land use. The destruction of a more or less well-regulated agrarian landscape as a result of the invasions of the Goths in the mid-3<sup>rd</sup> century AD caused accelerated soil erosion as well. Sedimentation rates only decreased as the region's importance and population dwindled in post-Antiquity times.

Palynological analyses show high amounts of *Quercus pubescens* type before the times of stronger human impact. Therefore, former studies proving open deciduous oak forests as the climax vegetation of the coastal eastern Mediterranean (e.g. Van Zeist & Bottema 1991, Jahns 1993, Rossignol-Strick 1999) can be confirmed for the area around the Latmian Gulf. When human impact increased in the



so-called "Beyşehir Occupation Phase" in the late 2<sup>nd</sup> millennium BC, degradation to the secondary vegetation formations of maquis and phrygana took place. Whilst grain-growing seems to have been important only during the Antiquity, strong evidence of pasturing and the cultivation of fruit (mostly olive) trees could be found from Antiquity until recent times. Tradition has it that the most important Milesian export good was wool, whereas cereals had to be imported from the Black Sea region (Kleiner 1968, Brückner 1996).

The sedimentological and palynological investigations presented here prove strong morphodynamic and palaeogeographic changes in times of high human impact on the natural ecosystems. Hence, the results of this study are in line with other investigations assigning man as the decisive agent for the shaping of the Mediterranean landscape since Antiquity. The friable natural predisposition of the Mediterranean ecosystems was a major reason why anthropogene interference was able to have such far-reaching effects.

### Acknowledgements

We wish to express our thanks to the Turkish authorities for granting us the working permits. Prof. Dr. İlhan Kayan, Ege Üniversitesi, İzmir, rendered most valuable advice. Dr. Andreas Vött, Marburg, provided helpful support during fieldwork. Dipl.-Ing. Thomas Beckmann, Schwülper-Lagesbüttel, prepared the thin sections. Core photographs were taken by A. Weisbrod, Marburg. Financial support by the German Research Council (DFG-AZ: Br 877/17-1, -2 and -3) is gratefully acknowledged.

### References

- AG Boden (1994): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. 4. Auflage, Hannover.
- Behre, K.-E. (1990): Some reflections on anthropogenic indicators and the record of prehistoric occupation phases in the pollen diagrams from the Near East. In: Bottema, S., Entjes-Nieborg, G. & van Zeist, W. (eds): *Man's role in the shaping of the Eastern Mediterranean landscape*. Rotterdam, Brookfield, pp. 219-230.
- Bottema, S. & Woldring, H. (1990): Anthropogenic indicators in the pollen record of the Eastern Mediterranean. In: Bottema, S., Entjes-Nieborg, G. & van Zeist, W. (eds): *Man's role in the shaping of the Eastern Mediterranean landscape*. Rotterdam, Brookfield, pp. 231-264.
- Brückner, H. (1996): Geoarchäologie an der türkischen Ägäisküste. Landschaftswandel im Spiegel geologischer und archäologischer Zeugnisse. *Geogr. Rundschau*, 10/1996, pp. 568-574.
- Brückner, H. (1998): Coastal Research and Geoarchaeology in the Mediterranean Region. In: Klettat, D. (ed): *German Geographical Coastal Research. The last decade*. Tübingen, pp. 235-257.
- Brückner, H. (2003): Delta Evolution and Culture – Aspects of Geoarchaeological Research in Miletus and Priene. In: Wagner, G.A., Pernicka, E., Uerpman, H.-P. (eds): *Troia and the Troad – Scientific approaches*. Springer-Series: Natural Sciences in Archaeology. Berlin, pp. 121-144.
- Brückner, H., Müllenhoff, M. & Uncu, L. (2001): Palaeogeographic studies in the Büyük Menderes delta plain, 1999. In: T.C. Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü (ed): 18. Araştırma Sonuçları Toplantısı, 2. Cilt. Ankara, pp. 1-6.
- Brückner, H., Müllenhoff, M., Handl, M. & van der Borg, K. (2002): Holocene landscape evolution of the Büyük Menderes Alluvial Plain in the environs of Myous and Priene (Western Anatolia, Turkey). *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd.* 127, pp. 47-65.
- Brückner, H., Müller, K.H., Müllenhoff, M. & Uncu, L. (2003): Modelling coastal change in space and time: The example of the Büyük Menderes delta plain in Turkey. In: Mastronuzzi, G. & Sansò, P. (eds): *Puglia 2003 – Final Conference Project IGCP 437 (Coastal environmental change during sea-level-highstands: A global synthesis with implications for management of future*

- coastal change), 22-28 September 2003. GI2S Coast (Gruppo Informale Interuniversitario di Studi Costieri), Research Publications 4, pp. 51-52.
- Brückner, H., Müllenhoff, M., van der Borg, K. & Vött, A. (2004): Holocene coastal evolution of western Anatolia – the interplay between natural factors and human impact. In: Mascle, J. (ed): Proceedings of Congress: “Human record of Mediterranean and Black Seas’ recent geological history”, held on Santorini, October 22-25, 2003. CIESM Science Series (Bulletin de l’Institut océanographique, numéro spécial. Musée océanographique, Monaco), Monaco, in press.
- Davies, P.H. (1984-1988) (ed): Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 1-10, Edinburgh.
- Eastwood, W. J., Roberts, N., Lamb, H.F. & Tibby, J.C. (1999): Holocene environmental change in southwest Turkey: a palaeoecological record of lake and catchment-related changes. *Quaternary Science Reviews*, 18, pp. 671-695.
- Herodot: Historien. Deutsche Gesamtausgabe, edited by Haussig, H.W. (1971), Stuttgart.
- Hess, G. (1985): Akkumulation und Erosion in westtürkischen Flüssen während des Mittelalters. In: Klug, H. (ed): Küste und Meeresboden. Neue Ergebnisse geomorphologischer Feldforschungen. *Kieler Geographische Schriften*, 62, Kiel, pp. 199-206.
- Hupfer, M. & Schneider, J. (2001): Angewandte Limnogeologie am Beispiel des Zeller Sees (Land Salzburg, Österreich). *Z. dt. geol. Ges.*, 152/2-4, pp. 701-716.
- Jahns, S. (1993): On the Holocene vegetation history of the Argive Plain (Peloponnese, southern Greece). *Veget. Hist. Archaeobot.*, 1993/2, pp. 187-203.
- Jahns, S. (2003): A late Holocene pollen diagram from the Megaris, Greece, giving possible evidence for cultivation of *Ceratonia siliqua* L. during the last 2000 years. *Veget. Hist. Archaeobot.*, 2003/12, pp. 127-130.
- Kasperek, M. (1988): Der Bafasee. Natur und Geschichte in der türkischen Ägäis, Heidelberg.
- Kelts, K. & Hsü, K.J. (1978): Chapter 9: Freshwater Carbonate Sedimentation. In: Lerman, A. (ed): Lakes – Chemistry, Geology, Physics, New York, Heidelberg, Berlin.
- Kleiner, G. (1968): Die Ruinen von Milet, Berlin.
- Lohmann, H. (in prep.): Historische Topographie des südlichen Ionien unter besonderer Berücksichtigung von Milet. In: *Orbis Terrarum*, Stuttgart.
- Müllenhoff, M. (2004): Geoarchäologische, sedimentologische und morphodynamische Untersuchungen im Mündungsgebiet des Großen Mäanders, Westtürkei. *Marburger Geographische Schriften*, Marburg, in press.
- Müllenhoff, M., Wullstein, A. & Brückner, H. (2003): Holozäne Küstenverlagerung und paläogeographischer Wandel im Umfeld der antiken Städte Myous und Milet (Westanatolien/Türkei). In: Daschkeit, A. & Sterr, H. (eds): Aktuelle Ergebnisse der Küstenforschung. 20. AMK-Tagung Kiel, 30.5.-1.6.2002. *Berichte Forschungs- und Technologiezent. Westküste der Univ. Kiel*, Nr. 28, Büsum, pp. 151-163.
- Peschlow-Bindokat, A. (1996): Der Latmos. Eine unbekannte Gebirgslandschaft an der türkischen Westküste, Mainz.
- Rosignol-Strick, M. (1999): The Holocene climatic optimum and pollen records of sapropel 1 in the eastern Mediterranean, 9000-6000 BP. *Quaternary Science Reviews*, 18, pp. 515-530.
- Schwoerbel, J. (1971): Einführung in die Limnologie, Stuttgart.
- Stuiver, M. & Reimer, P.J. (1993): Extended 14C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. In: *Radiocarbon*, 35, pp. 215-230.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. & Reimer, R. (2003): Calib Radiocarbon Calibration. URL: <<http://radiocarbon.pa.qub.ac.uk/calib/>> (2003/10/24)
- Van Zeist, W. & Bottema, S. (1991): Late Quaternary Vegetation of the Near East. Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe A (Naturwissenschaften), Nr. 18, Wiesbaden.
- Wille, M. (1995): Pollenanalysen aus dem Löwenhafen von Milet. Vorläufige Ergebnisse. *Arch. Anzeiger* 1995, pp. 330-333.

**Adresse**

Dipl.-Geogr. Marc Müllenhoff  
Department of Geography  
University of Marburg  
Deutschhausstr. 10  
D-35032 Marburg

E-mail: [marcmuellenhoff@addcom.de](mailto:marcmuellenhoff@addcom.de)  
[h.brueckner@staff.uni-marburg.de](mailto:h.brueckner@staff.uni-marburg.de)



## **Bimodal tsunami deposits – a neglected feature in paleo-tsunami research**

Anja Scheffers & Dieter Kelletat

University of Duisburg-Essen, Germany

### **Abstract**

Within the last two decades field research has demonstrated that tsunami may leave a broad variety of different deposits ranging from fine sediments, widely distributed but in thin layers and hidden in other sediment units, to boulder deposits as significant landscape marks. Hitherto, the accumulation of bimodal sediments, a mixture of fine and coarse grain sizes, was neglected in its relevance for the discussion of tsunami sedimentation despite the widespread occurrence of such bimodal sediments. This paper will overview the role of these mixed deposits in tsunami sedimentation history.

### **1 Introduction**

The state-of-the-art of the nature of tsunami deposits is summarized in two recent publications. Dawson & Shi (2000) name sand, boulders and microfossils as frequent tsunami relics and emphasize the difficulty of understanding the mechanism of boulder transport and the distinction between storm and tsunami sediments. The authors state that boulders incorporated in a sandy matrix (i.e. a bimodal mixture) occur only rarely and highlight the need of further detailed analyses.

On the basis of a thorough literature review Bryant (2001) classified tsunami deposits into

- buried sand and anomalous sediment layers. They consist mostly of coarser sand in thicker units, incorporated in marshes etc., e.g. the Storegga deposits;
- boulder floaters in a sandy matrix. Mostly difficult to detect. Boulders normally represent only 0,1 % or less of the volume of the deposit. Such a distribution can be excluded for storm deposits.
- dump deposits with a chaotic sediment mixture and minimal sorting, pointing to a very short time span for the depositional process. Congruent with this rapid event is the deposition of broken fragile particles (e.g. foraminifera, shells). Their internal characteristics or fabric are similar to pyroclastic density currents. These dump deposits are very similar to the bimodal units described below;
- smear deposits with mud and clay, mostly from local sources like soil;
- and large boulders or piles of imbricated boulders without fine sediments.

During extensive field research on paleo-tsunami deposits in the Mediterranean, the Caribbean and Bahamas (Kelletat & Schellmann 2001, 2002; Bartel & Kelletat 2003; Whelan & Kelletat 2003; Scheffers 2002; Scheffers & Kelletat 2003 a-d) with systematic mapping of longer coastal sections we realized that a bimodal sediment distribution is not the exception, but the standard for all tsunami deposits, which have interacted with rocky environments like cliffs, coastal platforms or coral reefs during the impact. Subsequent to the deposition of the bimodal sediments, the sandy matrix is often removed to various amounts by erosion depending on vegetation cover, slope, or intensity of precipitation resulting in exhumed, bare boulder deposits.

Hitherto, the distinction between fine and coarse tsunami sediments in the scientific literature neglect the fact that at many locations tsunami predominantly accumulate fine and coarse sediments contemporaneously. In so far, this strict separation seems not justified.

At many locations, boulder assemblages and boulder ridges accompany sandy deposits, mostly along their seaward margin (Fig. 6-8). The sands often have been misinterpreted as coastal dunes due to their position and forms or they have been overlooked because of vegetation cover. Nevertheless, at several sites tsunami boulder deposits may lack any evidence of fine sediments as is documented by Scheffers (2002), Whelan & Kelletat (2003), Kelletat & Schellmann (2001), Bryant (2001) and others. However, the impressive boulder accumulations in the Caribbean and on the Bahamas clearly document the morphological relation of sandy and coarse deposits, which is confirmed by absolute dating of the deposits to the same event.

## 2 Descriptive characteristics and field examples of bimodal sediments

### 2.1 Mediterranean

In the southeastern part of Mallorca island (Cabo de ses Salines) (Bartel & Kelletat 2003; Scheffers 2003) densely vegetated dune-like deposits with a height of approx. 15 m exist, which are accumulated subsequent to extensive boulder ridges. At present, no beaches as source areas for these sandy deposits have been developed, but abundant sand deposits exist in the foreshore area. On the upper slopes, sand is the dominant sediment, but occasionally small boulders and shell fragments can be found incorporated or on top of the sandy deposits. On the lower slopes as well as in the supratidal zone, boulders (~20 t) have been accumulated. A detailed investigation of the boulder ridges revealed that they represent paleo-tsunami deposits, which could be dated to 500 BP and 1400 BP by radiocarbon dating. Therefore, we assume that these dune-like deposits represent the sedimentologic imprint of one or two paleo-tsunami.

Comparable deposits can be found at Cabo de Trafalgar in southern Atlantic Spain (Whelan & Kelletat 2003). Here, shifting sands cover a headland up to 19 m asl. and contain shell fragments, rounded pebbles and cobbles as well as rounded boulders up to several 100 kg (Fig. 1). But in total, these coarse sediments represent only less than 1% of the deposit. Strikingly most of the pebbles and cobbles are broken. Their fresh appearance, their altitude above sea level and the existence of huge boulders (up to 90 t) on the intertidal platform, point to a tsunami accumulation during the Lisbon event in 1755 AD. North of these deposits, cobbles and smaller well-rounded boulders were accumulated into an older beach ridge (sand content ~ 60-70%). Subsequent to the tsunami, a broad sandy beach has aggradated in front of this older ridge.



Fig. 1: Rounded boulders in a sandy matrix at 16 m asl on Cabo de Trafalgar, southern Atlantic Spain.

In contrast to these chaotic distribution, a bimodal tsunami sediment with a sandy matrix but accompanied by well rounded flat pebbles and cobbles, which show an orientation of their longest axes, is present along the west coast of the Akamas peninsula on Cyprus island (Kelletat & Schellmann 2001, 2002). The tsunami could be dated to 1650 – 1700 AD. Sediment units south of the Lara peninsula

with large well-rounded boulders derived from the foreshore resemble the same orientation of the long axes of the boulders. Here, the coarse fragments may constitute 30-60% of the tsunami sediments. Several bays in west Cyprus were filled by the tsunami with a similar mixture of sand and well rounded floating pebbles from the foreshore, but here sand dominates the deposits with at least 80%.

## 2.2 Caribbean and Bahamas

Along the east coast of Guadeloupe (French Lesser Antilles) at Anse Maurice and Anse Ste-Marguerite, swash-like accumulations of sand form an undulating ridge between 3-8 m above sealevel. At its northern range, these sands are adapted to hill slopes (Scheffers et al. 2003a). The hills, resembling coastal dunes, are densely vegetated and show a good soil development. On top of this sediment unit, large coral heads or fragments as well as boulders from an interglacial coral reef with weights of many tons are accumulated. Diggings in the sandy deposits reveal the absence of any stratification, but instead a chaotic mixture of sand (finer and coarser), shells and shell fragments, coral branches, *Strombus* gastropods, and boulders from older reef rock. Overall, the amount of these coarser grain sizes form several percent of the sediments (Fig. 2). Larger boulders are distributed at the seaward margin of these sandy hills. Radiocarbon dating yielded a tsunami deposition at about 2800 BP.



Fig. 2: Chaotic sand deposits with coral fragments of different size in Anse Ste-Marguerite, east coast of Guadeloupe.

Bimodal sediments with chaotic structure, but of much older age than the described above, can be found on the islands of Grenada and St. Lucia (Lesser Antilles, Scheffers et al. 2003a). Here, the bimodal tsunami deposits are embedded into tephra layers of Pleistocene age at a height of 50 m asl. (Fig. 3). The boulders may reach a weight of up to 10 tons and are mostly well rounded. They are evenly distributed in a matrix of sand and fine gravel without contact, giving the impression of floating in the matrix.



Fig. 3: Chaotic tsunami deposits with well-rounded littoral boulders floating in sandy and gravelly matrix between tephra units at 50 m asl., St. Lucia, Lesser Antilles.

In the south of the Antillean Island Arc, on the islands of Aruba, Curaçao and Bonaire, Holocene paleo-tsunami have deposited bimodal sediments of different types. Along the southernmost tip of Aruba (NW of the Seru Colorado promontory), a double sand ridge has been accumulated (Scheffers 2002). Within this predominantly sandy deposits smaller and larger coral fragments are intermingled in negligible quantities (Fig. 4), which may originate from the youngest tsunami event on this island, dated around 450-500 BP. On Bonaire and Curaçao, coarse boulder deposits in form of elongated ridges or ramparts are the most prominent deposition type (Scheffers 2002). On the surface they expose mostly coarse fragments with a size of several decimeters to about 1 meter. However, cross-sections exhibit that in lower sections substantial amounts of sand including shell is present. This distribution is the result of erosion of the finer grain sizes (Fig. 5) and may indicate the relative age of the deposit.



Fig. 4: Tsunami ridges with a mixture of sand and coral debris, southeast coast of Aruba, Netherlands Antilles.



Fig. 5: Boulder ridges at the south end of Bonaire (Netherlands Antilles), where sand is outwashed from the upper parts but still present in the lower sections.

The erosional process is also demonstrated by sand sheets often found along the seaward margin of boulder ridges, as e.g. at the north-east point of Curaçao (Scheffers 2002) or on the Lara peninsula of Cyprus (Kelletat & Schellmann 2001, 2002). These sand sheets have been misinterpreted as the sedimentologic relics of strong storms, which pick up sands from the foreshore area, but were too weak to rework the boulder deposits. The common interpretation stated, that due to their barrier function, the sand was accumulated in front of the deposits. We assume, that the sand sheets are the remains from initially extended amounts of sand accumulated with and in the boulder ridges. The older age of the above described sand sheets is also noticeable by their darker colors due to soil development. Nevertheless, the character of the sediment will dissimulate a rather young age by a rather fresh appearance, if constantly washed out by strong rains or splash. This kind of fresh looking sand can be found as a strip in front of a weathered one, e.g. on the Whale Point peninsula in North-Eleuthera (Scheffers et al. 2003 b). We can exclude any recent sedimentation even during hurricanes because of deep water in the foreshore area (> 10 m).

Chaotic mixture of shell, coral and smaller boulders is also characteristic for a tsunami relic at Clarence Town on Long Island (Bahamas) (Fig. 6). Here, radiocarbon dating determined an rather young absolute age of 400 BP. Comparable tsunami deposits with a limited amount of coarse particles can be found at “The Cliffs” on Eleuthera Island, Bahamas (Scheffers et al. 2003b). But here, as well as in the vicinity of Cape Sta. Maria at the most northern tip of Long Island (Bahamas), the coarser fragments are mostly concentrated in the most lower section of the deposits (Fig. 7), whereas the upper parts (with a thickness of several meters) lack any coarser particles. Overall, no stratification between the two units could be found.



Fig. 6: A “dump deposit” with a chaotic mixture of sand, shell fragments, sailship ballast boulders and coral at Clarence Town, Long Island, Bahamas.



A study of coarse Holocene tsunami deposits on the Bahamas revealed that they mostly belong to a chaotic bimodal mixture of fine and coarse particles, accumulated several meters thick and at elevations of more than 10 m asl (Scheffers et al. 2003b). Here, the deposits accompany the coastlines for kilometers and give – hidden under dense vegetation – the impression of a coastal dune ridge. At the seaward flank of the ridge large boulders have been enriched or exhumed from the sand, in particular where the coastal slope is steeper and where backward erosion of the sandy deposit increases. Behind the boulders, the bimodal mixture is often exposed in cliffs and stabilised by vegetation (see Figs. 7-10). At first sight it may strike that some of the boulders appear fresh and unweathered in between other deeply weathered ones. But a closer examination lead to may show that at the larger boulders the lower parts look fresh as well, whereas the upper ones show a longer impact of karstification. Sometimes on a fresh looking white carbonate boulder at the upper dark and weathered surface old woody bonsai shrubs are growing, clearly documenting that the boulders have not been moved during the last century or so. Overall, it can be stated that the rather large amount of sand sheets on higher rocky ground above coastal cliffs or rocky shorelines along the Atlantic coastlines of Bahaman islands are not the result of storm or hurricane deposition, but rather constitute the relics of tsunami-induced sedimentation. The hurricane-scenario can be excluded as the lower rock pools of the supratidal, representing thousands of large and deep sediment traps, do not contain any sediment. Evidently storm waves are too weak (or water depth is too deep) to transport fine or coarse sediment from the foreshore area onshore. Our absolute data exclude young sedimentation at these places as well.



Fig. 7: Tsunami deposits dominated by sand with some boulders in the base section. Cape Sta. Maria, Long Island, Bahamas.



Fig. 8: Along the Whale Point peninsula in northern Eleuthera (Bahamas) big boulders are exhumed from sand deposits at about 10-15 m asl..

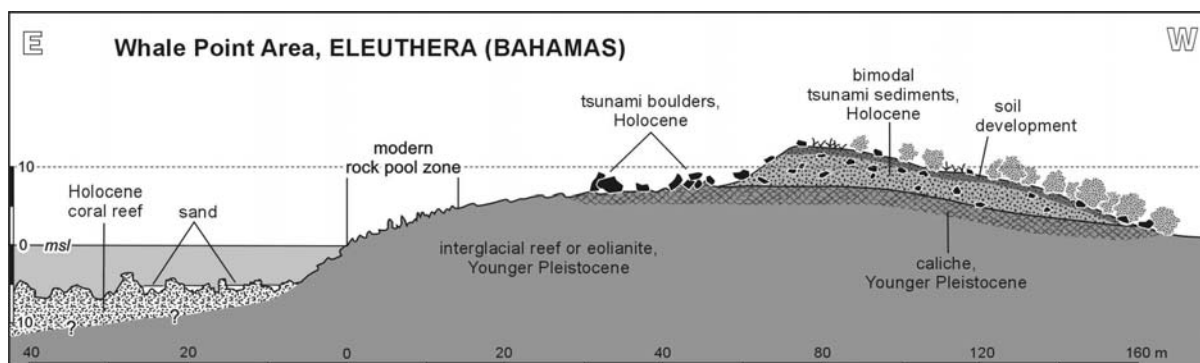


Fig. 9: Profile across the boulder-containing sandy tsunami ridges on the Bahaman islands of Eleuthera and Long Island.



Fig. 10: East coast of Aruba (Netherlands Antilles) with a mixed sand-and-boulder-ridge from tsunami in the Younger Holocene.

### 3 Conclusions

Bimodal sediment distribution is a common characteristic of tsunami-induced depositions. Figure 11 visualizes the different types of bimodal tsunami deposits depending on the relation of fine to coarse particles and the degree of erosion. The grain size distribution may vary from few, small floating coarser particles in a sandy matrix to boulder size dominating the accumulation enclosed in thin veneers of sand. The sediment structure is in the majority of cases chaotic, but occasionally coarser fragments may be enriched at the base of the units, presumably representing a base surge during the tsunami. The degree of erosion due to rainfall or splash alters the appearance over time. Today we may encounter completely or partly washed out units or large boulders still enclosed entirely in sand. Moreover, the wide variability of the sediment character depends locally e.g. on the availability of sand and boulders, the energy of tsunami waves (see the weight of the boulders) or the depth of the foreshore area.

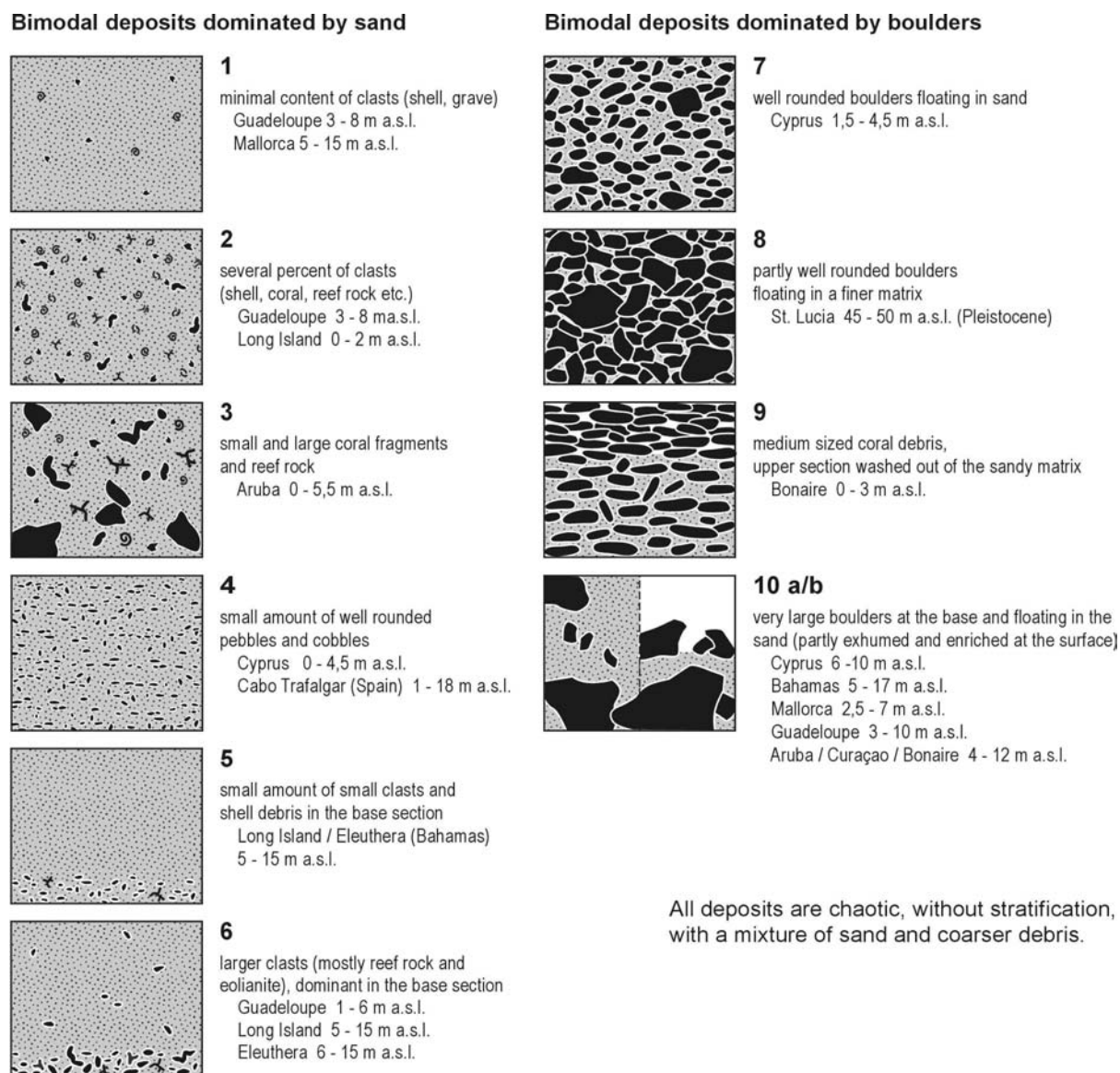


Fig. 11 Ten main types of unstructured tsunami deposits with a mixture of fine and coarse particles.

The recognition of the tsunamigenic origin of these widespread Holocene sediments, which accompany in many parts of the world elongated coastal sections at elevations out of the reach of storm waves, is essential for the interpretation of the Holocene landscape history of a certain region. So may the misinterpretation of an extended tsunami deposit of about 3000 years BP deposited at altitudes of 10-18 m asl lead to the assumption of a higher Holocene sea level, with all consequences for constructing sea-level curves, neotectonic movements or even climatic changes. This pitfall can be transferred to coastal deposits of interglacial times. We would like to emphasize the necessity to review debatable high-lying littoral accumulations with respect to their possible origin as tsunamigenic sediments from paleo- events with unknown energy and run up.

## Acknowledgments

Deutsche Forschungsgemeinschaft has supported most of our fieldwork with a substantial grant. We also thank Hanni, Peter and Sander Scheffers, Nina Berlinger, Peter Bartel and students from the University of Duisburg-Essen for their assistance during fieldwork.

## References

- Bartel, P. & Kelletat, D. (2003): Erster Nachweis holozäner Tsunamis im westlichen Mittelmeergebiet (Mallorca, Spanien) mit einem Vergleich von Tsunami- und Sturmwellenwirkungen auf Festgesteinsküsten. *Berichte Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Universität Kiel*, 28, 93-107, Büsum.
- Bryant, E. (2001): *Tsunami. The Underrated Hazard*. Cambridge University Press, Cambridge, 320 pp.
- Dawson, A.G. & Shi, S.Z. (2000): Tsunami deposits. *Pure and Applied Geophysics*, 157, 6-8, 875-897.
- Hearty, P.J., Neumann, A.C. & Kaufman, D.S. (1998): Chevron Ridges and Runup Deposits from Storms in the Bahamas Late in Oxygen-Isotope Substage 5e. *Quaternary Research*, 50, 309-322.
- Kelletat, D. & Schellmann, G. (2001): Sedimentologische und geomorphologische Belege starker Tsunami-Ereignisse jung-historischer Zeitstellung im Westen und Südosten Zyperns. *Essener Geographische Arbeiten*, 32, 1-74.
- Kelletat, D. & Schellmann, G. (2002): Tsunamis in Cyprus: Field Evidences and <sup>14</sup>C-Dating Results. *Zeitschrift f. Geomorphologie*, NF, 46, 1, 19-34.
- Scheffers, A. (2002): Paleo-Tsunamis in the Caribbean: Field Evidences and Datings from Aruba, Curacao and Bonaire. *Essener Geographische Arbeiten*, 33, 181 pp.
- Scheffers, A. (2003): Boulders on the move: Beobachtungen aus der Karibik und dem westlichen Mittelmeergebiet. – *Essener Geographische Arbeiten*, 35, 2-10.
- Scheffers, A. & Kelletat, D. (2003a): Chevron-Shaped Accumulations along the Coastlines of Australia as Potential Tsunami Evidences? *Science of Tsunami Hazards*, 21, 3, 174-188.
- Scheffers, A. & Kelletat, D. (2003b): Sedimentologic and Geomorphologic Tsunami Imprints Worldwide – a Review. *Earth Science Reviews*, 63, 1-2, 83-92.
- Scheffers, A., Scheffers, S. & Kelletat, D. (2003a): Paleo-Tsunami Field Evidences on the Southern and Central Antillean Island Arc (Grenada, St. Lucia and Guadeloupe). *Journal of Coastal Research*, in press.
- Scheffers, A., Scheffers, S. & Kelletat, D. (2003b): Holocene Tsunami Deposits on the Bahaman Islands of Long Island and Eleuthera. *Zeitschrift für Geomorphologie*, NF, in press.
- Whelan, F. & Kelletat, D. (2003): Tsunami Boulder Deposits at the Southern Spanish Atlantic Coast: Evidence for the 1755 AD Lisbon Event? *Marine Geology*, in press.

## Address

Dr. Anja Scheffers  
Institut für Geographie, FB 9  
Universität Duisburg-Essen  
Universitätsstr. 15  
45117 Essen  
Germany

E-mail: [anja.scheffers@uni-essen.de](mailto:anja.scheffers@uni-essen.de)





## Tsunami Deposits on the Island of Oahu, Hawai'i

Franziska Whelan<sup>1</sup>, Barbara Keating<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Bamberg, Germany, Institute of Geography, Dept. of Physical Geography and Landscape Studies

<sup>2</sup>University of Hawaii, USA, Dept. of Marine Geology

### Abstract

Repetitive, catastrophic tsunamis have been credited as a causative mechanism for geomorphic change in coastal landforms. This study presents tsunami evidence on the Island of Oahu, Hawai'i. 'Signature' remnants of historic tsunamis, such as dislocated large boulders and conglomerate fields, provide evidence for historic tsunami events and their magnitude. GIS and remote sensing data sets, such as high-resolution aerial imagery, and complementary geomorphic field work, permit the spatial analysis for evidence of these high magnitude, low frequency events.

### 1 Introduction

The sedimentologic investigation of tsunami deposits is a fairly new field of research (Young & Bryant 1992 and 1993; Einsele et al. 1996; Dawson 1999). The impact of tsunami waves on coastlines is unlike that of storm waves since tsunami waves have greater wavelengths and wave periods. If there is sufficient sediment supply, tsunami waves are constructive as they move inland, and transport a variety of grain sizes ranging from silt to large boulders. The retreating waves can remobilize and erode sediments.

Literature on tsunami deposits may be organized into three primary categories (Whelan & Kelletat 2003): large clasts (e.g. boulders), coarse and fine sediments (e.g. gravel, sand, silt), and other fairly obscure deposits such as wash-over fans. The nature of tsunami deposits is largely determined by sediment supply. The most commonly investigated tsunami deposits are fine sediments that, most frequently, occur as sediment sheets. Large clasts were reported by Dawson (1994) immediately after the 1992 Flores Tsunami in Indonesia, by Bryant et al. (1992) and Nott (1997 and 2000) on the Australian coast, by Paskoff (1991) in Chile, by Jones & Hunter (1992) on the southern shore of Grand Cayman Island, by Hearty (1997) along the coastline of North Eleuthera Island, Bahamas, by Schefers (2002) on Aruba, Curacao, and Bonaire, by Whelan & Kelletat (2003) on the southern Spanish Atlantic coast, and others.

### 2 Field observations: tsunami deposits on Oahu, Hawai'i

This study presents two representative sites with tsunami deposits on Oahu, Hawai'i. Both boulder deposits and coarse tsunami deposits were observed in the Queen's Beach coastal zone located on southeastern coast of the island. Large boulder deposits were observed at Shark's Cove on the north shore of Oahu. Oahu's coastlines were inundated by tsunamis at least four times during the last century; by the Aleutian Tsunamis of 1946 and 1957, the 1952 Kamchatka Tsunami, and 1960 Chile Tsunami.

#### 2.1 Queen's Beach deposits

The coastal plain between Sandy Beach and Makapu'u Head is referred to as Queen's Beach. As illustrated in Figure 1, the Queen's Beach coastal zone was inundated by tsunamis at least four times

during the last century, involving the Aleutian tsunamis of 1946 and 1957, the 1952 Kamchatka Tsunami, and 1960 Chile Tsunami. Historic tsunami activity and associated deposits were photographed during and immediately after the 1946 tsunami. Based on Shepard et al. (1950), who reported on the affects of the April 1, 1946 tsunami at Queen's Beach, the tsunami waves reached 11.1 m above sea level (asl) on the north side of Makapu'u Head and 9.3 m asl at Koko Head. The tsunami destroyed all of the recorded archaeological sites within the coastal plain (Keating et al. 2004).

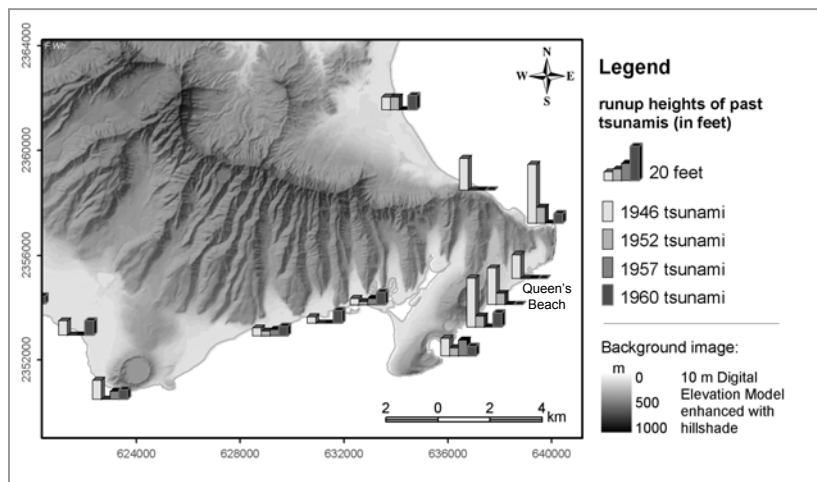


Fig. 1: Tsunami wave runup heights of historic tsunamis in the Queen's Beach coastal zone (UTM, WGS84). Data based on H. G. Loomis 1976, digitized by Office of Planning Staff in 1999. (Modified after Keating et al. 2004)

The 1946 tsunami seemed to have considerably impacted the geomorphology of the Queen's Beach coastal zone. This tsunami left steep beach faces and large sand dunes were truncated creating steep seaward cusps. Recorded runup was extremely high for the coastal zone immediately to the southwest of Queen's Beach. In between Queen's Beach and Hanauma Bay, runup was recorded at 9.3 m for the 1946 tsunami (Walker 1994 and 2003). As illustrated in Figure 1, subsequent tsunamis also inundated the Queen's Beach coastal zone. The U.S. Army Corps of Engineers (1978) studied the historical recurrence of tsunamis around the Hawaiian Islands and suggested that Queen's Beach is likely to be inundated every 25 years by tsunami waves of 2.4 m asl and every 100 years by a tsunami with wave heights of 6.6 m asl (Keating et al. 2004).

The Queen's Beach coastal zone displays three distinct units of deposits that were interpreted as tsunami-genic, including 1.) gravel to cobble-size clasts of coral and basalt, 2.) gravel-size coral deposits mixed with man-made items, and 3.) isolated conglomerate layers. Two additional units have been identified that were associated with development activity, the stockpiled boulders, and the dredge spoils.

The first rock unit is a semi-continuous sheet of gravel to cobble-size sub-rounded to rounded clasts. The sediment sheet is one clast size thick, extends approx. 200 m inland, and consists of basalt and coral clasts (broken and rounded fragments). Both are clearly from the ocean environment as indicated by coralline algae in basalt pores, by worm tubes and burrowing. The individual clasts are larger than those of the present storm beach. Nichol et al. (2002) described similar deposits on a coastal barrier on the Great Barrier Island, New Zealand. Both there and at Queen's Beach, the deposits' elevations reach well beyond the extent of storm surges. This was verified in November 2003, when a storm generated 10-meter surf on the east side of Oahu. The elevation of the deposits therefore suggests tsunami as the transport mechanism.

A survey of the sedimentary deposits was carried out in the form of several line transects perpendicular to the coastline. All transects stretched from the present coastline and modern beach to Kaloko Inlet or to the new highway. The initial transect (A) presented in this study intersected the modern beach, remnants of the old highway washed out by the 1946 tsunami, and the area seaward of the new highway. Clast size, angularity, and rock type were analyzed (Figure 2). The preliminary transect extended from south to north across the Queen's Beach coastal zone. The beginning of the transect is characterized by modern beach and storm deposits. The clasts within the modern beach were domi-

nantly coral and have a very white, bleached appearance. A berm at the top of the modern beach largely consists of beach sand and sub-rounded to rounded coral fragments embedded in a sandy matrix that range in size from approx. 2 to 7 cm in diameter. The structure is interpreted as a storm berm and was roughly 2 m in width. Tsunami deposits were identified inland beyond the storm berm, where both grain size and rock type change considerably (Figure 2). Sedimentary deposits reach diameters of 0.5 m, but generally range between 2 to 4 cm. These rock types are dominated by basalt, coral, and shells within an unconsolidated sand matrix (of a few cm thickness). The clast-rich deposit is generally only one clast thick in several cm of unconsolidated sand. The deposit overlays a well-cemented orange-red clay (interpreted as altered ash). The tsunami deposit ends on the west side of the highway (Keating et al. 2004).

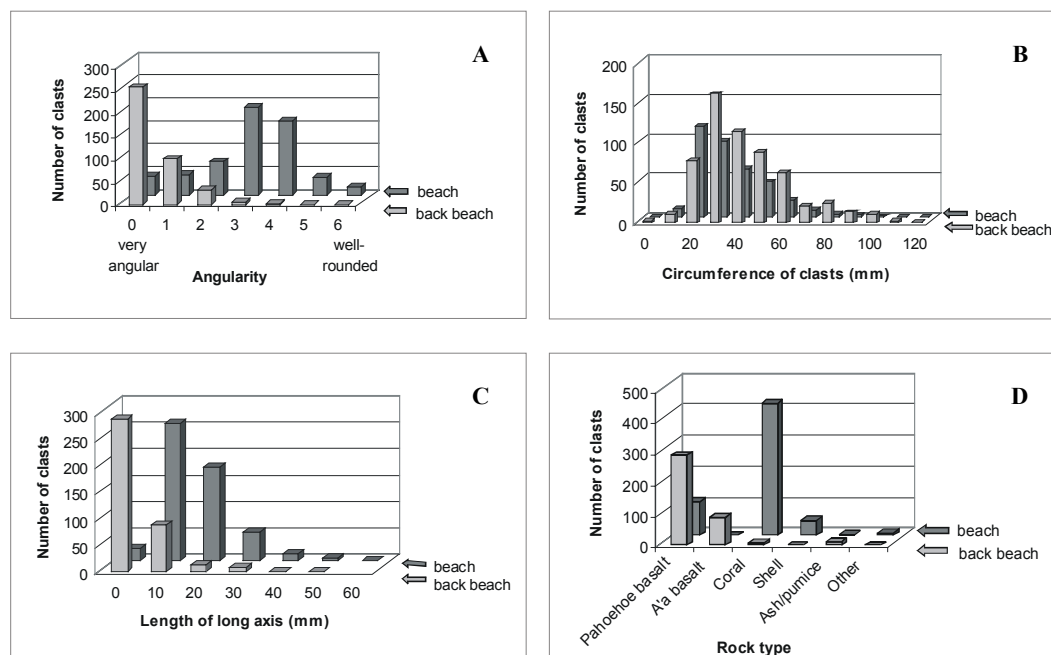


Fig. 2. Comparison of rock characteristics between the modern beach deposits and the back beach deposits interpreted as resulting from tsunami activity. The comparisons include A) angularity determined on a 0 to 6 scale after Folk (1968), with increments including very angular, angular, sub-angular, sub-rounded, rounded and well-rounded; B) circumference of clasts (mm); C) length of long axis (mm); and D) rock type, including Pahoehoe basalt, A'a basalt, coral, shells, ash or pumice, and other (modified after Keating et al. 2004).

The investigations indicate that the surface deposits in the vicinity of the remnants of the 1932 roadway destroyed by the 1946 tsunami, Kaloko Point, and the toe of Makapu'u ridge represent tsunami deposits correlating with historic tsunami records. The surface deposits observed in the vicinity of Kaloko Point are rich in coralline algae. Dr. J. Bailey-Brock (Zoology Dept., University of Hawai'i) identified several clasts within the deposit and determined that all species were current species indicating that these deposits to an elevation of roughly 3 m are likely to be associated with historic tsunami.

The histograms in Figure 2 demonstrate that the rock characteristic of the two deposits are very different. While the modern beach deposits are well-rounded by abrasion associated with wave activity, the rocks in the back beach are angular, reflecting breakage. The back beach clasts are darker in color, which is interpreted as increased weathering, smaller in size, more fractured, and dominated by lava fragments rather than coral. These results indicate that the rock groups were produced by different processes. The beach deposits are dominated by modern wave activity, while the back beach deposits appear to preserve the influence of historical tsunamis (Keating et al. 2004).



## 2.2 Shark's Cove deposits

The Shark's Cove or Pupukea coastal platform is a prominent headland west of Keiki Beach on the north shore of Oahu. It is subject to extreme wave energy. It is an erosional rock platform cut into coral limestone of Late Pleistocene age (Noormets et al. 2002, Muhs & Szabo 1994). The rock platform is located between a shallow bay (Shark's Cove) and a sandy beach and ends with a steep cliff on its seaward side. Holocene notches are clearly visible at sea level. Noormets et al. (2002) describes the rock platform in detail. Landward, the platform is heavily eroded and displays a rugged karst morphology. Several extremely large boulder deposits are stuck between the karst features consisting of solution pools surrounded by extremely sharp-edged rims.

Twenty-six extremely large coral limestone boulders were observed on the rock platform between Shark's Cove and Keiki Beach (Figure 3). Boulder weights reach 550 t. Field work included mapping these boulders using a Global Positioning System (GPS), measuring boulder axes and orientation, and relative and absolute dating. Boulder dimensions exceeded 10 m<sup>3</sup>, the largest boulder has a volume of 110 m<sup>3</sup>. Boulder dimensions range from 2 to 11 m in length, 2 to 6 m in width, and 0.8 to 5 m in height. The breaking of one boulder into two pieces during deposition suggests a high magnitude event, such as a tsunami wave, which carried the boulder in suspension until dropped onto the platform. Boulder material and boulder morphology resembles that of the coastal platform. For example, the largest boulder resembles the smooth morphology of the seaward section of platform surface on its side, and displays several sea urchin holes.



Fig. 3: Deposited tsunami boulders on the Pupukea rock platform between Shark's Cove and Keiki Beach on the north shore of Oahu. (1) Overview of tsunami boulders, (2) example of coral reef boulder deposit, (3) sample collection for C14 dating, (4) oyster shell sample for C14 dating – see Euro coin for size comparison.

GPS data allowed for GIS analysis and visualization and the geo-referenced overlay of the mapped data with aerial imagery. The potential runup and intensity of the tsunami was determined based on hydrodynamic wave formulas developed by Nott (1997) and based on surface analysis using a Digital Elevation Model (DEM) and bathymetry data. Noormets et al. (2002) overlaid historic aerial imagery and suggested that boulder movement was indicated by minor deviations between aerial photographs from different years. However, these deviations may only partly be explained by change analysis, since imagery distortion and the lack of georeferencing information introduce a significant amount of error. Geo-referencing aerial imagery of that area is very difficult since the few cues or control points are largely limited to the platform edge. However, in the aerial photography the platform edge appears differently during different surf and lighting conditions. The relatively poor photogrammetric quality and varying scales of the historic imagery (i.e. 1928, 1940, 1950s, 1960s) may also lead to inconclusive results. No boulder movement was detected after winter storms in November 2003, when storm-generated surf reached 45 feet on the north shore of Oahu.

Relative and absolute dating suggests that the large boulders were placed onto the platform by one tsunami event. C14 dating results based on samples from three individual boulders indicated that the

majority of the large boulders were deposited on the platform simultaneously by one event approx. 500 years BP, uncalibrated (Whelan in prep.). Relative dating complemented these findings and was based on the Hawaiian legend of these Pupukea boulders. They are called Pele's (Hawaiian goddess) followers. Based on the legend, they were loyal friends of Wahine Kapu who turned them into massive stones so that they can become immortal (Evans-Mason 2001). The legend either suggests that the boulders were deposited on the platform before the first Hawaiians arrived (800 years BP) or they were deposited there all at once (legendary for "petrified").

### 3 Discussion

The Hawaiian Islands are highly susceptible to tsunami impact and therefore pose an ideal study site for deposition and erosion associated with tsunamis on modification of the coastal geomorphology. While the majority of world-wide tsunami studies focus on fine sediments, the magnitude and effects of historic tsunami events on Hawai'i are best revealed by studying the location and distribution of large clasts and coarse sedimentary deposits. Both boulder and cobble deposits were observed and attributed to tsunami impact. Derived from the deposits in the Queen's Beach coastal zone, this study proposes new insights into the differences and signatures of storm versus tsunami deposits. The north shore boulders were also deposited by tsunamis and provide new evidence for the magnitude of historic tsunami events.

### Acknowledgements

I would like to thank the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) for their support (Project WH 10/6-1).

### References

- Bryant, E.A., Young, R.W. & Price, D.M. (1992): Evidence of tsunami sedimentation on the southeastern coast of Australia. *Journal of Geology* 100:753-765.
- Dawson, A.G. (1994): Geomorphological effects of tsunami runup and backwash. *Geomorphology* 10:83-94.
- Dawson, A.G. (1999): Linking tsunami deposits, submarine slides and offshore earthquakes. *Quaternary International* 60:119-126.
- Einsele, G., Chough, S. K., & Shiki, T. 1996. Depositional events and their records-an introduction. *Sedimentary Geology* 104(1-4):1-9.
- Evans-Mason, M (2001): Kuamo'o olelo. Sentinels of the Past. *North Shore News* 18(6): 10.
- Hearty, J.P. (1997): Boulder deposits from large waves during the last interglaciation on North Eleuthera Island, Bahamas. *Quaternary Research* 48:326-338.
- Jones, B. & Hunter, I.G. (1992): Very large boulders on the coast of Grand Cayman: the Effects of Giant Waves on Rocky Shorelines. *Journal of Coastal Research* 8:763-774.
- Keating, B., Whelan, F., & Bailey-Brock, J. (2004): Tsunami Deposits at Queen's Beach, Oahu, Hawaii – Initial Results and Wave Modeling. *Science of Tsunami Hazards* 22(1): 23-44.
- Muhs, D.R. & Szabo, B.J. (1994): New uranium-series ages of the Waimanalo Limestone, Oahu, Hawaii: implications for sea level during the last interglacial period. *Marine Geology* 118(3-4): 315-326.
- Nichol, S.L., Lian, O.B. & Carter, C.H. (2002): Sheet-gravel evidence for a late Holocene tsunami runup on beach dunes, Great Barrier Island, New Zealand. *Sedimentary Geology* 3073(in press).

- Noormets, R., Felton, E.A., & Crook, K.A.W. (2002): Sedimentology of rocky shorelines: 2. Shoreline megaclasts on the north shore of Oahu, Hawaii – origins and history. *Sedimentary Geology* 150: 31-45.
- Nott, J. (1997): Extremely high wave deposits inside the Great Barrier Reef, Australia; determining the cause – tsunami or tropical cyclone. *Marine Geology* 141:193-207.
- Nott, J. (2000): Records of prehistoric tsunamis from boulder deposits evidence from Australia. *Science of Tsunami Hazards* 18:3-14.
- Paskoff, R. (1991): Likely occurrence of a Mega-Tsunami in the Middle Pleistocene, near Coquimbo, Chile. *Revista Geologica de Chile* 18:87-91.
- Scheffers, A. (2002): Paleotsunamis in the Caribbean. Field Evidences and Datings from Aruba, Curacao and Bonaire. *Essener Geographische Arbeiten* 33: 185p; Institut für Geographie, Universität Essen.
- Shepard, F. P., MacDonald, G. A., & Cox, D. C. (1950): The tsunami of April 1, 1946. Univ. Calif. Press, Berkeley, pp. 390-470.
- U. S. Department of the Army, Corps of Engineers, Pacific Ocean Division (1978): Manual for Determining Tsunami Runup Profiles on Coastal Areas of Hawaii. Honolulu, Aug. 1978.
- Walker, D.A. (1994): Tsunami Facts. SOEST Technical Report 94-03, University of Hawaii, Honolulu, pp. 31-36.
- Walker, D.A. (2003): Runups in the Hawaiian Islands. *Tsunami Newsletter* XXXV(3):7-11. International Tsunami Information Center, Honolulu, Hawaii, USA.
- Whelan, F. & Kelletat, D. (2003): Analysis of Tsunami Deposits at Cabo de Trafalgar, Spain, Using GIS and GPS Technology. *Essener Geographische Arbeiten* 35:11-25. Institute of Geography, Essen University, Essen, Germany.
- Young, R.W. & Bryant, E.A. 1992. Catastrophic wave erosion on the south-eastern coast of Australia: impact of the Lanai tsunami ca. 105 KA? *Geology* 20:199-202.
- Young, R.W. & Bryant, E.A. 1993. Coastal rock platforms and ramps of Pleistocene and Tertiary age in southern New South Wales, Australia. *Zeitschrift fuer Geomorphologie* 37(3): 257-272.

## Address

Dr. Franziska Whelan  
Department of Physical Geography and Landscape Studies  
University of Bamberg  
Am Kranen 1  
96045 Bamberg  
Germany

E-mail: [franziska.whelan@ggeo.uni-bamberg.de](mailto:franziska.whelan@ggeo.uni-bamberg.de)



## **Climate change and hydrodynamic impact in the Jade-Weser area: a case study**

Hans-Jürgen Grabemann, Iris Grabemann & Dieter P. Eppel

Institut für Küstenforschung, GKSS Forschungszentrum, Geesthacht, Germany

### **Abstract**

Estimates of hydrodynamic stress patterns in coastal forelands and alterations caused by estimated climate change are important for planning of medium and long-term coastal defence measures, for sustainable use of coastal areas and for the investigation of ecological trends in these forelands. The impact of a climate change scenario (sea level rise, increased tidal range and stronger winds) on the hydrodynamic conditions in the Jade-Weser area is estimated from changes compared to the status quo. The variability of water levels, inundation characteristics and flow patterns is obtained from numerical simulations. In the climate scenario with status quo-topography the rise in water levels at the seaward boundaries propagates with slight deviations throughout the Jade-Weser area. During storms from the north-west the wind set-up increases towards the Jade Bay proper and the Weser estuary. Storm surge barriers in the Jade Bay and the Weser estuary as coastal protection measures in the climate scenario would increase the high water levels in the outer Weser estuary and at the eastern coast significantly. The implied decrease of eulittoral and supralittoral is of relevance not only for the ecological situation but also for coastal defence planning. Parts of the tidal flats are exposed longer to increased currents and waves, and therefore to increased bottom shear stresses. This investigation is part of the joint interdisciplinary project KRIM funded by the Bundesministerium für Bildung und Forschung.

### **1 Introduction**

#### **1.1 Objectives**

The coastal zone of the German Bight (southern North Sea) has been inhabited by man since historical times, and coastal defence activities can be traced back to the middle ages. Growing and new settlements close to the coast and intensive agricultural, industrial and touristic use of the coastal zone gave rise to the development of sophisticated coastal defence technology. A future climate change together with rising water levels, changing currents, waves and shear stresses acting on the bottom and changing morphological structures can endanger the safety of coastal defence systems leading to an increased risk of flooding of the low-lying hinterlands and can influence the ecology in the coastal areas. Estimates of possible present and future changes of the hydrodynamic stress in the forelands are useful and important information for planning of medium and long-term coastal defence measures, for sustainable use of coastal areas, and for the analysis of ecological trends in the forelands.

The Jade-Weser area (Figure 1) covers part of the central German Bight. Its hinterland is protected by a system of dike lines. This area showing various disparate morphological structures includes the eastern part of the East Frisian Wadden Sea with the barrier island Wangerooge and its backbarrier tidal flats and channel systems, the Jade Bay and the Weser estuary with deep tidal channels and the exposed Hohe-Weg Watt and Wurster Watt with the islands Mellum to the left and Knechtsand to the right of the Weser estuary. As only a few small rivers discharge into the Jade Bay the water exchange with the open sea is little restricted and the hydrography of the bay is controlled by the water entering from the German Bight. The Weser estuary is subdivided into the channel-like inner estuary upstream of Bremerhaven and the funnel-shaped outer estuary which consists of two main channels with cross

connections amidst large tidal flats. The hydrography is controlled both by the intruding water from the German Bight and by the Weser river discharge having a long-term mean of about 325 m<sup>3</sup>/s. In the course of time, various parts of the Jade-Weser area have been affected by engineering measures of different impact (Wangerooge: e.g. Ehlers 1988; Jade Bay: e.g. Garrelts et al. 1973; Irion 1994; Weser estuary: e.g. Barthel 1977; Dieckmann & Pohl 1991; Wetzels 1987). Today large areas of this region belong to the national park "Niedersächsisches Wattenmeer".

The hydrodynamic response in the Jade-Weser area to climate change and coastal protection scenarios is estimated. This investigation is part of the interdisciplinary joint project "Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste" (KRIM, Climate Change and Preventive Risk and Coastal Protection Management on the German North Sea Coast; Schuchardt und Schirmer 2003; <http://www.krim.uni-bremen.de>) funded within the German Climate Research Program (DEKLIM) by the Bundesministerium für Bildung und Forschung. Within the project KRIM the investigation of the hydrodynamic changes contributes to the analysis of the risk-of-failure of today's and future coastal defences and to the investigation of ecological trends in the forelands.

First, the hydrodynamic conditions of the Jade-Weser area were analysed for the status quo. Then, the impact of the anticipated climate scenario on the hydrodynamics was estimated from changes compared to the status quo. The climate scenario includes a rise in sea level, a tidal range increase and an increase in wind forcing in winter. The analysis of the different scenarios was based on numerical simulations. As the possible impact of climate change on the hydrodynamics of the inner Weser estuary had been investigated previously (Grabemann et al. 2001) only the outer Weser estuary downstream of Bremerhaven was taken into account.

In this paper changes of water levels, inundation and flow fields between the status quo and the anticipated climate scenario are quantified and discussed with respect to coastal protection and ecological trends in the forelands. Simulations for the climate scenario were carried out with the status quo topography left unchanged. This implies that the heights of the tidal flats do not increase with mean sea level rise. Simulations are in preparation using an adapted topography in which the heights of the tidal flats are adjusted to the rising water levels while the tidal channels are made deeper.

A climate change causing a sea level rise is expected to have implications for today's coastal defences (e.g. Elsner et al. 2004). The analysis of the risk-of-failure of coastal defences together with adaptation measures is the object of the Franzius Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen (Universität Hannover) who is partner in the project KRIM. Effects of storm surge polders in the inner Weser estuary are presented in von Lieberman et al. (2004). In this paper the impact of two storm surge barriers on water levels is discussed.

## 1.2 Method

The water levels and currents were calculated using a circulation model based on the three-dimensional model TRIM (Casulli and Stelling 1998). The model can treat temporarily dry falling and inundated solution domains. For the status quo, the forcing data were taken from weather and tidal prediction models comprising larger areas (Deutscher Wetterdienst (DWD) and Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)). In order to minimize scale inconsistencies due to the large scale differences between the BSH model data (resolution: about 1 nautical mile) and the grid of the Jade-Weser area (resolution: 100 m), four nested grids were used in the simulations (800 m → 400 m → 200 m → 100 m). Some grid point saving was possible by neglecting the already investigated lower Weser estuary between Brake and Bremen which is only a small portion of the total domain considered. For the Weser estuary the daily river discharge (from Deutsche Gewässerkundliche Jahrbücher, Weser-/Emsgebiet) was prescribed at the southern landward boundary Brake. Soundings from the respective coastal authorities were used to construct the course-grid topographies. The topography of the finest grid was supplied by the Franzius Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen.

Based on the projection of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for the next 50 years, the scenario of a changed climate was constructed by superimposing to the status quo forcing

data the anticipated sea level rise of 0.55 m, tidal range change of 0.25 m (increase of high water + 0.55 m + 0.1 m, increase of low water + 0.55 m - 0.15 m) and stronger winds (+ 7 %, December to February).

For the simulations of calm weather to moderate winds, two spring-neap cycles in September 1999 were chosen. Shorter periods of several days were included to examine the effects of strong offshore and onshore winds.

Hypothetical storm surge barriers were introduced in the Jade near Wilhelmshaven and in the Weser near Bremerhaven as possible coastal defence adaptation measures to climate change. Additional simulations were carried out.

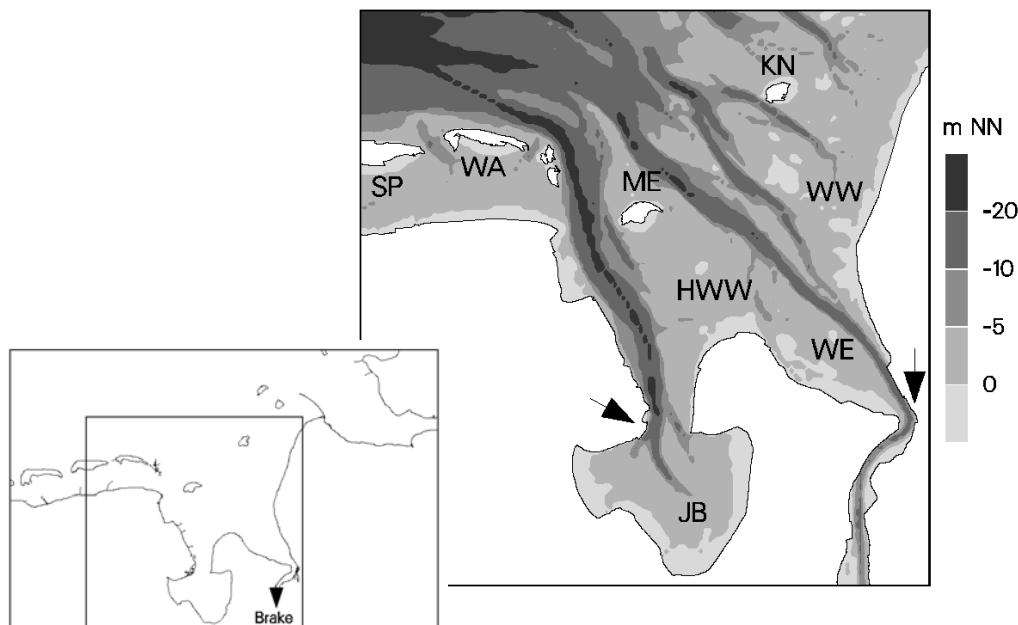


Fig. 1: Topography of the Jade-Weser area (100 m \* 100 m grid). The insert shows the extent of the 800 m \* 800 m grid. SP: Spiekeroog, WA: Wangerooge, ME: Mellum, HWW: Hohe-Weg Watt, JB: Jade Bay, WE: Weser estuary, WW: Wurster Watt, KN: Knechtsand. The arrows point to the cities of Wilhelmshaven (Jade Bay) and Bremerhaven (Weser estuary).

## 2 Results

The impact of the climate scenario was obtained by analysing the differences between the simulations done for the status quo and for the climate scenario with unchanged topography.

For the status quo, the quality of the simulations of the water levels has been assessed against water level measurements showing an average deviation of about + 0.1 m for high water and of about + 0.2 m for low water; for individual tides these deviations can be of the order of 0.5 m. Possible explanations for these discrepancies can be differences between the topography used in the model and the “real” topography existing at the time of the measurements. The water level data used as boundary values for the 800 m \* 800 m grid stem from tidal forecast simulations obtained with predicted wind fields, and are therefore likely to contain deviations to measured water levels. The water levels near Bremerhaven may also be slightly in error because the small area of the lower Weser estuary upstream of Brake was not included in the solution domain.

## 2.1 Water levels

The Jade-Weser area can be classified as meso- to macrotidal; the tidal wave propagates from the west to the east.

In the status quo the mean tidal range increases from about 2.8 m north-west of Wangerooge to about 3.7 m in the Jade Bay near Wilhelmshaven and to about 3.5 m in the Weser estuary near Bremerhaven. The mean high water level rises from about 1.4 m NN to about 1.8 m in the Jade Bay near Wilhelmshaven and in the Weser estuary near Bremerhaven. The mean low water decreases from about  $-1.4$  m NN to about  $-1.8$  m NN and  $-1.6$  m NN, respectively (mean values for September 1999). Coincident values can be found in Niemeyer and Kaiser (1999).

The wind influence on the water levels is most pronounced towards the south-east of the area (Figure 2 left). Storms over the German Bight with wind directions from the north-west cause an increase of high water towards the south-east coast of 2 m and higher. During severe offshore winds the high water levels decrease at the south-east coast ( $\approx -1.5$  m).

In the climate scenario the rise in water levels at the seaward boundaries (high water + 0.65 m, low water + 0.4 m) propagates with only slight local deviations throughout the Jade-Weser area. These deviations vary from tide to tide but are generally less than  $\pm 5$  cm; in the Jade Bay, they can differ up to 8 cm.

Such deviations occur also during storms without changing the wind forcing. If in the climate scenario, the assumed wind increase of 7 % is taken into account, the high water levels show an additional increase of about 5 cm towards the south-east and east coast (Figure 2 right, Figure 3).

The difference in the mean tidal range between the status quo and the climate scenario varies around the assumed tidal range change of 25 cm. In the Jade Bay, for example, it can be about 30 cm.

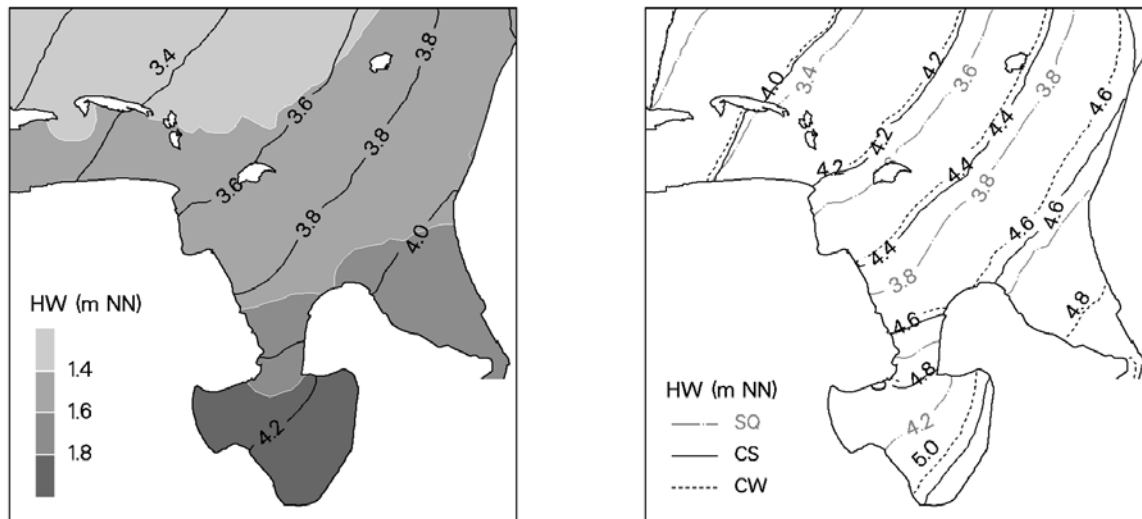


Fig. 2: Spatial distribution of simulated high water levels (HW) for different scenarios. Left: Effects of different wind speeds and directions in the status quo; grey shadings: mean tide and moderate wind in September 1999, full lines: storm in February 1999. Right: Comparison of high water during the storm in 1999 between the status quo (SQ) and the climate scenario without (CS) and with increase of the wind speed (CW).

In order to possibly reduce the impact of the climate scenario on the coastal defences in the inner Jade Bay and the inner Weser estuary, artificial storm surge barriers have been introduced in the Jade near Wilhelmshaven and in the Weser near Bremerhaven in the model domain. If both barriers are closed in the climate scenario around low water at Wilhelmshaven and Bremerhaven the water levels for the

subsequent high water during the storm increase significantly in the outer Weser estuary (Figure 3). The water which is stopped seaward of the barrier in the Jade, flows over the Hohe-Weg-Watt towards the outer Weser estuary. Together with the water stopped at the barrier in the Weser it increases the water levels in the outer Weser estuary and at the adjacent eastern coast.

When closing the barriers two hours later, the water levels in the outer Weser estuary and at the eastern coast are increased (by about 10 to 20 cm for the storm in February 1999). The water level in the eastern part of the area remains low for a longer time because the water masses can enter the inner Weser estuary. Due to the higher inertia of the incoming water from the western part the tide runs up higher when the barriers are finally closed.

Whereas the water levels in the Jade Bay proper essentially depend on the intruding North Sea water, those in the Weser estuary are also influenced by the freshwater runoff behind the storm surge barrier. The runoff was about  $530 \text{ m}^3/\text{s}$  during the storm in February 1999 (shown in Figures 2 and 3) but was twice that value during a storm in January 1994 (Deutsche Gewässerkundliche Jahrbücher, Weser-/Emsgebiet, Abflußjahre 1994 und 1999). In the latter case the runoff would increase the water level upstream of the barrier in the Weser by about 0.4 m within 6 hours.

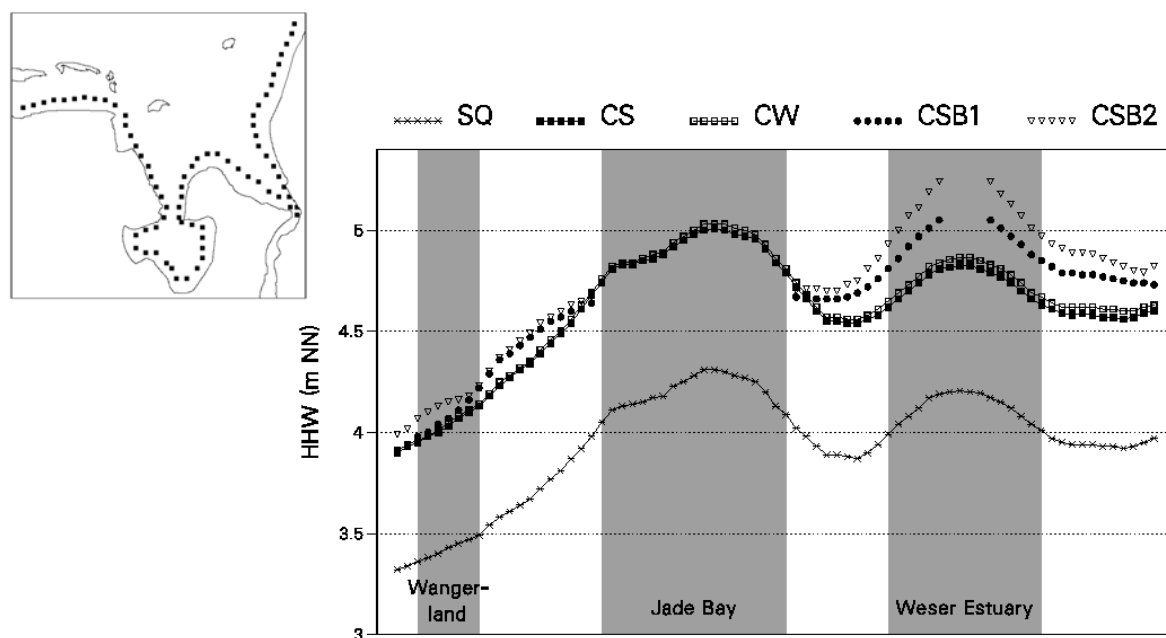


Fig. 3: High water levels near the coast of the Jade-Weser area for different scenarios. SQ: status quo, CS: climate scenario, CW: climate scenario with wind speed increase, CSB1 and CSB2: climate scenario with storm surge barriers in the Jade near Wilhelmshaven and in the Weser near Bremerhaven closed at about low water and at about low water plus two hours, respectively. The small map presents the locations for which high water is shown.

## 2.2 Inundation and tidal prism

Changes in water levels and tidal range correspond to changes in water volumes and to the expansion of temporarily or permanently flooded areas. On the tidal flats with heights between -2 m and 2 m NN a small change in water levels causes a large change in the percentages of flooded and dry areas. Therefore the numbers below for inundation, eulittoral, supralittoral and tidal prisms are most sensitive for deviations in water levels as well as to errors in the model topography and give more qualitative estimates.

In the status quo, the rear areas are less than 10 % inundated during the tides in September 1999. These areas are only flooded during high spring tides or during storms. About 69 % of the tidal flats are flooded for half the time (Figure 4 left).



About 66 % of the Jade-Weser area (shown in Figure 1 except the Weser estuary upstream of Bremerhaven) belong to the sublittoral, about 32 % to the eulittoral and only less than 2 % to the supralittoral. If the mean water level deviations between measurements and simulations are taken into account, these percentages change to 2 %, 39 % and 59 %, respectively. In the Jade Bay, for example, the eulittoral occupies about 100 km<sup>2</sup>. This value is close to the one given in Irion (1994).

In the climate scenario the flooding duration of the tidal flats is prolonged. About 78 % are flooded for half the time. Most of the tidal flats which are flooded in the status quo are inundated longer in the climate scenario by about 10 % (Figure 4 right). Furthermore, the temporarily flooded areas extend closer towards the coast. Eulittoral and supralittoral of the area decrease by about 7 and more than 90 %, respectively, whereas the sublittoral increases by about 7 %.

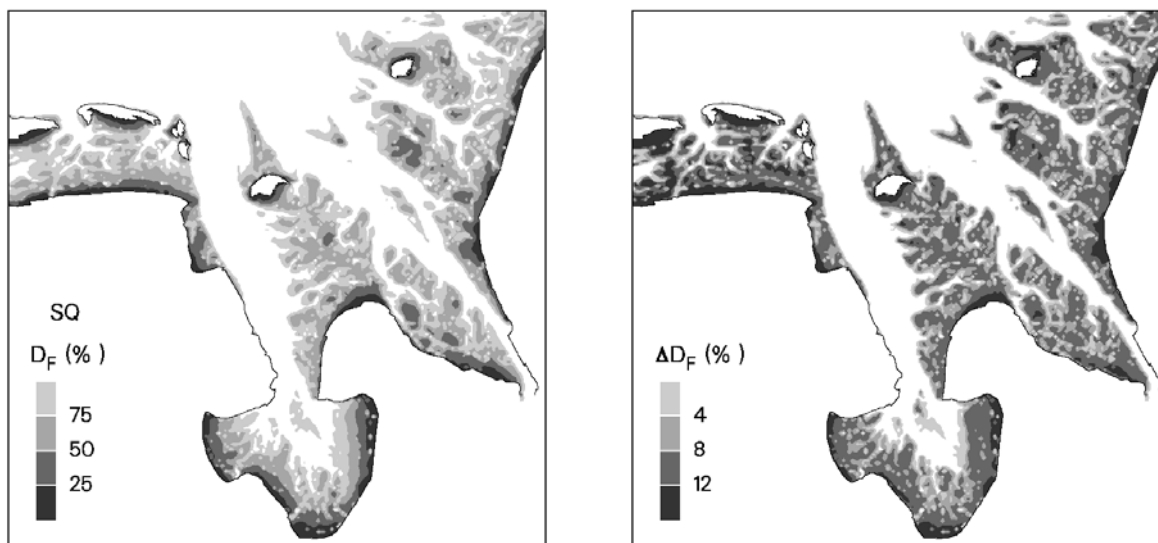


Fig. 4: Spatial distribution of the flooding duration ( $D_F$ ) in the status quo (SQ, left) and of the difference ( $\Delta D_F$ , right) between the status quo and the climate scenario (in % of the total time of 53 tidal cycles in September 1999).

The tidal prisms of the tidal basins of the Harle (between Spiekeroog and Wangerooge), Blaue Balje (east of Wangerooge) and Robinsbalje (south of the island Knechtsand) are 146, 89 and 257 Mio. m<sup>3</sup> in case of the status quo. These values are slightly higher than those in Ferk (1994) which may be due to somewhat different dimensions and topographies of the basins and water levels. In the climate scenario the tidal prisms of these three basins increase by about 26 % due to water level rise and tidal range change.

### 2.3 Currents

Strong tidal currents occur in the deeper tidal inlets and channels. In the status quo, surface tidal currents can exceed 1.5 m/s in the fairways of the Jade and the Weser. On the tidal flats the currents are smaller and range up to about 0.5 m/s (Figure 5).

In the climate scenario the maximum tidal currents show an increase which can locally differ from tide to tide. On the average the increase of the maximum surface currents is less than 0.2 m/s. Locally it can exceed 0.3 m/s in the deep shipping channels and in the tidal inlets. As in these areas the maximum surface currents are already high, this increase is generally less than 20 % of the respective status quo velocities. On the tidal flats the increase of the surface currents is generally less than 0.1 m/s but can be higher locally. On high-lying tidal flats changes of about 0.2 m/s can result in changes of 100 %.

Changes in the directions of the surface currents between status quo and climate scenario are generally small. The wind distortion of the tidal ellipses for the surface currents are generally larger than the differences between the status quo and the climate scenario.

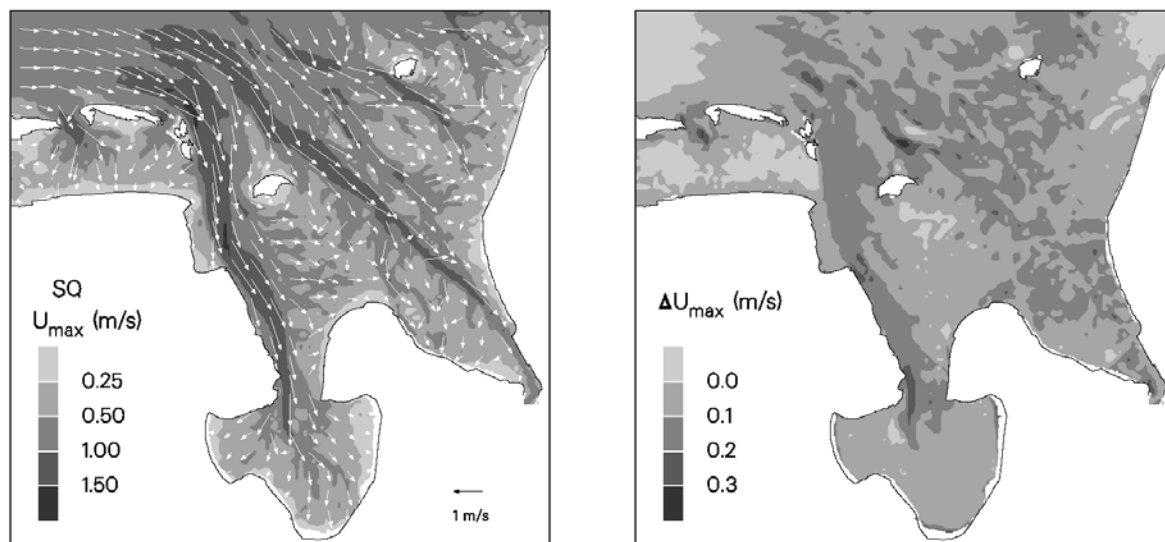


Fig. 5: Spatial distribution of maximum flood surface currents ( $U_{\max}$ ) for a mean tide and moderate wind in the status quo (SQ, left) and differences of velocity magnitudes ( $\Delta U_{\max}$ ) between the status quo and the climate scenario (right).

### 3 Discussion

The anticipated climate scenario (with status quo-topography) causes higher water levels, changes in the location of flooded areas and in their inundation and increased currents. The possible impact of these changes and their effects on the resulting bottom shear stresses and possible erosions on the tidal flats and dike forelands can be important for future coastal protection as well as for future ecological trends. Wave action which is not considered here is the dominant factor for morphological changes in the areas lying above mean sea level (e.g. Niemeyer et al. 1995). It is to be expected that higher water levels above the tidal flats in the climate scenario allow higher waves to destabilize the sediment which in turn can then be transported away by not necessarily strong circulation. To address this problem, bottom shear stresses have also been calculated together with estimates of likely area changes of erosion and sedimentation (to identify possible morphological trends). These results will be published elsewhere.

The impact of storms on water levels and coastal defences increase in the status quo and the climate scenario towards the south-east in the Jade Bay and the Weser estuary and to the adjacent eastern coast. The rise of about 0.65 m in the climate scenario is likely to increase the risk-of-failure of the coastal defences especially at these coastal strips. In the Wangerland, for example, the today's probability of failure of less than 1/2500 would increase to about 1/500 for a mean sea level rise of 0.55 m (Elsner et al. 2004). Storm surge barriers in the Jade Bay and the Weser estuary would lower the impact of storms in the bay proper having about 50 km dikes and the inner estuary having about 120 km dikes, but they would increase the storm water levels significantly in the outer Weser estuary and at the eastern coast and less significantly at the coast south of Wangerooge. The impact on these coasts would increase and would imply the need for additional coastal defence measures.

For three selected tidal basins the tidal prisms have been calculated using the status quo-topography. In the climate scenario an increase for all of them has been found. Changes in the tidal prism of tidal basins together with changes of their tidal inlet gorge are used as indicators for morphological stability (e.g. Misdorp 1990, Ferk 1995, Hofstede 1999). If tidal prism and tidal inlet gorge of a tidal basin

are not in equilibrium two possible reactions can lead to a new equilibrium. Either the tidal prism will become larger by deepening of the tidal flats and the inlet gorge will become smaller or the tidal prism will become smaller due to accruing of the tidal flats and the inlet gorge will become larger. Ferk (1995) concluded for the east Friesian tidal basins and for those between the mouths of the rivers Weser and Elbe that the heights of their tidal flats will increase and that their inlet gorges will become larger in case of an accelerated mean sea level rise of 0.6 m until the end of the 21. century. But the growth of the tidal flats will not make up for the mean sea level rise and the differences between the heights of the tidal flats and mean high water will be greater than today. This aspect will be considered in the climate scenario simulations for the Jade-Weser area with an adapted topography in which the heights of the tidal flats are increased with the rising water levels and the tidal channels are made deeper.

The decrease in eulittoral and supralittoral in the climate scenario may have consequences for the zoning of the biotopes. The ecological relevance of such changes as well as its importance for coastal protection is discussed by Wittig et al. (2004). The increase of currents is likely to also affect the fauna and flora.

### Acknowledgement

The authors are gratefully indebted to the Deutscher Wetterdienst, the Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, the Bundesanstalt für Wasserbau and the Wasser- und Schifffahrtsamt Bremerhaven for making data available. Helpful discussions with H. Kapitza and W. Puls are appreciated. This study was supported by the Bundesministerium für Bildung und Forschung, Federal Republic of Germany (Förderkennzeichen 01LD0022).

### References

- Barthel, V. (1977): Die Stabilität von Tiderinnen und ihre Abhängigkeit von Strombaumaßnahmen. *Die Küste* 31, 144-154.
- Casulli, V. & G. S. Stelling (1998): Numerical simulation of 3D quasi-hydrostatic, free surface flows. *J. Hydraulic Engineering* 124, 678-686.
- Dieckmann, R., & H.-J. Pohl (1991): Strombau im Weserästuar. *Zwischen Weser und Ems* 25 (Hrsg. Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest), 14-42.
- Ehlers, J. (1988): *The Morphodynamics of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam.
- Ferk, U. (1995): Folgen eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs für die Wattgebiete der niedersächsischen Nordseeküste. *Die Küste* 57, 135-156.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, Abflußjahre 1994 (1995). Niedersächsisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), Hildesheim.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, Abflußjahre 1999 (2001). Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (Hrsg.), Hildesheim.
- Elsner, A., S. Mai & C. Zimmermann (2004): Risikoanalyse - ein Element des Küstenzonenmanagements. This issue.
- Garrelts, E., H. Harten, G. Hovers, F. Lucht, H. Oebius, F. Ohlmeyer, H. Rohde, J. Sindern, H.-J. Vollmers & V. Wigand (1973): Die Ausbauten der Mündungsstrecken der deutschen Tideströme und deren Einfluß auf die Sandbewegung. *Internationaler Schifffahrtskongreß*, 197-228.
- Grabemann, H.-J., I. Grabemann, D. Herbers & A. Müller (2001): Effects of a specific climate scenario on the hydrography and transport of conservative substances in the Weser estuary, Germany: a case study. *Climate Research* 18, 77-87.

- Hofstede, J. L. A. (1999): Das Wattenmeer- Struktur, Funktion und künftige Stabilität. Jahrbuch der Marburger Geographischen Gesellschaft e.V., 246-253.
- Irion, G. (1994): Morphological, sedimentological and historical evolution of Jade Bay, Southern North Sea. *Senckenbergiana maritima* 24, 171-186.
- Misdorp, R., F. Steyaert, F. Hallie & J. de Ronde (1990): Climate change, sea level rise and morphological developments in the Dutch Wadden Sea, a marine wetland. In: Beukema, J.J., et al. (eds): *Expected Effects of Climatic Change on Marine Coastal Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, 123-131.
- Niemeyer, H. D., R. Goldenbogen, E. Schroeder & H. Kunz (1995): Untersuchungen zur Morphodynamik des Wattenmeeres im Forschungsvorhaben WADE. *Die Küste* 57, 65-94.
- Niemeyer H. D. & R. Kaiser (1999): Mittlere Tidewasserstände. In: Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer & Umweltbundesamt (Hrsg.), *Umweltatlas Wattenmeer, Band 2 - Wattenmeer zwischen Elb- und Emsmündung*. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, 24-25.
- Schuchardt, B. & M. Schirmer (2003): Ansatz und Ziel des interdisziplinären Forschungsvorhabens "Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste" (KRIM). In: Daschkeit, A. & H. Sterr (Hrsg.): *Aktuelle Ergebnisse der Küstenforschung*. 20. AMK-Tagung Kiel, Berichte Forschungs- und Technologiezentrum Westküste d. Univ. Kiel 28, Büsum, 31-42.
- von Lieberman, N., I. Grabemann, A. Müller & S. Osterkamp (2004): Vergleichende Abschätzung von Effektivität und Nebenwirkungen verschiedener Reaktionsvarianten des Küstenschutzes an der Unterweser gegenüber einer Klimaänderung. In: Schuchardt, B & M. Schirmer (Hrsg.): *Klimaänderung und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion*. Springer Verlag, in press.
- Wetzel, V. (1987): Der Ausbau des Weserfahrwassers von 1921 bis heute. *Jb. Hafenbautechn. Gesellschaft* 42, 83-105.
- Wittig, S., D. Kraft, J. Meyerdirks & M. Schirmer (2004): Risikobewertung ökologischer Systeme an der deutschen Nordseeküste im Klimawandel. This issue.

## Address

Dr. Iris Grabemann  
Institut für Küstenforschung  
GKSS Forschungszentrum Geesthacht  
Postfach 1160  
21494 Geesthacht  
Germany

E-mail: [grabemann@gkss.de](mailto:grabemann@gkss.de)





## **Veränderung der Seegangsbedingungen an den Küsten von Jade und Weser als Folge der Klimaänderung**

### **Impact of Climate Change on the Wave Conditions in the Estuaries of Jade and Weser**

Stephan Mai & Claus Zimmermann

Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Universität Hannover, Germany

#### **Abstract**

While lots of research on the consequences of climate change was carried out with respect to the change of water levels and wind in the German coastal zone only few studies analysed the impact on waves and wave statistics so far. This may relate to the fact that no long-term records of wave parameters are available. However the knowledge of changes in wave load is essential when assessing the safety of coastal defence systems. Within this study the consequences of a scenario of climate change on the wave climate in the estuaries of Jade and Weser during storm surges are analysed using numerical modelling. As climate scenario an increase of water levels by 0.55 m, of the tidal range by 0,20 m and of wind speed by 7 % within the next 50 years is assumed. The numerical simulations carried out with the model SWAN for a storm surge in February 1999 and its scenario of climate change reveal that the significant wave height increases by up to 30 cm due to the rise in water level and 40 cm due to the rise in wind speed. The mean wave period increases by up to 0,5 s and 1 s respectively. Besides of this single storm surge event the statistics of wave conditions during storm surges are analysed. The significant wave height with a return period of 100 years increases with 0,1 m in the fair ways and with 0,25 m of the tidal flats. The mean wave period increases with 0,3 s and 0,5 s respectively.

#### **1 Einführung**

Für die Beurteilung der Sicherheit der deutschen Nordseeküste stellen die Wasserstands- und Seegangsbedingungen die entscheidenden natürlichen Randbedingungen dar (Mai und von Lieberman 2001). Infolge des globalen Klimawandel unterliegen diese hydraulischen Belastungen ebenfalls dem Wandel. Aus Pegelmessungen (z.B. bei Cuxhaven-Steubenhöft) folgt für den mittleren Tidehochwasserstand während der letzten 50 Jahre ein mittlerer jährlicher Anstieg von 2,6 mm/a. Gleichzeitig haben sich die Sturmflutwasserstände noch deutlicher erhöht, so ist das 90 %-Quantil des Tidehochwassers im gleichen Zeitraum um 3,3 mm/a gestiegen (Jensen et al. 2003). In den kommenden 50 Jahren wird eine Beschleunigung dieses Anstiegs erwartet. So ergibt sich nach Regionalisierung der Ergebnisse globaler Klimamodellierung bei Cuxhaven in 2050 ein um bis zu 50 cm erhöhter Tidehochwasseranstieg (von Storch und Reichhardt 1997).

Während zur Ableitung des Trends der Thw an den deutschen Küsten mit den Pegelmessung eine gute Beschreibung der Vergangenheit und mit den Regionalisierungen der Klimamodelle erste Prognosen vorliegen, ist der Trend der Seegangsbedingungen bisher aufgrund fehlender Langzeit-Messungen nur schlecht dokumentiert. Für die deutsche Bucht geben Weisse et al. (2003) während der letzten 50 Jahre einen mittleren Anstieg des 99 %-Quantils der signifikanten Wellenhöhe um 1,8 cm/a an. Untersuchungen zur Veränderung des küstennahen Seegangsklimas bei zukünftiger Klimaänderung sind hochaufgelöst bisher nicht erfolgt und werden im Folgenden beispielhaft für das Jade-Weser-Ästuar vorgestellt.

## 2 Modellierung des Seegang

Die Untersuchung der Seegangsbedingungen erfolgt mit dem phasengemittelten numerischen Modell Simulating Waves Nearshore SWAN (Booij et al. 1999) unter Verwendung einer im Hinblick auf die Prozesse Welle-Welle-Wechselwirkung und Bodenreibung geringfügig gegenüber der im Modell vorgegebenen Standardeinstellung geänderten Parametrisierung (Mai 2002), welche u.a. durch den Vergleich mit Bojenmessungen des Seegangs bei Robbensüdsteert in der Außenweser getestet worden ist (Mai et al. 2000). Die räumliche Auflösung des Modells beträgt 400 m und ist in einem eingebetteten Teilgebiet auf 200 m erhöht. Die Modellgrenzen sowie die Modellsteuerung sind in Abbildung 1 dargestellt. Das Seegangsspektrum ist an jedem Knoten des Berechnungsgitters mit 20 Stützstellen im Frequenzbereich und 18 Stützstellen der Seegangsrichtung aufgelöst. Dem Modell liegt eine auf der Grundlage von Peilungen der Jahre 1993 bis 1998 erstellte Bathymetrie zugrunde. Als Eingangssee-gang am nördlichen und westlichen Rand des Modells werden Berechnungen des operationellen Seegangmodells des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet (Behrens und Schrader 1994). Zur Modellierung der Seegangserzeugung erfolgt eine Vorgabe des Windes homogen über das Modellgebiet. Die numerischen Seegangssimulationen werden einerseits instationär zur Analyse der Wirkung des Klimawandels auf die Seegangssituation einzelner Tiden und andererseits stationär zur Analyse der Wirkung des Klimawandels auf die Seegangsstatistik durchgeführt. Die instationäre Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung der Wechselwirkung von Strömung und Seegang. Dazu werden die Ergebnisse von Grabemann et al. (2004) durchgeführter hydrodynamischer Simulationen mit dem Modell TRIM 3D als Zeitreihen von Wasserstand und Oberflächenströmung über das Modellgebiet vorgegeben. Die Anfangsbedingungen der instationären Seegangssimulation werden durch eine stationäre Berechnung des Wellenfeldes für den ersten Zeitschritt gewonnen.

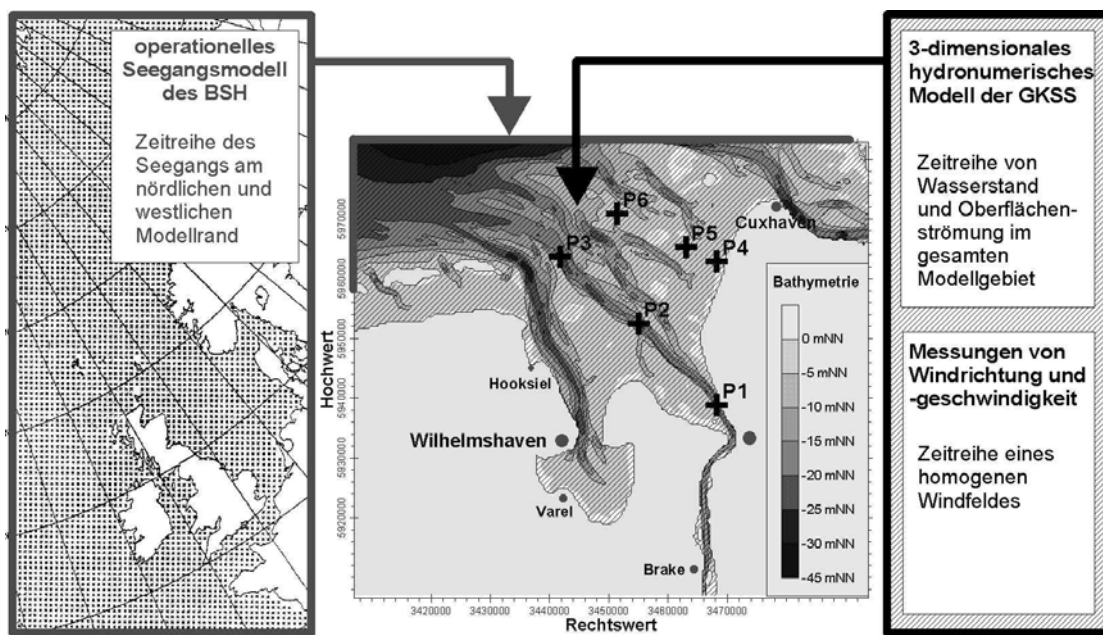


Abb. 1: Randbedingungen der numerischen Seegangmodellierung

Beispielhaft für die Sturmflut im Februar 1999, welche im Folgenden näher analysiert wird, sind die Randbedingungen der instationären Seegangssimulation in Abbildung 2 dargestellt. Der Maximalwert des Wasserstands (nördlich des Leuchtturms Alte Weser) beträgt ca. NN + 3,4 m, der der Windgeschwindigkeit 19,3 m/s bei einer Windrichtung aus WNW, der der signifikanten Wellenhöhe 4,3 m und der der Wellenperiode 13 s. Zur Analyse der Klimafolgen ist in Abbildung 2 außerdem ein Szenario der Randbedingungen gegeben. Der Wasserstand ist im Mittel um 0,55 m erhöht, wobei die Erhöhung des Tidehochwassers mit 0,65 m und die des Tideniedrigwassers mit 0,45 m angesetzt ist. Die

Windgeschwindigkeit ist im Klimaszenario um 7 % erhöht. Unter der Annahme von Tiefwasserbedingungen und ausgereifter Windsee am Modellrand gilt die Proportionalität  $H_s \propto u^2$  und  $T_m \propto u$  zwischen signifikanter Wellenhöhe ( $H_s$ ) und mittlerer Wellenperiode ( $T_m$ ) sowie der Windgeschwindigkeit ( $u$ ) (Ausschuß für Küstenschutzwerke 2002). Für das Klimaszenario ergibt sich so eine Erhöhung der signifikanten Wellenhöhe von 14,5 % und der mittleren Wellenperiode von 7 %.

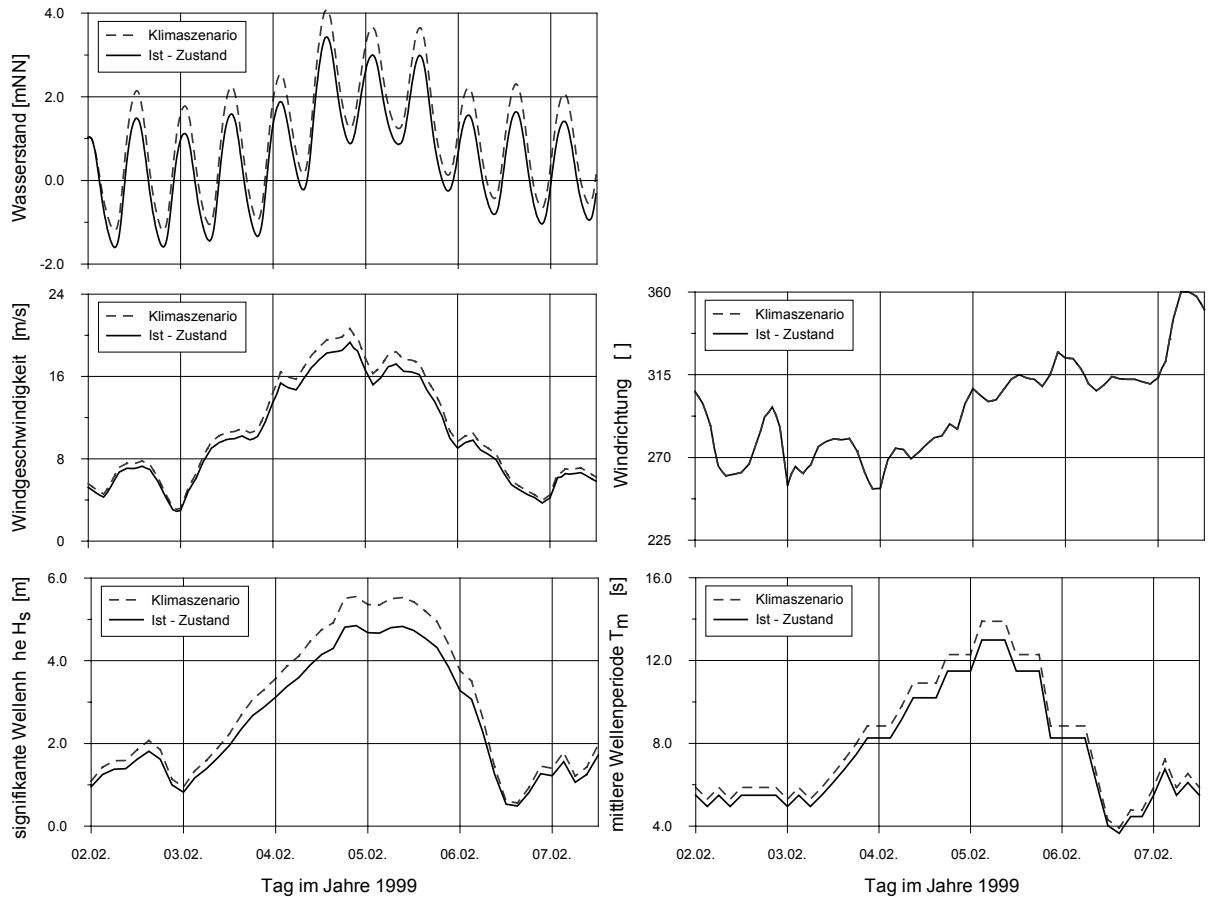


Abb. 2: Randbedingungen des Wasserstands (oben), Windes (Mitte) und Seegangs (unten) während einer Sturmflut (02.02.1999-07.02.1999) - Ist-Zustand und Klimaszenario

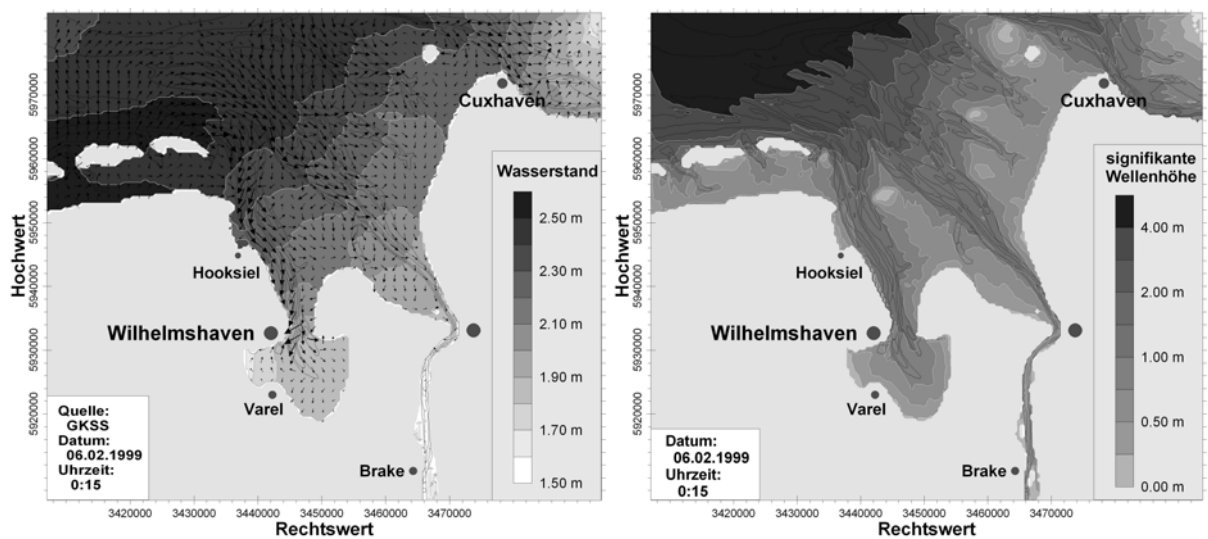


Abb. 3: Beispiel einer gekoppelten Simulation von Strömungen und Seegang



Ein Beispiel der instationären gekoppelten Strömungs- und Seegangssimulationen ist in Abbildung 3 für den Zeitpunkt des Tidehochwassers um Mitternacht zwischen dem 05.02.1999 und dem 06.02.1999 gezeigt. Die Seegangsausbreitung in das Ästuar erfolgt vorwiegend in den Fahrrinnen von Jade und Weser. Über den Wattflächen des Hohe Wags und des Wurster Watts wird die einlaufende Seegangsenergie infolge tiefeninduzierten Brechens stark reduziert.

Zur Analyse der Statistik des Seegangs während Sturmfluten wird den Randbedingungen von Wasserstand sowie Wind und Seegang ihre Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet. Ein Beispiel dieser Zuordnung ist in Elsner et al. (2004) gegeben.

### 3 Wirkung des Klimawandels auf die Seegangsentwicklung bei Sturmflut

Die Wirkung des Klimawandels auf die Seegangsentwicklung bei Sturmflut erfolgt durch Vergleich der für die Sturmflut 1999 und ihr Klimaszenario durchgeführten numerischen Simulationen.

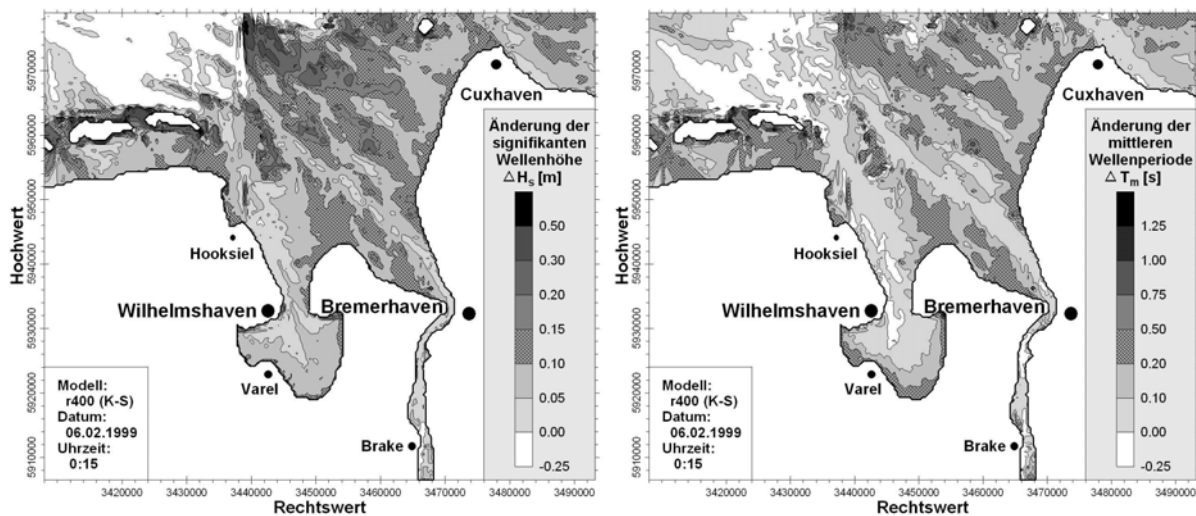


Abb. 4: Veränderung charakteristischer Seegangparameter bei einem mit dem Klimawandel verbundenen Wasserstandsanstieg - signifikante Wellenhöhe (links) und mittlere Wellenperiode (rechts)

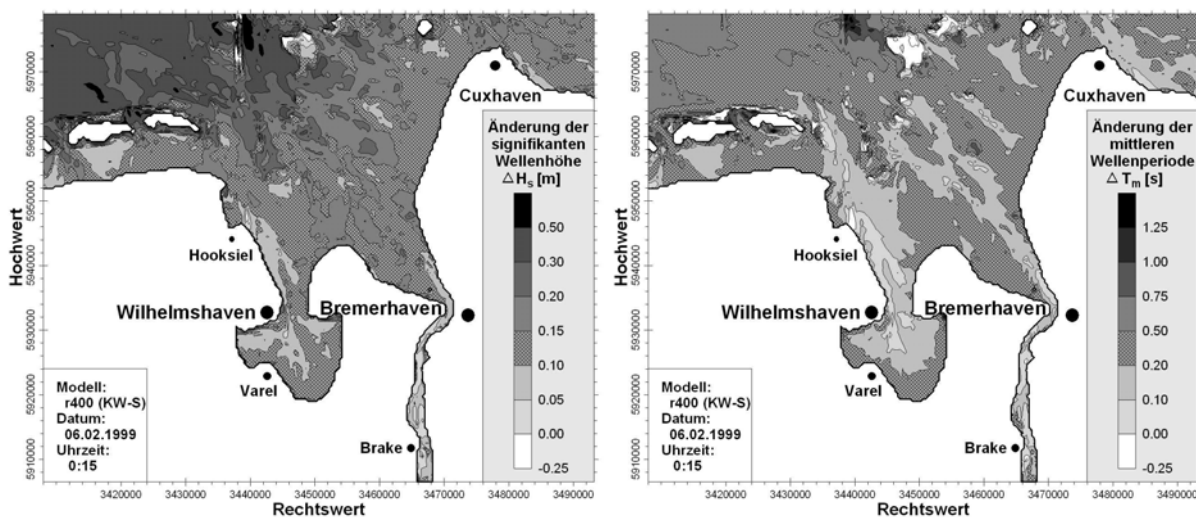


Abb. 5: Veränderung charakteristischer Seegangparameter bei einem mit dem Klimawandel verbundenen Wasserstandsanstieg bei gleichzeitiger Intensivierung des Windes - signifikante Wellenhöhe (links) und mittlere Wellenperiode (rechts)

Für den in Abbildung 3 dargestellten Zeitpunkt sind die sich als Wirkung eines Wasserstandsanstiegs und einer Intensivierung der Windgeschwindigkeit bei Klimawandel ergebenden Differenzen in signifikanter Wellenhöhe und mittlerer Wellenperiode in Abbildung 4 und 5 wiedergegeben. Nach Abbildung 4, welche die Differenz der Seegangparameter für einen mit dem Klimaszenario verbundenen Wasserstandsanstieg ohne Intensivierung des Windes und der Seegangparameter während der Sturmflut 1999 wiedergibt, ergeben sich die größten Änderung der Seegangparameter in den Flachwassergebieten des Rückseitenwatts südlich Wangerooe, des Hohe Wegs und des Wurster Watts aufgrund der geringeren Dissipation durch tiefeninduziertes Brechen. In den Fahrrinnen von Jade und Weser ist bei einem reinen Wasserstandsanstieg mit einem nur sehr geringen Anstieg zu rechnen. Über den Wattflächen ergibt sich zu Beginn des 06.02.1999 ein Anstieg der signifikanten Wellenhöhe von etwa 0,2 m und der mittleren Wellenperiode von ca. 0,2 m.

Zum Vergleich mit der in Abbildung 4 wiedergegebenen Wirkung einer reinen Wasserstandserhöhung ist in Abbildung 5 die Differenz der Seegangparameter für eine gleichzeitig mit dem Wasserstandsanstieg erfolgende Intensivierung des Windes bzw. des Eingangsseegangs und der Seegangparameter während der Sturmflut 1999 dargestellt. Die Zunahme der charakteristischen Seegangparameter ist nicht nur auf die Flachwasserbereiche des Modellgebiets begrenzt, sondern erstreckt sich wegen des höheren Eingangsseegangs auch auf das Tiefwasser.

Die zeitliche Entwicklung des Seegangs an verschiedenen Positionen in der Außenweser bzw. im Wurster Watt ist für die in Abbildung 2 gegebenen Randbedingungen in Abbildung 6 bzw. 7 dargestellt. Während in der Außenweser ein mit einer Intensivierung des Windes einhergehender Wasserstandsanstieg eine Zunahme der signifikanten Wellenhöhe im Mittel von 12 % und der mittleren Wellenperiode von 6 % bewirkt, beträgt über dem Watt die Zunahme der signifikanten Wellenhöhe im Mittel 25 % und der mittleren Wellenperiode etwa 13 %.

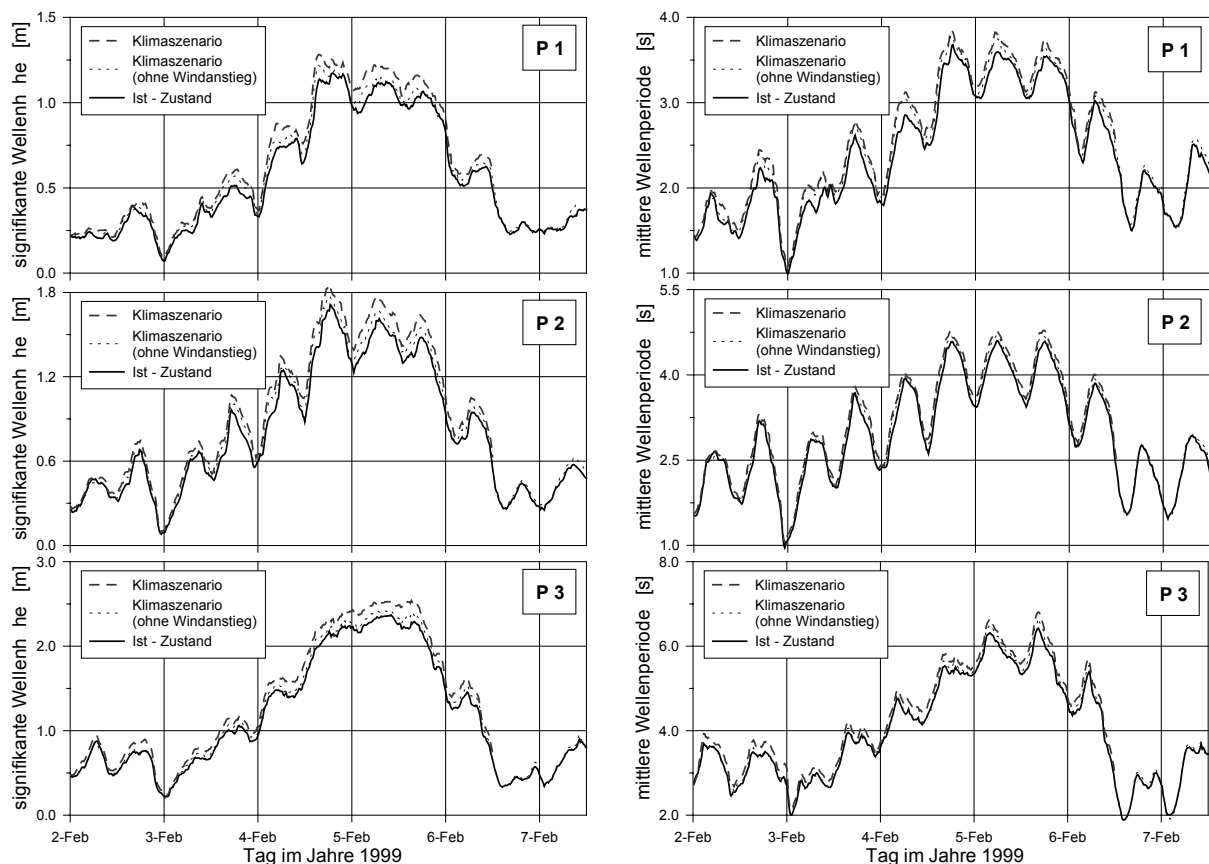


Abb. 6: Zeitreihe der in der Fahrrinne der Außenweser zu erwartenden Veränderung charakteristischer Seegangparameter bei Klimawandel - signifikante Wellenhöhe (links) und mittlere Wellenperiode (rechts)

Im Vergleich dazu führt ein klimaänderungsbedingter Wasserstandsanstieg ohne Intensivierung des Windes in der Außenweser im Mittel zu einer Zunahme der signifikanten Wellenhöhe um 5 % und der mittleren Wellenperiode um 2 %. Über dem Wurster Watt nimmt die signifikante Wellenhöhe im Mittel um 18 % und die mittlere Wellenperiode um 10 % zu.

In der Fahrrinne der Außenweser geht die Änderung des Seegangs demzufolge im Wesentlichen auf die Intensivierung des Windes zurück, während über dem Watt dem Wasserstandsanstieg die größere Bedeutung zukommt.

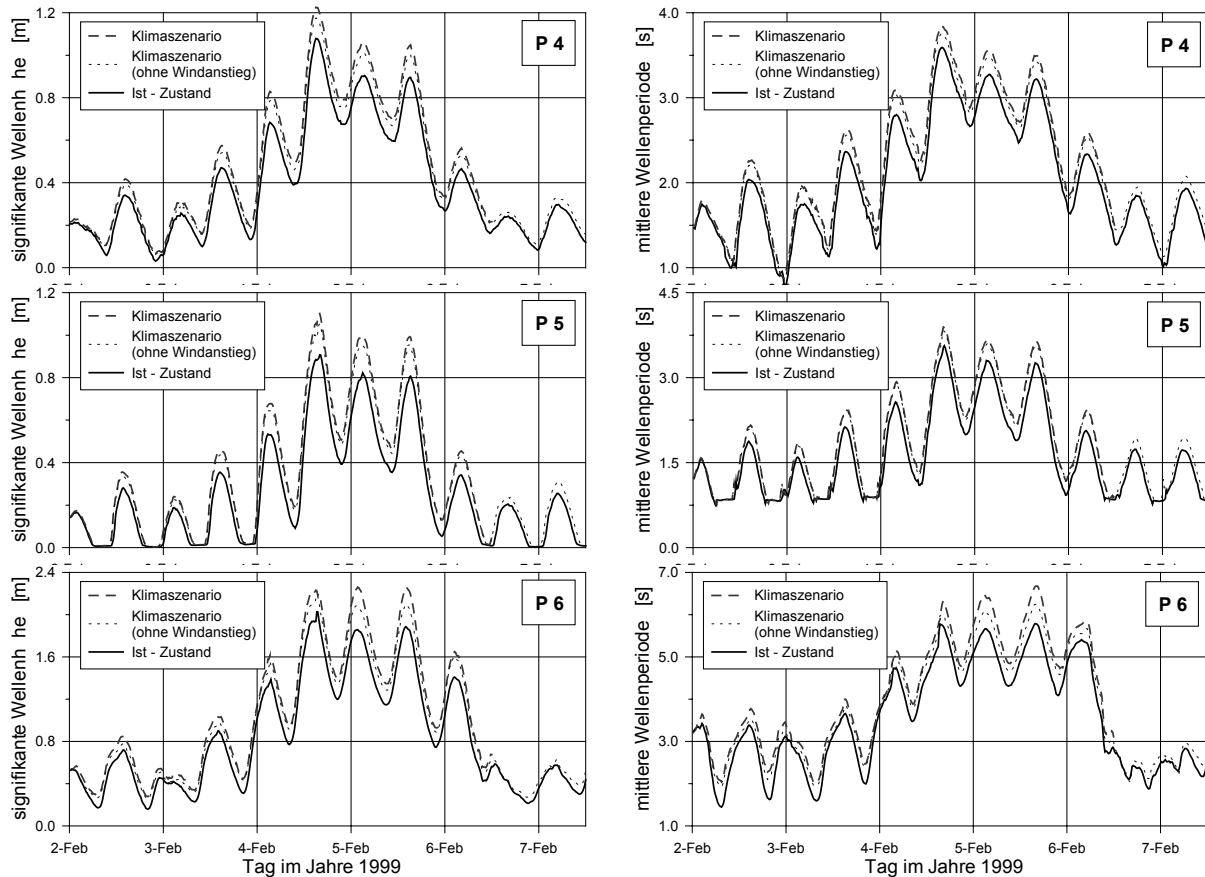


Abb. 7: Zeitreihe der über dem Wurster Watt zu erwartenden Veränderung charakteristischer Seegangsparameter bei Klimawandel - signifikante Wellenhöhe (links) und mittlere Wellenperiode (rechts)

#### 4 Wirkung des Klimawandels auf die Seegangstatistik während Sturmfluten

Auch die Analyse der nach einer von Mai und Zimmermann (2003) beschriebenen Methodik berechneten Seegangstatistik bestätigt die größere Bedeutung des Wasserstandsanstiegs über den Wattflächen und der Intensivierung des Windes im Bereich der Fahrinnen. Die Abbildung 8 verdeutlicht dies exemplarisch für eine Lokation in der Fahrrinne der Weser bei Bremerhaven und über dem Watt nördlich von Solthörn. Während derzeit vor Bremerhaven der Seegang einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von 1/100 eine signifikante Wellenhöhe von 1,2 m und eine mittlere Wellenperiode von 6,1 s aufweist, beträgt die Wellenhöhe gleicher Jährlichkeit bei einem klimabedingten Wasserstandsanstieg 1,25 m und die Wellenperiode 6,2 s. Eine Intensivierung des Windes führt vor Bremerhaven zu einer Erhöhung der Wellenhöhe auf 1,35 m und 6,5 s. Über dem Watt vor Solthörn weist die Seegangstatistik derzeit eine 100-jährliche signifikante Wellenhöhe von 1,1 m und eine mittlere Wellenperiode von 6,0 s auf. Bei einem klimabedingten Wasserstandsanstieg bzw. einer zusätzlichen Intensivierung des Windes erhöht sich die Wellenhöhe auf 1,2 m bzw. 1,25 m und die Wellenperiode auf 6,3 s bzw. 6,5 s.

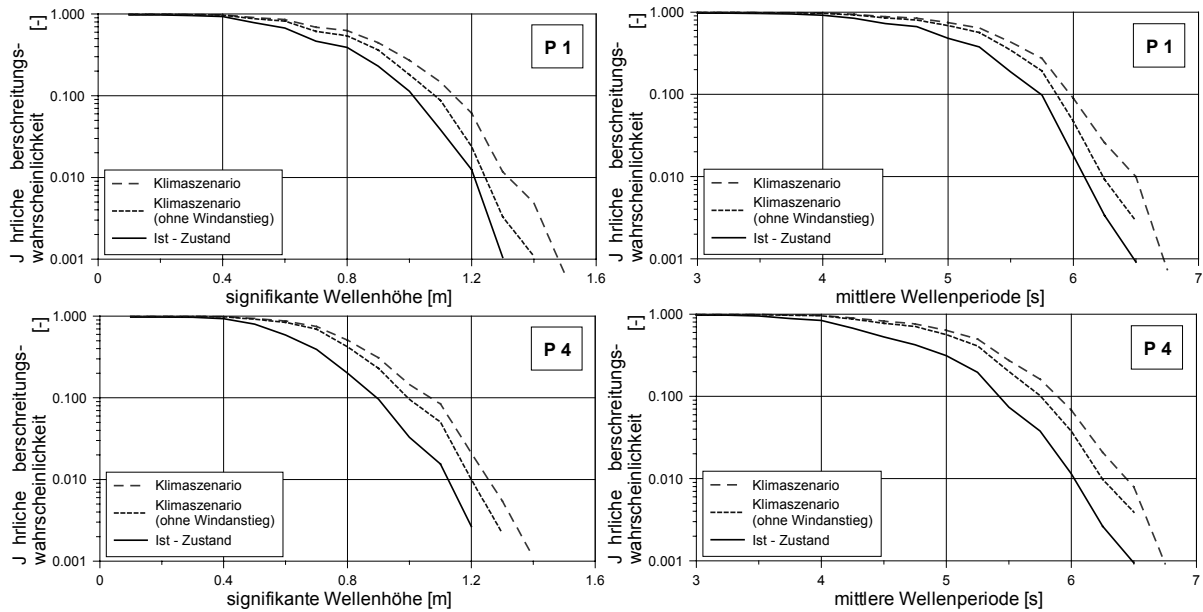


Abb. 8: Jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von signifikanter Wellenhöhe (rechts) und mittlerer Wellenperiode (links) in der Außenweser bei Bremerhaven und über dem Watt nördlich Solthörn - Ist-Zustand und Klimaszenario

## 5 Zusammenfassung

Mit dem Klimawandel werden sich neben der meteorologischen Situation und dem Wasserstand außerdem die Seegangsbedingungen in Küstengewässern in erheblichem Maße ändern. In den Fahrrinnen wird diese Änderung bestimmt durch die Intensivierung des Windes. In den Flachwassergebieten des Watts ist der Wasserstandsanstieg der dominierende Faktor. Aufgrund der zu erwartenden Erhöhung der signifikanten Wellenhöhe um bis zu 25 % und der mittleren Wellenperiode um bis zu 13 % ist die Änderung der Seegangsverhältnisse bei der Beurteilung der Sicherheit von Küstenschutzanlagen bei Klimawandel nicht zu vernachlässigen.

## Danksagung

Die vorgestellten Ergebnisse sind im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste“ ([www.krim.uni-bremen.de](http://www.krim.uni-bremen.de)) durch das Teilprojekt „Klimaänderung und Küstenschutz“ (Projektkennzeichen: 01 LD 0014) erarbeitet worden. Die Autoren danken besonders I. Grabemann und H.-J. Grabemann (beide GKSS, Geestacht) für die Zusammenarbeit bei der Kopplung von Seegangs- und Strömungssimulationen.

## Literatur

- Ausschuß für Küstenschutzwerke (2002): Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken durch den Ausschuß für Küstenschutzwerke, Die Küste, H. 65, 589 S., Heide i. Holstein.
- Behrens, A., Schrader, D. (1994): The Wave Forecast System of the “Deutscher Wetterdienst“ and the “Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie“: A Verification Using ERS-1 Altimeter and Scatterometer Data. Deutsche hydrographische Zeitschrift, Vol. 46, No. 2, S. 131-149, Hamburg.
- Elsner, A., Mai, S., Zimmermann, C. (2004): Risk Analysis Applied in Integrated Coastal Zone Management, Coastline Reports, Nr. 1 (dieser Band)

- Grabemann, H.-J., Grabemann, I., Eppel, D. P. (2004): Climate Change and Hydrodynamic Impact in the Jade-Weser Area: Case Study, Coastline Reports, Nr. 1 (dieser Band)
- Mai, S. (2002): Seegangsausbreitung in Hever und Heverstrom. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 87, S. 98-141, Hannover.
- Mai, S., v. Lieberman, N., Fittschen, T., Bartels, K. (2000): Seegang in der Weser vor Bremerhaven - Ein Vergleich von Naturmessung und numerischer Simulation. HANSA-Schiffahrt-Schiffbau-Hafen, Jg. 137, H. 9, S. 278-281, Hamburg.
- Mai, S., v. Lieberman, N. (2001): Sturmflutgefährdung der Hafenstadt Bremerhaven: Eine Risikoanalyse, Tagungsband der 18. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“, Vechta, Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft, Bd. 22, S. 84-100, Vechta.
- Mai, S., Zimmermann, C. (2003): Risk Analysis - Tool for Integrated Coastal Planning, Proc. of the 6th Int. Conf. on Coastal and Port Engineering in Developing Countries COPEDEC, CD-ROM, Colombo, Sri Lanka.
- von Storch, H. Reichardt, H. (1997): A Scenario of Storm Surge Statistics for the German Bight at the Expected Time of Doubled Atmospheric Carbon Dioxide Concentration. Journal of Climate, 10, Nr. 10, S. 2653-2662.
- Weisse, R., Feser, F. Günther, H. (2003): Wind- und Seegangsklimatologie 1958 – 2001 für die südliche Nordsee basierend auf Modellrechnungen. GKSS-Report, 32 S., Geesthacht.

## Adresse

Dipl.-Phys. Dipl.-Ing. Stephan Mai  
Universität Hannover  
Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen  
Nienburger Str. 4  
30165 Hannover

E-mail: [smai@zfn.uni-bremen.de](mailto:smai@zfn.uni-bremen.de)



## **Public perception of coastal flood defence and participation in coastal flood defence planning**

Gunilla Kaiser & Daniel Witzki

Department of Geography, University of Kiel, Germany

### **Abstract**

In the North Sea Region, approx. 16 million people live in coastal lowlands that are in danger of being flooded during storm floods. To maintain present safety standards, despite increasing natural and socio-economic pressures, long-term investments are inevitable. The awareness of the risk of coastal flooding and the perception of coastal defence strongly influence policies and strategies.

People that are aware of the risks will accept this. Further, an aware coastal population will react faster and better organised in case of an emergency. In order to maintain an adequate level of public awareness, it is necessary to further develop respective instruments and apply them more intensively, e.g., information tools, flood warning systems. One way to achieve awareness is public participation or rather, active involvement of the people in the planning process.

This study will focus on analysis and comparison of public perception of coastal flood defence in the countries participating in the project COMRISK, an INTERREG III B project, financed by the EU: Denmark, Germany, The Netherlands, Belgium and The United Kingdom. Furthermore an investigation and evaluation of methods to improve public perception of the risks of coastal flooding as well as participation in coastal flood defence will be done.

### **1 Introduction**

#### **1.1 INTERREG III B project COMRISK**

In the North Sea Region, approx. 16 million people live in coastal lowlands that are in danger of being flooded during storm surges. Severe storm floods took place in the North Sea Region in the past and the risk is still present. Especially in consideration of climate change a management of this risk is inevitable.

The transnational project COMRISK (Common Strategies to Reduce the Risk of Storm Floods in Coastal Lowlands) is conducted by national and regional coastal defence authorities in the North Sea Region. The project aims to improved risk management for coastal flood prone areas by means of a transfer and evaluation of knowledge and methods as well as pilot studies. The project runs from 2002 to 2005 and is co-financed by the Community Initiative Programme INTERREG III B North Sea Region of the European Union.

COMRISK is divided into an umbrella project and nine subprojects. The project is led by the Schleswig-Holstein State Ministry of the Interior which co-ordinates the umbrella project and the subprojects. Each subproject is led by a Project Partner.

#### Evaluation Studies:

**SP1** Policies and Strategies. National Institute of Coastal and Marine Management (RIKZ), The Netherlands

**SP2** Risk Assessment for Strategic Planning. Environment Agency, United Kingdom

**SP3** Perception and Participation. Schleswig-Holstein State Ministry of the Interior (IM), Germany

**SP4** Performance of Flood Risk Management Measures. Environment Agency, United Kingdom

**SP5** Boundary Conditions. Road and Hydraulic Engineering Division (DWW), The Netherlands

#### Pilot Studies:

**SP6** Flanders. Ministry of the Flemish Community, Waterways and Maritime Affairs Administration, Coastal Waterways Division (WWK), Belgium

**SP7** Wadden Sea. Danish Coastal Authority, Denmark

**SP8** Lincolnshire. Environment Agency, United Kingdom

**SP9** Langeoog. Lower Saxony Water Management and Coastal Defence Agency (NLWK), Germany

This article gives an introduction to the ongoing work of **SP3 (Public Perception of Coastal Flood Defence and Participation in Coastal Flood Defence Planning in the North Sea Region)**. The subproject runs from 01.05.2003 until 30.09.2004 and is commissioned and financed by the Schleswig-Holstein State Ministry of the Interior. It is carried out by the Department of Coastal Geography of the University of Kiel (Prof. Dr. Horst Sterr, Gunilla Kaiser and Daniel Witzki), associated partners are the Research- and Technology Centre Westcoast, Büsum (Dr. Andreas Kannen) and the Disaster Research Unit of the University of Kiel (Dr. Wolf Dombrowsky).

## 1.2 Objectives of Subproject 3

To maintain an adequate level of safety in flood-prone coastal zones and to develop effective political measures the perception of risk of storm floods is an important issue. As the awareness of risk strongly influences policies and the acceptance of coastal defence measures it is part of an integrated risk management. Furthermore coastal flood defence measures are supposed to be more accepted if people take part in the planning progress.

The objectives of the Subproject 3 are:

- Analysis of the present state of public perception and participation in the partner regions
- Investigation and evaluation of methods to improve public perception of and participation in coastal flood defence
- Recommendations for methods to improve public perception of the risks of coastal flooding as well as public participation in coastal flood defence

## 2 Results

### 2.1 Methodology

An analysis of the risk perception allows a description of the present situation. An assessment implies an evaluation of risk from the point of view of the concerned - taking into account common aims, personal features, cultural and social backgrounds. The awareness of the risk of coastal flooding and the perception of coastal defence in the population strongly influence policies and strategies. People who are aware of the risks will probably accept this and could help to reduce the risk of flooding.

The crucial point to improve the awareness is information. Information about risks can be of different origin, the working-up depends on risk-communication. Influencing factors on risk perception are threat as well as the familiarity of events. This means that not only a statistical expectancy but also a

personally perceived worst-case is relevant for risk perception. In order to maintain an adequate level of public awareness, it is necessary to further inform the people and to develop respective instruments, e.g. information tools and flood warning systems.

One way to achieve awareness is public participation of the people in the planning process of Integrated Coastal Zone Management (ICZM). Active involvement in planning procedures leads to shared responsibilities and higher acceptance of measures.

Participation of people in common issues is a basic principle of democratic communities. The implementation of sustainable development requires new strategies of public relation and conflict management to integrate different ecological, economical and social interests. For this purpose participation methods have been developed in the last 20 years. These methods serve as instruments to induce a balance of interests between stakeholders.

Participation methods are based on voluntariness, transparency, common accessibility and public engagement. Participation can be legal as well as informal.

There are several instruments available: To solve problems mediation can be chosen. For creative development a future workshop is a good choice. Strategic programs in spatial planning can be discussed with all stakeholders at a round table.

Public participation is one way to influence awareness and acceptance. The degree of risk perception is an essential prerequisite for public participation.

## 2.2 Survey

The perception of the risk of storm floods is charged by a randomly sampled questionnaire-based household survey in selected areas in the COMRISK partner regions.

The following flood-prone areas (figure 1), which are situated directly at the coast and which are of touristic significance were chosen:

Belgium: Oostende

Denmark: Ribe

Germany: St. Peter-Ording

The Netherlands: Gemeente Sluis (Breskens, Cadzand, Cadzand-Bad)

United Kingdom: Skegness



Fig. 1: Areas of investigation



The empirical instrument is a standardised questionnaire which contains twelve questions about risk perception, nine questions about participation and three questions concerning demographic data.

2.000 questionnaires were distributed, 400 in each area, in Oostende, Ribe, St. Peter-Ording, Gemeente Sluis and Skegness. The questionnaires were translated into Dutch, Danish and English, so that they can easily be filled out by all inhabitants.

The questionnaires were distributed personally with prepaid envelopes to randomly selected households. In order to obtain comparable samples in all areas small spots were selected. 1/3 of the questionnaires were distributed in the town centre, 1/3 close to the dike or dunes and 1/3 in districts with longer distance from the sea. The distribution of the questionnaires was accompanied by a press release, which was sent to local newspapers, containing information about the purpose of the questioning. This press release was also made to raise the amount of answered questionnaires.

Assuming that the perception of the risk of storm floods is different within and between the areas of investigation, representative results should be gained. Different regional conditions, historical and actual disasters and the degree of participation as well as the flow of information are important for the perception of risk. In addition to compare the framework in the areas it should be considered to what degree the risk of a storm flood is felt as a threat and to what degree people feel affected. These parameters are an assumption for the individual contentedness concerning participation and the acceptance of a remaining risk.

The following questions resume the main topics required for an analysis:

- *To what extent are storm surges considered as a threat / risk?*
- *To what extent is risk accepted?*
- *What are the regional distinctions of risk awareness?*
- *How can risk perception be improved?*
  
- *What kind of participation methods are available and are there practical experiences?*
- *What extent of participation is effective?*
- *Is there a demand for more participation?*
- *What are the differences of participation methods in the partner regions?*
- *How can participation procedures be improved?*

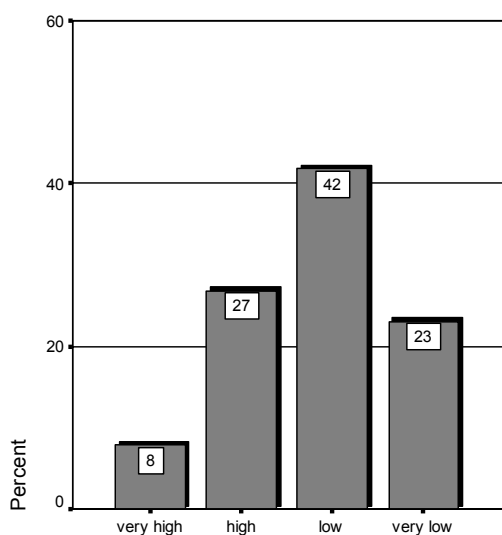
### 2.3 Draft results

In total 411 (20,6%) of the 2000 questionnaires were sent back. The number of returned questionnaires differs from country to country.

Area	distributed questionnaires	answers	answers in %
Belgium	400	110	27,5%
Denmark	400	89	22,3%
Germany	400	85	21,3%
The Netherlands	400	82	20,5%
United Kingdom	400	45	11,3%
Total	2000	411	20,6%

Tab. 1: Rate of returned questionnaires

In the following a few draft results will be presented.



The draft results in figure 2 are an example for the average opinion in the resumed research areas of the entire COMRISK-region. People were asked to make an assessment on a scale with four steps, reaching from *very high* till *very low*. Two thirds of the people estimate the probability of a coastal flooding to be *low* or *very low*. The rest of the interviewees consider this threat to be *high* or even *very high*. This result leads to another question: Do people take precautions for a storm flood?

Fig. 2: Question: How high do you estimate the probability of a coastal flooding?

The answers to the question in figure 3 show, that there is a large gap between the risk perception and the resulting activity: Only seven percent of the people take protective measures. An additional open question brought up, that the measures named most frequently were settlement outside the flood-prone area, protection of the building and the availability of an emergency equipment.

Fig. 3: Question: Have you taken personal measures to be generally prepared for a storm flood?

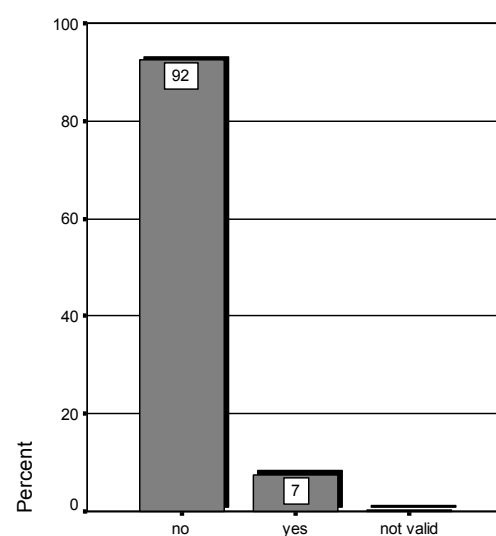


Figure 4 demonstrates the differences in public awareness and the level of information concerning storm floods in the five research areas: The only region, where a majority of the people feel sure about what to do in case of a coastal flooding is Denmark. The reason seems to be the degree of information concerning the case of flooding that has reached the population: A more detailed, additional question revealed a noticeably high publicity of a published information plan with clear information about what to do in case of emergency. This fact gives an important example how safety can be increased by influencing the peoples' risk awareness.

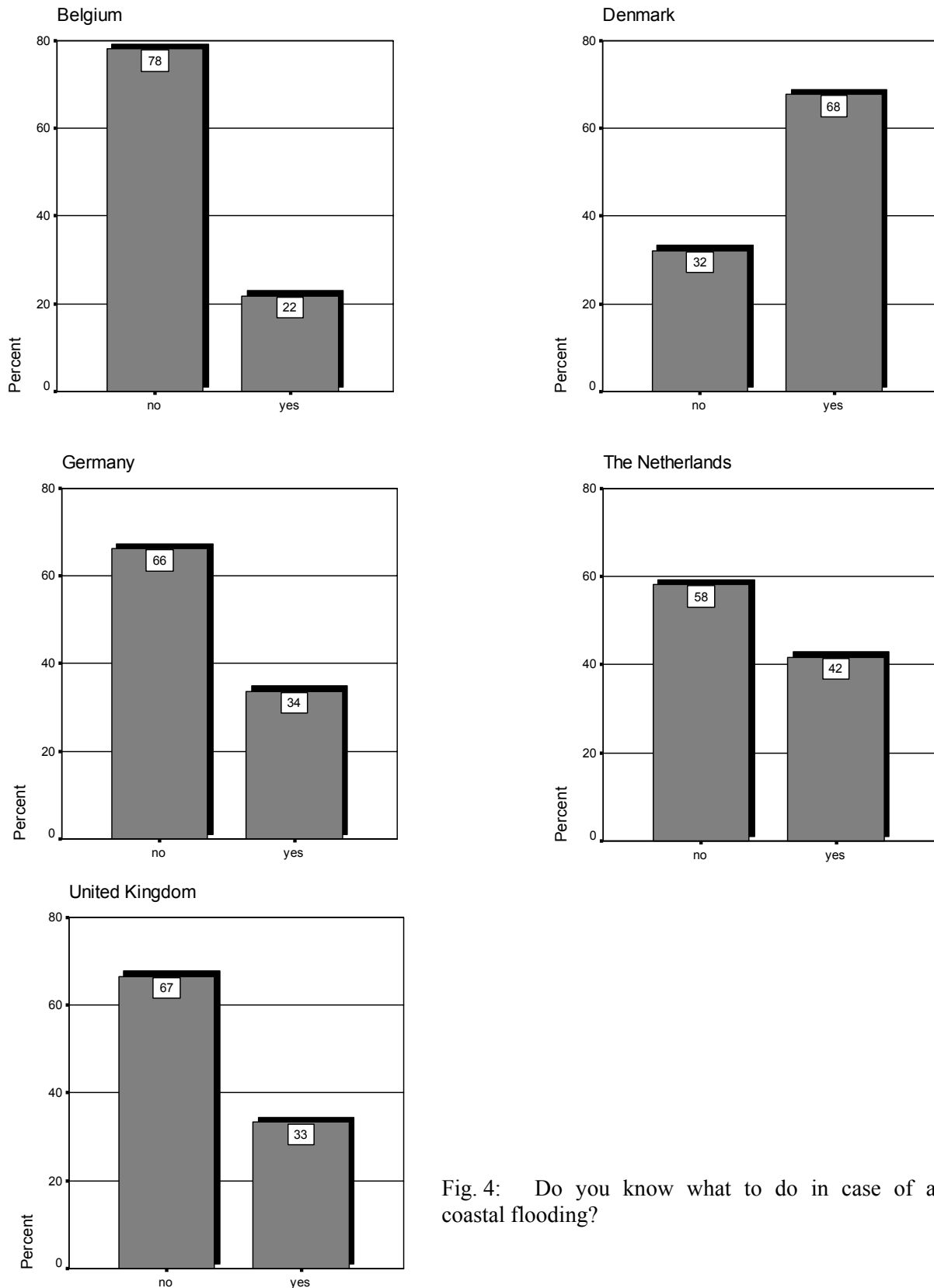
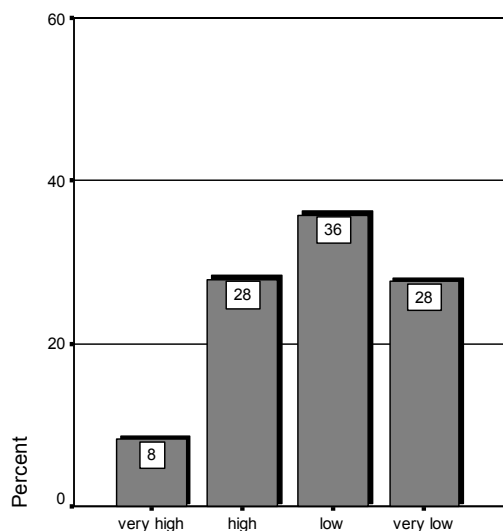


Fig. 4: Do you know what to do in case of a coastal flooding?

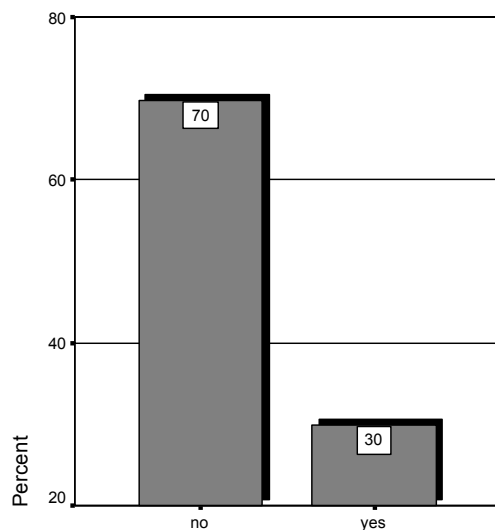


Generally, the majority of the public does not want to be involved in the planning process of coastal protection. 64 percent rate their interest *low* or *very low*. But if it is taken into consideration that a total of one third of the interviewees has a *high/ very high* interest in being involved in the planning process, there are obviously a sufficient number of potential participants for a participation procedure in the flood-prone areas. How many people in fact took part in a planning progress is another question that will be evaluated later.

Fig. 5: Are you interested in being actively involved in the planning process of coastal protection matters?

The following result shows, that not only the interest for participation is relevant (figure 6). 70 percent of the interviewed people are not aware of a possibility to represent their opinion. Only one of these possibilities is a formal participation process: An additional question revealed, that private initiatives - in interest groups or on a private basis - are much more often considered to be a successful option than a formal or informal participation procedure.

Fig. 6: Do you know a possibility to represent your opinion, if you do not agree with the decisions of the coastal protection authorities?



### 3 Discussion

The investigated state of awareness of the risk of coastal flooding within the population shows, that this awareness in the range from *very high* till *very low* can be found in all research areas. The draft results allow a prospect of the projects aim to increase safety in case of coastal flooding: The improvement of risk perception is one way to achieve more safety because a large majority of the interviewed people do not know what to do in case of a dike breach while at the same time one third expressed their interest in being actively involved in the planning process of coastal defence measures. People that are aware of the risks will probably accept this and could help to reduce the risk of flooding. Further, an aware coastal population will react faster and better organised to an emergency. As awareness decreases with time that has passed since the last calamity, it is important to maintain a high level of information concerning the threat. Moreover active involvement in planning procedures leads to shared responsibilities and higher acceptance of measures. The instruments, that are currently developed in this project, e.g. information tools and flood warning systems as well as active involvement in planning procedures, are obviously an auspicious way to increase safety for the case of coastal flooding. The evaluation of these information tools and the significance of participation in the planning process will be accomplished by expert interviews.

The final results of COMRISK, including a synthesis of all subprojects, will be presented at the international COMRISK2005 conference in Kiel, Germany. For further information on the project visit: [www.comrisk.org](http://www.comrisk.org).

## References

- Becker, U. et al. (1993): Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung. Bayerische Rückversicherung (ed.). Gesellschaft und Unsicherheit, München, 250 p.
- Hofstede, J.L.A. (2001): Participatory planning in coastal defence: A pilot study from the Baltic Sea Coast of Germany. In: Proc. 36th DEFRA Conference of River and Coastal Engineers, London, 7p.
- Hollenstein, K. (1997): Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken, Zürich, 220 p.
- Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein (2003): Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein, Kiel, 35p.
- Jungermann, H. & Slovic, P. (1997): Die Psychologie der Kognition und Evaluation von Risiko. In: Bechmann, G. (ed.): Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung, Opladen, pp. 167-207
- Karger, C. R. (1996): Wahrnehmung und Bewertung von „Umweltrisiken“. Was können wir aus der Forschung zu Naturkatastrophen lernen? In: Forschungszentrum Jülich (ed.): Arbeiten zur Risiko-Kommunikation 57, Jülich, 70 p.
- Markau, H.- J. (2003): Risikobetrachtung von Naturgefahren. Berichte, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der CAU Kiel 31, Büsum, 285p.
- Ministry of Transport, Public Works and Water Management (2001): Flooding risk in coastal areas. Risks, safety levels and probabilistic techniques in five countries along the North Sea coast, Delft, 27p.
- Porst, R. (1998): Im Vorfeld der Befragung: Planung, Fragebogenentwicklung, Pretesting. In: ZUMA (ed.). Arbeitsbericht 98/02, Mannheim, 41 p.
- Plapp, T. (2001): Perception and Evaluation of Natural Risks. Interim report on first results of a survey in six districts in Germany. Risk Research and Insurance Management Working Paper No. 1, Karlsruhe, 11p.
- Reese, S., Markau, H.-J. und Sterr, H. (2003): MERK - Mikroskalige Evaluation der Risiken in überflutungsgefährdeten Küstenniederungen. Forschungsprojekt im Auftrag des BMBF und MLR (unveröffentlichter Endbericht), 156 p.
- Sterr, H., Klein R. und Reese, S. (2003): Climate Change and Coastal Zones: An Overview on the state-of-the-art of Regional and Local Vulnerability Assessments. In: Giupponi, C. & Shechter, M. (eds.): Climate Change in the Mediterranean. Cheltenham, Nothampton, pp. 245-278
- Weichselgartner, J. (2001): Naturgefahren als soziale Konstruktion. Dissertation an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 234p.

## Address

Dipl. Geogr. Gunilla Kaiser  
 Department of Geography  
 Ludewig-Meyn-Str. 14  
 24118 Kiel  
 Germany

E-mail: kaiser@geographie.uni-kiel.de

Dipl. Geogr. Daniel Witzki  
 Department of Geography  
 Ludewig-Meyn-Str. 14  
 24118 Kiel  
 Germany

E-mail: witzki@geographie.uni-kiel.de



## A new coastal defence master plan for Schleswig-Holstein

Jacobus Hofstede

Schleswig-Holstein State Ministry of the Interior, Kiel, Germany

### Abstract

Schleswig-Holstein has a coastline of 1,190 km and about 3,800 km<sup>2</sup> of flood-prone coastal lowlands. In these lowlands, which represent almost 25% of total surface area, 345,000 people live and economic assets worth of 46 billion Euros are concentrated.

In the year 2001, the State Government of Schleswig-Holstein adopted a new master plan: "integrated coastal defence management in Schleswig-Holstein". The plan was established to protect the flood-prone coastal lowlands in Schleswig-Holstein against the destructive forces of the sea, particularly with regard to the expected increase in the rate of sea level rise. It contains the general concept for coastal risk management in Schleswig-Holstein in the coming decades.

For the first time in Germany, a master plan for one sector was established on the basis of the ICZM-principles, e.g., a (sector) vision as well as ten deduced (integrated) development goals for coastal defence were defined. After a description of the contents of the plan, this paper will focus on the steps taken to involve stakeholders and population in the process of plan development and implementation.

### 1 Introduction

Schleswig-Holstein, the German state between two seas, has a coastline of 1,190 km and about 3,800 km<sup>2</sup> of flood-prone coastal lowlands (Fig. 1). In these lowlands, which represent almost 25% of total surface area, 345,000 people live and economic assets worth of 46 billion Euros are concentrated (Hofstede & Hamann 2000). Further, the yearly gross value added in these lowlands amounts to about 8.5 billion Euros. In comparison, the yearly expenditures for coastal defence (flood defence and protection) are in the order of 0.045 billion (45 million) Euros.

These figures may underline the importance of protection against the forces of the sea (flooding and erosion) in Schleswig-Holstein. In recognition, the State Government adopted, in the year 2001, a new master plan: "Integrated Coastal Defence Management in Schleswig-Holstein" (IM Schleswig-Holstein 2001). It contains the strategies and the financial concept for coastal defence in the coming decades. For the first time in Germany, a master plan for one public sector was established applying the EU-principles on ICZM (European Commission 2002).

The plan contains 9 chapters. After a short introduction, vision and goals of coastal defence in Schleswig-Holstein are presented. Chapter three contains a description of the physiographic and socio-economics characteristics of the coastal defence planning area. Next, the general boundary conditions, e.g. responsibilities and legal aspects, are elaborated. The central part of the plan (Ch. 5 and 6) deals with the main public measures and techniques to maintain the safety standards. The measures that, after a safety check, received high priority are listed in Chapter 7 with their respective costs. How the Schleswig-Holstein coastal defence administration integrates the ICZM-principles (see above) or, rather, the modern societal demands in their planning and managing is explained in the next chapter. The plan ends with an outlook.



Fig. 1: Coastal flood-prone lowlands in Schleswig-Holstein.

This article contains a description of the main contents of the master plan (Chapter 2). A discussion of how the ICZM-principles are considered follows (Chapter 3). This includes the steps taken to involve stakeholders and population in the process of plan development and implementation.

## 2 The master plan

In Germany, public coastal defence is implemented by the coastal states. In Schleswig-Holstein, coastal defence is regulated in the State Water Act. The public strategy as well as the technical and financial concept are included in the master plan. The plan is not a legally binding document, but a (strong) self-commitment of the State Government who adopts it. In the preface the minister, responsible for the implementation of public coastal defence in Schleswig-Holstein, lists a number of political principles to underline this commitment:

- Political consensus exists (in Schleswig-Holstein) that coastal defence, i.e., the safeguarding of human lives, outweighs all other interests, including those of nature conservation.
- In politics and administration, coastal defence will, now and in the future, maintain its own and basic importance.

- As a consequence of its basic importance for the safeguarding of people, coastal defence cannot be executed on a purely benefit-cost basis. However, with respect to restricted public finances, priorities need to be set on the basis of risk assumptions.
- The goals and tasks of coastal defence must be considered in other political fields (e.g., tourism, nature conservation, spatial planning) as well. This requires a continuous campaign for these goals and tasks.

Applying these political principles, the coastal defence administration in Schleswig-Holstein developed a vision and 10 development goals. The vision and goals were presented to coastal stakeholders and the scientific community at a public conference in 1998 (MLR Schleswig-Holstein 1998). After a positive discussion, vision and goals (the 10 commandments of coastal defence) were included in the master plan.

#### The vision:

Protected from flooding by storm surges and from land loss by the erosive forces of the sea, the people of Schleswig-Holstein live, work and relax in the coastal lowlands, today and in the future.

This vision resembles an optimal safety situation without considering external constraints (e.g., climate change, the vision for nature conservation, financial and technical limitations). In other words, it is purely sector oriented. It explicitly supports the use of the coastal zones by men and, therewith, their right to protect themselves against coastal flooding and erosion. Being a vision, this maximal situation will never be reached. On a next level, 10 development goals were defined. These goals should reflect the vision, but consider external limitations (see above) as well. Hence, they present compromises. The development goals might be called the starting point for ICZM in coastal defence.

#### The 10 commandments:

1. The protection of people and their houses by sea walls and other defence structures is of highest priority.
2. The protection of land and valuables by sea walls and other defence structures is an important condition for the vitalisation of the rural areas. It possesses a high priority.
3. The relocation or abandonment of sea walls remain exceptions.
4. Elevated coastlines that are not secured by sea walls are only to be protected if settlements or other important infrastructures are endangered by cliff retreat.
5. Islands and Halligen are protected from irreversible land losses.
6. The salt marshes immediately in front of sea walls are maintained according to coastal defence requirements. Further salt marshes are, in the interest of coastal defence and of nature protection, maintained. Where no salt marshes exist in front of sea walls they are enhanced by appropriate measures.
7. The long-term stability of the Wadden Sea is aimed for.
8. Hydro- and morphological developments and possible climate changes as well as their consequences are monitored and evaluated carefully. Scenarios are defined that allow prompt reactions.
9. Impacts on nature and the landscape due to the execution of coastal defence measures are minimised. The development and implementation of other justified claims for the coastal zone are enabled.
10. All coastal defence measures are carried out in a sustainable manner.



In the master plan, a planning area for coastal defence is defined, being the area where relevant processes (e.g., flooding, sediment redistribution) occur. Consequently, the landward boundary is defined as the elevation up to where flooding could occur without protective measures, i.e., GOL (German Ordnance Level) +5 m at the (tidal) North Sea coast, and GOL +3 m at the Baltic Sea coast. The lower (seaward) boundary is situated at the depth contour where waves and tidal currents induce sediment redistribution relevant for coastal defence. This contour line was set at GOL-10 m for both coasts. For this planning area, a number of relevant parameter are listed in Table 1.

	North Sea coast	Baltic Sea coast	Schleswig-Holstein
Coastline (km)	553	637	1,190
Primary state dikes (km)	364	67	431
Secondary dikes (km)	569	-	569
Overflow / other dikes (km)	44	52	96
Flood-prone are (km <sup>2</sup> )	3,404	318	3,722
- inhabitants	252,618	91,606	344,224
- economic assets (million €)	31,627	15,439	47,067
- gross value added (million €)	4,367	4,065	8,432
- working places	85,089	87,091	172,180
- tourist bed capacity *	31,986	19,533	51,519

Tab. 1: Relevant coastal defense parameter for Schleswig-Holstein (\*: only those facilities are considered that have a capacity of more than 8 beds).

For the planning area, relevant physiographic and socio-economic developments are described in the master plan, e.g., sea level rise and storminess (Fig. 2). As a consequence of a strongly varying physiographic context, major differences exist in the history and public perception of coastal defence among the North Sea and the Baltic Sea coast. The North Sea coast has, nearly, a 2,000 year history of coastal defence. It started with the construction of dwelling mounds and, about 1,100 years ago, the construction of sea walls (Meier 1993). Today, about 3,400 km<sup>2</sup> of former coastal marshes have been reclaimed. Along the Baltic Sea coast of Schleswig-Holstein, no such tradition exists. Here, comprehensive construction of sea walls to protect coastal lowlands started only after AD 1872 as a major storm flood struck the coast (Fig. 2). In consequence, people perceive coastal defence quite differently. Along the North Sea coast, normally, (more) protection is demanded for. Along the Baltic Sea coast, people are more sceptical towards coastal defence, as it might negatively interfere with the major sources of income (e.g., tourism, harbour industries).

As with any other public (and private) responsibility, coastal defence is tightly integrated in Germany in structures, rules and regulations. Hence, an own Chapter in the master plan deals with this. As prescribed in the Schleswig-Holstein State Water Act (§ 62), coastal defence is an obligation of the beneficiary. However, State takes over responsibility for a number of measures that are in the public interest (§ 63), e.g., primary state dikes and the protection of built-up coastal stretches that suffer a long-term erosive trend. According to law, primary state dikes should protect an area for all storm surges. This demands for a protective structure that, under consideration of scientific knowledge as well as technical and financial possibilities, guarantees optimal safety. The actual safety standard of primary state dikes is described in the master plan. If the dikes do not meet the safety standard (see below), a strengthening measure must be carried out. Following § 68 of the State Water Act, a formal procedure

for plan approval must be conducted, including the gathering and evaluation of comments from all public and private stakeholders (incl. NGOs) and affected. Further, an environmental impact assessment (EIA) that considers national and EU-regulations for nature conservation must be established.

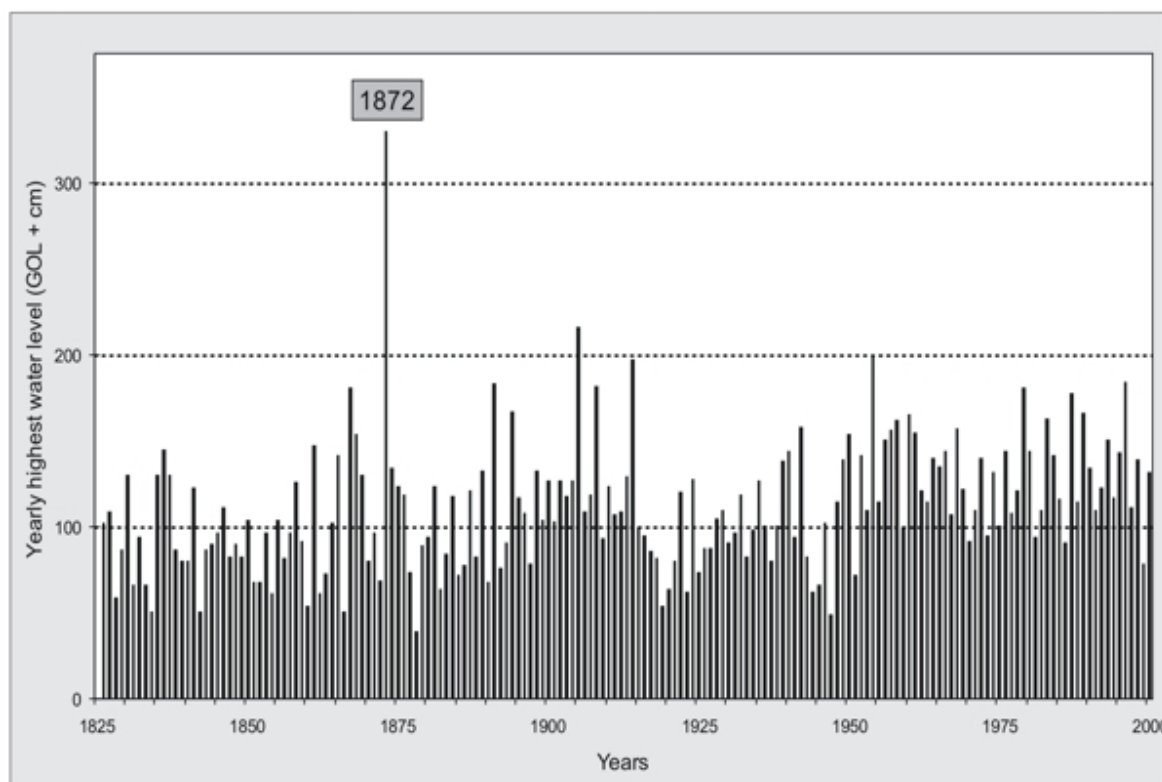


Fig 2: Yearly highest water level at gauge station Travemünde (near Lübeck).

The authority, responsible for the plan approval must, finally, decide upon the measure duly considering relevant regulations, all comments and the EIA. The measure should be implemented in a way that minimises the negative effects on the environment. Remaining negative effects should be compensated following relevant legislation. In the end, however, the public interest and the safeguarding of human beings has a higher value than environmental concerns.

In all, about 430 km of primary state dikes protect the coastal lowlands of Schleswig-Holstein (Table 1). The establishment of the new master plan included the execution of a safety check for these dikes. Already with the establishment of the first master plan in the year 1963, a safety standard, including a design water level and a design wave run up, was introduced. The design water level should meet three basic requirements:

1. it should have a (statistical) return period of once in a century,
2. it should not be lower than the highest water level observed in the past (incl. sea level rise since then), and
3. it should not be lower than the sum of highest spring tide water level and highest observed surge.

For the North Sea coast, the statistical value delivered the highest water level, for The Baltic Sea coast it was the storm surge of 1872 (Fig. 2). In consequence, these values represent the respective design water levels, on top of which a wave run up was calculated applying empirical data as well as modelling results.

At more than 400 positions along the state dikes, a safety check was conducted with localised values for water level. Wave run up was calculated applying Hunts formulae adapted to local circumstances with empirical *Beiwerte*. If the dike turned out to be too low, wave overtopping occurs. The amounts

were established using the method of Van der Meer. It is assumed that modern dikes are able to withstand an overflow of at least  $2 \text{ l/m}^2\text{s}$ . If the calculated values exceeded this, the dike stretch was included in a priority listing for dike strengthening. It turned out that, in all, 110 km of primary sea walls (Baltic Sea 33 km; North Sea 77 km) need to be strengthened to meet the safety standard. Focal points are the islands Pellworm, Föhr and Fehmarn. The estimated costs amount to about 250 million Euros. It is obvious, that this strengthening program cannot be implemented all at once. Hence, an internal ranking was applied on the basis of technical as well as socio-economic criteria. Per dike stretch (flood unit), the number of inhabitants and values were assessed that are protected by the respective sea wall (Table 1, Hofstede & Hamann 2000). Weak dike stretches with a higher number of inhabitants got a higher ranking and will be strengthened sooner.

Sand nourishment at the islands Sylt and Föhr constitute another main aspect of the coastal defence strategy in Schleswig-Holstein (Fig. 3). Since 1963, about 36 million  $\text{m}^3$  of sand has been nourished on the beaches of these two islands (Sylt 33, Föhr 3 million  $\text{m}^3$ ). With this sand, the coastal erosion at these two islands could be halted. The total costs amount to 144 million Euros. Comprehensive investigations clearly demonstrate that this technique, the results of which are sometimes questioned, is most effective for technical as well as economic and environmental aspects (BMFT 1994). Both islands are stabilised in a sustainable manner.

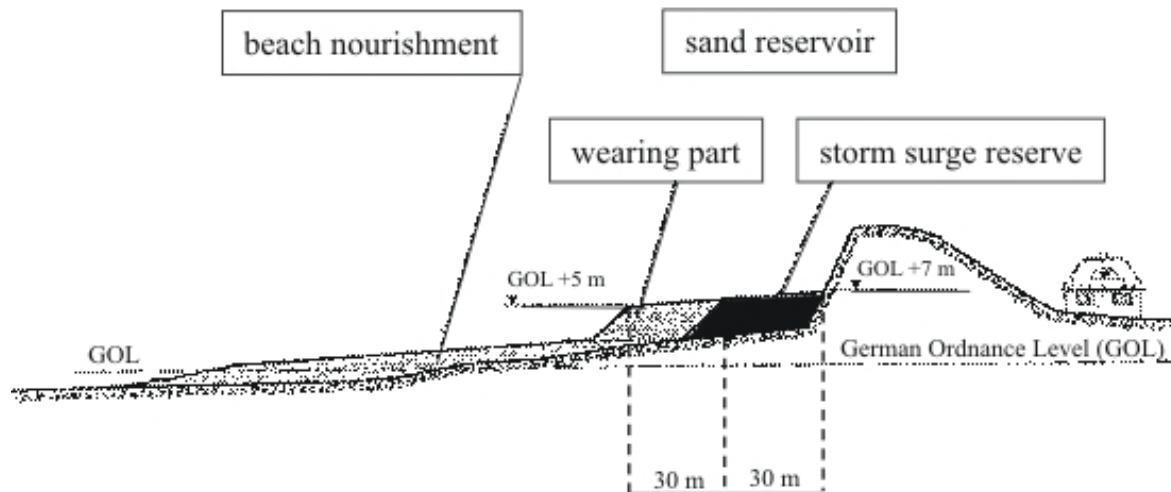


Fig. 3: Schematic presentation of a sand nourishment on the island of Sylt.

Almost one third of yearly expenditure in coastal defence occur for so called salt marsh management techniques. As demonstrated by Führböter (1979), a broad and wide salt marsh in front of sea walls significantly reduces wave energy impact at the outer dike slopes. In consequence, the establishment and maintenance of salt marshes in front of sea walls is, according to the State water Act (§ 63), a public obligation. At the same time, salt marshes have a high ecological value (Stock et al. 1997) and are protected under the State Nature Protection Act (§ 15a). In 1995, coastal defence and environmental administration, together with local water boards, adopted an integrated salt marsh management concept to integrate both functions (Hofstede 2003). The results of this concept are regularly evaluated in a technical board (see Ch. 3).

Apart from these three main types of technical measures (primary state dikes, sand nourishment and salt marsh management), a number of further measures are described in the master plan (e.g., overflow and other dikes, secondary dikes, groins, revetments). In all, in the master plan a capital spending program of 282 million Euros is included. Further, yearly costs (for maintenance, sand nourishment and small measures) of about 17 million Euros is anticipated. Public financial recourses come

from the European Commission as well as Federal and State Government. Pending on the yearly available budgets, it is anticipated that the implementation of the capital spending program will take at least 15 years.

### 3 Integrated Coastal Defence Management

With the new master plan, an innovative planning concept: “Integrated Coastal Defence Management (ICDM)”, based on the principles of ICZM, was introduced (Fig. 4). ICDM stands for a dynamic and continuous planning concept by which sustainable decisions for the protection of people and their assets against the natural forces of the sea are taken. Safety against storm floods and land loss is the aim, ICDM is the instrument to achieve this goal. It presents an enhancement of the traditional methods, in that:

- it considers coastal defence as a spatial planning process (instead of holding the line / sea wall),
- it duly and early integrates others demands for the coastal zone into the development goals for coastal defence (see above),
- it increasingly involves the public into the planning process for coastal defence, and
- it increasingly considers climate change (as well as the uncertainties in its predictions).

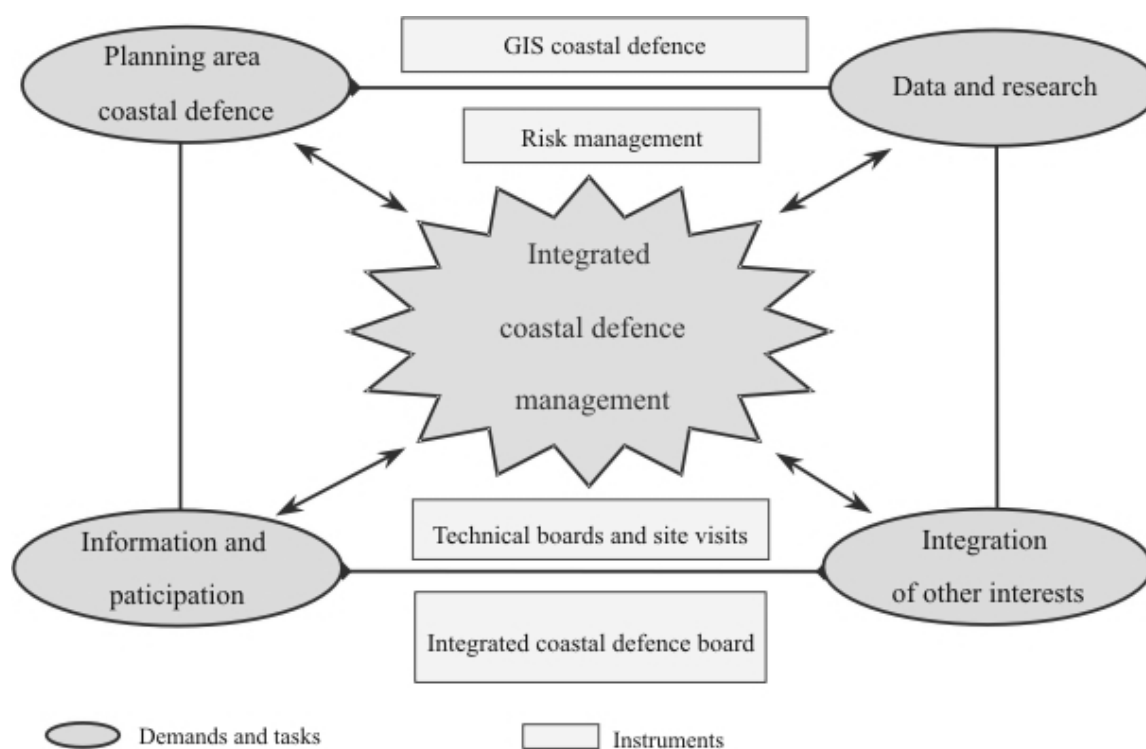


Fig. 4: Structure of the integrated coastal defence management (ICDM) concept in Schleswig-Holstein.

As an example of a participatory instrument, the Integrated Coastal Defence Board (BIK) is presented here in more detail (Hofstede & Hamann 2002). In 1999, the BIK was initiated by the responsible minister. The board consists of 27 members that represent public and private interest groups (stakeholders) in the coastal zone on a state, regional and local level. Members come from the coastal de-

fence administration (7 members), the environmental administration and NGOs (6), dike and water boards (7) and from municipal, city and county administrations (7). Two meetings per year are held under the chairmanship of the minister. It has an advisory status. The main objective of the board is an active involvement of the private and public stakeholders in the planning of policies and strategies in coastal defence. Technical aspects are discussed under duly consideration of other claims for the coastal zones. A flow of information in two directions is aimed at. The coastal defence authorities inform the population about new developments (e.g., master plan, regulations, financing, etc.). Whereas, the representatives of local people may inform the coastal defence authorities about concerns that exist in the local population. Possible conflicts may be anticipated or compromises be found by the early integration of other interests. To evaluate more technical and actual aspects, three technical boards were installed under the BIK addressing: (1) integrated salt marsh management (see Ch. 2), (2) secondary dikes (in the responsibility of dike and water boards), and (3) dike defence in case of emergencies along the Baltic Sea coast (in the responsibility of the counties).

Another example of ICDM is the procedure that was chosen for the establishment of the master plan. As describe before, the master plan is not a legally binding document, but a self-commitment of the State Government who adopts it. In consequence, a formal procedure for plan approval must **not** be conducted. Nonetheless, a broad involvement of the public in the establishment of the plan was performed. Apart from several preparatory discussions in the BIK, a number of steps were taken to secure public involvement. As soon as a first Governmental draft was established, it was distributed to all institutions (public and private) that might be affected by the plan, e.g., water boards, NGOs. They were asked to comment in a written form. Further, five regional conferences were organised open to the public. Here, the about 300 participants were enabled to discuss the plan with the responsible minister (Photo 1).



Photo 1: Regional conference in Husum.

The written and oral comments were, than, discussed in the BIK and decided upon. In all, about 20 amendments were included in an updated draft. This new draft was brought into parliament. In several meetings, the parliament and its committees discussed the draft. Finally, in December 2001, the State Government adopted the plan. Although this process was very time consuming and capacity binding, the broad acceptance of the plan (even by the opposition) showed that the effort was successful. Thus, by promoting open and straightforward communication, planning can be made more transparent and, in the end, accepted.

## References

- BMFT (1994): Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt – Phase II. Bundesminister für Forschung und Technologie Bonn, pp. 1-221.
- European Commission (2002): Recommendation of the European Parliament and of the Council of 30. Mai 2002 concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe. Official Journal of the European Communities, L148, pp. 24-27.
- Führböter, A. (1979): Über Verweilzeiten und Wellenenergien bei Sturmfluten. Mitteilungen des Leichtweiß-Instituts der TU Braunschweig, 65, pp. 1-30.
- Hofstede, J.L.A. (2003): Integrated management of artificially created salt marshes in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein, Germany. *Wetlands Ecology and Management*, 11, pp. 183-194.
- Hofstede, J.L.A. & M. Hamann (2000): Appraisal for areas endangered by storm surges ion Schleswig-Holstein. Mitteilungen des Franzius-Instituts der TU Hannover, 85 (in German), pp. 105-122.
- Hofstede, J.L.A. & M. Hamann (2002): Integrated Management of Coastal Defence in Schleswig-Holstein: Experiences and Challenges. In: Schernewski, G. & U. Schiewer (Eds.): *Baltic Coastal Ecosystems, Structure, Functions and Coastal Zone Management. Central and Eastern European Development Studies*, Verlag Springer, Berlin: pp. 377 – 388.
- IM Schleswig-Holstein (2001): Generalplan Küstenschutz – integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein. Innenministerium Kiel, pp. 1-76.
- Meier, D (1993): Landschaftsentwicklung und Siedlungsmuster von der römischen Kaiserzeit bis zum Mittelalter in den schleswig-holsteinischen Marschen. *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein*, 63, 117 – 144.
- MLR Schleswig-Holstein (1998): Küstenschutz in Schleswig-Holstein, Leitbild und Ziele für ein integriertes Küstenschutzmanagement. Ministerium für ländliche Räume Kiel, pp. 1-34.
- Stock, M, K. Kiehl & H.D. Einke (1997): Salt marsh conservation in the Schleswig-Holstein sector of the Wadden Sea. Final report of subproject ÖSF-A 6.3 “conservation and management concept for salt marshes”. *Publications of the National Park “Wadden Sea of Schleswig-Holstein”*, 8 (in German).

## Address

Dr. Jacobus Hofstede  
Schleswig-Holstein State Ministry of the Interior  
P.O.Box 7125  
D-24171 Kiel  
Germany

E-mail: [jacobus.hofstede@im.landsh.de](mailto:jacobus.hofstede@im.landsh.de)





## **Hochwasserschutz in Hamburg**

### Coastal Protection in Hamburg

Gabriele Gönnert & Jürgen Triebner

Department of Port and River Engineering Hamburg, Germany

#### **Abstract**

Coastal protection is based on three columns such as storm surge protection facilities, catastrophe control and storm surge research.

The storm surge protection facilities are comprised by control and erection of public and private coastal protection constructions as well as storm surge protection devices of the Harbor City of Hamburg and property protection of objects in front of the dike line.

The catastrophe control contains storm surge alert, resistance and defense of coastal protection facilities as well as probable evacuation of people.

Storm surge research includes the control of tidal protection facilities by means of continuous examination of gauges which themselves are based on analyses and evaluation of the development of storm surge and climate warming, as well as on their influence on storm surge and on the general means sea level development.

The parameterised wind surge curves of the storm tide development will present and control any deviance from the 100 years old recorded storm surge developments and their 260 storm tides

#### **1 Einleitung: Struktur des Hochwasserschutzes in Hamburg**

1962 wurde Hamburg von einer sehr schweren Sturmflut heimgesucht. Deichbrüche und Überflutungen führten zu verheerenden Folgen mit Toten und erheblichen Sachschäden. Doch nicht die Höhe war der Ausschlag für diese schweren Folgen. Die lange Sturmflutpause in den 40iger und fünfziger Jahren führte zu einer gewissen Nachlässigkeit im Denken der Menschen. Doch diese schwere Sturmflut sollte nicht die letzte sehr schwere gewesen sein. Bereits 1976 folgte eine weitere, bislang schwerste Sturmflut.

Sturmflutforschung und die Anpassung des Sturmflutschutzes an die Sturmflutentwicklung ist seitdem ein besonderes Anliegen der hamburgischen Politik. So wurden nach 1962 in Hamburg neue leistungsfähige Deiche und Hochwasserschutzwände gebaut und auf die Hauptdeichlinie auf heute 100 km verkürzt. Nach 1976 wurde der öffentliche Hochwasserschutz ergänzt durch einen privaten Hochwasserschutz, der zu 75% staatlich gefördert wird.

Der Sturmflutschutz in Hamburg basiert im Prinzip auf drei Säulen:

1. **Hochwasserschutzanlagen:**

Sie umfassen die baulichen Anlagen des öffentlichen und des privaten Hochwasserschutzes sowie die Anlagen des Flutschutzes der Hafencity und Gebäude mit Objektschutz, die vor der Deichlinie liegen.

2. **Katastrophenschutz:**

Er umfasst die Sturmflutwarnung und alle für den Katastrophenfall vorbeugenden und durchzuführenden Maßnahmen einschließlich Durchführung von Abwehrmaßnahmen und Verteidigung der Hochwasserschutzanlagen.



### 3. Sturmflutforschung:

Sie umfasst die Kontrolle der Hochwasserschutzanlagen durch kontinuierliche Überprüfung der Bemessungswasserstände mithilfe:

- Analyse und Bewertung der Sturmfluten in ihrem Verlauf
- Analyse der Klimaentwicklungen und ihre Auswirkungen auf Sturmfluten
- Meeresspiegelentwicklung
- Wellenauflauf und -überlauf und des
- Küstenzonenmanagement.

## 2 Hochwasserschutzanlagen

### 2.1 Der öffentliche Hochwasserschutz

Der öffentliche Hochwasserschutz umfasst die Hauptdeichlinie in Hamburg. Sie schützt in erster Linie die Bevölkerung. Der Bau, die Instandhaltung und die Verteidigung des öffentlichen Hochwasserschutzes ist Aufgabe der öffentlichen Verwaltung.

Der öffentliche Hochwasserschutz besteht aus 77,5 km Deiche und 22,5 km Hochwasserschutzwände. Zusammen mit 6 Sperrwerken, 6 Schleusen, 27 Schöpfwerken und Deichsielen sowie 30 Toren (Gatts) schützen sie die Stadt und schotten die Nebenarme der Elbe ab.

Die momentane Schutzhöhe liegt bei NN+7,20 bis 9,25 m (Abb.1). Die Höhendifferenzen sind mit dem Konzept des Sturmflutschutzes zu erklären, dass von gleicher Sicherheit aber nicht von gleicher Höhe ausgeht. Infolgedessen wird die Höhe der Deichkrone nach den örtlichen Gegebenheiten und Erfordernissen schwanken, was insbesondere im Zusammenhang mit der Wellenaufbauhöhe zu sehen ist.

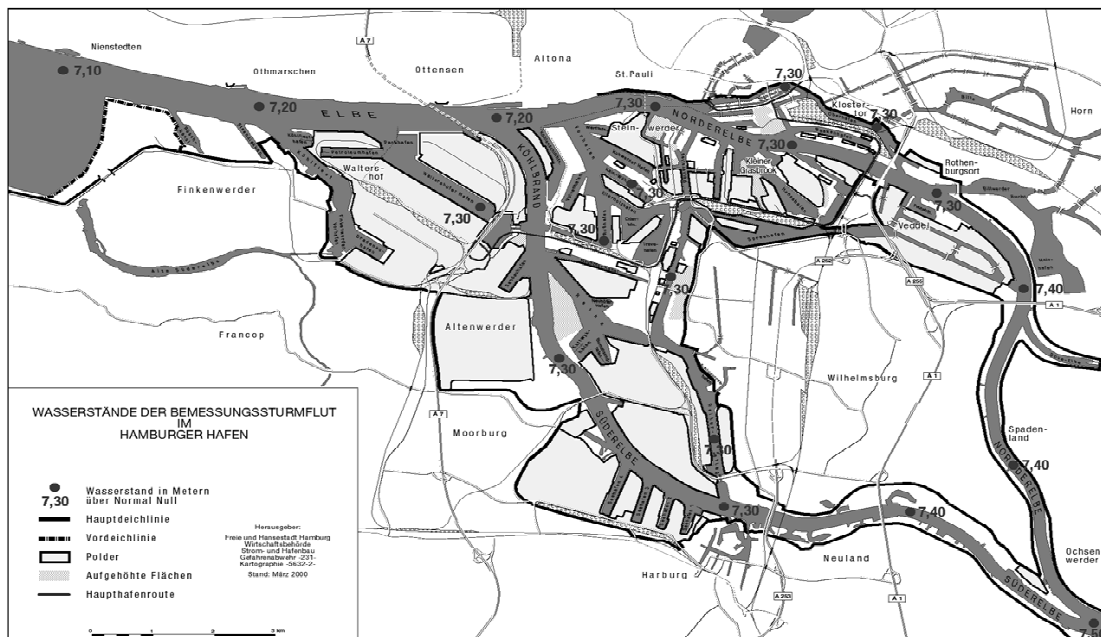


Abb. 1: Wasserstände der Bemessungsturmflut im Hamburger Hafen (Behörde für Wirtschaft und Arbeit, Strom- und Hafenausbau)

Der Hochwasserschutz in einem dicht besiedelten, urbanen Umfeld gestaltet sich zum Teil schwierig. In vielen Bereichen muss aufgrund der beengten Platzverhältnisse oder besonderen Nutzung angepasste technische Lösungen gefunden werden. Im Innenstadtbereich und in Finkenwerder sind Uferkonstruktionen gleichzeitig teilweise Hochwasserschutzanlage und Promenade. Gatts ermöglichen hier den Zugang zu den Landeanlagen und Hafenfähren. Eine Besonderheit ist das Gatt bei Airbus Deutschland. Hier queren Flugzeuge den Deich und eine Straße. Dafür wurde 1997 ein 85 m breites

Hubtor gebaut, das im abgesenkten Zustand von den Flugzeugen überfahren werden kann. Die Baukosten betragen rd. 6 Mio. Euro.

## 2.2 Der private Hochwasserschutz

Der private Hochwasserschutz dient dem Schutz von in der Regel privaten Industrie- bzw. Hafenanlagen, in Ausnahmefällen auch eingepolderte Wohnanlagen (wie z.B. Neumühlen). Die privaten Anlagen werden von ihren Eigentümern Instand gehalten und verteidigt

Der private Hochwasserschutz besteht im Hafen aus 48 Einzel- und Gemeinschaftspoldern sowie drei Sperrwerken, die mit insgesamt 109 km Länge und rd. 2.300 ha Fläche etwa 70% des Hafengebietes vor Sturmfluten schützen. Die privaten Anlagen bestehen aufgrund des geringeren Flächenbedarfes überwiegend aus Spundwand- bzw. Stahlbetonkonstruktionen, die die Umschlags- und Lagereinrichtungen mit einer einheitlichen Höhe von NN+7,50 m schützen. Eingeschlossen sind viele infrastrukturelle Bereiche wie Straßen und Hafenbahnanlagen.

## 3 Der Katastrophenschutz

Der Katastrophenschutz setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen:

1. Der „Zentrale Katastrophendienststab“ ZKD der Behörde für Inneres lenkt die regional zuständigen Katastrophendienststäbe in den Bezirken und im Hafen. Sie werden unterstützt durch private Hilfsorganisationen, das technische Hilfswerk (THW) und die Bundeswehr. Einsatzschwelle ist ein erwarteter Wasserstand von NN + 4,50 m.
2. Der Hamburger Sturmflutwarndienst (WADI) der Behörde für Wirtschaft und Arbeit, Strom- und Hafenbau wurde nach der Sturmflut 1976 im gleichen Jahr eingerichtet, der die Vorhersagen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie präzisieren soll. Seine Aufgaben umfassen die Berechnung der Sturmflutvorhersagen für Hamburg nach Höhe und Eintrittszeit und die Warnung der Bevölkerung über die Behörde für Inneres sowie der Betriebe im Hafen, der Behörden, Betroffenen und der Organisationen im Katastrophenschutz über einen eigenen Funkkreis und Telefonansagen. Die Warnungen werden halbstündlich wiederholt. Die Einsätze erfolgen, wenn ein Wasserstand in Hamburg St. Pauli von NN+4,50 m und höher zu erwarten ist.

Im Sturmflutfall gibt es ein sehr differenziertes Einsatzsystem, das an Wasserstandsstufen gekoppelt ist. Es beginnt mit der Flutwarnung und geht für den absoluten Ausnahme- und Notfall bis hin zu detaillierten Evakuierungsplänen des natürlichen Überflutungsbereiches der Elbe ohne Deichschutz. Bestandteil sind auch die vorbeugenden Informationen und die Sturmflutübungen.

## 4 Die Sturmflutforschung

Die eigene Sturmflutforschung impliziert vier große Themenblöcke

1. die Kontrolle der Hochwasserschutzanlagen durch kontinuierliche Überprüfung der Bemessungswasserstände.
2. Beobachtung von Sturmflutentwicklung aufgrund von anthropogenen, natürlichen oder klimatologischen Veränderungen.
3. Überprüfung des Sturmflutvorhersageverfahrens.
4. Analyse, wie muss langfristig reagiert werden bezogen auf das Küstenzonenmanagement, um die Sicherheit der Bevölkerung zu gewährleisten.

Zur Darlegung der Kontrolle der Hochwasserschutzanlagen in ihrer Höhe wird zunächst die Berechnung des sogenannten Bemessungswasserstandes vorgestellt (Punkt 1). Im Weiteren wird dann die Sturmflutentwicklung mithilfe der Analyse des Sturmflutverlaufes dargelegt (Punkt 2), während 3 und 4 den Rahmen der vorliegenden Veröffentlichung überschreiten würde.

#### 4.1 Der Bemessungswasserstand

Die Deichhöhe wird ermittelt über einen sogenannten Bemessungswasserstand. Nach dem Ausschuss für Küstenschutzwerke (1993:19) ist der Bemessungswasserstand „der für einen vorgegeben Zeitraum zu erwartende höchste Wasserstand, auf den eine Hochwasserschutzanlage unter Berücksichtigung des säkularen Meeresspiegelanstiegs [...] und des Oberwasserzuflusses zu bemessen ist.“ Neben dem Wasserstand ist der durch örtlichen Seegang hervorgerufene Wellenauflauf ein weiterer wichtiger Parameter.

Das Verfahren zur Berechnung des Bemessungswasserstandes wurde von einer Arbeitsgruppe der drei Elbanrainer Hamburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen entwickelt und gilt für die Elbe von Cuxhaven bis Geesthacht (Abb. 2). Die Stadt, die den Eintritt der Elbe in den Ästuartrichter markiert, ist Cuxhaven. Hamburg liegt rund 120 km flussaufwärts.

Das Verfahren basiert auf der Bestimmung einer sogenannten maßgeblichen Sturmidekurve für die Elbmündung (Pegel Cuxhaven), deren Höchstwert den Bemessungswasserstand darstellt (Sieffert 1998). Diese Kurve bildet die Grundlage für die Modelluntersuchung, die für jeden Ort an der Elbe einen Bemessungswert berechnet. Hierdurch ist es möglich die ungünstigsten Wechselwirkung zwischen Tide und Windstau auf dem Weg von Cuxhaven bis Hamburg zu erfassen und zusätzliche Aussagen über Verweildauer hoher Zwischenstände und den zeitlichen Ablauf der Sturmflut zu bestimmen (Sieffert 1998).

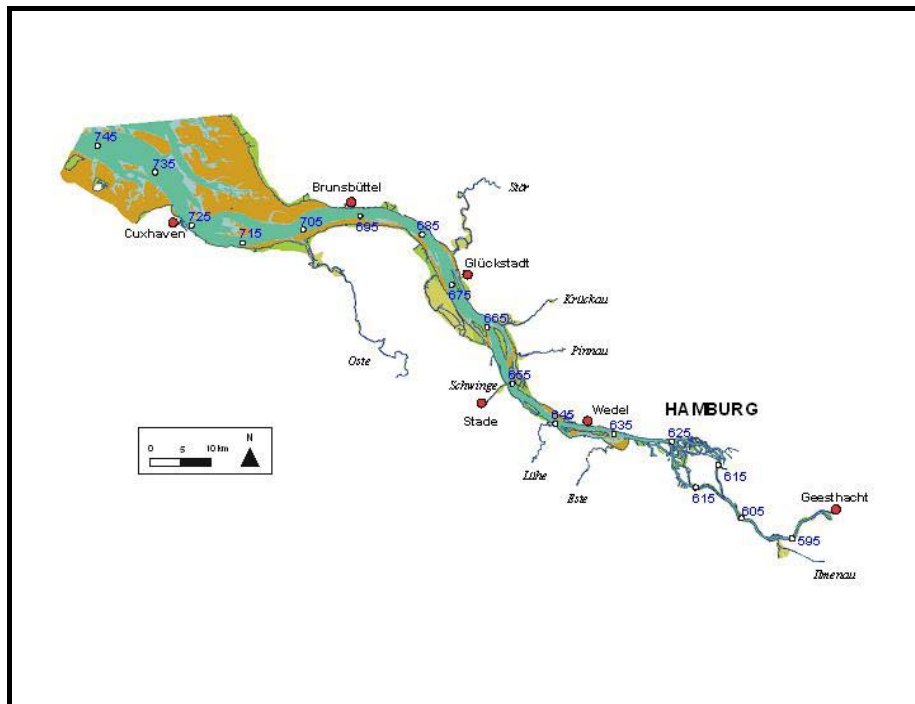


Abb. 2: Die Elbe von Cuxhaven bis Gesthacht. (Behörde für Wirtschaft und Arbeit, Strom- und Hafenbau)

Die maßgebliche Sturmidekurve (Abb. 3) setzt sich zusammen aus

- den aktuellen Tideverhältnissen (beschrieben durch die mittlere Tidekurve),
- den Säkularveränderungen gekennzeichnet im Meeresspiegelanstieg
- den meteorologischen Einflüsse (im wesentlichen der Windstau),
- den Einflüssen der Schwingungen in der Nordsee, in erster Linie den Fernwellen,
- ergänzt durch zusätzliche astronomische Einflüsse.

Die letzten drei Punkte werden in der Windstaukurve zusammengefasst, die rund 90% ihrer Beträge aus dem Windeinfluss besteht. Die restlichen 10% bilden die ergänzenden astronomischen Einflüsse (vor allem Spring- und Nipptide) und die Schwingungen der Nordsee. Der Einfluss der Astronomie entsteht durch Berechnung des Windstaus über die mittlere Tidekurve. Diese wird hier gewählt, da sie laut Sieffert (1998) das aktuelle Tidegeschehen am besten repräsentiert. Die mittlere Tidekurve wird gebildet aus dem 10 jährigen Mittel.

Zur Bestimmung der extremen Windstaukurve werden die Sturmflutverläufe in Cuxhaven seit 1900 ausgewertet und die Windstaukurven aller hohen Sturmfluten des 19. Jahrhunderts. Der entscheidende Parameter ist das Windstaumaximum, das bei Thw bislang 375 cm am 16./17.2.1962 erreichte und 430 cm bei Tnw am 23.12.1894. Die Wechselwirkung zwischen Tide und Windstauentwicklung bewirkt, dass der Windstau bei Thw rund 90% der Höhe des Wertes bei Tnw erreicht. Für die maßgebliche Windstaukurve wird deshalb der bisher höchste Windstau erfasst und übertragen auf die Bedingungen bei THw. Wird der Stauwert von 430 cm bei Tnw auf die Situation bei Thw übertragen, ergibt sich eine Höhe von 385 cm. Der weitere Verlauf der Windstaukurve wird rekonstruiert aus einem sehr schweren Sturmflutverlauf in Annäherung an die Sturmflut vom 3.1.1976, deren Verlauf erhöht und verlängert wurde.

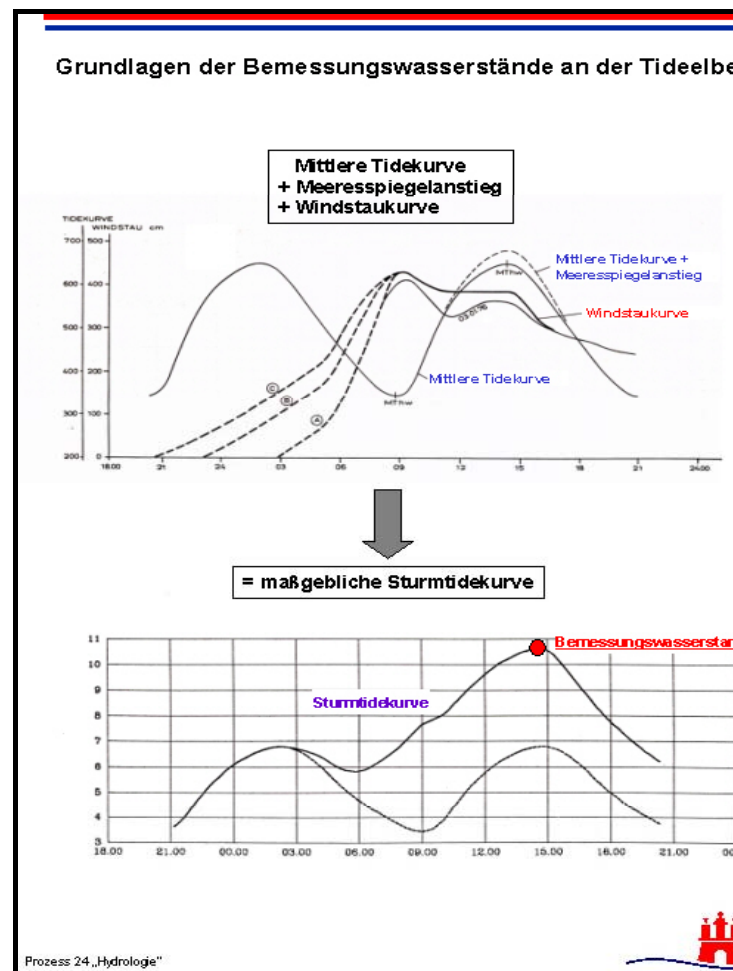


Abb. 3: Die Maßgebliche Sturmidekurve für Cuxhaven (Behörde für Wirtschaft und Arbeit, Storm- und Hafenbau, Hydrologie)

Die Säkulentwicklung wird anhand der Trendentwicklung in Cuxhaven festgelegt. In Cuxhaven liegt ein Trend von

1850 bis 1996: 22 cm/Jh im MThw  
 12 cm/Jh im Mtnw  
 10 cm/Jh im MThw vor,  
 1900 bis 2003: 23 cm/Jh im MThw  
 6 cm/Jh im MTnw  
 17 cm/Jh im Mthb vor.

Es wird deshalb ein Säkulartrend von 30 cm/Jh. im Hochwasser und 0 cm/Jh. im Niedrigwasser berücksichtigt.

Neben den genannten Faktoren ist der Oberwasserzufluss eine wichtige Einflussgröße. Er spielt vor allem im Bereich der schmalen Elbrinne oberhalb des Hamburger Stromspaltungsgebietes eine wichtige Rolle. So führt eine Erhöhung des Oberwasserzuflusses (gemessen am Pegel Neu Darchau) um  $1000\text{m}^3/\text{s}$  zu einer Erhöhung des Sturmflutscheitels um 25 cm. Es wurde deshalb ein sehr hoher Oberwasserabfluss von  $2200\text{m}^3/\text{s}$  festgelegt. Stromab von Hamburg spielt der Oberwassereinfluss nur noch eine geringe Rolle (Gönnert & Ferk 2000).

Die so ermittelten Werte, werden einem numerischen Modell als Eingangsgröße vorgegeben. Das numerische Modell kann anhand der neuesten Topographie, die bereits die anthropogenen und die natürlichen Veränderungen erfasst, für jeden Ort entlang der Elbe einen eigenen Bemessungswert ermitteln. Sie steigen von Cuxhaven mit 6,65 m NN bis Hamburg auf eine Bandbreite von 7,20 m NN bis 9,25 m NN an. Diese Werte sind jedoch noch nicht die endgültigen Höhen der Hochwasserschutzanlagen. Zusätzlich wird für jeden Ort die Wirkung des Seegangs (Auflauf/Reflexion etc.) berücksichtigt. Erst beide Werte zusammen bilden dann die Höhe der Hochwasserschutzanlagen.

#### **4.2 Überprüfung der Sturmfluten in Hinblick auf natürliche, anthropogene und Klimaveränderungen**

Die Überprüfung der Sturmfluten in Hinblick auf Klimaänderungen erfolgt nach dem Verfahren von Gönnert 2003). Um das Sturmflutklima umfassend zu analysieren, ist es notwendig, nicht nur die Entwicklung von Scheitelhöhen, Frequenz und Dauer zu betrachten, sondern Sturmfluten in ihrem gesamten Verlauf zu erfassen. Zentrale Bedeutung kommt daher der Windstaukurve als Differenzkurve zwischen gelaufener Sturmflut und mittlerer bzw. astronomischer Tide zu. Sie bildet den Einfluss des sturmflutverursachenden Faktors - des Windes - und dessen Änderungen direkt ab. Mögliche Änderungen der Windverhältnisse verändern somit den Verlauf - und damit den Charakter - einer Sturmflut. Veränderungen im Sturmflutklima sind auf diese Weise gut zu erfassen.

Hierfür wird die Windstaukurve in "Anstieg", "Scheitel" und "Abfall" parametrisiert (Abb. 4). Über Korrelation der einzelnen Parameter lässt sich erarbeiten, welche Wirkung ein spezifischer Windverlauf auf die Windstauhöhe hat (Abb. 5).

Es zeigt sich z.B. für die Korrelation Windstauanstieg zu Windstaumaximum, dass es für Cuxhaven gilt, dass bei großen sehr schnellen Anstiegen der Windgeschwindigkeit sehr hohe Windstau maxima gebildet werden. Die dargestellten Sturmfluten entstammen aus einem Kollektiv seit 1900. In dieser Zeit lag eine Erhöhung der globalen Mitteltemperatur von  $0,6^\circ\text{C}$  vor. Die gebildete Einhüllende stellt den Bereich dar, indem sich Sturmfluten unter momentanen Klimabedingungen entwickeln können. Jede neue Sturmflut wird unter diesem Gesichtspunkt analysiert. Es wird davon ausgegangen, dass Sturmfluten, die unterhalb der dargestellten Einhüllenden in einem physikalisch sinnvollen Ablauf stattgefunden haben, im Rahmen der bisherigen Klimaänderungen liegen und keine Abweichungen zeigen. So war zwar die Sturmflut vom 3.12.1999 ein Extremereignis, dennoch fällt sie mit ihrem Verlauf in den Bereich einer normalen sehr schweren Sturmflut. Auf diese Weise glückt die Bewertung von mehr als 200 Sturmfluten unterschiedlichster, individueller Abläufe in ein System zu bringen.

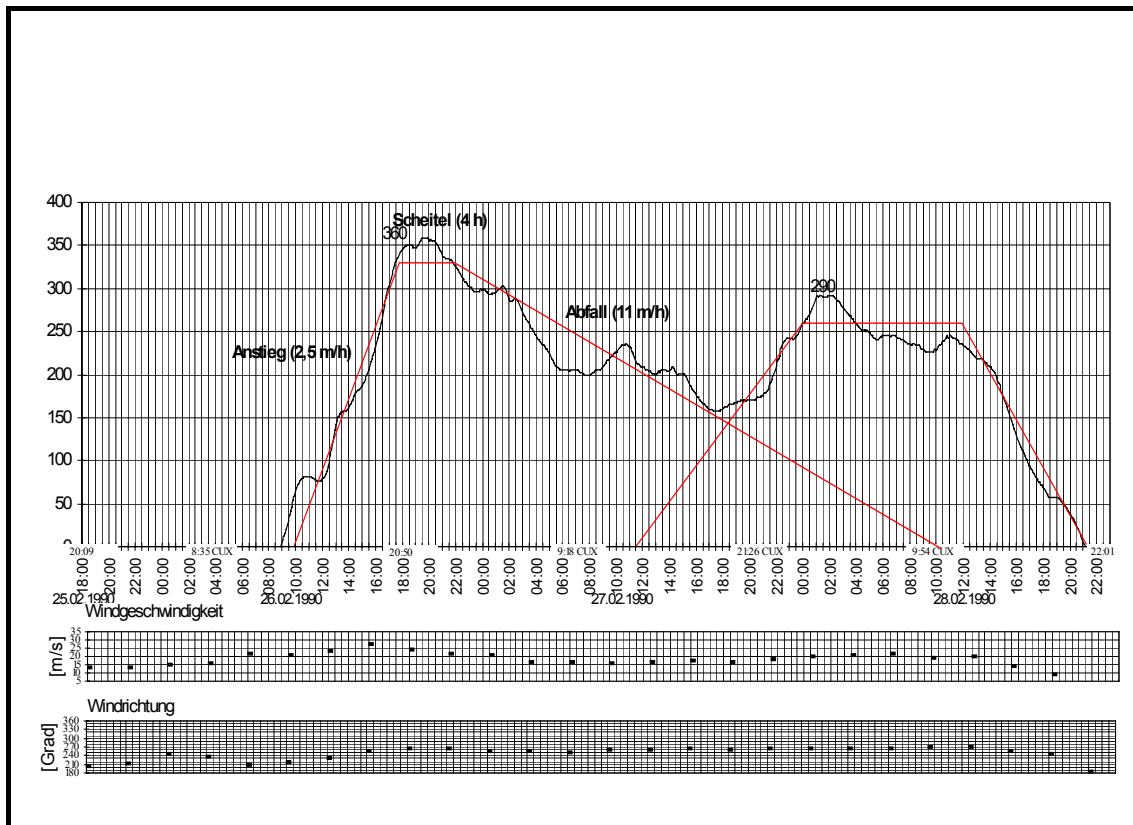


Abb. 4: Parametrisierung der Windstaukurve in Anstieg, Scheitel und Dauer (Gönnert 2003)

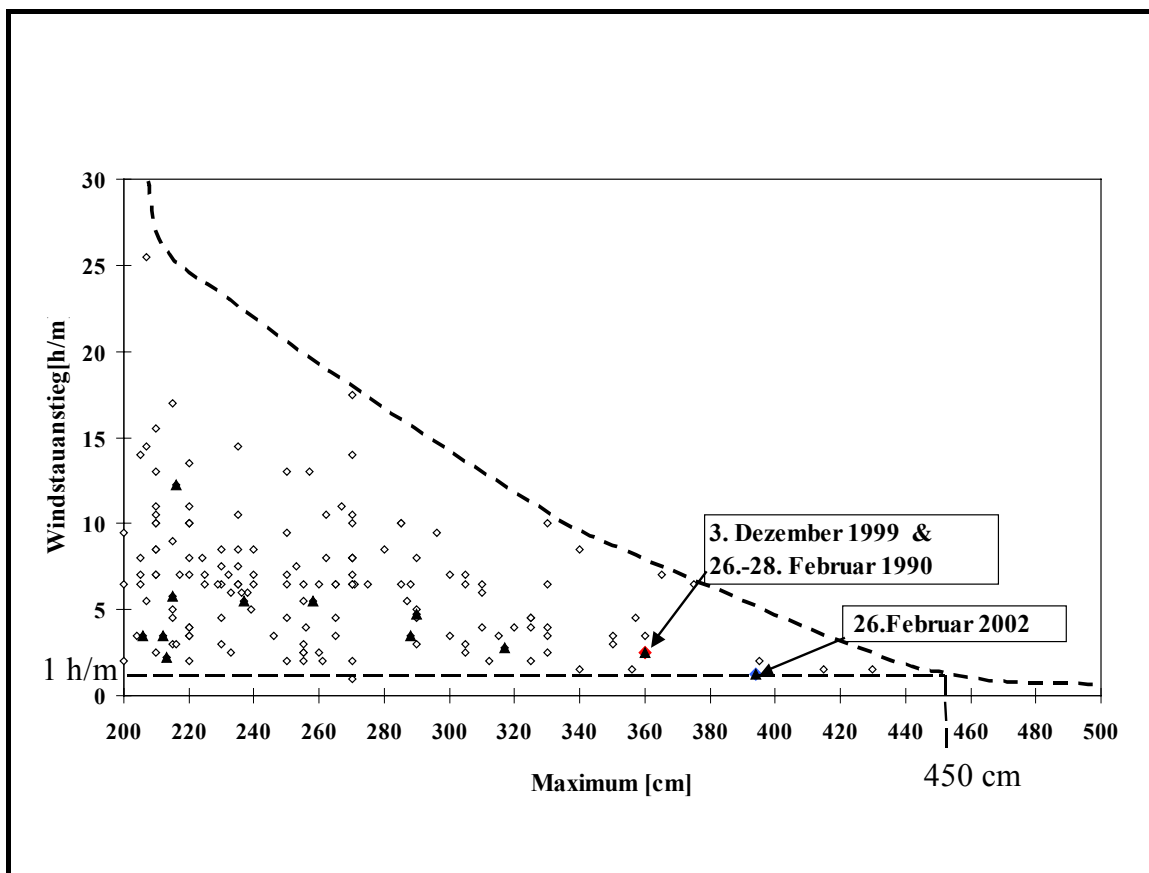


Abb. 5: Korrelation der Windstauparameter Windstauanstieg mit dem Windstaumaximum aller Sturmfluten in Cuxhaven seit 1900 (Gönnert 2003)

## 5 Literatur

- Ausschuß der „Küstenschutzwerke“ der deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. sowie der Hafentechnischen Gesellschaft e.V. (1981): Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken - EAK 1981. In: Die Küste, 36: 1-320.
- Gönnert, G., Dube, S.K., Murty, T.S. & W. Siefert: Global Storm Surges: Theory, Observations and Applications. (Die Küste, 63).
- Gönnert, G. (2003): Sturmfluten und Windstau in der Deutschen Bucht. Charakter, Veränderungen und Maximalwerte im 20. Jahrhundert. In: Die Küste, Heft 65.
- Gönnert, G. & U. Ferk (2000): Sturmflutschutz angesichts von globalem Klimawandel und anthropogenen Einflüssen dargestellt am Beispiel von Deutscher Bucht und Elbe. In: Blotenvorge, H., Ossenbrügge J. & G. Wood: Lokal verankert – weltweit vernetzt, Stuttgart, 2000, S. 163-170.
- Länder-Arbeitsgruppe (1988): Bemessungswasserstände entlang der Elbe. In: Die Küste, 47: 31-50.
- Siefert, G. (1998): Bemessungswasserstände 2085A entlang der Elbe. Ergebnisse einer Überprüfung durch die Länderarbeitsgruppe nach 10 Jahren. In: Die Küste, Heft 60, 1998, S: 228-255.

## Adresse

Priv.-Doz. Dr. habil. G. Gönnert  
Department of Port and River Engineering  
Dalmannstr. 4  
20457 Hamburg

E-mail: [Gabriele.goennert@ht.hamburg.de](mailto:Gabriele.goennert@ht.hamburg.de)



## **Risikobewertung ökologischer Systeme an der deutschen Nordseeküste im Klimawandel**

### **Risk assessment of ecological systems on the German north sea coast under climate change**

Stefan Wittig, Dietmar Kraft, Jürgen Meyerdirks & Michael Schirmer

Universität Bremen, Abt. Aquatische Ökologie, Germany

#### **Abstract**

Within the interdisciplinary research project "Climate Change and Preventive Risk and Coastal Protection Management on the German North Sea Coast" (KRIM) the subproject "Climate Change and Coastal Ecology" examines the ecological aspects of the processes that take place in the coastal landscape. The analysis of the ecological systems of the fore- and hinterland confirmed that the zoning of the biotope types within the salt marsh is determined mainly by hydrology and the associated morphodynamics (system analysis). Via these impact paths it is possible to determine climate change sensitivities for individual biotope types and for landscape sectors (sensitivity analysis). Analysis of how different users esteem these ecological systems has shown a strong competition between the user perspectives "coastal protection" and "nature protection" within the ecological properties of the foreland (function analysis). Climate-induced changes in the structure, functionality and productivity of the ecosystems and the resulting restrictions for the users mentioned could be assessed in a risk analysis. Therefore, our definition of an "ecological risk" use anthropocentric yardsticks. The loss of requirements on ecological properties from the view of the user perspective "coastal protection" was integrated to a space-oriented value (function-value "coastal protection"). This enables the calculation and comparison of the risk-potential of different development scenarios of sea level rise and coastal protection variants, which are conceivable in the future.

#### **1 Einleitung**

Die engen Wechselwirkungen zwischen der natürlichen Dynamik der ökologischen Systeme, insbesondere der Watten und Salzwiesen im Küstenvorland, und den auf ihrer Leistungs- und Funktionsfähigkeit beruhenden anthropogenen Nutzungen führen zu vielfältigen Nutzungs- und Zielkonflikten in der norddeutschen Küstenregion. Diese Konflikte zwischen den gesellschaftlichen Interessengruppen werden voraussichtlich durch einen globalen Klimawandel erheblich verschärft und dadurch letztlich zu veränderten Risikosituationen führen.

Aus diesem Grund wird im Deutschen Klimaforschungsprogramm (DEKLIM) das interdisziplinäre Forschungsvorhaben KRIM als Bestandteil der Klimawirkungsforschung (Teil C) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Das Teilprojekt „Küstenökologische Aspekte des Klimawandels“ analysiert in diesem Rahmen die Ansprüche verschiedener Nutzergruppen an die aus den ökologischen Eigenschaften und Strukturen abgeleiteten Funktionen der ökologischen Systeme. Aus einem möglichen Verlust dieser ökologischen Funktionen können dann ökologischen Schäden ermittelt werden.

Im Folgenden werden beispielhaft für die Vorlandflächen des Wangerlands, die für die Nutzerperspektive „Küstenschutz“ bedeutsamen ökologischen Funktionen dargestellt. Die ersten Ergebnisse aus den dafür notwendigen Arbeitsschritten der System-, Sensitivitäts- und Funktionsanalyse werden angeführt und hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Küstenschutz diskutiert.



## 2 Ergebnisse

### 2.1 System- und Sensitivitätsanalyse der Vorlandflächen im Wangerland

Als Beispiel für Vorländer im Rückseitenwatt an der Festlandküste wurde der Bereich östlich von Harlesiel (Landkreis Friesland) hinter der ostfriesischen Insel Wangerooge gewählt (Abbildung 1). Ein 15,8 km langes und durchschnittlich 380 m breites Vorland liegt seeseitig vor dem Haupt- bzw. Winterdeich und gehört seit 1986 zum Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Der bei der Sturmflut 1962 gebrochene Sommerdeich wurde 1969-1972 zum Hauptdeich ausgebaut. Die Vorländer können geomorphologisch als eine Terrassensalzweiese bezeichnet werden. Landgewinnungswerke (Lahnungen) mit ihren Schlengen wurden 1950/55 angelegt, bis 1968 teilweise und danach gar nicht mehr unterhalten. Der Küstenschutz beschränkt sich auf die Deichfußentwässerung und unterhält dazu Gräben der Deichvorflut im Abstand von etwa 200 m. Mahd auf etwa 130 ha ist die einzige landwirtschaftliche Nutzung (Blindow 1987).

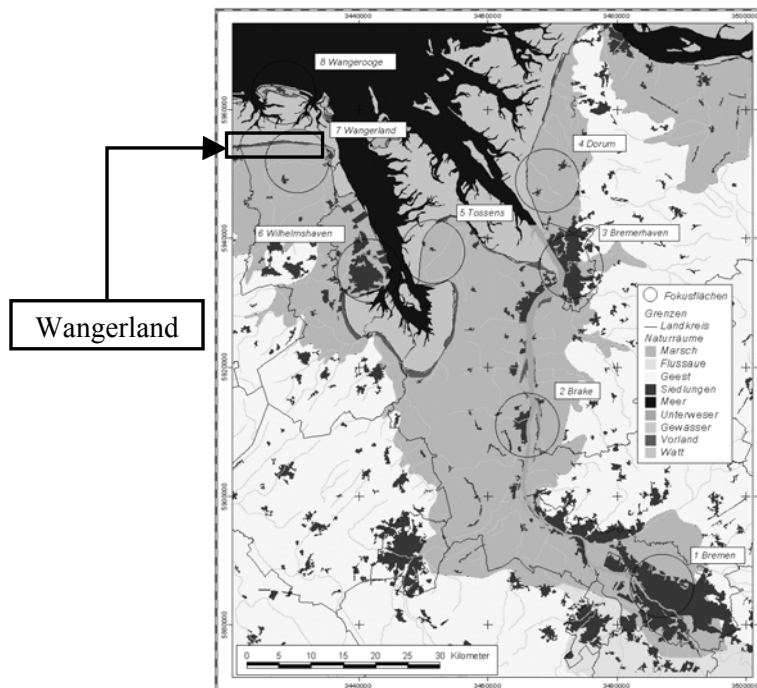


Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet von KRIM. Der Ausschnitt markiert die in der Abbildung 2 dargestellten Vorlandflächen im Wangerland.

Die Wirkungen einer möglichen Klimaänderung auf die Biozöosen der Vorlandflächen (Supra- und Eulitoral) lassen sich einerseits aus der Kenntnis der heutigen spezifischen ökologischen Bedingungen ihrer Lebensräume ableiten. Andererseits kann über einen historischen Vergleich der beobachteten Morphodynamik und Flächenentwicklung abgeschätzt werden, welche Einflussfaktoren in der Vergangenheit die Ausprägung der Litoralflächen maßgeblich bestimmt haben (Tabelle 1).

Primäre Wirkungen der prognostizierten Klimaänderung treten bei den Organismen der supra- und eulitoral Küstenökosysteme auf. Ihre ökologische Plastizität und Anpassungsfähigkeit wird u.a. durch eine Zunahme der Überflutungshäufigkeit, höhere und längere Salzbelastung, veränderte Bodenverhältnisse und stärkere mechanische Belastung infolge erhöhter Strömungs- und Wellenenergie beansprucht. Dies beeinflusst die Konkurrenzsituation und kann zur Umstrukturierung der Biozöosen, insbesondere der Pflanzengesellschaften, die in hohem Maße die Landschaft prägen, führen (Vagts et al. 2000). Veränderungen der hydrologischen Parameter werden im Projekt KRIM vom Teilprojekt „Hydro- und Morphodynamik“ modelliert und bilden die Grundlage für die Abschätzung der Überflutungssensitivitäten der Vorlandbiotoptypen (s. Grabemann et al. i.d. Band).

Biotoptyp- komplex	Morphodynamik und Flächenentwicklung		Sensitivität hinsichtlich Überflutung			
	letzten 30 bis 40 Jahre	zwischen 1991 und heute	Häufigkeit		Lage zu MThw	
			säk	klima	säk	klima
<b>gesamtes Wan- gerland</b>	Sedimentation 0,5 - 2 cm pro Jahr, Kantenerosion 0,5 - 1 m pro Jahr	-19% (169 ha)	mittel - durch Lage im Rückseitenwatt, terrassenförmige Morphologie mit Ufer- wall und Lahnungssystemen			
<b>Pionierzone (Eulitoral)</b>	Sedimentation 1 - 2 cm pro Jahr	-53% (162 ha)	gering bis mittel	mittel	mittel bis hoch	hoch bis sehr hoch
<b>Untere Salzwiese (Supralitoral)</b>	Sedimentation 1 cm pro Jahr	-30% (58 ha)	gering	hoch	mittel	hoch
<b>Obere Salzwiese (Supralitoral)</b>	Sedimentation 0,5 - 1 cm pro Jahr	+19% (45 ha)	sehr ge- ring bis hoch	gering bis sehr hoch	mittel bis hoch	mittel bis sehr hoch

Tab. 1: System- und Sensitivitätsanalyse der Vorlandflächen im Wangerland (säk = Fortschreibung des säkularen Meeresspiegelanstiegs und Tidenhubs (+ 20 cm bis 2050), klima = durch einen Klimawandel beschleunigter Meeresspiegelanstieg und vergrößerter Tidenhub (+ 65 cm bis 2050)).

Ob es zu einem Verlust von terrestrischen Küstenlebensräumen infolge des Meeresspiegelanstiegs kommt, hängt v.a. von dessen Geschwindigkeit sowie vom Aufwuchsvermögen und der Möglichkeit einer Verlagerung der Salzwiesen landeinwärts ab (Wittig & Meyerdirks 2002). Für die Salzwiesen sind die Voraussetzungen einer landseitigen Verschiebung aufgrund der feststehenden Hauptdeichlinie nicht gegeben. Darüber hinaus müssen die beteiligten Organismen hinreichend weite Toleranzamplituden aufweisen, um mit der Geschwindigkeit der Änderung ökologischer Bedingungen mithalten zu können. Ob und welche Konsequenzen für Struktur und Funktion der Küstenbiozönosen hieraus resultieren können, ist derzeit nur mit großen Unsicherheiten abschätzbar und soll im Folgenden über Szenarien der Entwicklungsmöglichkeiten beschrieben werden.

## 2.2 Entwicklungsmöglichkeiten des Vorlandes bis 2050

Aus der System- (z.B. Aufwuchsvermögen der Salzwiesen, maximale Sedimentationsraten, Erosionsgeschwindigkeiten) und Sensitivitätsanalyse (z.B. Überflutungstoleranz, Lage zu MThw) der ökologischen Systeme lassen sich nun mögliche Entwicklungen der Vorländer ableiten. Zusätzlich wird die morphodynamische Entwicklung vom Ausmaß der im Vorland vorhandenen Küstenschutzelemente (Lahnungen, Deckwerke, Kantensicherungselemente, u.a.) beeinflusst. Die zukünftige Intensität der Unterhaltung der küstenschutztechnischen Bauwerke wird dabei in zwei Küstenschutzvarianten festgelegt. Während in der Variante 1 davon ausgegangen wird, dass die Funktionsfähigkeit der heute existierenden Küstenschutzelemente gleich bleibt, so zeichnet sich die Variante 2 durch einen eingeschränkten Unterhaltungsaufwand aus, der dazu führt, dass die Funktionsfähigkeit der Küstenschutzelemente in Zukunft deutlich reduziert ist.

Bei diesen Annahmen lässt sich für die Vorlandflächen im Wangerland unter Berücksichtigung der Küstenschutzvariante 1 für alle Biotoptypenkomplexe in den schon heute gesicherten Bereichen keine Kantenerosion und ein mit dem Meeresspiegelanstieg (säkular und beschleunigt) Schritt haltendes Aufwuchsvermögen erwarten. Für die Küstenschutzvariante 2 gilt dieser positive morphodynamische Trend gleichermaßen. Hinsichtlich der Breitenentwicklung sind jedoch deutliche Vorlandverluste von 100 m für die Fortschreibung des säkularen bzw. 200 m für einen beschleunigten Meeresspiegelanstieg anzunehmen, da der Schutz der Vorlandkante durch Verbauung stark abnimmt (Abbildung 2).

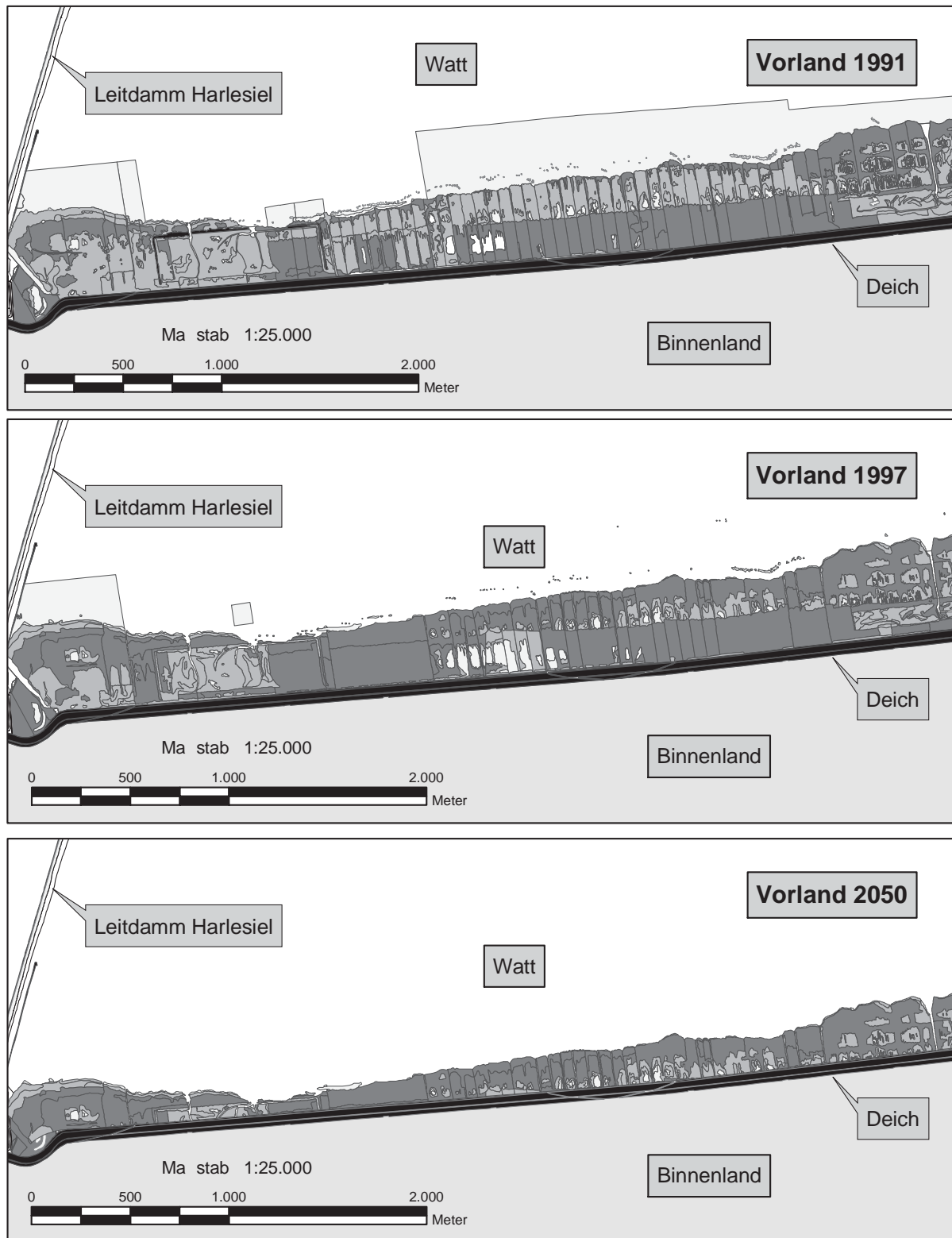


Abb. 2: Darstellung der Biotoptypkomplexe in den Vorländern des Wangerlandes in der Vergangenheit (oben: Kartierung 1991), im Status quo (mitte: Kartierung 1997) und prognostiziert für das Jahr 2050 (unten) abgeleitet aus den Entwicklungsmöglichkeiten (siehe im Text) unter Annahme der Küstenschutzvariante 2 (eingeschränkte Unterhaltung) und bei einem klimabedingt beschleunigten Meeresspiegelanstieg.

### Legende

#### Biotoptypkomplexe

- Pionierzone
- Untere Salzwiese
- Obere Salzwiese
- Küstenschutzbauwerk
- weitere Biotoptypen

Für die Vorländer im Wangerland wurde unter den erwähnten Annahmen die morphodynamische Entwicklung von uns als „squeeze“-Variante (z.B. nach Hofstede 1994) bezeichnet. Das bedeutet, dass die Vorländer aufgrund der festen Position der Winterdeichlinie vor dieser „zusammengedrückt“ werden. Die „Gewinner“ dieser Entwicklung sind die Biotoptypen der Pionierzone und teilweise der unteren Salzwiese, während die „Verlierer“ die Biotoptypen der oberen Salzwiese sind, da ihre Flächengröße relativ stärker abnimmt (Abbildung 3). Da sich die Salzwiesen im Rückseitenwatt des Wangerlandes aber durch eine terrassenförmige Struktur auszeichnen, konnte sich in der Vergangenheit die obere Salzwiese v.a. zu Ungunsten der unteren Salzwiese ausbreiten (Tabelle 1). Bei den angenommenen Entwicklungsmöglichkeiten für die Vorlandbreite wird nun also eine Verschiebung aller Biotoptypen in Richtung Deich um 100 m bzw. 200 m berechnet, da sich die Vorlandhöhe bei dem identifizierten Aufwuchsvermögen und der Überflutungssensitivität in Relation zum MThw nicht ändert (Abbildung 2 unten).

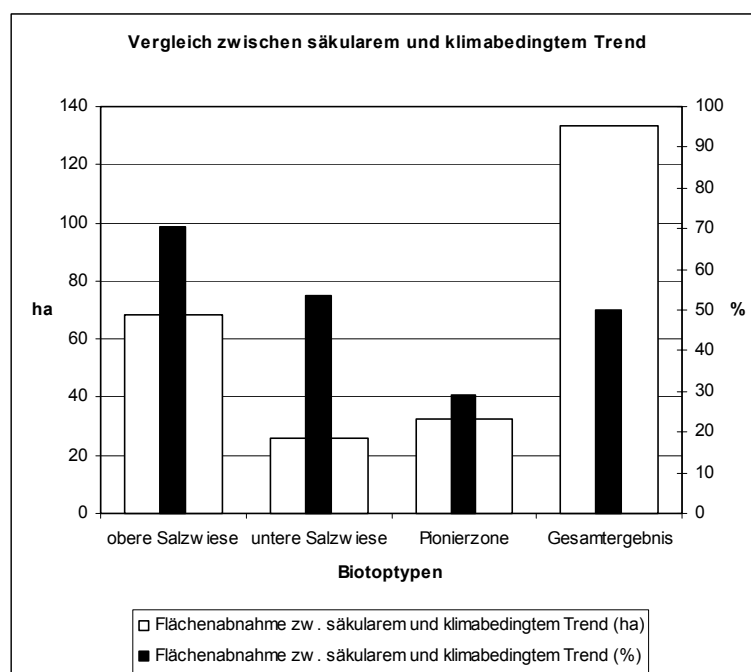


Abb. 3: Darstellung der Flächengrößenveränderungen der Biotoptypkomplexe (in ha und %) zwischen den Entwicklungsmöglichkeiten für die Vorlandbreite, d.h. zwischen säkularem und klimabeschleunigtem Trend des Meeresspiegelanstiegs, unter Annahme der Küstenschutzvariante 2.

### 2.3 Funktionsanalyse der Nutzerperspektive Küstenschutz

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

Die Ansprüche der Nutzerperspektive Küstenschutz an die Vorländer resultieren also aus den ökologischen Eigenschaften und Strukturen, die Funktionen hinsichtlich der Regulation von Wellen- und Strömungsenergie besitzen. Diese Regulationsfunktion beruht im Wesentlichen auf charakteristischen Strukturen des Pflanzenbewuchses der Vorländer wie sie in den Biotoptypen beschrieben sind. Es

kann zwischen den drei Funktionsansprüchen Erosionsschutz, Sedimentationsvermögen und Energietransmission unterschieden werden.

Erosionsschutz bezeichnet die Fähigkeit von Pflanzenarten und -gesellschaften, den Boden zu stabilisieren und die Strömungsenergie vom Boden abzulenken und somit Erosionsprozesse zu verhindern bzw. zu reduzieren (Erchinger et al. 1996). Ein durch- oder überströmter Pflanzenbestand bildet mit seinen Pflanzenstengeln und -blättern ein System von zufälligen und variablen Durchflussquerschnitten, die zu einer Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit und damit zur Herabsetzung der Sohlreibung führen. Besondere Bedeutung für die Erosionsstabilität hat die Ausprägung des Wurzelsystems, da Wurzeln und Bodenteilchen einen Verbund aus festen und elastischen Elementen bilden. Die Bodenteilchen besitzen eine hohe Stabilität gegenüber Druckkräften und das Wurzelgeflecht nimmt strömungsinduzierte Zug- und Scherkräfte auf (Grumblat 1987).

Das Sedimentationsvermögen ist v.a. von der strukturellen vertikalen und horizontalen Dichte der Vegetation abhängig (Osterthun & Partenscky 1991), da sie der wesentliche Regulator für die Sedimentrückhaltung und -resuspension ist. Die Sedimentationsrate steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der von der Höhenlage der Biotoptypen zum mittleren Tidehochwasser (MThw) abhängigen Überflutungsintensität. Überflutungshäufigkeit und -dauer, Tidenhub, Vorlandhöhe und -breite, verfügbare Sedimentmenge und -zusammensetzung sowie Sedimentablagerungen bei Sturmfluten sind weitere Parameter die die Aufwuchsgeschwindigkeit bestimmen.

Die Energietransmission ist abhängig von der Wuchshöhe, Bewuchselastizität und mechanischen Widerstandsfähigkeit der Pflanzen. Mit zunehmender Pflanzenhöhe wächst die Reduktion der Strömungsgeschwindigkeiten und führt somit zu einem verbesserten Schutz des Bodens (Führböter et al. 1992).

Für jede der genannten Eigenschaften kann ein ordinal skaliertes Wert definiert werden, der dann über mehrere Aggregationsschritte zu einem Funktionswert für die einzelnen Biotoptypen zusammengefasst wird (Tabelle 2). Die Multiplikation dieser Biotoptyp-Funktionswerte mit der zugehörigen Flächengröße ergibt für die gesamten Vorlandbereiche im Wangerland eine Funktionswertsumme, die die Ansprüche der Nutzerperspektive Küstenschutz an die Funktionsfähigkeit der ökologischen Eigenschaften des Systems widerspiegelt (Tabelle 3).

Biotoptyp	Erosionsschutz		Sedimentationsvermögen		Energie- transmission		Gesamt- bewertung
	Wurzel- ausbil- dung (Bo- den)	De- ckungs- grad (Ab- schirm- ung)	Über- flutungs- intensität (Lage zu MThw)	strukturelle vertikale und hori- zontale Dichte (Rückhal- tung)	Elastizität und Wi- der- stands- fähigkeit	Vegeta- tionshö- he (Re- duzierung)	
Queller-Watt (KWQ)	+	++	+++	+	++	++	3
	+++		++++		++++		
Schlickgras-Watt (KWG)	++	+	+++	++	+	++	3
	+++		+++++		+++		
Untere Salzwiese, na- turnah (KHU)	++	++	++	+++	+++	+++	1
	++++		+++++		+++++		
Untere Salzwiese, be- weidet (KHW)	++	+++	++	++	++	++	2
	+++++		++++		++++		
Obere Salzwiese, na- turnah (KHO)	+++	++	++	++	+++	+++	1
	+++++		++++		+++++		
Obere Salzwiese, in- tensiv genutzt (KHI)	+++	+++	++	++	++	+	2
	+++++		++++		+++		
Obere Salzwiese des Brackübergangs (KHB)	++	+++	++	++	++	++	2
	+++++		++++		++++		
Queckenbestand der oberen Salzwiese (KHQ)	++	++	+	++	+++	++	3
	++++		+++		++++		

Tab. 2: Bewertung ausgewählter Biotoptypen anhand ihrer von der Nutzerperspektive Küstenschutz in Anspruch genommenen Funktionen. Legende: Bedeutung für den Küstenschutz 1 = sehr hoch, 2 = hoch, 3 = mittel, 4 = gering, 5 = sehr gering/ohne; +++, ++, + = hohe, mittlere und geringe Bedeutung der Einzelkriterien.

## 2.4 Risikoanalyse der Vorländer aus der Sicht des Küstenschutzes

In Anlehnung an die klassische technische Risikodefinition bezeichnet auch ein ökologisches Risiko das Produkt aus Schadensausmaß und der Wahrscheinlichkeit seines Eintretens. Das schadensverursachende Ereignis ist hier v.a. der beschleunigte Meeresspiegelanstieg, der zu ökologischen Schäden (Funktionsverlusten) aus Sicht der Nutzerperspektive Küstenschutz führt. Das Ausmaß dieser Schäden lässt sich Anhand der Entwicklung der Funktionswertsummen vergleichend für die jeweiligen Küstenschutzvarianten und Klimaszenarien ermitteln (Tabelle 3).

Biotoptypen im Wanger- land	Status quo		säkularer MSA			beschleunigter MSA		
	Flächen- größe	Funk- tionswert	Flächen- größe	Funk- tionswert	Abnahme Funk- tionswert	Flächen- größe	Funk- tionswert	Abnahme Funk- tionswert
Küstenschutz- Variante 1	595 ha	1962	375 ha	1250	36%	286 ha	948	24%
Küstenschutz- Variante 2			267 ha	900	54%	134 ha	448	50%

Tab. 3: Darstellung der Verluste an Vorlandflächen und Funktionswerten der Biotoptypen aus der Sicht der Nutzerperspektive Küstenschutz unter Berücksichtigung veränderter Meeresspiegelanstiege (MSA) und der beiden Küstenschutzvarianten (siehe auch im Text).

Werden also Nutzungsansprüche an die Landschaft gerichtet, bestehen sehr wohl spezifische Risiken, falls diese Ansprüche negativ beeinflusst werden. Die Auswirkungen des schadenauslösenden Ereignisses treten mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit ein und haben entsprechende Folgen für die ökologischen Strukturen und Eigenschaften sowie deren Funktionen.

### 3 Ausblick

Abschätzung und Bewertung der Auswirkungen klimabedingter Veränderungen in ökologischen Systemen gewinnen für gesellschaftliche Entscheidungsprozesse zunehmend an Bedeutung. Neben dem naturwissenschaftlichen Aspekt der Auswirkungen auf ökologische Strukturen, Prozesse und Wechselwirkungen, spielen bei einer handlungsorientierten, integrativen Klimafolgenforschung mit dem Ziel eines vermeidungsorientierten Managements die sozioökonomischen Konsequenzen des Klimawandels eine wichtige Rolle. Eine rein naturwissenschaftlich „objektive“ Darstellung der Auswirkungen greift bei der Formulierung von Handlungsoptionen für Entscheidungsträger zu kurz. Vielmehr müssen Veränderungen, die Auswirkungen auf Funktion bzw. Funktionsfähigkeit von ökologischen Strukturen haben, vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Handlungsnotwendigkeiten bewertbar gemacht werden.

Risiko ist das Resultat von Abwägungen zwischen Nutzen und Schaden aus Sicht der ausgewählten Nutzer. Diese Abwägungen setzen Entscheidungsalternativen voraus, wobei dem Bewertungsprozess letztlich moralische und politische Kriterien zugrunde liegen (Breckling & Müller 2000). Die Bewertung eines Risikos als akzeptabel oder inakzeptabel ist somit das Resultat einer Güterabwägung zwischen den Nutzerinteressen. Neben dem Küstenschutz sind hier insbesondere die Belange von Naturschutz, Landwirtschaft und Tourismus zu berücksichtigen. Eine ökologische Risikodefinition muss also auf menschliche bzw. gesellschaftliche Maßstäbe und Werte aus den verschiedenen Nutzerperspektiven zurückgreifen, die die Strukturen und Funktionen der ökologischen Systeme und ihre Änderungen abbilden und somit einer Risikobewertung zugänglich machen.

### Literatur

- Blindow, H. (1987): Frieslands Salwiesen. Verlag C. L. Mettcker & Söhne, Jever, 93 S.
- Breckling, B. & F. Müller (2000): Der Ökologische Risikobegriff - Einführung in eine vielschichtige Thematik. In: Breckling, B.; Müller, F. (Hrsg.): Der ökologische Risikobegriff. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises Theorie in der Ökologie in der Gesellschaft für Ökologie vom 4.-6. März 1998, Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main, S. 1-15.
- Dieckmann, R. (1987): Bedeutung und Wirkung des Deichvorlandes für den Küstenschutz. In: Kempf, N., J. Lamp & P. Prokosch (Hrsg.): Salzwiesen: Geformt von Küstenschutz, Landwirtschaft oder Natur? 1. Tagungsband der Umweltstiftung WWF-Deutschland, 2. Auflage, Husum Druck- und Verlagsgesellschaft, Husum, S. 163-187.
- Erchinger, H. F., H.-G. Coldewey & C. Meyer (1996): Interdisziplinäre Erforschung des Deichvorlandes im Forschungsvorhaben "Erosionsfestigkeit von Hellern". Die Küste, 58, S. 1-45.
- Führböter, A., H. Manzenrieder, M. Schulze & U. Kotzbauer (1992): Festigkeit von Hellern - Hydromechanik Hydraulik. Leichtweiss-Institut für Wasserbau, TU Braunschweig, Bericht Nr. 732, 86 S.
- Grabemann, H.-J., I. Grabemann & D. Eppel (2004): Climate change and hydrodynamic impact in the Jade-Weser area: a case study. In: Schernewski, G. & T. Dolch (Hrsg.): Geographie der Meere und Küsten. Coastline Reports 1.
- Grumblat, J.-D. (1987): Auswirkungen von Beweidungsformen und Mahd auf Sedimentation und Erosion. In: Kempf, N., J. Lamp & P. Prokosch (Hrsg.): Salzwiesen: Geformt von Küstenschutz, Landwirtschaft oder Natur? 1. Tagungsband der Umweltstiftung WWF-Deutschland, 2. Auflage, Husum Druck- und Verlagsgesellschaft, Husum, S. 189-213.

- Hofstede, J. (1994): Meeresspiegelanstieg und Auswirkungen im Bereich des Wattenmeeres, in: Lozán, J., E. Rachor, K. Reise, H. von Westernhagen, und W. Lenz (Hrsg.), Warnsignale aus dem Wattenmeer, Berlin: Blackwell Wissenschafts-Verlag, S. 17-23.
- Mai, S. & C. Zimmermann (2000): Konzepte und Techniken im Küstenschutz im Lande Niedersachsen unter geänderten Klimabedingungen. Mitteilungen des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, Heft 84, S. 97-178.
- Mai, S., K.-F. Daemrich & C. Zimmermann (1998): Wellentransmission an Sommerdeichen. Wasser & Boden, Heft 11, S. 28-40.
- Osterthun, M. & H.-W. Partenscky (1991): Vorlandbildung an Deichen und Sicherungsdämmen. Teil 1: Morphologische Analyse der Vorlandentwicklung. Mitt. des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Universität Hannover, Heft 72, S. 369-391.
- Vagts, I., H. Cordes, G. Weidemann & D. Mossakowski (2000): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologischen Systeme der Küsten (Salzwiesen & Dünen). Teil A: Synthese. Abschlußbericht des Verbundvorhabens, gefördert durch das BMBF & das Land Mecklenburg-Vorpommern, 199 S.
- Wittig, S. & J. Meyerdirks (2002): Küstenökologische Aspekte des Klimawandels. Verh. der Ges. für Ökologie, Band 32, S. 464.

### **Adresse**

Dipl.-Biol. Stefan Wittig  
c/o Dr. M. Schirmer  
Universität Bremen  
Abt. Aquatische Ökologie  
Forschungsverfügungsgebäude (FVG)  
Celsiusstraße  
28359 Bremen

E-mail: [swittig@uni-bremen.de](mailto:swittig@uni-bremen.de)







## **Risikoanalyse – ein Element des Küstenzonenmanagements**

### **Risk Analysis applied in Integrated Coastal Zone Management**

Anne Elsner, Stephan Mai & Claus Zimmermann

Franzius-Institute for Hydraulic, Waterways and Coastal Engineering, University of Hannover, Germany

#### **Abstract**

Accelerated sea level rise as a result of the climate change leads to an increasing stress on coastal defence systems and therefore to a higher risk to coastal zones due to the higher failure probability of defence systems. This requires an adjustment to ensure today's and future utilisation of the hinterland. To reduce the costs of this adjustment coastal defence planning should be integrated into the management of the hinterland. Probabilistic risk analysis which combines failure probability of coastal defence systems and expected loss in the hinterland in case of flooding is a suitable technique. Within this concept risk is defined as the product of the probability of failure of the defence system and its consequences, e.g. the expected loss. Applying this definition densely populated and economically valuable urban areas require a higher standard of safety than rural areas. Apart from strengthening existing coastal defence systems a strategy of adaptation introducing secondary defence lines is possible.

Both coastal defence strategies are analysed for the community of Wangerland north of Wilhelmshaven. It is shown that today's system fails with a probability of 1/2500. A rise in water level of 55 cm increases the annual failure probability to approx. 1/500. In case of a dike breach near Minsens the loss, calculated using GIS in order to combine the results of numerical modelling of the flooding and the assets, amounts to 60 million Euro. Today's risk of the coastal zone increases by a factor of 5 in case of the sea level rise.

#### **1 Einführung**

Das integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM) zielt auf eine interdisziplinäre Strategieentwicklung für das gesamte Küstengebiet (sowohl marinen als auch terrestrischen Teil) ab. Innerhalb der verschiedenen Fachdisziplinen, wie z.B. Ökologie, Raumplanung und Küsteningenieurwesen, erfolgt schließlich die Umsetzung der Strategie. In Deutschland ist die Umsetzung dieses Konzepts bei der Planung von Küstenschutzanlagen noch nicht sehr weit fortgeschritten. Während in Schleswig-Holstein erste Ansätze umgesetzt werden (Ministerium für Ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein 2001), sind in der niedersächsischen Küstenschutzplanung diese Ansätze nicht erkennbar, wengleich die gesetzlichen Regelungen im Deichgesetz durchaus eine stärkere Integration zu lassen. So kommentieren Lüders und Leis (1964) den §4 Nds. Deichgesetz (1) dahingehend, daß bei der Festlegung der Abmessungen des Küstenschutzsystems durch die obere Deichbehörde „die Struktur des geschützten Gebietes (Höhenlage, Besiedlung, Bewirtschaftung) zu berücksichtigen ist. Methodisch bietet sich zur Integration der Hinterlandstruktur in die Küstenschutzplanung die Risikoanalyse an (CUR 1990, Mai & von Lieberman 1999), welche im Folgenden exemplarisch für das Wangerland nördlich von Wilhelmshaven erläutert wird.

#### **2 Grundlagen der Risikoanalyse**

Die Integration von Hinterlandstruktur und Küstenschutzplanung erfolgt im Rahmen der Risikoanalyse über die vereinfachte Definitionsgleichung (z.B. Probst 1994)

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

Während derzeit der Folgeschaden insbesondere durch die Hinterlandstruktur, d.h. Nutzungstypen und deren Höhenlage, bestimmt wird, ergibt sich die Versagenswahrscheinlichkeit des Küstenschutzsystems in Niedersachsen aufgrund der Fokussierung auf eine Schutzlinie aus der Küstenschutzplanung. Die Erweiterung des derzeitigen Küstenschutzkonzepts durch den Ausbau zweiter Deichlinien zu einem gestaffelten Konzept, welches in Schleswig-Holstein teilweise umgesetzt und per Erlaß (Lüders & Leis 1964) seit langem auch bei der niedersächsischen Küstenschutzplanung zu berücksichtigen ist, wird diese scharfe Trennung jedoch in Zukunft aufweichen. Für das Küstenschutzelement „Hauptdeich“, als für das Wangerland maßgebendem Schutzelement, wird in Kapitel 3 unter Berücksichtigung der derzeit verfügbaren Datenbasis ein probabilistisches Konzept zur Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit dargestellt (Mai & Zimmermann 2003) und zur Beurteilung des heutigen und des bei Klimawandel zu erwartenden Sicherheitsstandards eingesetzt. Das methodische Vorgehen zur Berechnung des Folgeschadens wird in Kapitel 4, welches eine Übersicht über ein Verfahren zur monetären Bewertung der Hinterlandstruktur (Meyer & Mai 2003) gibt, und in Kapitel 5, welches die Ausweisung von Überflutungsflächen mit Hilfe numerischer Simulationen sowie die darauf aufbauende Abschätzung des Schadens erläutert, dargestellt.

### 3 Sicherheit des Hauptdeichs

#### 3.1 Probabilistische Methodik

Während in Deutschland die probabilistische Analyse einzelner Versagensformen des Hauptdeichs noch keinen Einzug in die behördliche Bemessungspraxis gefunden hat, wird diese in den Niederlanden als Standardverfahren in der Bemessung von Deichen eingesetzt (Jorissen 2000). Erste Untersuchungen zur Sicherheit niederländische Deiche finden sich bei Roelse und Bakkar (1986). Als Beurteilungsmaßstab der Deichsicherheit dient in den Niederlanden die Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlauf, wengleich auch die Grundlagen zur probabilistische Behandlung anderer Versagensformen des Hauptdeichs, wie Erosion der Außen- und der Binnenböschung, vorliegen (CUR 1990). Für die niedersächsische Küste ist eine erste probabilistische Analyse der Deichsicherheit auf der Grundlage des Wellenüberlaufs durch Zimmermann und Mai (1998) gegeben. Weitere Versagensformen sind in Kortenhaus (2003) diskutiert.

Die Grundlage der Beurteilung der Überlaufwahrscheinlichkeit eines Hauptdeichs bildet die als Differenz von Deichhöhe ( $h_D$ ) und Wasserstand ( $Thw$ ) sowie Wellenauflauf ( $R_{98}$ ) definierte Zuverlässigkeit ( $Z$ )

$$Z = h_D - Thw - R_{98}(H_s(Thw, u_w, \gamma_w), T_m(Thw, u_w, \gamma_w), \gamma_s(Thw, u_w, \gamma_w))$$

Der Wellenauflauf am 1:n geneigten Deich folgt aus den Seegangsbedingungen am Deichfuß (Ausschuß für Küstenschutzwerke 2003), d.h. der signifikanten Wellenhöhe  $H_s$ , der mittleren Wellenperiode  $T_m$  und der Seegangsrichtung  $\gamma_s$ , welche ihrerseits von Tidehochwasserstand und Wind ( $u_w, \gamma_w$ ) abhängen:

$$R_{98} = 2,15 \cdot \gamma \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot \pi}} \cdot \sqrt{H_s} \cdot T_m \cdot 1/n.$$

Die Wahrscheinlichkeit  $p_{Z<0}$  des Deichversagens durch Wellenüberlauf folgt mittels Integration der gemeinsamen Eintrittswahrscheinlichkeit  $p_{Thw, u_w, \gamma_w}(\dots)$  von Wasserstand und Wind für negative Zuverlässigkeit:

$$p_{Z<0} = \int_{Z<0} p_{Thw, u_w, \gamma_w}(Thw, u_w, \gamma_w) dThw du_w d\gamma_w$$

Aufgrund der begrenzten Datengrundlage gleichzeitiger Wasserstands- und Windmessungen wird die gemeinsame Eintrittswahrscheinlichkeit von Wasserstand und Wind in die Eintrittswahrscheinlichkeit des Wasserstands sowie die bedingten Eintrittswahrscheinlichkeiten von Windgeschwindigkeit und -richtung separiert (Mai & Zimmermann 2003):

$$p_{Thw, u_W, \gamma_W}(Thw, u_W, \gamma_W) = p_{Thw}(Thw) \cdot p_{\gamma_W|Thw}(\gamma_W) \cdot p_{u_W|\gamma_W, Thw}(u_W)$$

Als maximal zulässige jährliche Eintrittswahrscheinlichkeit eines Wellenüberlaufs wird in den Niederlanden 1/1250 (Jorissen 2000), in Belgien 1/1000 (Wolf & Verwaest 1999) und in Dänemark 1/50 (Laustrup 2000) angesehen.

### 3.2 Sicherheit des Hauptdeichs von Wangerland

Die für eine Beurteilung der Sicherheit der Hauptdeiche des Wangerlands notwendigen Statistiken von Wasserstand und Wind sind in den Abbildungen 1 und 2 gegeben. In Abbildung 1 wird dazu die unter Voraussetzung der Log-Pearson 3 Verteilung abgeleitete, jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit des Tidehochwassers (Jensen et al. 2003) an den benachbarten Pegeln Bengersiel und Wangerland für das Bezugsjahr 2000 gegeben. Für das Jahr 2050 wird zudem ein Szenario einer als Folge des Klimawandels geänderten Wasserstandsstatistik gegeben, wobei ein Anstieg des mittleren Tidehochwassers von 0,55 cm in Ansatz gebracht wird. Danach beträgt das einer jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit von 1/1000 zuzuordnende Tidehochwasser bei Bengersiel NN + 5,45 m und am Pegel Wangerland NN + 5,85 m. Die in Abbildung 2 dargestellte während Sturmfluten gültige Windstatistik basiert auf seit 1952 durchgeführten Messungen an der Station Helgoland. Als statistisches Modell der Verteilung der Windrichtungen findet die Normalverteilung Verwendung, als Modell der Geschwindigkeitsverteilung die Weibullverteilung. Für das Jahr 2050 wird von einer klimaänderungsbedingten Erhöhung der Windgeschwindigkeit von 7 % ausgegangen. Dem Wasserstand und Wind werden mit Hilfe des numerischen Modells SWAN die Seegangsbedingungen zugeordnet.

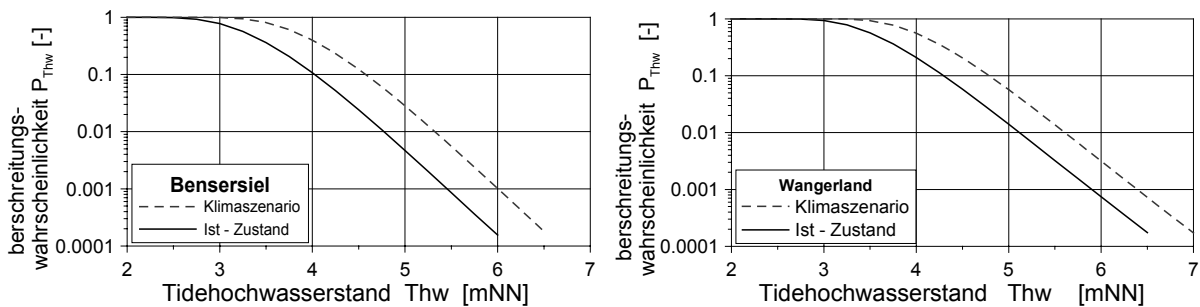


Abb. 1: Jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit des Tidehochwasserstands am Pegel Bengersiel (links) und am Pegel Wangerland (rechts) – Ist-Zustand und Klimaszenario

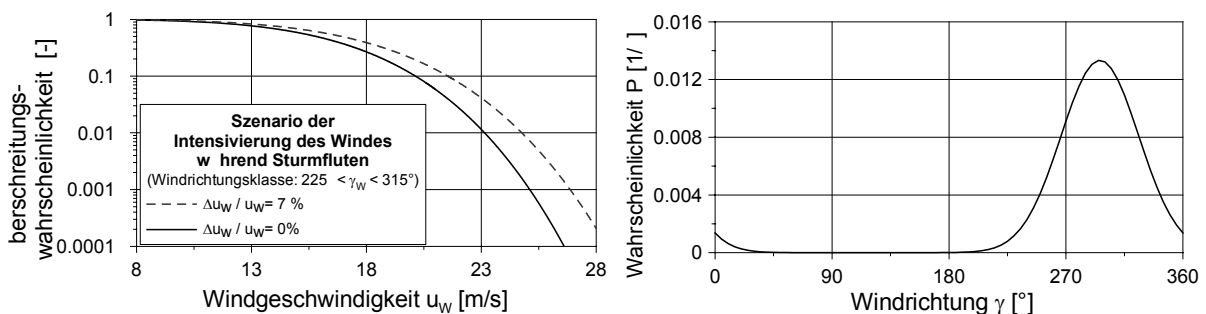


Abb. 2: Wahrscheinlichkeit von Windgeschwindigkeit (links) und -richtung (rechts) während Sturmfluten – Ist-Zustand und Klimaszenario

Die Abbildung 3 zeigt exemplarisch die signifikante Wellenhöhe und die mittlere Wellenperiode im Küstenvorfeld Wangerlands. Die den dargestellten Berechnungen zugrundeliegenden Randbedingungen von Wasserstand und Wind entsprechen etwa denen der Sturmflut des Jahres 1962. Die dem Wangerland vorgelagerten Inseln Spiekeroog und Langeoog wirken, wie Abbildung 3 zeigt, in erheb-

lichem Maße als vorgelagerte Küstenschutzelemente, da sie die Seegangsbelastung im Bereich des Rückseitenwatts reduzieren.

Der Deich hat eine Höhe von ca. NN + 7,88 m sowie eine Deichneigung von ca. 1:6,5 (III. Oldenburgische Deichverband, 1. Deichzug, Querprofil 14,1 km). Die Deiche sind in weiten Teilen scharliegend. Die jährliche Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs beträgt zurzeit weniger als 1:2500. Aufgrund der höheren Seegangsbelastung ist der Bereich bei Minsen am stärksten gefährdet (Abbildung 4). Als Folge des Klimawandels ist mit einer Erhöhung der Versagenswahrscheinlichkeit um den Faktor 5 zu rechnen.

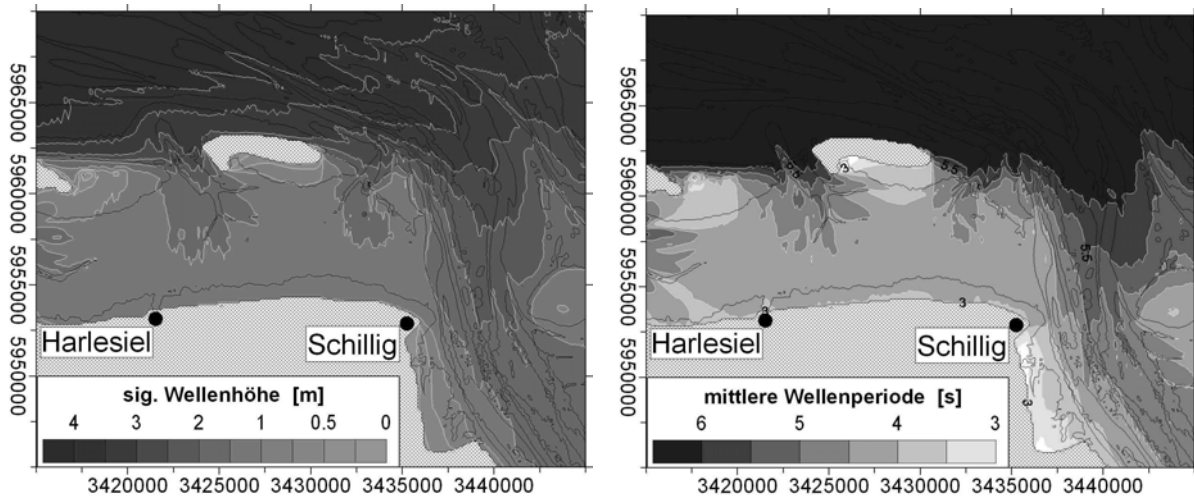


Abb. 3: Seegangsbedingungen im Rückseitenwatt von Wangerooge – signifikante Wellenhöhe (links) und mittlere Wellenperiode (rechts)

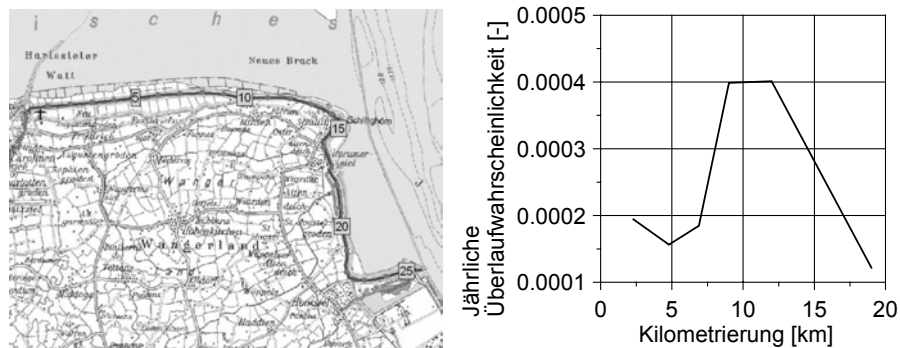


Abb. 4: Wahrscheinlichkeit eines Wellenüberlaufs von mehr als 2 m<sup>3</sup>/h pro lfd. m an den Hauptdeichen Wangerlands

#### 4 Analyse des Wertbestandes im Hinterland

Die Abschätzung des zu erwartenden Schadens im Hinterland bei Versagen des Hauptdeichs erfordert die Kenntnis über die dort bestehenden Wertvermögen und damit des vorhandenen Schadenspotentials. Um auch größere Gebiete praktikabel erfassen können, bietet sich eine Wertermittlung auf mesoskaligem Level an. Mit dieser Methode wurden die einzelnen Wertkategorien (Wohnkapital, Nettoanlagenvermögen, ...) mittels sekundärstatistischer Quellen auf Gemeindeebene (Meyer & Mai 2004) erhoben. In Abbildung 7 sind die ermittelten Vermögenswerte für das Wangerland nach Wertkategorien aufgeteilt tabellarisch dargestellt.

Diese Vermögenswerte geben jedoch nicht deren räumliche Verteilung auf Gemeindeebene wieder. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Wertanhäufung in den städtischen Gebieten höher ist als in den ländlich geprägten. Aus diesem Grund werden die einzelnen Vermögenskategorien der einzelnen

Gemeinden bzw. Städte mit der jeweiligen Flächennutzung verortet, z.B. die Kategorien "Wohnkapital" und "Hausrat" mit der Flächennutzung "Wohnbaufläche". Als Datengrundlage für die Flächen-nutzung bietet sich das Digitale Landschaftsmodell des Amtlichen Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS-Basis-DLM) an. Diese Art der Verschneidung ermöglicht die Darstellung der räumlichen Verteilung von Vermögenswerten. Abbildung 5 zeigt die unterschiedliche Vermögenskonzentration für die Stadt Wilhelmshaven und die Gemeinde Wangerland. Es zeigt sich deutlich die hohe Konzentration von Wertbeständen im Stadtgebiet mit Vermögenswerten von bis zu 500 Euro/m<sup>2</sup>. Im stark ländlich geprägten Wangerland finden sich für die dortigen Siedlungsflächen Vermögenswerte zwischen 50 und 100 Euro/m<sup>2</sup>. Die vorherrschenden Grün- und Ackerflächen haben dagegen mit einem Vermögenswert von unter 2 Euro/m<sup>2</sup> nur ein sehr geringes Schadenspotential.

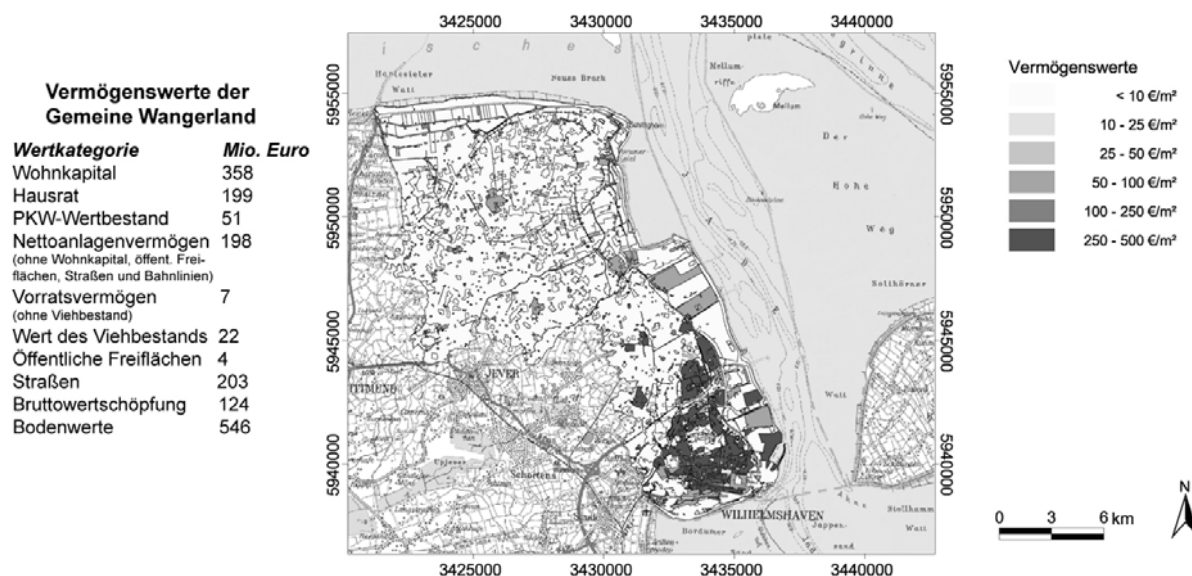


Abb. 5: Räumliche Verteilung der Vermögenswerte für die Gemeinde Wangerland (mit tabellarischer Differenzierung der Wertkategorien, links) und die Stadt Wilhelmshaven.

## 5 Überflutungsgefährdung des Hinterlandes

### 5.1 Ausweisung überflutungsgefährdeter Flächen

Die Ausweisung der Flächen, die im Falle des Versagens des Hauptdeichs von einer Überflutung betroffen sein können, ist Grundvoraussetzung für die Berechnung des zu erwartenden Schadens. Die Festlegung des Überflutungsbereichs erfolgt mit Hilfe eines zweidimensionalen numerischen Simulationsprogramms. Diese Methode hat - gegenüber der vereinfachten Methode der statischen Verschneidung der Topographie mit dem Tidehochwasserstand bei Sturmflut - den Vorteil, dass der Prozess des Überflutens simuliert wird. Durch die simulierte Strömung des Wassers wird eine höhere Genauigkeit der Ausdehnung der Überflutungsfläche sowie den Überflutungstiefen erreicht. Es wird berücksichtigt, dass das Wasser durch den Tideverlauf nur während eines begrenzten Zeitraums durch die Deichlücke in das Hinterland hineinströmt und sich durch die Ausbreitung des Wassers in der Fläche auch auf gleichen Geländehöhen unterschiedliche Überflutungstiefen einstellen. Eine Auswertung der einzelnen Ausgabezeitschritte der Simulation liefert zudem Informationen über den zeitlichen Verlauf der Überflutungsausdehnung sowie der Verweildauer des Wassers auf den gefluteten Flächen. Die Ausweisung der Überflutungsflächen im Untersuchungsgebiet Wangerland erfolgte mit der Annahme eines Bruchs des Hauptdeichs auf einer Länge von 100 m in der Nähe von Minsen. Die Deichlücke wird dabei auf die Höhe des umgebenden Geländes angeglichen und auf 1 mNN gesetzt. Die Basis der durchgeführten Simulationen ist ein digitales Geländehöhenmodell mit einer 50 m Rasterauflösung, das sowohl die Landhöhen als auch die über Tiefenpeilungen ermittelte Bathymetrieda-

ten enthält. Die Einbindung des sich während des Tideverlaufs ändernden Wasserstands erfolgt über die Einsteuerung der Tidekurvendaten am nördlichen Modellrand (siehe Abbildung 6).

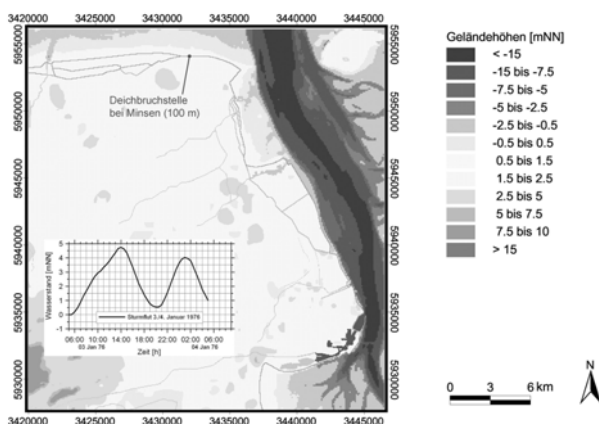


Abb. 6: In der Simulation an der nördlichen Modellgrenze eingesteuerte Tidekurve (Sturmflut 3./4. Januar 1976)

Für die Ermittlung der Überflutungsflächen werden zwei Szenarien aufgestellt. Die Sturmflut vom 3./4. Januar 1976 wird simuliert, um den heutigen Ist-Zustand zu erfassen. Um die Auswirkungen eines ansteigenden Meeresspiegels auf die Überflutungstiefe und -ausdehnung abschätzen zu können wird ein Zukunftsszenario aufgestellt, in dem von einem um 55 cm erhöhtem Wasserstand (Sturmflut 1976 + 55 cm) ausgegangen wird. Abbildung 7 zeigt die jeweiligen Überflutungsausdehnungen mit der maximal erreichten Überflutungstiefe. Dabei zeigt sich, dass bei einer Erhöhung der Tide um 55 cm die Überflutungsausdehnung um 25 % größer ausfällt (11.135 ha) und die maximalen Überflutungstiefen auf den einzelnen Flächen höher sind.

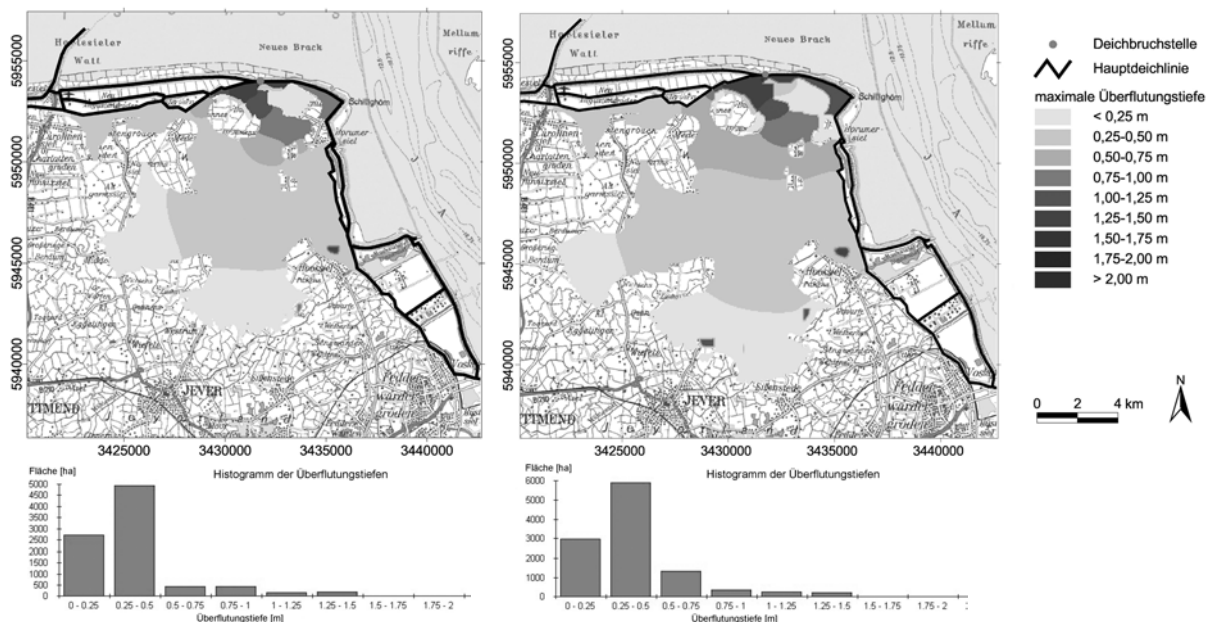


Abb. 7: Überflutungssimulationen für einen Deichbruch bei Minsin für die Sturmflut 3./4. Januar 1976 (links) und für ein Zukunftsszenario mit einer Erhöhung der Sturmfluttide um 55 cm (rechts), Histogramm der maximalen Überflutungstiefen.

### 5.2 Schadensberechnung

Die Berechnung des zu erwartenden Schadens auf den überfluteten Flächen erfolgt auf Grundlage des ausgewiesenen Überflutungsgebietes (Kapitel 5.1) mit den maximal während der Flut erreichten Ü-

berflutungshöhen und den ermittelten Vermögenswerten der Flächen (Kapitel 4). Die maximalen Überflutungshöhen, die sich während des Überflutungsprozesses auf den Flächen einstellen, können aus der Zeitserie der Überflutungssimulation herausgefiltert werden. Der Schädigungsgrad einer überfluteten Fläche ergibt sich maßgeblich durch den maximal erreichten Wasserstand während der Überflutung. Die Beziehung zwischen Wasserstand und Schädigungsgrad lässt sich in sogenannten Wasserstands-Schadensfunktionen ausdrücken. Abbildung 8 zeigt die für vorliegende Schadensberechnung verwendeten Schadensfunktionen unterschiedlicher Vermögenswertkategorien, die aus empirisch ermittelten Schadendaten erstellt wurden (Klaus / Schmitdke 1990).

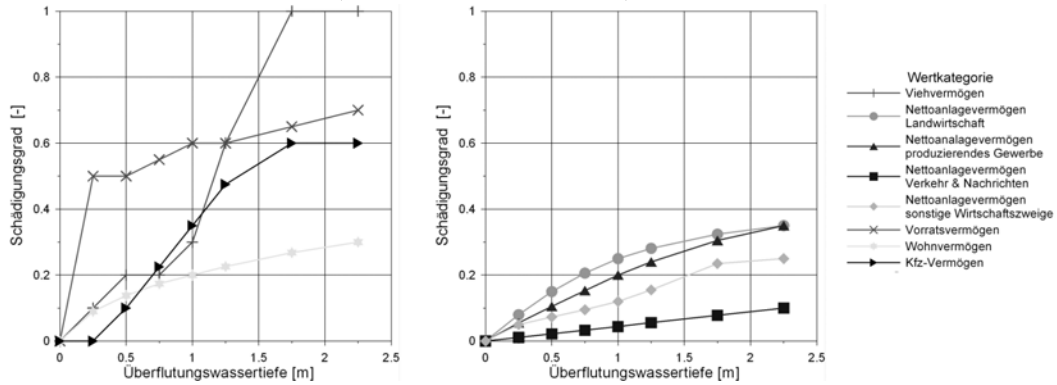


Abb. 8: Schadensfunktionen für verschiedene Vermögenswertkategorien (nach Klaus/Schmitdke 1990)

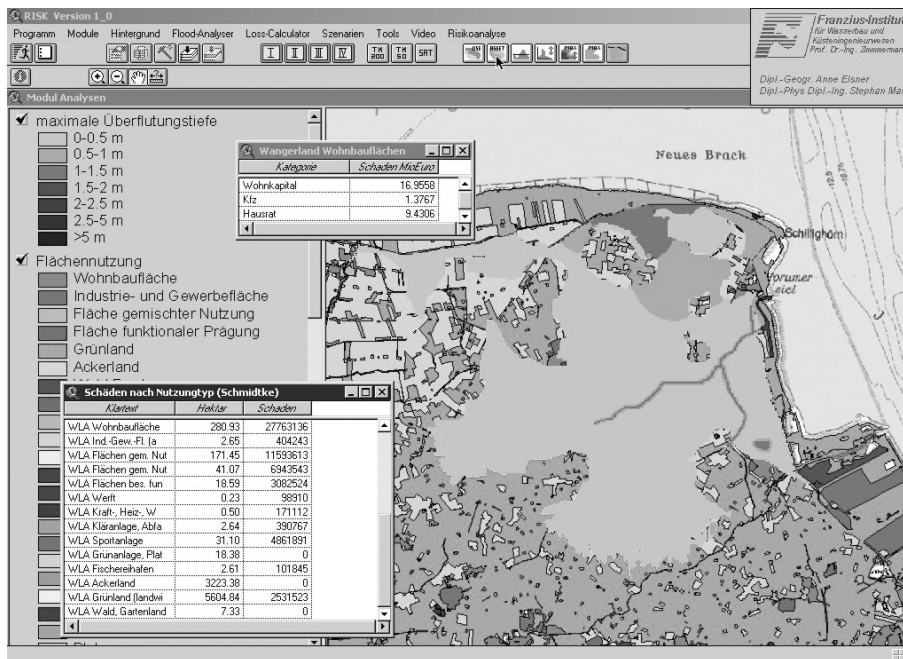


Abb. 9: Schadensanalyse des Überflutungsszenarios für die Sturmflut 3./4. Januar 1976

Die Berechnung des Schadens erfolgt durch die Einbindung der drei Eingangsdaten maximale Überflutungstiefen, Vermögenspotential und Schadensfunktionen in ein Geographisches Informationssystem. Für die Automatisierte Analyse des Schadens wurde das Tool „Loss-Calculator“ (Elsner et al. 2003) entwickelt, in dem die Verschneidung der einzelnen Parameter miteinander durchgeführt wird. Hierbei werden in einem ersten Schritt die Nutzungstypen (z.B. Wohnbauflächen, Grünland) der überfluteten Fläche bestimmt und daran anschließend die Überflutungshöhen auf den einzelnen Flächen ermittelt. In einem Zweiten Schritt erfolgt die Zuordnung der für die einzelnen Nutzungstypen relevanten Vermögenswertkategorien und damit die Festlegung der für die jeweilige Wertkategorie an-



zuwendenden Schadensfunktion. So sind, zum Beispiel, für die Schadensberechnung des Nutzungstyps „Wohnbaufläche“ die Vermögenswertkategorien „Wohnkapital“, „Hausrat“ und „Kfz-Wertbestand“ von Bedeutung. Über die Verschneidung der Überflutungshöhen mit der wertkategorie-spezifischen Schadensfunktion wird der Schädigungsgrad für die jeweilige Wertkategorie eines Nutzungstyps ermittelt. Die Multiplizierung des Schädigungsgrads einer Wertkategorie mit dem dazu gehörigen Vermögenswert ergibt ihren Schaden. Der Gesamtschaden, der sich für einen Nutzungstyp ergibt, folgt aus der Addition der einzelnen für den Nutzungstyp relevanten Schäden der Wertkategorien. Abbildung 9 zeigt einen Screenshot der abgeschlossenen Schadensanalyse für das Simulationsszenario der Sturmflut 1976. Als Analyseergebnis wird der Schaden unterteilt nach Nutzungstypen und ihren jeweilig relevanten Wertkategorien ausgegeben. So ergibt sich für die Wohnbauflächen im Wangerland ein Schaden von 27 Mio. Euro, gesplittet in 16,9 Mio. Euro für „Wohnkapital“, 9,4 Mio. Euro für „Hausrat“ und 1,3 Mio. Euro für „Kfz“. Der Gesamtschaden dieser Überflutung liegt bei 69 Mio. Euro, woraus sich für das Szenario ein Risiko von 27.600 Euro/a ergibt. Im Zukunftsszenario ergibt sich durch den höheren Schaden (91 Mio. Euro) und der höheren Versagenswahrscheinlichkeit ein ca. 6-fach höheres Risiko (175.000 Euro/a).

## 6 Methoden der Risikominderung

### 6.1 Erhöhung der bestehenden Hauptdeichlinie

Traditionell wird der Zunahme des Risikos bei einem mit dem Klimawandel verbundenen Wasserstandsanstieg durch Verstärkung der bestehenden Schutzlinie, z.B. durch Deicherhöhung oder die Anlage flacherer Deichaußenböschungen, begegnet. Zur Kompensation der in Abbildung 6 dargestellten Verminderung der Deichsicherheit ist eine Deicherhöhung im Mittel um 75 cm nötig. Dies entspricht etwa dem 1,1-fachen der durch den Wasserstandsanstieg begründeten Erhöhung. Unter Bezug auf jüngste Deichbauprojekte an der Jade (Blischke 2001) betragen die Kosten ca. 750,- EUR pro lfd. m.

### 6.2 Anlage 2. Deichlinien

Eine Verminderung des Risikos für eine Küstenregion wird zum einen erreicht durch die Verringerung der Versagenswahrscheinlichkeit des Küstenschutzsystems und zum anderen durch die Verringerung des bei einer Überflutung zu erwartenden Schadens (Mai et al. 2004). Im Folgenden wird geprüft inwieweit sich die Anlage von 2. Deichlinien im Hinterland zur zusätzlichen Sicherung von Flächen mit höherem Vermögenswert auf die Schadensgröße im Falle des Versagens der Hauptdeichlinie auswirkt. Die Festlegung der Lage der 2. Deichlinien erfolgt nach drei Kriterien. Wichtigstes Kriterium ist die Flächennutzung mit den sich daraus ergebenden Vermögenswerten, d.h. welche Flächen sind zusätzlich zu schützen? Der genaue Verlauf der Deichlinie ergibt sich aus dem Einbeziehen vorhandener Geländeerhöhungen (über 3 mNN) und den liniehaften Strukturen (z.B. Straßen) vor Ort, entlang derer die Anlage einer neuen Deichlinie leichter realisiert werden kann.

Für das Untersuchungsgebiet Wangerland werden zwei Varianten für die Anlage 2. Deichlinien vorgestellt und diskutiert. Variante I riegelt das Hinterland mit einer 2. Deichlinie, die südlich von Minzen bis südlich von Horumersiel entlang läuft, ab. Die zwischen den beiden Deichlinien liegenden Ortschaften werden dabei von einem Ringdeich um die Ortschaft zusätzlich geschützt. Die zweite Variante riegelt das Hinterland nicht komplett ab, sondern schützt die Ortschaften mit einer sie umgebenden Deichlinie. Bei beiden Varianten bleibt der Hauptdeich in seiner jetzigen Form bestehen.

Die Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse der Überflutungssimulation der beiden Varianten, beide berechnet für die Sturmflut 3./4. Januar 1976. Es zeigt sich, dass bei Variante I die Überflutungsausdehnung durch die Abriegelung des Hinterlandes um ungefähr 90 % reduziert wird, während bei Variante II fast gleiche Überflutungsausdehnung erreicht wird wie ohne zusätzliche Deichanlage. Die Verringerung der Ausdehnung führt jedoch durch die eingeschränkte Ausbreitungsmöglichkeit des Wassers zu höheren Wasserständen auf den überfluteten Flächen. Während Variante II im Wesentlichen Wasserstände von bis zu 0,5 m Höhe aufweist, treten bei Variante I Wasserstände zwischen 0,5 und 0,75 m bzw. zwischen 1,5 und 1,75 m Höhe auf.

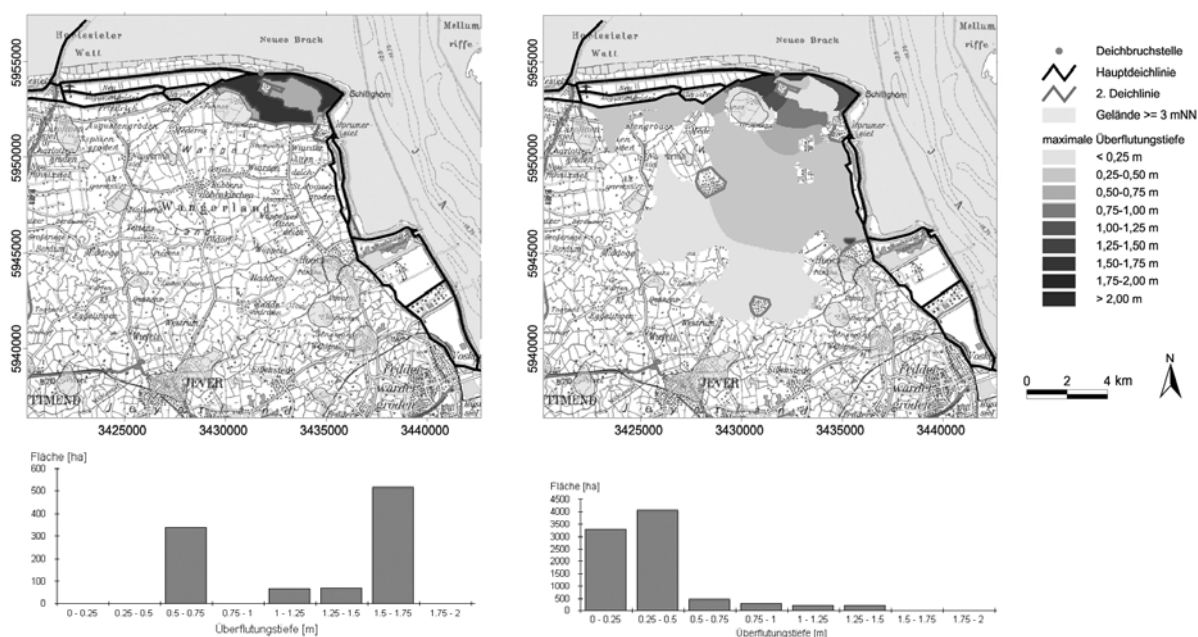


Abb. 10: Überflutungssimulation mit 2. Deichlinie, Variante I (links) und Variante II (rechts) mit jeweiligem Histogramm der maximalen Überflutungstiefen

Die Analyse der zu erwartenden Schäden ergibt für Variante I eine Verringerung des Schadens auf 23 Mio. Euro und damit eine Reduzierung des Risikos um ca. 66%. In Variante II ist ein Schaden von ca. 48 Mio. Euro zu erwarten, wodurch sich eine Risikominderung von ca. 30% ergibt. Diesem reduzierten Risiko stehen jedoch Bau- und Unterhaltungskosten für die zusätzliche Deichlinie gegenüber. Wird als Abschätzung der Deichbaukosten 1.000 Euro je Meter Deichlänge und -höhe veranschlagt, ergeben sich für Variante I Baukosten von 13 Mio. Euro für die etwa 10 km lange neu zu errichtende Deichlinie bzw. 20 Mio. Euro für 17 km Deichlänge in Variante II. Auf die Lebensdauer der Deiche (Abschreibungszeitraum von 100 Jahren) bezogen, ergeben sich somit für Variante I Kosten (ohne Diskontierung) von 130 Tsd Euro/a bzw. 200 Tsd Euro/a für Variante II.

## 7 Zusammenfassung

Die Anwendung der probabilistischen Risikoanalyse auf das Küstenschutzsystem Wangerlands verdeutlicht die Wirkung des Klimawandels auf die Sicherheit der Küstenregion. So wird sich die Wahrscheinlichkeit eines Deichversagens bis zum Jahr 2050 etwa um den Faktor 5 reduzieren. Als Reaktion darauf sind die Küstenschutzstrategien „Erhöhung bestehender Deiche“ und „Anlage einer 2. Deichlinie“ auf ihre Effektivität untersucht worden.

## Danksagung

Die vorgestellten Ergebnisse sind im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste“ ([www.krim.uni-bremen.de](http://www.krim.uni-bremen.de)) durch das Teilprojekt „Klimaänderung und Küstenschutz“ (Projekt Nr. 01 LD 0014) erarbeitet worden.

## Literatur

- Ausschuß für Küstenschutzwerke (2002): Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken durch den Ausschuß für Küstenschutzwerke, Die Küste, H. 65, 589 S., Heide i. Holstein.
- Blischke, H. (2001): Küstenschutz im II Oldenburgischen Deichband. Hrsg. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, Betriebsstelle Brake, H. 1, 153 S., Brake.
- Centre for Civil Engineering Research and Codes (1990): Probabilistic Design of Flood Defences, CUR Report 141, 154 S., Gouda, The Netherlands.
- de Wolf, P., Verwaest, T. (1999): European Survey of Risks, Safety Standards and Probabilistic Techniques: Belgium. Kurzbericht der Coastal Waterways Division, Oostende, Belgien.
- Elsner, A., Mai, S., Meyer, V., Zimmermann, C. (2003): Integration of the flood risk in coastal hinterland management. Proc. of the Int. Conf. CoastGis, Genua, Italy.
- Jensen, J., Frank, T., Zimmermann, C., Mai, S., Rosenhauer, W., Meiswinkel, R., Barg, G. (2003): Neue Verfahren zur Abschätzung von seltenen Sturmflutwasserständen. HANSA-Schiffahrt-Schiffbau-Hafen, H. 11, S.68-78, Hamburg.
- Jorrisen, R.E. (2000): Coastal Flood-Risk Management in the Netherlands. Mitteilungen des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 85, S. 77-90, Hannover.
- Kortenhaus, A. (2003): Probabilistische Methoden für Nordseedeiche. Dissertation am Fachbereich Bauingenieurwesen der Technischen Universität Braunschweig, 154 S., Braunschweig.
- Lastrup, C. (2000): Probabilistic Design for Coastal Defence in Denmark. Mitteilungen des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 85, S. 91-96, Hannover.
- Lüders, K., Leis, G. (1964): Niedersächsisches Deichgesetz, Kommentar. Verlag Wasser und Boden, 196 S., Hamburg.
- Mai, S., Daemrich, K.-F., Zimmermann, C. (2003): Wahrscheinlichkeit des Wellenüberlaufs an der Kaje eines geplanten Containerterminals. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 89, S. 84-104, Hannover.
- Mai, S., Elsner, A., Meyer, V., Zimmermann, C. (2004): Präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement als Reaktion auf den Klimawandel. Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, 54. Band, Hamburg.
- Mai, S., von Lieberman, N. (1999): Untersuchungen zum Risikopotential einer Küstenregion. Mitteilungen des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 83, S. 292-320, Hannover.
- Mai, S., Zimmermann (2003): Risk Analysis - Tool for Integrated Coastal Planning. Proc. of the 6th Int. Conf. on Coastal and Port Engineering in Developing Countries COPEDEC, CD-ROM, Colombo, Sri Lanka.
- Meyer, V., Mai, S. (2003): Verfahren zur Berechnung der Schäden nach Deichbruch an der niedersächsischen Küste. Tagungsband der 21. Jahrestagung des Arbeitskreises "Geographie der Meere und Küsten" (AMK), Essener Geographische Arbeiten, Band 35, S. 169-178, Essen.
- Meyer, V., Mai, S. (2004): Überflutungsschäden im Küstenhinterland nach Deichbruch. Wasserwirtschaft, Wiesbaden.
- Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein (2001): Generalplan Küstenschutz - Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein, Eigenverlag, S. 76, Kiel
- Probst, B. (1994): Überlegungen für einen Küstenschutz der Zukunft. Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, H. 75, S. 52-68, Hannover.
- Zimmermann, C., Mai, S. (1998): Analyse von Küstenschutzsystemen unter Risikoaspekten. HANSA-Schiffahrt-Schiffbau-Hafen, Nr. 6, S. 67-70, Hamburg.

## **Adresse**

Dipl.-Geogr. Anne Elsner  
Dipl.-Phys. Dipl.-Ing. Stephan Mai  
Prof. Dr.-Ing. C. Zimmermann  
Universität Hannover  
Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen  
Nienburger Straße 4  
30167 Hannover

E-mail: [anne.elsner@fi.uni-hannover.de](mailto:anne.elsner@fi.uni-hannover.de), [stephan.mai@fi.uni-hannover.de](mailto:stephan.mai@fi.uni-hannover.de), [zi@fi.uni-hannover.de](mailto:zi@fi.uni-hannover.de)





## **Spatial planning as an integrative instrument in coastal protection management**

Andreas Jeschke

Institute for Chemistry and Biology of the Marine Environment Oldenburg, Germany

### **Abstract**

Several stretches of dikes in Lower Saxony are not high enough and have to be strengthened. Additional coastal protection activities will be necessary on account of the rising sea level. As a result, increasing spatial problems will follow because every coastal protection measure needs space and the increasing demand for clay occupies further space too.

The coastal region has a mainly rural structure with an economic focus on farming and tourism. Especially the present land use with residential and industrial areas behind the dikes along the Weser estuary makes it impossible to raise the dikes again and again. Also, due to the nature conservation regulations, the raise of dikes at the seaward side is basically out of the question.

Spatial planning is of great importance because of its integrative nature. It is able to support the control of land use, the reservation of areas and the avoidance of undesirable developments. It will help to gain enough time to launch a social discussion about the future strategy in coastal protection and to evolve regionally adapted solutions.

The development of buffer zones with rear second dike lines combined with adapted land use including farming, tourism and water management is one possible variant and may become a component of a sustainable and reasonable coastal protection strategy in Lower Saxony.

### **1 Spatial structure in the coastal zone of Lower Saxony**

The coastal area of Lower Saxony is a structurally weak region with a focus on grassland farming and tourism. The spatial dominance of agriculture is visible in the actual land use. Despite a low population density, a lot of buildings are located along the dikes and impede land-sided coastal protection measures. A further topographic feature are the tidal rivers Ems, Weser and Elbe with impacts to the hinterland up to 100 km away from the coastline. Their tidal range has increased because of human interferences from 0.5 m up to 4 m during the last century.

Additionally to several inland areas, the seaward sided polder areas are part of different conservation areas like the National Park "Niedersächsisches Wattenmeer", Special Protection Areas under the EU Birds Directive and Special Areas of Conservation under the EU Habitats Directive. Several other valuable areas for breeding and resting birds are situated along the whole coast.

The sectoral and spatial links between the relevant authorities are poor developed at the different administrative levels. Therefore, spatial planning is the most integrative approach in managing the spatial development of the coastal zone. Spatial planning for the inland areas in Lower Saxony focuses on agriculture and tourism whereas reserved areas for nature conservation lay at the seaward sided areas.

Many coastal counties (Landkreise) in Lower Saxony have no valid Regional Planning Programme (Regionales Raumordnungsprogramm), so that a planning gap appears between the Federal State Planning Programme (Landes-Raumordnungsprogramm) and the Land Use Plans (Flächennutzungspläne) of the communities. Special areas for coastal protection are not reserved in the spatial planning programmes, only general statements can be detected. However, the draft of the spatial con-

cept for the coastal waters of Lower Saxony (Raumordnungskonzept für das niedersächsische Küstenmeer) contains some concrete rules of coastal protection subjects.

Different spatial regulations and plans compete in the coastal zone. Additional spatial demands will arise through planned projects like the Jade-Weser-Port in Wilhelmshaven and the autobahn A22 with the need for compensation areas.

## **2 Problems in coastal protection planning**

At present, the coastal protection in Lower Saxony is on a high level although 22 % of the main dike line need to be strengthened. The dike boards as self-governing public corporations have the main responsibility for improvement and maintenance of the coastal protection system in Lower Saxony. Their long tradition gives the dike boards a strong regional lobby and great social power. They are responsible for the coastal protection system with the main dike, the foreland and the second dike line which exists for 23 % of the main dike line.

Improving measures at the main dikes lead to spatial conflicts. Often, there is little space in built-up areas and the raise of dikes at the seaward side has to be rejected for reasons of nature conservation. Missing social consensus concerning the implications of ecological aspects, increasing costs in combination with decreasing funds, an accumulation of values in built-up areas and limited resources of clay and sand are further problems of coastal protection measures. Technical limits in dike raising occur especially along the tidal rivers.

Coastal protection is of high importance for the life and the economy on the coast of Lower Saxony. Since the first protection measures, the strategy of coastal protection has been adapted during the last 1,000 years to the changing general set-up and the societal demands. During the last decades, ecology has become an aim of society and as a result an important parameter of planning. This leads to spatial conflicts as coastal protection and ecology partly require the same areas. Additionally, the forecasted increasing sea-level rise of 0.5 m per century has to be considered. Spatial problems will grow because the necessary increased efforts in coastal protection will demand further areas.

## **3 Results**

A discussion about a new adjustment of the coastal protection strategy in Lower Saxony is necessary. The actual master planning provides for coastal defence on the existing dike line. Managed retreat, staggered systems and/or settlement limitations with a shift from dike line to dike zone fixing might be other forms of coastal defence measures beside the rising of dikes. A flexible, sustainable and payable strategy should be the aim; safety aspects, economy and ecology should be regarded.

One essential feature of a future-oriented coastal protection strategy is the risk management. The damage potential and the probability of failure are parameters to determine risk potentials and to define priority areas. Risk analysis can be used to gain the acceptance of the inhabitants and the stakeholders in the run-up to planning.

Spatial planning is of great importance during the planning of the coastal area. It is of integrating nature and able to support the control of land use, the reservation and development of areas for coastal protection measures. It helps to avoid undesirable developments in endangered zones.

Clay deposits have to be examined as well as secured and concepts for a follow-up use have to be developed. Moreover, areas for further spatial coastal protection measures should be reserved. The installation of buffer zones with rear second dike lines can be a variant for a flexible coastal protection strategy according to the local and spatial reality. Combinations of land uses like farming and nature conservation may be one way to future accepted forms of multiple land use, for example as counter-vailing and compensation areas. Also different, flood compatible types of land use such as clay depot, water reservoir, recreation area, fish farming and/or natural area are conceivable. In any case, a regionally adapted multiple land use has to be pursued.

## 4 Discussion

Because of similar problems and objectives, the adaption of planning schemes for inland high water such as the fixing of flood areas, the reduction of damage potentials and other protection measures may lead to sustainable solutions.

In any case, the interests, the perception and the acceptance of the local stakeholders and inhabitants as well as the tradition and historical development of living in the coastal zone are key elements in the process of information and participation. It is necessary to raise the public awareness and to realise and assess the increasing risks due to the increasing sea-level rise. The inclusion of the dike boards is very important because of the great esteem and confidence of the inhabitants. Advanced civil participation can be enabled and promoted through strategic environmental assessments which will be part of any spatial planning in the future.

Aspects of Integrated Coastal Zone Management (ICZM) should be considered in the planning of a new coastal protection management in Lower Saxony. A comprehensive and long-termed approach, participatory planning, combination and flexible use of different instruments with regard to natural processes as well as flexible and multileveled management methods according to the principles of ICZM should be applied. Central aims are:

- Broad consultation of all relevant stakeholders
- Consideration of interests, look for alternatives
- Involvement of the inhabitants
- Comprehensive planning
- Economic benefits and nature conservation as an advantageous combination
- Regional adapted solutions
- Development of win-win-solutions with profit for all parties.

## References

- Adriaanse, L., Koehorst, B. & Stroeve, F.M. (2003): Dijk met Bereik. Samenvatting van het Pilotplan. Rijkswaterstaat, Nederland
- Bezirksregierung Weser-Ems (1997): Generalplan Küstenschutz für den Regierungsbezirk Weser-Ems
- Bezirksregierung Weser-Ems (2003): Raumordnungskonzept für das niedersächsische Küstenmeer (ROKK). Unveröffentlichter Entwurf, Stand: 28.05.2003
- Hofstede, J. & Probst, B. (2002): Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein. [http://www.eucc-d.de/pdf/sh\\_kuestenschutz\\_plan.pdf](http://www.eucc-d.de/pdf/sh_kuestenschutz_plan.pdf)
- Kannen, A. (2000): Analyse ausgewählter Ansätze und Instrumente zu Integriertem Küstenzonenmanagement und deren Bewertung. Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Kunz, H. (1994): Aufgaben und Strategien des Küstenschutzes. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie – Forschungsstelle Küste
- Kunz, H. (1996): Bisheriger und zukünftiger Küstenschutz im Kontext eines integrierten Küstengebiet-Managements - Beispiele aus dem Weser-Ems-Raum. Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft, Band 18
- MI S-H (2003): Integriertes Küstenzonenmanagement in Schleswig-Holstein. Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein
- MLR S-H (2001): Generalplan Küstenschutz Schleswig-Holstein. Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein
- NWP (2002): Water, Climate and Risk Management. Summary of the Report on the Dutch Dialogue on Water and Climate. Netherlands Water Partnership. [www.waterandclimate.org](http://www.waterandclimate.org)



- Projektgruppe (2000): Projektgruppe „Verbesserung des Verfahrensmanagements im Küstenschutz“. Abschlußbericht Oktober 2000. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
- Schirmer, M. & Schuchardt, B. (2003): Ästuare und Klimawandel. In: Warnsignale aus Nordsee und Wattenmeer, Hrsg.: Lozán et. al., Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg
- WWF (2003): Leitlinien für einen naturverträglichen Küstenschutz. WWF Deutschland

**Address**

Andreas Jeschke  
Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM)  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
Postfach 2503  
26111 Oldenburg  
Germany

E-mail: [cangjeschke@compuserve.de](mailto:cangjeschke@compuserve.de)



## **Wie wir gute IKZM-Praxis definieren: erste Ergebnisse des Forschungsvorhabens RETRO**

Our definition of good ICZM practice:  
first results of the research project RETRO

Bastian Schuchardt<sup>1</sup>, Tim Bildstein<sup>1</sup>, Hellmuth Lange<sup>2</sup>, Jürgen Lange<sup>3</sup>, Silvia Pestke<sup>4</sup>, Winfried Osthorst<sup>2</sup>, Michael Schirmer<sup>3</sup>, David Wille<sup>4</sup> & Gerd Winter<sup>4</sup>

1 Bioconsult Schuchardt & Scholle GbR Bremen, Germany

2 Forschungszentrum Nachhaltigkeit (artec), Universität Bremen, Germany

3 AG Aquatische Ökologie, Universität Bremen, Germany

4 Forschungsstelle für europäisches Umweltrecht (FEU), Universität Bremen, Germany

### **Abstract**

The interdisciplinary research project RETRO is supported within the framework of the "Research for sustainable coastal zone management" of the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF). We are examining the legal framework and the practice based on it for the implementation of infrastructure projects in German coastal regions (North Sea and Baltic Sea) in terms of their "ICZM (Integrated Coastal Zone Management) suitability" by a retrospective analysis of 10 completed large-scale planning procedures.

We assume that a number of ICZM requirements, such as those formulated for ICZM at the EU level, are already met through existing legislation and/or established practice, at least to a basic extent. However, we presume that there are still numerous deficits regarding content and methodology.

The analysis is conducted systematically according to a checklist which has been developed in a first project phase primarily on the basis of the ICZM strategy of the EU. The checklist intends to formulate good ICZM practice especially with regard to procedural aspects. In the ongoing work the checklist is used to identify the areas that currently already meet the requirements of ICZM as well as those in which deficits still exist.

### **1 Einführung**

Vor dem Hintergrund einer dynamischen wirtschaftlichen Entwicklung vieler Küstenzonen einerseits und der schleichenden Degradation ihrer ökologischen Systeme andererseits werden in verschiedenen europäischen und außereuropäischen Ländern seit längerem sowohl Konzepte für ein integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) entwickelt als auch bereits praktische Erfahrungen gesammelt (die umfangreiche Literatur dazu soll hier nicht zitiert werden). Auch die EU hat zum IKZM eine Reihe von Aktivitäten entwickelt, die über das Demonstrationsprogramm der Europäischen Kommission zum integrierten Küstenzonenmanagement (EU 1999a) zu der Empfehlung 2002/413/EG zur Umsetzung einer Strategie für ein IKZM (EU 2002) geführt haben.

Seit einigen Jahren gibt es auch in Deutschland verschiedene Ansätze, die Idee des IKZM zu implementieren (Kannen 2000; Sterr & Colijn 2000), die aktuell vor dem Hintergrund der Berichtspflicht der Bundesregierung an die EU im Jahr 2006 an Relevanz gewinnen. So werden aktuell von BMVBW/BBR das Projekt „Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM): Raumordnungsstrategien im Küstenbereich und auf dem Meer“ und im BMBF-Förderprogramm „Forschung für ein nachhaltiges Küstenzonenmanagement“ zwei Verbünde gefördert, die regionale, umsetzungsorientierte IKZM-Konzepte entwickeln wollen, die insbesondere dem Prinzip der Nachhaltigkeit verpflichtet sein sol-

len. Diese Ansätze zielen insbesondere auf die Einrichtung von IKZM-Foren als neue kommunikative Strukturen zur Realisierung von IKZM.

In Ergänzung zu diesen Ansätzen geht das im gleichen BMBF-Programm geförderte Projekt RETRO einen etwas anderen Weg. In RETRO (Retrospektive Analyse von größeren Planverfahren in der Küstenzone unter der Perspektive IKZM-Tauglichkeit) gehen wir davon aus, dass es bei der Entwicklung einer Strategie zur Implementation von IKZM in Deutschland zu berücksichtigen gilt, dass hier bereits ein umfangreiches Planungsinstrumentarium vorhanden ist und IKZM v.a. im Rahmen dieses entwickelten Planungsinstrumentariums implementiert werden sollte. Eine Reihe von Anforderungen wie sie national und international für ein IKZM formuliert werden, ist durch die vorhandene Gesetzgebung bzw. durch etablierte Mechanismen der Konsensfindung zumindest in Ansätzen bereits vorhanden. Die bestehenden Entwürfe für IKZM's zeigen jedoch, dass sowohl inhaltliche als auch methodische Defizite gegeben sind. RETRO will deshalb die Qualitäten und Mängel dieses Planungsinstrumentariums durch die retrospektive Analyse abgeschlossener Planverfahren vor dem Hintergrund ihrer IKZM-Kompatibilität analysieren und auf der Grundlage dieser empirischen Basis Vorschläge zur Implementation von IKZM erarbeiten.

Mit dem vorliegenden Aufsatz möchten wir unseren ersten Arbeitsschritt, die Operationalisierung des Begriffs IKZM zur Diskussion stellen; dieser Schritt war erforderlich, um einen Analyse- und Bewertungsrahmen für die retrospektive Analyse der Fallbeispiele zu erhalten.

## 2 Methodischer Ansatz

Die Planung und Durchführung von raumbedeutsamen Projekten – vor allem im Rahmen von Planfeststellungsverfahren – kann als Kumulationsspunkt anzutreffender Konflikte in der Küstenzone aufgefasst werden. Auch in den EU-Dokumenten wird hervorgehoben, dass in der Küstenzone infrastrukturelle Anlagen in ungeeigneter Lage und allgemein ungeeignete Nutzungsformen vorzufinden sind und somit ein entscheidendes Defizit darstellen (EU 1999a). Zudem sind in dem für die meisten Großvorhaben einschlägigen Planfeststellungsverfahren viele Aspekte des IKZM zu behandeln. Dazu werden für ausgewählte repräsentative Planverfahren deren Vorgeschichte, die Interessenlagen, die Rolle des politisch-administrativen Systems und der weiteren Akteure sowie die Prozesse der Abwägung und der Kompromiss- und Konsensfindung systematisch analysiert. Durch eine solche systematische Analyse, die soziologische, ökonomische und ökologische Aspekte sowie den rechtlichen Rahmen gleichermaßen umfasst, wird zum einen identifiziert, welche Instrumente bereits den Anforderungen eines IKZM entsprechen; zum anderen werden auch Defizite deutlich werden, so dass insgesamt auf der derzeitigen Praxis fußende konkrete Hinweise und Empfehlungen zu Handlungsfeldern für Definition, Strukturierung und Etablierung eines IKZM in Deutschland gegeben werden können.

Methodisch liegt das Hauptgewicht auf einer Auswertung der abschließenden, zentralen Entscheidungen in Form einer Dokumentenanalyse (insbesondere Planfeststellungsbeschlüsse, aber auch Anlageneinigungen und projektbezogene Bebauungspläne) zu den ausgewählten Infrastrukturvorhaben. In diesen meist sehr umfangreichen Dokumenten wird in der Regel im Begründungsteil ausführlich auf die Vorgeschichte, das Entscheidungsverfahren, die Informationslage, die behördliche Abstimmung und die Öffentlichkeitsbeteiligung eingegangen. Ergänzend werden Protokolle von Erörterungsterminen herangezogen.

Um die Implementierung der Prinzipien des IKZM in Deutschland langfristig zu erleichtern, werden die in verschiedenen umfangreichen Infrastrukturplanungen in der deutschen Küstenzone gemachten Erfahrungen vor dem Hintergrund der Anforderungen eines IKZM systematisch analysiert und aufbereitet. Grundlage für diese Interpretationsarbeit sind die Erfahrungen aus dem Demonstrationsprogramm der EU zum IKZM sowie die darauf aufbauenden Schlussfolgerungen (EU 1999a, 1999b) und die Empfehlung des EU-Parlamentes und des EU-Rates zur Umsetzung einer Strategie von IKZM in Europa (EU 2002). Diese Anforderungen werden in einer „Checkliste“ zusammengefasst. Mit dieser Liste werden die bereits heute „IKZM-kompatiblen“ Bestandteile des o.g. Planungsinstrumentariums

identifiziert und mittels einer Defizitanalyse diejenigen Bereiche benannt, für deren Umsetzung inhaltliche, methodische und verfahrensrechtliche Ergänzungen erforderlich sind. Diese Checkliste ist während der Analyse der Fallbeispiele entsprechend dem Fortgang der Diskussion weiterentwickelt worden und wird weiter unten in verkürzter Form vorgestellt. Da sie IKZM durch die Definition von Kriterien operationalisiert ist sie implizit normativ und damit offen für die Diskussion.

## 2.1 Fallbeispiele

Es sind ca. 15 abgeschlossene größere Planverfahren aus dem deutschen Küstenraum (Nord- und Ostsee) anhand der Kriterien Relevanz, Verfügbarkeit von Informationen, Repräsentanz, Übertragbarkeit, Unterschiedlichkeit der Vorhaben, Unterschiedlichkeit der Genehmigungsverfahren etc. auf ihre Eignung als RETRO-Fallbeispiele betrachtet worden. Die Informationsbeschaffung stellte sich bei den einzelnen Projekten sehr unterschiedlich schwierig dar; einige vorausgewählte Projekte konnten nicht weiter verfolgt werden, da die erforderlichen Unterlagen nicht zugänglich waren. Insgesamt werden 10 Projekte detailliert betrachtet (s. Tab. 1).

Nr.	Projekt	Status	Art des Vorhabens	Ort	Träger	G.-behörde	Be-klagt
1	<b>OWP Butendiek vor Sylt</b>	genehmigt	Windkraft Offshore	AWZ	privat	BSH	ja
2	<b>Vertiefung Unter- und Außenelbe</b>	ausgeführt 1999	Schifffahrtsweg	NDS, SH, HH	Bund, Land HH	WSD	ja
3	<b>Anlandung Europipe</b>	ausgeführt 1994	Gas-Fernleitung	NDS	privat	OBA	nein
4	<b>Mühlenberger Loch</b>	ausgeführt 2002/3	Industrieansiedlung	HH	Privat Stadt HH	Stadt HH	ja
5	<b>A 20 Lübeck – Rostock 1. BA</b>	ausgeführt 2001	Straßenbau	MVP/SH	Bund	LSV SH	ja
6	<b>Emssperrwerk</b>	ausgeführt 2000/1	Küstenschutz/Werfthilfe	NDS	Land NDS	WSD	ja
7	<b>CT III Bremerhaven</b>	ausgeführt 1995	Hafenbau	HB	Land HB	Land HB	nein
8	<b>Deichausbau Augustgroden</b>	im Bau	Küstenschutz	NDS	Land NDS	Land NDS	nein
9	<b>Kontek-Kabel</b>	ausgeführt 1995	Stromtransport	MVP AWZ	privat	STAUN	nein
10	<b>Sportboothafen Kühlungsborn</b>	ausgeführt 2002/3	Tourismus	MVP	Stadt	STAUN	nein

Abkürzungen: AWZ: Ausschließliche Wirtschaftszone; BSH: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie; HB: Bremen; HH: Hamburg; LSV: Landesamt für Straßenbau und Verkehr; MVP: Mecklenburg-Vorpommern; NDS: Niedersachsen; OBA: Oberbergamt; OWP: Offshore Windpark; SH: Schleswig-Holstein; STAUN: Staatliches Amt für Umwelt und Natur; WSD: Wasser- und Schifffahrtsdirektion.

Tab. 1: Liste der in RETRO analysierten Fallbeispiele (Genehmigungsverfahren).

## 2.2 Beteiligte

Die komplexe Aufgabenstellung ist nur durch die Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen zu lösen und erfolgt deshalb im interdisziplinären Team:

- Universität Bremen: Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie: M. Schirmer (Ökologie und Projektkoordination)
- Universität Bremen: Forschungszentrum Nachhaltigkeit (artec): H. Lange (Partizipation)
- Universität Bremen: Fachbereich Rechtswissenschaft: G. Winter (rechtliche Aspekte)
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR, Bremen und Gnarrenburg: B. Schuchardt (Planung; Ökonomie und Projektkooperation)

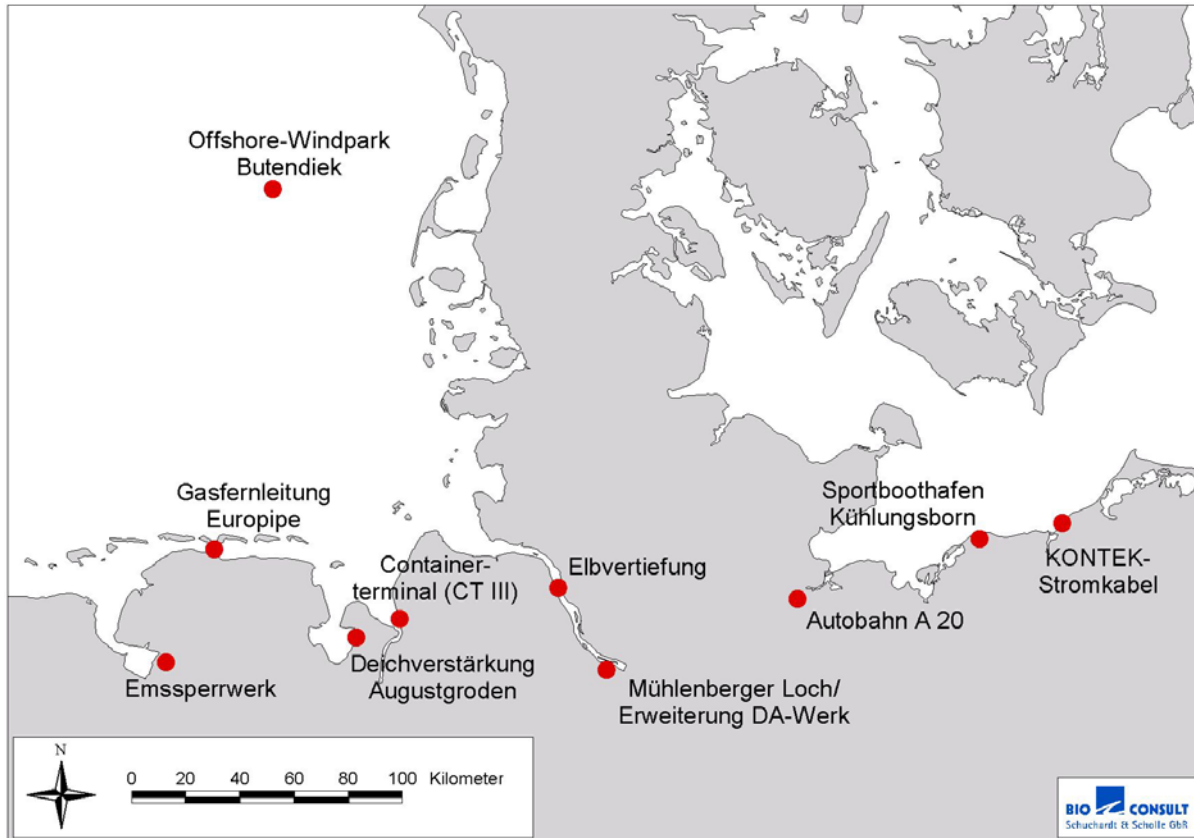


Abb. 1: Lage der in RETRO analysierten Fallbeispiele.

### 3 Das IKZM-Verständnis von RETRO

#### 3.1 Ziel

Unsere Aufgabe, die retrospektive Analyse abgeschlossener Planverfahren hinsichtlich ihrer „IKZM-Kompatibilität“ erfordert eine Konkretisierung des IKZM-Begriffs. Es müssen Kriterien definiert werden, die als normativer Rahmen für die Analyse und die Bewertung der Ergebnisse dienen können. Diese für eine „nationale Strategie“ ohnehin noch zu leistende Konkretisierung des IKZM-Begriffs ist als politisch-normativer Prozess gesellschaftliche Aufgabe und muss in der Zukunft auf breiterer Basis erfolgen.

Um jedoch in RETRO kurzfristig arbeitsfähig zu werden sind wir folgenden Weg gegangen: wir haben aus den EU-Dokumenten die dort formulierten bzw. angedeuteten IKZM-Prinzipien extrahiert und diese nach einer Diskussion in unserer interdisziplinären Projektgruppe durch die Formulierung von Kriterien systematisiert. Jedes dieser Kriterien haben wir mit einer (unterschiedlichen) Anzahl von Indikatoren konkretisiert und für diese eine für gutes IKZM erforderliche Optimal-Anforderung formuliert. Jedes Fallbeispiel wird bzgl. dieser Indikatoren analysiert und kann die formulierten Optimal-Anforderungen gut, mittel oder schlecht (bzw. ja; teilweise; nein) erfüllen. Auf diese Weise haben wir ein vergleichsweise einfaches, 3-stufiges Bewertungssystem zur Einordnung der IKZM-Kompatibilität jedes analysierten Fallbeispieles konstruiert, dass wir hier zur Diskussion stellen möchten. Es ist entworfen, um innerhalb des Projektes arbeitsfähig zu werden, könnte aber nach entsprechender Diskussion u.U. auch als Basis zur Bewertung anderer IKZM-Prozesse dienen bzw. weiter entwickelt werden.

### 3.2 Ausgangspunkt

Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) zielt darauf, im Rahmen von Planungs- und Managementprozessen die Widersprüche und Zielkonflikte zu bearbeiten, die sich aus unterschiedlichen menschlichen Nutzungen des Küstenraums ergeben. Neben dem Ausgleich zwischen verschiedenen Interessen und Ansprüchen an die Nutzung haben dabei insbesondere die langfristige Bewahrung der natürlichen Ressourcen und der Schutz der Ökosysteme im Küstenraum eine zentrale Bedeutung (vgl. Burbridge & Humphrey 1999).

Sowohl in der IKZM-Literatur als auch in den EU-Papieren finden sich diese beiden Perspektiven von IKZM: zum einen die Ausrichtung auf die Integration widerstreitender wirtschaftlicher, sozialer, administrativer und ökologischer Ansprüche an den Küstenraum, also eine prozedurale Perspektive, zum anderen soll IKZM ausdrücklich auch einen Beitrag zur Verwirklichung nachhaltiger Entwicklungsstrategien im Küstenraum leisten, also eine materielle Anforderung.

Auf der formellen Seite von IKZM lässt sich erkennen, dass die meisten der in den Küstenzonen Europas beobachteten Probleme und Konflikte auf institutionelle, verfahrensrechtliche und planungstechnische Schwächen zurückgeführt werden können (EU 1999a). Das Rechtsregime in der Küstenzone wird oftmals von sektorbezogener und unkoordinierter Politik und Gesetzgebung, isolierten Planungsentscheidungen sowie starren bürokratischen Systemen geprägt. Dieses sollten die Ausgangspunkte für eine Anpassung des bestehenden Rechtssystems an die IKZM-Vorgaben sein. Es wird nachdrücklich vorgeschlagen, über eine Neustrukturierung und Koordinierung der Verwaltungsebenen nachzudenken (EU 2002). Zudem zeigt die Empfehlung, dass IKZM auf lokaler, regionaler, nationaler und europäischer Ebene stattfinden soll, auch wenn wohl die lokale und regionale Ebene den Schwerpunkt der Umsetzung darstellt (EU 2002). Demnach ist IKZM als Mehrebenensystem zu begreifen.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass für die IKZM-Umsetzung neben der Hervorhebung umweltrechtlicher Elemente insbesondere die Entwicklung eines bestimmten systematischen und übergreifenden Konzepts in verwaltungsorganisatorischer und verwaltungsverfahrenrechtlicher Hinsicht erforderlich ist.

Vor diesem Hintergrund benutzen wir den Begriff IKZM in folgender Perspektive:

**Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) ist die systematische und vom Nachhaltigkeitsprinzip geleitete Steuerung aller raumbedeutsamen Entwicklungen im Küstenbereich.**

Dabei hat die Analyse der vorliegenden EU-Texte deutlich gezeigt, dass in der EU-Perspektive der prozedurale Aspekt von IKZM im Vordergrund steht, während konkrete materielle Anforderungen kaum formuliert sind. Infolgedessen konzentriert sich auch RETRO wesentlich auf den prozeduralen Aspekt von IKZM.

Aus den EU-Papieren lassen sich die folgenden (prozeduralen) IKZM-Prinzipien als nächster Schritt zur Konkretisierung des Begriffs extrahieren:

- Umfassende Betrachtungsweise
- Langfristige Sichtweise
- Flexibilität des Instrumentariums
- Berücksichtigung der jeweiligen spezifischen Bedingungen
- Anpassung an natürliche Vorgaben
- Weitestgehende Partizipation und
- Optimierte behördliche Kooperation.

Die EU-Dokumente fokussieren u.E. bzgl. der Berücksichtigung des Nachhaltigkeitsprinzips auf die ökologische Komponente, obwohl die EU-Papiere grundsätzlich von dem 3-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit ausgehen. Dabei interpretieren wir die vorliegenden Texte so, dass die EU eine relative Stärkung des ökologischen Aspektes von Nachhaltigkeit im Rahmen der Implementation von IKZM wünscht und IKZM insofern auch eine materielle Komponente enthält.

### 3.3 IKZM-Kriterien

Die oben genannten IKZM-Prinzipien sind von uns durch Kriterien systematisiert und konkretisiert worden.

In den Projekten des IKZM-Demonstrationsprogramms wie in anderen Formen komplexer Kooperationen treffen die Integrationsaufgaben auf typische Hindernisse, die sich zu einer Blockade im Aushandlungsprozess entwickeln können. So bestehen zwischen den Zuständigkeiten der staatlichen Akteure mitunter Überschneidungen, Lücken, hierarchische Beziehungen und Mitwirkungsrechte, die Konkurrenzen und Kompetenzstreitigkeiten fördern können. Die einzelnen staatlichen wie gesellschaftlichen Akteure verfügen in unterschiedlichem Maße über Rechtspositionen, die eine ungleiche Stellung der an den Aushandlungsprozessen beteiligten Akteure zur Folge haben. Ohnehin stehen sich in den Aushandlungsprozessen z.T. Akteure mit rivalisierenden politischen Zielen gegenüber wie sich auch die Verwirklichung kurzfristiger sozio-ökonomischer Bedürfnisse und langfristiger ökologischer Schutzziele einander in vielen Fällen ausschließen.

Bezogen auf die staatlichen Akteure gehen wir deshalb mit Burbridge & Humphrey (1999) davon aus, dass, um die formulierte umfassende Betrachtungsweise in einem verbindlichen Aushandlungsprozess zu verwirklichen, der IKZM-Prozess gleichzeitig vier unterschiedliche Formen von Integration ermöglichen muss:

- die **horizontale Integration** von nebeneinander bestehenden Politiken von Fachbehörden, räumlich benachbarten Gebietskörperschaften, Managementstrukturen und Entwicklungskonzepten staatlicher und gesellschaftlicher Akteure;
- die **vertikale Integration** von Politiken und Entwicklungskonzepten zwischen verschiedenen staatlichen Ebenen wie Kommunen, Regionen, Bundesländern, Bund und EU;
- die **territoriale Integration** von Politiken und Entwicklungskonzepten, die verschiedene in Wechselbeziehung zueinander stehende geographische und politische Teilgebiete betreffen;
- die **zeitliche Integration** von aufeinander folgenden Zielen, Politiken und Entwicklungskonzepten.

Um mit IKZM ein nachhaltiges Küstenzonenmanagement zu erreichen, verbietet sich in den meisten Fällen eine hierarchische Strategieentwicklung und eine ausschließliche Beteiligung von Akteuren entsprechend ihrer an politischer oder wirtschaftlicher Gestaltungsfähigkeit sowie Rechtspositionen gebundenen Vetomacht. Die Zusammenarbeit in einem IKZM-Prozess muss deshalb die folgenden auf die Ermöglichung von Partizipation zielenden Grundsätze berücksichtigen (King 1999):

- **Klarheit des Prozesses**  
Der Prozess muss eine klare Strategie aufweisen, eindeutige und akzeptierte Regeln besitzen, in klare Abschnitte gegliedert sein und gegenüber veränderten Umständen flexibel sein. Sein Ergebnis darf nicht von vornherein feststehen.
- **Repräsentativität**  
Der Prozess muss von einer ausreichenden großen Kerngruppe getragen werden, eine ausreichende politische Unterstützung besitzen, relevante Akteure wie Wissenschaft, Wirtschaft, Interessenverbände, lokale und regionale Akteure, NGOs etc. identifizieren und einbeziehen.
- **Offenheit und Transparenz**  
Der Prozess muss die Öffentlichkeit einbeziehen, Abschnitte kommunikativ einbetten, Informationen zur Verfügung stellen und angemessene Orte für die Kommunikation anbieten. Er ist dabei auf die Unterstützung aller beteiligten Akteure angewiesen.
- **Angemessene Partizipationstechniken**  
Die gewählten Verfahren müssen zielführend sein, zu den Zielgruppen passen, den Konsens fördern, qualifiziert umgesetzt werden, messbare Ergebnisse erbringen.

- **Ressourcen**  
Der Prozess muss eine Grundfinanzierung, die Unterstützung von Teilnehmern des Prozesses, ausreichende Qualifikationen und zeitliche Spielräume aufweisen.
- **Lernkultur**  
Der Prozess muss ein Leitbild besitzen bzw. entwickeln und auf Interaktivität, Ganzheitlichkeit, Vertrauen und Überprüfbarkeit angelegt sein.

Aus diesen IKZM-Kriterien zur Umsetzung der Integrationsaufgaben und der Ausgestaltung von Kooperation und Partizipation im Aushandlungsprozess lassen sich wichtige Indikatoren ableiten, um die prozeduralen Anforderungen an gute IKZM-Praxis zu bewerten (s.u.).

Neben diesen prozeduralen Aspekten von IKZM gehen wir hinsichtlich der materiellen Komponente davon aus, dass zumindest eine relative Stärkung der ökologischen Aspekte von Nachhaltigkeit durch die Implementation von IKZM von der EU intendiert ist. Wir haben dazu zusätzlich die folgenden Kriterien formuliert, die unten durch die Ableitung von Indikatoren weiter konkretisiert werden.

- **Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeit**  
Seit 1992 ist die dauerhaft umweltgerechte oder nachhaltige Entwicklung eines der Ziele der Staatengemeinschaft. Trotz der noch sehr unterschiedlichen Definitionen und Anforderungen ist eine Auseinandersetzung mit den Projektwirkungen vor dem Hintergrund Nachhaltigkeit im Rahmen IKZM bedeutsam.
- **Ressourcenschonung**  
Der möglichst schonende Umgang mit den natürlichen Ressourcen ist eine der zentralen und auch nicht umstrittenen Forderungen, die sich mit einer nachhaltigen Entwicklung verbinden.
- **Langfristigkeit**  
Sowohl langfristige Auswirkungen der Projektrealisierung als auch die Konsequenzen absehbarer und möglicher Veränderungen (z.B. Klimawandel) müssen vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Entwicklung angemessen berücksichtigt werden.
- **Ökosystemare Funktionen**  
Die langfristige Sicherung der ökosystemaren Funktionen der Küstenräume muss sichergestellt sein.

### 3.4 IKZM-Indikatoren

Die oben formulierten IKZM-Kriterien haben wir durch die Ableitung von Indikatoren (Birkmann et al. 1999) weiter konkretisiert (s. dazu auch Daschkeit & Sterr 2003; Olsen 2003). Sie sind in Tab. 2 zusammengestellt. Dabei werden die einzelnen Kriterien mit einer unterschiedlichen Anzahl von Indikatoren belegt. Dies ist v.a. Ausdruck der unterschiedlichen Komplexität der durch die einzelnen Kriterien charakterisierten Zusammenhänge und nicht Ausdruck einer Prioritätensetzung. Die einzelnen Indikatoren sind dabei unterschiedlich operationalisierbar: während ein kleiner Teil mit ja/nein beantwortet werden kann, erfordert der größere Teil eine relativ umfassende qualitative Beschreibung. Trotzdem zeigt die laufende Arbeit, dass diese Herangehensweise eine vergleichende Analyse der Fallbeispiele in angemessener Form ermöglicht.



<i>Aushandlungsprozess (Kooperation/Partizipation)</i>				
<b>Klarheit des Aushandlungsprozesses</b>				
• Klarheit der Gliederung				
• Klarheit der Regeln				
• Offenheit des Ergebnisses				
<b>Repräsentativität</b>				
• Unterstützung des Verfahrens				
• Einbeziehung von Akteuren				
• Berücksichtigung ökologischer Interessen				
• Berücksichtigung wirtschaftlicher Interessen				
• Berücksichtigung sozialer Interessen				
• Berücksichtigung lokaler Interessen				
<b>Transparenz</b>				
• Einbeziehung der Öffentlichkeit				
• Verfügbarkeit von Informationen				
• Angemessenheit der Orte der Kommunikation				
<b>Partizipationstechniken</b>				
• Angemessenheit der Partizipationstechniken				
• Konfliktlösung durch Aushandlung				
• Messbarkeit von Ergebnissen				
<b>Ressourcen für den Prozess</b>				
• Umfang der Ressourcen				
• Qualifikation der Akteure				
• Zeitliche Spielräume				
<b>Lernkultur</b>				
• Bedeutung eines Leitbildes				
• Bedeutung von Interaktivität				
• Bedeutung von Ganzheitlichkeit				
• Bedeutung von Vertrauen				
<b>Überprüfung/Überprüfbarkeit</b>				
• Nachvollziehbarkeit des Prozesses				
• Kosten-Nutzen-Analyse zugänglich				
• Monitoring				
• Gerichtliche Überprüfbarkeit				
• Wirtschaftliche Überprüfbarkeit				
<i>Integrationsaufgaben</i>				
<b>Vertikale Integration</b>				
• Breite der Beteiligung staatlicher Ebenen				
• Breite der Beteiligung gesellschaftlicher Akteure der einzelnen Ebenen				
• Koordination zwischen den staatlicher Ebenen				
• Ausgleich zwischen gesellschaftlichen Interessen verschiedener Ebenen				
<b>Horizontale Integration</b>				
• Breite der Beteiligung staatlicher und gesellschaftlicher Akteure				
• Aushandlung von Interessen der beteiligten Akteure / Sektoren				
<b>Territoriale Integration</b>				
• Betrachtungsraum angemessen abgegrenzt				
• Abstimmung zwischen verschiedenen territorialen Zuständigkeitsbereichen				
• Raumordnungsprogramme vorhanden und kompatibel				
• Betrachtung (räumlicher) Vorhabensalternativen				
• Entspricht des Festlegungen des Raumordnungsprogramms				
• Verträglichkeit mit Zielen der Raumordnung umfassend diskutiert				
• Nutzungsmanagement definiert				
<b>Zeitliche Integration</b>				
• Integration zeitlich aufeinanderfolgender Wirkungen				
• Langfristige Zielvorstellungen für den Raum				
<b>Integration kumulativer Wirkungen</b>				
• Integration räumlicher Kumulierungen				
<i>Nachhaltigkeit (Ökologischer Aspekt)</i>				

<b>Allgemeines</b>			
• Berücksichtigung des Problemfeldes Nachhaltigkeit			
• Berücksichtigung von Vorbelastung und kumulativen Wirkungen			
• Vorbelastung und kumulative Wirkungen entscheidungserheblich			
• Abwägung ist an Leitbild (Vision) orientiert			
• Handlungsoptionen zukünftiger Generationen			
• Rückbaubarkeit berücksichtigt			
<b>Ressourcenschonung</b>			
• Angaben zu Flächenverbrauch			
• Angaben zum Energieverbrauch			
• Angaben zum sonstigen Ressourcenverbrauch			
• Umweltgüter in Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt			
• Ressourcenverbrauch von Vorhabensalternativen betrachtet			
<b>Langfristigkeit (z.B. Klimawandel)</b>			
• Angaben zum erwarteten Klimawandel			
• Berücksichtigung Klimawandel bei Bewertung			
<b>Ökosystemare Funktionen</b>			
• Beeinträchtigungen ökosystemarer Funktionen vermieden			
• Beeinträchtigungen ökosystemarer Funktionen vermindert			
• Beeinträchtigungen ökosystemarer Funktionen kompensiert			

Tab. 2: Liste der zur Analyse der Fallbeispiele in RETRO formulierten IKZM-Kriterien und Indikatoren (Arbeitsstand 3/2004).

### 3.5 Bewertung

Um vorhandene Defizite der derzeitigen Planungspraxis in der Küstenzone zu identifizieren, müssen wir die ausgewählten Fallbeispiele anhand der formulierten Indikatoren nicht nur analysieren sondern auch bewerten. Dazu haben wir für jeden Indikator eine für aus unserer Sicht gute IKZM-Praxis erforderliche Optimal-Anforderung formuliert. Jedes Fallbeispiel wird bzgl. dieser Indikatoren analysiert; es kann die formulierten Optimal-Anforderungen gut, mittel oder schlecht (bzw. ja, teilweise, nein) erfüllen. Dabei formulieren wir keine absoluten Bezugspunkte für die Skalierung, sondern diese bleiben relativ.

Am Beispiel des Kriteriums „Klarheit des Aushandlungsprozesses“ und der formulierten Indikatoren (s. Tab. 2) möchten wir dies veranschaulichen. Als durch gutes IKZM zu erfüllende Anforderung haben wir formuliert: „Der Prozess muss eine klare Strategie aufweisen, eindeutige und akzeptierte Regeln besitzen, in klare Abschnitte gegliedert sein und gegenüber veränderten Umständen flexibel sein. Sein Ergebnis darf nicht von vornherein feststehen“. Die Zielerfüllung wird für jeden der Indikatoren (Klarheit der Gliederung; Klarheit der Regeln; Offenheit des Ergebnisses) für jedes Fallbeispiel mit hoch, mittel oder gering beurteilt.

## 4 Ausblick

In der weiteren Arbeit werden die anonymisierten Ergebnisse zu den einzelnen Fallbeispielen zusammengeführt und es wird versucht, abstrahiert vom Einzelfall, die IKZM-Kompatibilität der derzeitigen Planungspraxis und ihres rechtlichen Rahmens zu beschreiben und sowohl Kompatibilitäten als auch Defizite herauszuarbeiten. Die parallele Analyse des rechtlichen Rahmens wird es ermöglichen, konkrete Hinweise zu einer Implementation von IKZM in Deutschland zu geben.

RETRO fokussiert auf die Genehmigungsverfahren von Infrastruktur-Großprojekten an der Küste und damit auf einen Kumulationspunkt von Konflikten zwischen verschiedenen Nutzern und Leitbildern. Dies führt natürlich zu einer spezifischen Sichtweise von IKZM, die allerdings u.E. auf keinen Fall bei der Implementierung von IKZM in Deutschland ausgeklammert oder unterbewertet werden darf; an diesen wird u.E. später die erreichte Qualität von IKZM v.a. zu messen sein.

## Literatur

- Birkmann, J., H. Koitka, V. Kreibich & R. Liengkamp (1999): Aktuelle Indikatorenkonzepte. In: Indikatoren für eine nachhaltige Raumplanung. Methoden und Konzepte der Indikatorenforschung. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung 96, 21-56.
- Burbridge, P. & S. Humphrey (1999): Planning and Management Processes: Sectoral and Territorial Cooperation - Executive Summary. Thematic Study for the European Demonstration Programme on ICZM University of Newcastle, Department of Marine Sciences and Coastal Management.
- Daschkeit, A. & Sterr, H. (2003) Was ist Integriertes Küstenzonenmanagement? Kriterien für IKZM.- Universität Kiel (unveröffentlichtes Papier)
- EU (1999a): Eine europäische Strategie für das integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM): Allgemeine Prinzipien und politische Optionen. Generaldirektionen Umwelt, nukleare Sicherheit und Katastrophenschutz, Fischerei, Regionalpolitik und Kohäsion; Luxemburg, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften
- EU (1999b): Schlußfolgerungen aus dem Demonstrationsprogramm der Europäischen Kommission zum integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM). Generaldirektionen Umwelt, nukleare Sicherheit und Katastrophenschutz, Fischerei, Regionalpolitik und Kohäsion; Luxemburg, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften
- EU (2002): Empfehlung des europäischen Parlaments und des Rates vom 30.Mai 2002 zur Umsetzung einer Strategie für ein integriertes Management der Küstengebiete in Europa (2002/413/EG) 6.6.2002 L 148/24 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften DE
- Kannen, A. (2000): Analyse ausgewählter Ansätze und Instrumente zu Integriertem Küstenzonenmanagement und deren Bewertung. Berichte, Forsch. und Technologiezentrum Westküste d. Univ. Kiel, 23, 1-290.
- King, G. (1999): Participation in the ICZM Processes: Mechanisms and Procedures needed. Thematic Study for the European Demonstration Programme on ICZM; Hyder Consulting.
- Olsen, S.B. (2003): Frameworks and indicators for assessing progress in integrated coastal zone management initiatives. Ocean & Coastal Management, 46, 347-361.
- Sterr, H. & F. Colijn (2000): Perspectives for integrated coastal zone management: German and international issues. Berichte, Forsch. und Technologiezentrum Westküste d. Univ. Kiel, 21, 15-29.

## Adresse

Dr. Bastian Schuchardt  
BioConsult Schuchardt & Scholle GbR  
Reeder-Bischoff-Str. 54  
D-28757 Bremen

E-mail: [schuchardt@bioconsult.de](mailto:schuchardt@bioconsult.de)



## **Online-Lernmodule zum Küstenmanagement (ikzm-d Lernen)** Online study modules for coastal management (ikzm-d Lernen)

Gerald Schernewski & Steffen Bock

Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Germany und  
EUCC - Die Küsten Union Deutschland

### **Abstract**

The coastal zone is a complex system. It links land and sea, is subject to intensive and multiple uses and shows ongoing concentration of population and economic development. At the same time the coastal zone is of outstanding ecological importance and natural beauty. Due to increasing conflicts and problems a sustainable development of coastal zones became a major issue during the last two decades. Integrated Coastal Zone Management (ICZM) is devoted to this challenge. ICZM requires a profound scientific knowledge as well as a framework and tools for the management of these systems. Specially educated persons are required, which promote ICZM, serve as regional moderators, and act as links between stakeholders and the population.

ICZM training and education became part of the university curriculum all over Europe. Authorities, coastal stakeholders and existing decision makers did not really benefit from this development. To attract this group and to provide an advanced training, online learning systems, like CoastLearn ([www.coastlearn.org](http://www.coastlearn.org)), were developed. The public interest in CoastLearn is sound, but the practical relevance and acceptance still minor. Major reasons are that no official accepted certificate is linked to it and that CoastLearn is hardly concrete enough to provide a practically and applicable knowledge. Background knowledge on the national framework, regulations and legislation for ICZM as well as concrete case studies are required. Further, the acceptance is higher, when an online learning system is provided in the national language. Against this background, a national German free of charge and open Internet platform for learning and teaching modules in German language, ikzm-d Lernen ([www.ikzm-d.de](http://www.ikzm-d.de)), was established. This platform compiles different modules with relevance for the coast and ICZM. It further provides tools, which allow a fast development and provision of additional modules. For example, existing and successful case studies can be added and linked to modules, which impart knowledge on ICZM basics.

A core module at the moment is ICZM ('Integriertes Küstenzonenmanagement') which was developed for the University of Rostock (<http://www.ikzm-d.de/main.php>). The online module is free of charge, but as a semi-annual study course with two semester periods per week (including online support, homework, a practical presence weekend in Rostock, final examination and certificate) a registration at Rostock University is necessary and tuition fee is charged. Further, the module ICZM is part of the Master of Arts distance learning study courses 'Environmental protection' and 'Environment and Education' at Rostock University. The link between online learning modules and traditional educational institutions as well as the possibility to obtain an advanced training certificate already attracts a larger group of interested persons and coastal stakeholders. We hope, the modules and the platform 'ikzm-d Lernen' help to promote the ideas of ICZM in Germany and are a useful supplement to international systems.

### **1 Online Lernmodule für Küstenmanagement**

Küstengebieten zeichnen sich durch hohe Bevölkerungskonzentration, außerordentliche ökologische Bedeutung und große ökonomische Wertschöpfung aus. Es bestehen dadurch intensive Nutzungen und vielfältige Nutzungskonflikte. Gleichzeitig zeigt dieser Raum große Dynamik und eine weitere Intensivierung der Aktivitäten in der Zukunft wird prognostiziert. Dies gilt insbesondere für den Ostseeraum, dem durch die Ost-Erweiterung der Europäischen Union eine starke wirtschaftliche Dynamik vorhergesagt wird. Zudem werden die Küstengebiete durch globale Klimaänderungen und den

Meereswasseranstieg massiv bedroht. Die Küstenzonen sind also Brennpunkte in den sich Probleme massiv konzentrieren. Gleichzeitig besteht vielfach ein Missmanagement der Küstengebiete Europas durch Informationsdefizite, Koordinationsdefizite und Partizipationsdefizite. Dies gilt für Europa generell und auch Deutschland macht hier keine Ausnahme (Europäische Kommission 1999a,b).

Für Deutschland werden beispielsweise folgende Hindernisse gesehen: das Fehlen eines institutionellen und strategischen Rahmens, zahlreiche Kompetenzen und Zuständigkeiten, eine komplexe Gesetzgebung, die administrative Aufteilung in 5 Küstenländer, die strikte Trennung zwischen Land und Wasser, unzureichende Kenntnis bezüglich IKZM, späte bzw. unzureichende öffentliche Partizipation, unzureichende Verfügbarkeit von Daten und Informationen, mangelnde Kooperation und Kommunikation zwischen Beteiligten (Wissenschaft, Verwaltung, Politik etc.).

Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) ist in den vergangenen Jahren auch in Deutschland zu einem zentralen Themenfeld geworden. IKZM ist keine Wissenschaft, sondern vielmehr eine gesellschaftliche Aufgabe, in die auch die Wissenschaften eingebunden sind (vgl. 2002/413/EG). Deshalb besteht auch der Bedarf an speziell für dieses Themengebiet ausgebildeten Personen, die neben breitem interdisziplinären, wissenschaftlichen Hintergrund in der Lage sind, Management- und Moderationsaufgaben zu übernehmen. Integriertes Küstenzonenmanagement ist keine Lerndisziplin, bei der es auf bestimmte Probleme eindeutige Lösungen gibt. Flexible Ansätze und Strategien sind gefragt.

Universitäten in ganz Europa haben durchaus auf den Bedarf reagiert und bieten zunehmend entsprechende Ausbildungsgänge an. Berufseinsteiger haben deshalb vielfach einen, den neuen Anforderungen entsprechenden, geeigneten Hintergrund. Die seit Jahren in Ämtern, Behörden und Verwaltungen mit der Küstenzone befassten Personen profitieren hingegen nur wenig von den neuen Ausbildungsmöglichkeiten. Gerade aber den derzeit aktiven Verantwortlichen in der Küstenzone wird bisweilen ein zu sektorales Denken, unzureichendes integratives Bewusstsein für die Probleme in der Küstenzone, ein mangelnder fachübergreifender Informationsstand oder veraltete Kenntnisse vorgeworfen. Die Ausbildung und Weiterbildung dieses Personenkreises stellt dementsprechend einen Schlüssel für ein erfolgreiches IKZM dar. Hierfür bietet sich ein Fernstudium an.

IKZM ist zudem eine dynamische und heterogene Disziplin, in der sich die Anforderungen und Rahmenbedingungen rasch ändern. Es ist daher kaum möglich auf älteres Wissen zurückzugreifen. Aktuelle Informationen sind unentbehrlich. In kaum einer Disziplin haben sich die neuen Medien, wie das Internet, in der praktischen Arbeit so durchgesetzt wie im IKZM. Die Nutzung dieser neuen Medien zur Informationserlangung und -verbreitung nehmen deshalb einen breiten Raum ein. Daher sind internet-basierte online Lernsysteme ein geeignetes Mittel zur Aus- und Weiterbildung. Die Vorteile dieser Systeme, wie beispielsweise CoastLearn ([www.coastlearn.org](http://www.coastlearn.org)), liegen auf der Hand: Sie sind allgemein verfügbar, kostenlos und lassen sich rasch aktualisieren.

## **2 Die Internet-Plattform „ikzm-d Lernen“**

Das internationale IKZM-Lernsystem CoastLearn ist gut aufbereitet und erfreut sich allgemeiner Anerkennung, wird in der Praxis jedoch kaum zur Schulung genutzt. Dies hat verschiedene Gründe: Das System vermittelt lediglich die allgemeinen, für ganz Europa zutreffenden Grundlagen zum Küstenzonenmanagement. Auf die spezifischen Belange der einzelnen Staaten wird nicht eingegangen, wenngleich Fallstudien einen ersten Einblick in die regionalen Probleme vermitteln. Die Grundlagen für Küstenzonenmanagement, wie Gesetzgebung, Verwaltungsstruktur, Raumplanung, Naturschutz, Kompetenzverteilung, räumliche Definitionen, Partizipationsprozesse etc. unterscheiden sich sehr wesentlich zwischen den einzelnen Staaten. CoastLearn kann daher kein konkretes, anwendbares Wissen für Praktiker im Küstenbereich vermitteln. Es bildet vielmehr einen Schirm unter den sich nationale Ansätze stellen lassen. CoastLearn liegt als englische Version, mit polnischen und türkischen Fassungen, vor. Die Sprachbarriere verringert die Akzeptanz eines solchen Systems erheblich. Ein weiteres Defizit ist die fehlende Überprüfbarkeit des Lernerfolgs und eine anerkannte Zertifizierung. Ein System, welches eine sinnvolle nationale Ergänzung zu CoastLearn darstellen soll, muss folgende Forderungen erfüllen:

- Vermittlung der konkreten deutschen Rahmenbedingungen für IKZM
- Dokumentation praktischer regionaler „best-practise“ Beispiele
- Realisierung in deutscher Sprache
- Möglichkeit der anerkannten Zertifizierung als Weiterbildungsveranstaltung

Vor dem Hintergrund dieser Forderungen ist die Internet-Plattform ikzm-d Lernen zu sehen. ikzm-d Lernen ist eine Internetseite, in die mehrere unabhängige Lern- und Lehrmodule zur Küste allgemein und zum Küstenzonenmanagement eingebunden sind. Die Module haben einen unterschiedlichen Hintergrund und wurden von unterschiedlichen Autoren für verschiedene Zielgruppen entwickelt. Entscheidend ist jedoch, dass ikzm-d Lernen kostenlose Hilfsmittel bereitstellt, die eine rasche Erstellung von Lernmodulen ermöglicht. Dadurch können Beispiele von erfolgreichen regionalen IKZM-Initiativen für ein breites Publikum problemlos aufbereitet und für Lehrzwecke zur Verfügung gestellt werden. Am Beispiel des Moduls „Integriertes Küstenzonenmanagement“ kann dies verdeutlicht werden.



Abb.1:  
Internetseite der Plattform IKZM-D Lernen (www.ikzm-d.de) zum Küstenzonenmanagement. Die unabhängigen Lernmodule stammen aus unterschiedlichen Quellen.

### 3 Das Lehr- und Lernmodul „Integriertes Küstenzonenmanagement“ (IKZM)

Im Auftrag der Universität Rostock wurde das deutschsprachige Online-Lernmodul zum Integrierten Küstenzonenmanagement mit Hilfe der bei ikzm-d Lernen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel entwickelt. Das deutschsprachige Modul steht kostenlos im Internet zum Selbststudium zur Verfügung. Gleichzeitig wird es in der Lehre des Fernstudienzentrums der Universität Rostock genutzt. Das Fernstudienzentrum bietet das Online-Modul als halbjährigen, 2-stündigen Kurs gegen Gebühr an. Dieser Kurs beinhaltet neben dem Online-Modul, fachliche Online-Betreuung, eine gebundene Fassung, eine Hausarbeit und deren Korrektur, eine Präsenzveranstaltung in Rostock einschl. Exkursion sowie eine benotete Abschlussprüfung. Nach erfolgreichem Bestehen wird dem Teilnehmer ein offizielles Zertifikat ausgehändigt. Zudem ist das Modul Teil des Diplom Fernstudiengangs „Umweltschutz“ sowie des Master Fernstudiengangs „Umwelt und Bildung“ am Fernstudienzentrum Rostock.

Die datenbank-basierte Internetplattform erlaubt durch die Bereitstellung vorgefertigter Gestaltungselemente und -optionen eine schnelle inhaltliche und graphische Realisierung von Lernmodulen. Abb.2 und 3 zeigen am Beispiel des Lernmoduls „IKZM“ wesentliche Merkmale, wie die Gliederung mit aufklappbarer Untergliederung auf der linken Seite sowie den Bereich mit Inhalten auf der rechten Seite. Neben Texten und Textelementen erscheinen eingebundene Abbildungen, aber auch kleine Fenster mit Zusatzinformationen. Bei den Zusatzinformationen handelt es sich um Bilder, Links, Anbindungen an CoastLearn, Texte und Dokumente. Diese erscheinen erst beim Anklicken mit der Maus in einer vergrößerten Fassung. Durch diese Verfahrensweise werden dem Nutzer lediglich

die wesentlichen Inhalte dauernd angezeigt und er kann sich dann bei Interesse und Bedarf gezielt ergänzende und vertiefende Informationen hinzu laden.



Abb.2:

Online Fernstudien-Lernmodul zum Küstenzonenmanagement: Überblick über die Gliederung und Struktur des Dokuments (<http://www.ikzm-d.de/main.php>).

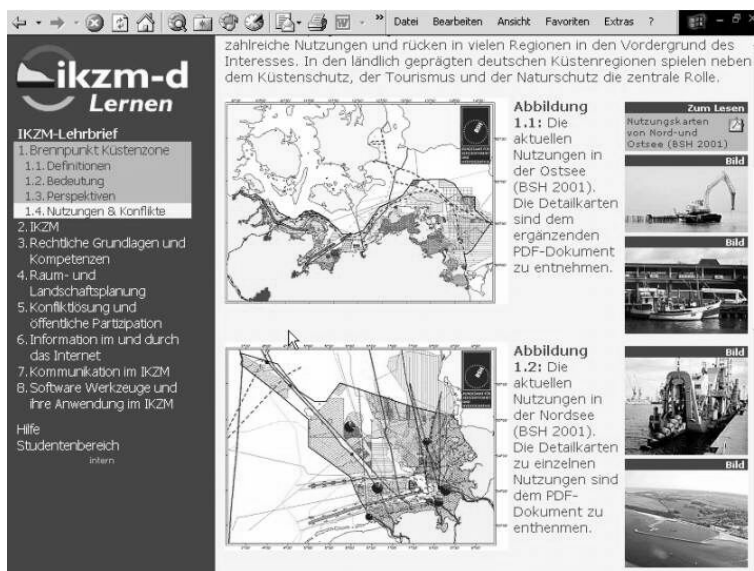


Abb.3:

Online Fernstudien-Lernmodul zum Küstenzonenmanagement: Eingebundene Graphiken, Darstellung ergänzender Bilder sowie von Zusatzmaterial zur Vertiefung des Lernstoffs.

Zur Navigation innerhalb des Lernmoduls stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Der Benutzer kann sowohl über das Inhaltsverzeichnis links oder mit Hilfe der Navigationshilfen oben auf jeder Seite die einzelnen Kapitel des Lehrbriefes anwählen. Das aktuelle Kapitel wird mit einer hellblauen Box hinterlegt, eventuelle Unterkapitel werden im Menü auf der linken Seite eingblendet. Das aktuell gewählte Kapitel bzw. Unterkapitel wird hell markiert. Der Benutzer behält dadurch stets den Überblick, wie weit er das Lernmodul bereits durchgearbeitet hat.

Der Autor eines Lernmoduls erhält über der Gliederung ergänzende Optionen angezeigt. Er kann hier die Verwaltung des Moduls steuern, kann beispielsweise Studenten registrieren, die Zugriffsrechte verändern oder Links auf ihre Gültigkeit überprüfen. Zudem hat er die Möglichkeit neue Zusatzinformationen einzubinden, zu bearbeiten und zu verwalten (Abb.4, 5).

Für Autoren erscheinen zusätzlich zu den Inhalten des Lernmoduls ergänzende Editierfunktionen, die das Erstellen, Bearbeiten und Löschen von Texten ermöglichen. Es besteht zudem die Möglichkeit durch die Nutzung von HTML-Befehlen die Textgestaltung zu individualisieren. Die Funktionen er-

lauben weiterhin das Verschieben von Absätzen sowie die Änderung der Gliederung des gesamten Moduls.



Abb.4:  
Online Fernstudien-Lernmodul zum Küstenzonenmanagement: Abb.2 im Bearbeitungsmodus für den Autor des Modul.



Abb. 5:  
Online Fernstudien-Lernmodul zum Küstenzonenmanagement: Bearbeitungsmodus für den Autor des Modul, hier am Beispiel der Verwaltung des Zusatzmaterials.



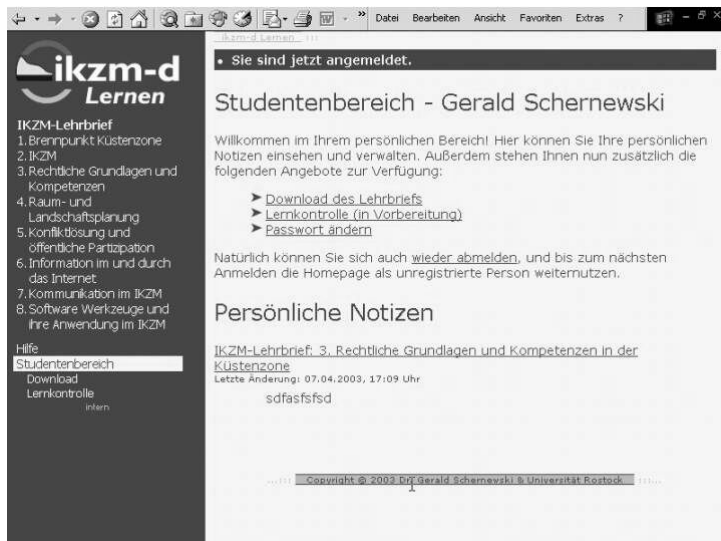


Abb. 6:  
Online Fernstudien-Lernmodul zum Küstenzonenmanagement: Der online Bereich für registrierte Studenten.

Registrierte Studenten haben die Möglichkeit, sich mit dem ihnen zugestellten Passwort anzumelden. Einerseits erhalten sie dadurch Zugriff auf den Download-Bereich (zum Ausdrucken des Lehrbriefs) und auf die Lernkontrolle, andererseits haben sie die Möglichkeit, den Lehrbrief mit persönlichen Notizen zu versehen und so eigene Kommentare, Fragen oder Zusammenfassungen festzuhalten. Zu diesem Zweck steht registrierten Studenten am Ende jedes Unterkapitels ein entsprechendes Eingabefeld zur Verfügung, das das Speichern (und gegebenenfalls das Löschen) dieser persönlichen Notizen gestattet. Ihre Notizen können Sie unter dem Menüpunkt "Studentenbereich" jederzeit in einer Übersicht abrufen. Die Lernkontrolle besteht aus jeweils zufällig zusammengestellten „multiple-choice“ Fragen, die zu einzelnen Tests zusammengestellt werden. Jeder Test besteht aus 7 Fragen, die online beantwortet werden. Nach Abschluss erhält der Student unmittelbar eine Auswertung.

Durch den Aufbau der Internetplattform, die Schaffung von Werkzeugen zur Erstellung von Lernmodulen sowie die Bereitstellung von kostenlosen Lernmodulen hoffen wir, einen Beitrag zum Abbau des Informationsdefizits im Bereich des Küstenzonenmanagements zu leisten. Wir möchten gleichzeitig dazu einladen, an der Entwicklung der Plattform ikzm-d Lernen mitzuwirken.

## Literatur

- Europäische Kommission (Hrsg.) (1999): Eine europäische Strategie für das integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM) - Allgemeine Prinzipien und politische Optionen. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, ISBN 92 828 6461 8, 35 S.
- Europäische Kommission (Hrsg.) (1999): Schlussfolgerungen aus dem Demonstrationsprogramm der Europäischen Kommission zum Integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM). Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, ISBN 92 828 6461 8, 101 S.
- Europäisches Parlament & Europäischer Rat (Hrsg.) (2002): Umsetzung einer Strategie für ein integriertes Management der Küstengebiete in Europa. 2002/413/EG.

## Adresse

Priv.-Doz. Dr. habil. Gerald Schernewski  
Baltic Sea Research Institute - Institut für Ostseeforschung (IOW)  
EUCC - Die Küsten Union Deutschland  
Seestraße 15  
18119 Rostock-Warnemünde

E-mail: gerald.schernewski@io-warnemuende.de



## **Studienprojekt *Virtueller Erlebnispfad Ostseeküste* Ein Beitrag der Geographie zum IKZM in Lehre und Praxis**

Student project: *virtual guide for the Baltic coast*  
an applied science contribution to ICZM

Horst Sterr, Christoph Corves & Rainer Duttmann

Geography Department; University of Kiel, Germany

### **Abstract**

One of the most important objectives of ICZM aims at improving the knowledge of the coastal region and the understanding of the coastal system among both the local population and visitors & tourists. It is with this knowledge that people can fully experience and appreciate the value of the coastal region, its landscape and manifold biological and cultural facets. This is why heritage interpretation has proven to be a successful concept, contributing much to the revelation of a coastal region's attractions.

The region K.E.R.N. along the Baltic Sea Coast to the northwest and southeast of Kiel City is currently making pronounced attempts to apply ICZM as an instrument for the sustainable development of its coastal & marine potentials. Unlike in other regions K.E.R.N. region attempts to base its ICZM approach on concrete best-practise-projects. One of the first projects that were begun in order to make ICZM a practical success here is so-called Baltic Coast Adventure Trail, supported by a number of coastal communities including Kiel City. The authors decided to contribute to this project with a student course on ICZM at the Geography Department of Kiel University. Based on a comprehensive understanding of the natural and human influences which shaped this coastal region, the participating students designed a virtual guide for this coast, which included a large variety of thematic aspects. By using modern multimedia techniques the guide allows to present these topics (such as nearshore coastal dynamics, impacts of storm floods, history of coastal protection, coastal and marine ecology of the Baltic Sea, coastal resources like fish, seaweed, wind, as well as cultural heritage of the region) as an online information for anybody interested in learning more about the coastal region and its sustainable use. The positive responses from the public proves that there is a need for this kind of information and its capabilities for the support of ICZM.

### **1 Integriertes Küstenzonen-Management / IKZM in der Region K.E.R.N.**

Im Kontext der europäischen und globalen Entwicklungen möchte die K.E.R.N.-Region ihre wirtschaftlichen, wissenschaftlichen und bevölkerungs- und allgemeingographischen Rahmenbedingungen (Küstenregion mit hohem Entwicklungsstand) dafür nutzen, um eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung und Umsetzung innovativer, maritimer Wirtschafts-, Wissenschafts- und Technologiekonzepte zu übernehmen. Sie hat sich daher entschieden, ihre regionalen Zielsetzungen durch Etablierung und Nutzung eines Ansatzes zum Integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM) zu realisieren. Mit den IKZM-Aktivitäten in der Region K.E.R.N. wird beabsichtigt, eine umfassende Bewertung des Systems Meer, Küste und Hinterland der K.E.R.N.-Region vorzunehmen und exakte Zielvorstellungen bezüglich der nachhaltigen Planung und Nutzung der dort vorhandenen Ressourcen zu generieren, operationalisieren und implementieren. Konkret geht es vor allem um die Sicherung und Weiterentwicklung des meeresraum-bezogenen Potenzials der K.E.R.N.-Region für die Zukunft (Nachhaltigkeit) durch effektive Nutzung der maritimen Ressourcen, insbesondere hinsichtlich

- touristischer Impulse
- betrieblicher Innovationen
- praktischer Anwendungen wissenschaftlicher Forschungsergebnisse
- intelligenter Nutzung küstennaher Marine- und Bundeswehrstandorte (Konversion)
- moderner, partizipativer Planungs- und Umsetzungsstrukturen
- innovativer Netzwerke
- effektiven Konfliktmanagements
- moderner, bedarfsorientierter Qualifizierungsangebote
- weicher Standortfaktoren
- europäischer Kompetenz (z.B. durch die Entwicklung hin zu einer europäischen Modellregion bei der Erschließung und nachhaltigen Entwicklung der regionalen maritimen Ressourcen mit Hilfe von IKZM) (vgl. [www.kern.de](http://www.kern.de))

Der Vorstand des K.E.R.N. e.V. hat daher vor knapp 2 Jahren einen Arbeitskreis Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) eingerichtet, der einzelne IKZM-Projekte initiieren bzw. unterstützend begleiten soll und gleichzeitig um die Integration der Teilprojekte in die raum- und themenübergreifende IKZM-Strategie der Region K.E.R.N. bemüht ist.

Eines der ersten Pilotprojekte, die vom IKZM Arbeitskreis in der K.E.R.N. Region ins Leben gerufen wurden, war der sog. „**Ostsee-Küstenerlebnispfad**“. Die Idee hierfür entsprang in Gesprächen zwischen Repräsentanten der Industrie- und Handelskammer / IHK zu Kiel, der Stadt Kiel und der Gemeinde Schönberg bei Kiel, der Abt. Raum- & Regionalplanung der schleswig-holsteinischen Landesregierung und meereswissenschaftlich orientierten Privatfirmen (Biolab; Marilim). Erstes Projektziel war es, für die Küstenregion von Kiel bis Hohwacht ein themenorientiertes Konzept zu entwickeln, mit dem die Küstengemeinden ihre naturräumlichen und kulturellen Reize in der Ostseelandschaft aufzeigen, ihren besonderen maritimen Charakter deutlich machen und damit Impulse zur touristischen Belebung geben können. Jede Gemeinde sollte eine „Perle“ entlang einer „Perlenkette entlang der Ostseeküste“ anbieten können.

Parallel zu diesen Aktivitäten wurde am Lehrstuhl Küstengeographie der Universität Kiel (Prof. Sterr), die IKZM-Thematik im Rahmen diverser Lehrveranstaltungen in die Ausbildung von Diplom-Geographen integriert. Es lag daher nahe, begleitend zu den oben genannten Aktivitäten ein Lehrprojekt mit Geographiestudenten zum Ostseeküsten-Erlebnispfad durchzuführen. Dieses Studienprojekt zielt(e) auf die Konzipierung und Implementierung eines virtuellen, d.h. internet-gestützten Erlebnisleiters Ostseeküste. Dabei wurden die konzeptionellen Ansätze der **Landschaftsinterpretation** aufgegriffen und entsprechende inhaltliche und methodische Erfahrungen dieses Arbeitsgebiets genutzt. Dieses Konzept bietet nach den bisherigen Erfahrungen optimale Möglichkeiten, Tourismus und Freizeitaktivitäten auf nachhaltige Weise in einer Zielregion zu befördern.

## 2 Hintergrund des Projekts: Landschaftsinterpretation als Basis des Studienprojekts *Virtueller Erlebnispfad Ostseeküste*

Der besondere, attraktive Charakter eines Ortes oder einer Region erschließt sich erst durch weiterreichende Kenntnisse seiner landschaftlichen Reize bzw. Merkmale, seiner geologischen Entstehung, biologischen Vielfalt, Besiedlungsgeschichte und kulturhistorischen Entwicklungsphasen. Erst durch dieses Wissen kann die Attraktivität des Natur- und Kulturerbes eines Ortes und einer Landschaft bewusst und gezielt erlebt werden. Durch **Landschaftsinterpretation** (englisch: *heritage interpretation*) werden solche verborgenen Bedeutungen jenseits des sinnlich Wahrnehmbaren für Urlauber und Erholungssuchende aber auch für die einheimische Bevölkerung enthüllt. Dabei geht es jedoch nicht nur um die Vermittlung von gängigen Fakten, wie sie in Werbebroschüren oder Reiseführern oft nur oberflächlich angerissen werden. Im Unterschied zu bloßer Information möchte Interpretation Verständnis

wecken und bei den Besuchern eine emotionale Beziehung zum Natur- und Kulturerbe bzw. zu ihrem Urlaubsort anregen. **Landschaftsinterpretation** kann somit unter anderem

- das Bewusstsein der ansässigen Bevölkerung und Besucher für die individuellen Reize der Region erhöhen;
- die Identifikation dieser Menschen mit „ihrer“ Region fördern;
- die Freizeit von Ausflüglern und Urlaubern jenseits der üblichen Angebote bereichern;
- dem Tourismus nachgelagerte Umsatzstufen wirtschaftlich fördern und so einen Beitrag zur Regionalvermarktung leisten,
- sowie bei der Bevölkerung Interesse für das unwiederbringliche Natur- und Kulturerbe und dessen Schutzwürdigkeit wecken.

Der Interpretations-Ansatz bietet die theoretischen und methodischen Voraussetzungen, um das natürliche und das kulturelle Erbe ganzheitlich zum Erleben zu bringen. Dabei werden Informationen verschiedenster Arten vermittelt und unterschiedliche Medien eingesetzt. Die modernen Multimedia-Anwendungen, die heute über PCs und Internet verfügbar sind, bieten neuerdings vielfältige Möglichkeiten der Präsentation und Visualisierung von landschafts- und kulturbezogenen Informationen einer Region.

Für das Fach Geographie ist die Wissensvermittlung durch Landschaftsinterpretation gleichermaßen als Auftrag wie auch als Chance zu sehen. Keine andere (natur- oder sozialwissenschaftliche) Disziplin befasst sich in ähnlich vertiefter Weise sowohl mit dem Naturraum als auch mit dem Kulturraum und bemüht sich gleichermaßen um ein Verständnis der landschaftlichen, kulturhistorischen, ökologischen und sozioökonomischen Merkmale bzw. Prozesse und ihrer Wechselwirkungen. Für eine befriedigende Darstellung einer Region im Sinne von **Landschaftsinterpretation** sind alle diese Aspekte gleichermaßen von Bedeutung. Überdies spielen die neuen Formen medialer Informationsdarstellung und –präsentation heute in der Ausbildung und Berufspraxis von Geographen eine herausgehobene Rolle. Analoge Karten als klassisches Informationsmedium für Geographen werden zunehmend abgelöst durch PC- und Internet-basierte Darstellungsformen wie z.B. Geoinformationssysteme, Web-GIS, digitale Animationen und Filme; interaktive Präsentationen auf CD-ROM, DVD oder Internetportalen.

Der Aspekt der Verknüpfung von inhaltlicher Vielfalt und medialer Innovation gehörte daher auch beim Studienprojekt **Virtueller Erlebnispfad Ostseeküste** zu den zentralen Arbeits- und Lernzielen, wengleich es sich um den bislang ersten Versuch einer Landschaftsinterpretation im Rahmen einer Lehrveranstaltung am Kieler Geographischen Institut handelt. Aus diesem Grund stand für die Projektleiter auch die – dringend erforderliche - Lernerfahrung der Kursteilnehmer stärker im Vordergrund als etwa die Orientierung an den Bedürfnissen der Zielgruppen eines Ostseeküsten-Erlebnispfads. Es ist jedoch beabsichtigt, auf den vorliegenden Ergebnissen und Erfahrungen aufbauend das thematische und methodische Konzept des Erlebnispfads mit Unterstützung regionaler Akteure (Gemeinden, KERN, angrenzende dänische Kommunen, Verbände etc.) zielgruppenorientiert weiter zu entwickeln.

### 3 Räumliche und inhaltliche Konzeption des Studienprojekts

Die schleswig-holsteinische Ostseeküste ist seit Jahren der Schwerpunkttraum der Arbeitsgruppe Küstengeographie am Kieler Geographischen Institut. Die K.E.R.N.-Region, die den zentralen Teil dieses Küstenraums einnimmt und hier ein Integriertes Küstenzonen-Management implementieren möchte, arbeitet bei der Realisierung dieser Ziele eng mit dem G.I. zusammen. Es lag daher nahe, den räumlichen Fokus des Studienprojekts auf den Küstenabschnitt zwischen Kiel und Fehmarn zu richten, wo erste IKZM-Aktivitäten von K.E.R.N. konkretisiert werden sollen (s.o.).

In der inhaltlichen Konzeption kam es den Projektleitern darauf an, die wesentlichen, den genannten Küstenraum charakterisierenden Aspekte und Themen in einer für die Studierenden handhabbaren

Form zu gliedern und gleichzeitig einen möglichst breiten Überblick über Naturraum und Kulturraum zu bieten. Drei inhaltliche Schwerpunktbereiche kristallisierten sich dabei rasch heraus, nämlich

- A. Landschaftsgenese und Küstenformungsprozesse
- B. Ökologie und Naturressourcen der Ostsee und der angrenzenden Küstenregion und
- C. Küstenbesiedlung und Küstenschutz im Wandel der Zeiten.

Diese Schwerpunktsetzung erlaubt es, spannende Themen sowohl mit landseitiger wie auch meerseitiger Fokussierung zu formulieren und gleichzeitig alle küstennahen Gemeinden im Gebiet Kiel bis Hohwacht (= Probstei) in das räumliche Konzept des Erlebnispfades einzubeziehen. Aus den drei oben genannten Schwerpunktbereichen wurden sechs Hauptthemengebiete abgeleitet, welche die interessantesten Details über Natur- und Kulturraum vermitteln. Diese Hauptthemen gliedern sich wiederum in mehrere unterschiedlich ausführlich gehaltene Teilthemen und ergeben im Gesamtbild folgende Informationsstruktur:

#### **Thema 1: Können Steine Schwimmen ? oder wie die Küste „wandert“**

- ≈ Wellen und Strömungen – die Energielieferanten entlang der Küste
- ≈ wie bewegen sich Sandkörner unter Wasser? - die Mobilität des Strandes
- ≈ Steilküsten und Findlinge
- ≈ Ausführlicher Text zur Formungsdynamik der Ostseeküste
- ≈ geologische Erforschung der Prozesse am Meeresboden: ein Experte erzählt: **Film**
- ≈ Nehrung Bottsand: **Animation** über die Entstehung eines Nehrungshakens in den letzten 150 Jahren an der Kieler Förde

#### **Thema 2: Probstei „on the rocks“ : ein Landschaftscocktail mit viel Eis**

- ≈ Landschaft der Probstei, geformt durch skandinavische Gletscher: **interaktive Karte**
- ≈ Eine glaziale Schatzkiste
- ≈ Gletscherdynamik und Transportprozesse: Detersion, Detraktion und Detraktion
- ≈ Wo kam das Eis her? - Zeugen der Herkunft
- ≈ Vegetation während und nach der Eiszeit
- ≈ Die Kaltzeiten
- ≈ Die Glaziale Serie
- ≈ Moränentypen: Grund-, Seiten-, Mittel- und Endmoräne
- ≈ Zungenbeckensee - Toteissee / Söll - Tunneltäler - Sander - Urstromtäler
- ≈ Sonderformen: Kames und Drumlins, Oser
- ≈ **Animation** eines Gletschervorstoßes (am Beispiel des Selenter Sees)

#### **Thema 3: Baden erlaubt – ertrinken verboten: Ostsee-Sturmfluten und Küstenschutz**

- ≈ Die Jahrtausend-Sturmflut vom November 1872
- ≈ Dokumentationen der Sturmflut: Schäden, Verletzte, Tote, Augenzeugenberichte
- ≈ Die Ostsee als Binnenmeer: Was beeinflusst die Wasserstände? Gibt es Gezeiten?
- ≈ Wie kommt das Salzwasser in die Ostsee?
- ≈ Der Badewanneneffekt; Windstau – was ist das?
- ≈ Wie oft gibt es Sturmfluten? Sturmflutgefahren der Ostsee
- ≈ Sturmflutszenarien: gestern, heute, morgen
- ≈ **Simulation der Sturmflut von 1872** – Land unter in der Probstei
- ≈ **Simulation der Sommer-Sturmflut vom August 1989** – wenn der Deich gebrochen wäre
- ≈ Was bedeutet Küstenschutz? Seit wann wird Küstenschutz betrieben?
- ≈ Küstenschutzmaßnahmen: Deiche, Buhnen, Biologische Maßnahmen
- ≈ der Deichbau in der Probstei im Wandel der Zeit: Küstenschutz früher und heute

#### **Thema 4: Naturressourcen der Ostsee(küste)**

- ≈ Lebensraum Ostsee : Entstehung und Gliederung der Ostsee
- ≈ Wasserhaushalt und Besonderheiten des Binnenmeeres
- ≈ Salzgehalt in der Ostsee –wo gibt's wie viel Promille? **interaktive Karte**
- ≈ das Ökosystem der Ostsee: Pflanzenwelt und Tierwelt

- ≈ Der Mensch und der Lebensraum Ostsee - Nutzung und Schutz
- ≈ Fischerei: Fangmethoden, Bildergalerie Heikendorf & Laboe
- ≈ Wie kommt der Fisch auf den Tisch? **Film**
- ≈ Schifffahrt wie in früheren Zeiten: das Wadenboot: **Film**
- ≈ Windkraft: Geschichte der Windkraftnutzung, Voraussetzungen, Anlagentechnik, Windkraft in Deutschland und weltweit
- ≈ Das Holzheizwerk Schönberg
- ≈ Seegras: Pflanzensteckbrief
- ≈ das Seegras am Strand und seine Wiederverwertung – ein Pilotprojekt der EU: **Film**

#### **Thema 5: Waterneversdorf – ein holsteinisches Gut erzählt seine Geschichte**

- ≈ Einführung : **Bilder und Filmszenen**
- ≈ Karten zur Lage, Größe und Veränderungen des Gutes
- ≈ der **360° Rundblick** von oben: Vogelperspektiven vom Getreidesilo
- ≈ Chronik: die Perioden 1400-1700; 1700-1800; die Sturmflut 1777; 1800-1965  
Die Brandkatastrophe 1965 und die Situation heute : Graf von Waldersee im **Orginalton**
- ≈ Zeitlicher Wandel : Hof - Garten -Wirtschaft
- ≈ Persönlichkeiten auf Waterneversdorf  
F.G. Klopstock (1724-1803)  
Kaiser Wilhelm I. (1797-1888): Graf von Waldersee im **Orginalton**
- ≈ Tourismusentwicklung auf Waterneversdorf – Graf von Waldersee im **Orginalton**

#### **Thema 6: Oldenburger Graben - von einer Förde zum mehrtausendjährigen Siedlungsraum**

- ≈ Landschaftsgeschichte des Oldenburger Grabens: Fördenbildungs- und Binnenseephase
- ≈ Veränderungen in den letzten 5000 Jahren **Animation** der Küstenlinienverschiebungen
- ≈ Siedlungen im Oldenburger Graben: Leben - Klima - Nahrung
- ≈ der Wesseker See als Fördenrest und seine Entwicklung bis heute
- ≈ Zeugen der Vergangenheit Wirtschaftsweisen in früherer Zeit
- ≈ Frühgeschichtlicher Siedlungsort Wangels: Grabungsgeschichte, Funde & Interpretationen
- ≈ Frühgeschichtlicher Siedlungsort Rosenhof: Grabungsgeschichte, Funde & Interpretationen
- ≈ siedlungsarchäologische Erkundungsmethoden :Prospektion - Dokumentation - Typologie - Chronologie - Rekonstruktion

Die Liste zeigt, dass viele meeresbezogene Themenaspekte für die Küstenregion östlich von Kiel aufgegriffen und dargestellt werden konnten. Einige Inhalte nehmen speziellen Bezug auf lokale Besonderheiten, andere sind problemlos auf benachbarte Küstenabschnitte an der Ostsee übertragbar. Insgesamt stellen die sechs Themenbereiche und deren Detailaspekte nur eine beschränkte Auswahl dar, die noch beliebig erweiterbar ist. Der limitierende Faktor der inhaltlichen Begrenzung war allerdings durch die beschränkte Bearbeitungszeit des Studienprojektes von knapp sechs Monaten vorgegeben. Für den Raum des Oldenburger Grabens ist an die Entwicklung eines ortsspezifischen Erlebnispfades mit urgeschichtlichem Schwerpunkt im Rahmen zweier geographischer Diplomarbeiten gedacht.

## **4 Methodische Konzeption und Umsetzung des Studienprojektes**

Eines der Ziele des Studienprojektes war es, Erfahrungen zu gewinnen, wie geowissenschaftliche Informationen sowohl naturwissenschaftlicher als auch kulturhistorischer Art aufbereitet werden können, um sie via Internet Besuchern der Region aber auch Einheimischen zur Verfügung zu stellen. Im Projekt wurden folgende grundlegenden Arbeitsschritte durchlaufen.

1. Wissenschaftliche Recherche der einzelnen Themengebiete (siehe oben).
2. Erarbeitung eines Layoutrahmens für die Website.
3. Konzeption der medialen Darstellung der verschiedenen Themenbereiche.

4. Erstellung des audiovisuellen und grafischen Materials zur Zielgruppen-orientierten Darstellung der Inhalte. Erstellung der Texte für die Darstellung der Inhalte.
5. Zusammenführung des gesamten Materials in der Website

Die wissenschaftliche Recherche der einzelnen Themengebiete stand am Anfang des Projektes. Dieser Bereich entsprach weitgehend dem traditionellen Erarbeiten von Referaten im Rahmen des Geographiestudiums und wurde von allen studentischen Teilnehmern ohne Schwierigkeiten bewältigt.

Zur Präsentation der Resultate wurde das Internet gewählt. Hierfür gab es verschiedene Gründe. Einerseits waren so die Kosten niedrig zu halten - ein wichtiger Faktor für eine Lehrveranstaltung. Andererseits sind eine Reihe Kommunen in der Probstei dabei, mit Hilfe von Beratungsfirmen einen traditionellen Küstenerlebnispfad (Schautafeln im Gelände, etc.) zu planen. Diesen "realen" Erlebnispfad im Web "virtuell" zu ergänzen war eines der Ziele des Studienprojektes.

Die grafische Illustration der verschiedenen Themen erfolgte unter Einbeziehung verschiedenster Techniken und Datenquellen; unter anderem kamen zum Einsatz:

- Simulationen des Überschwemmungsverlaufes historischer Sturmfluten mit Hilfe von digitalen Geländemodellen.
- Darstellung des Sedimenttransportes entlang der Küsten durch GIF-Animationen.
- Erstellung von 360 Grad Panoramen für markante Geländepunkte zur Darstellung geomorphologischer Features (z.B. Moränen).
- Produktion kurzer Videodokumentationen (jeweils ca. 5 Minuten) zu verschiedenen Themen (z.B. Bau und Pflege historischer Fischerboote, Hochseeangeln, traditionelle Herstellung von Brot, Verwertung von Seegras).
- Desweiteren fanden Fotos, Grafiken, Karten, und Satellitenbilder Verwendung.

Die Integration des Systems erfolgte in Form einer Website. Dabei wurden vorwiegend HTML-Programmierung und Javaskript eingesetzt. Videos wurden zur Optimierung der Datenraten mit dem DivX-Algorithmus komprimiert. Ein Layout-Rahmen bestehend aus den Navigationselementen und dem grundlegenden Frameset (= Seitenaufteilung der Site) wurde allen Themengruppen vorgegeben. Das Layout der einzelnen Themenseiten wurde aus didaktischen Gründen den Themengruppen überlassen (Für ein kommerzielles Web-Produkt hätte man das Design aller Seiten im Detail festgelegt).

Es zeigte sich, dass die studentischen TeilnehmerInnen die meisten Probleme nicht bei der technischen Implementierung sondern bei der Ausrichtung der Inhalte auf die angestrebten Zielgruppen (Touristen, interessierte Laien in der Region) hatten. Dies betraf insbesondere die Erstellung allgemeinverständlicher Texte, bei denen naturgemäß auf viele wissenschaftliche Details und Fachworte verzichtet werden musste. Hier spiegelten die Schwierigkeiten der TeilnehmerInnen die traditionelle Ausrichtung des Geographiestudiums auf die wissenschaftliche Bearbeitung von Fragestellungen wieder. Dennoch konnten alle TeilnehmerInnen nach wiederholter Überarbeitung der Inhalte und ihrer Form zufriedenstellende Ergebnisse erzielen. Ein Lernergebnis aus der Durchführung des Studienprojektes war somit, dass der Orientierung von Inhalten auf die Anforderungen und Fähigkeiten bestimmter Zielgruppen im Rahmen des Geographiestudiums in Kiel in Zukunft mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden soll.

Der virtuelle Erlebnispfad Ostseeküste wurde im ersten Schritt zunächst als CD-ROM erstellt, ist aber zwischenzeitlich - nach Abschluss von Detailkorrekturen und Klärung urheberrechtlicher Fragen – als interaktive Webseite auf der homepage des Geographischen Instituts der Universität Kiel implementiert. Die Web-Adresse lautet: [www.ostsee.geographie.uni-kiel.de](http://www.ostsee.geographie.uni-kiel.de).

## 5 Wahrnehmung und Akzeptanz des Projekts - ein Ausblick

Im Juli 2003 präsentierten die 20 studentischen Teilnehmer am Studienprojekt im Hörsaal des Geographischen Instituts erstmals das Ergebnis ihrer Arbeiten der interessierten Öffentlichkeit. Am 30.09.2003 wurde dann der „virtuelle Erlebnispfad Ostseeküste“ den Mitgliedern des IKZM-Arbeitskreises der K.E.R.N.-Region vorgestellt. In beiden Veranstaltungen war die Resonanz der anwesenden Vertreter aus Kommunen und Kreisen, Wirtschaftsunternehmen, Ministerien, Fachbehörden, Verbänden und der Universität durchwegs sehr positiv. Das Konzept wurde als inhaltlich umfassend und sehr interessant bezeichnet und die multimediale Umsetzung als innovativ, anschaulich und vielfältig gelobt. Das Auditorium bescheinigte dem virtuellen Erlebnispfad Ostseeküste einhellig sowohl einen hohen Informations- als auch Unterhaltungswert, der beim „Publikum“ das Bewusstsein um den besonderen maritimen Charakter der Ostseeregion Kiel bis Fehmarn wecken bzw. steigern könne. Repräsentanten der Küstengemeinde Schönberg und des Kreises Ostholstein sprachen spontane Einladungen aus, die Projektarbeit am virtuellen Erlebnispfad Ostseeküste im Rahmen von „Orts-terminen“ einer breiteren Öffentlichkeit wie auch der lokalen Presse im Detail vorzustellen. Gleichzeitig wurde von verschiedenen Seiten Interesse bekundet, ob bzw. wie der virtuelle Erlebnispfad Ostseeküste noch stärker ergänzt bzw. fokussiert werden könnte, mit Blick auf die lokalen Besonderheiten und den Meeresbezug einzelner Küstengemeinden.

Im Sinne der eingangs erläuterten Ziele der K.E.R.N.-Region scheint also mit dem Themen- und Medienkonzept des virtuellen Erlebnispfad Ostseeküste ein konkreter Schritt in Richtung Umsetzung von IKZM getan worden zu sein. Die von den regionalen Akteuren signalisierte Akzeptanz des vorgestellten Projektergebnisses und die überraschend große Wahrnehmung in der Öffentlichkeit sind deutliche Belege dafür, dass themenorientierte Umweltbildung mit dem Ansatz der Landschaftsinterpretation nicht nur akademische Interessen befriedigt, sondern auch ein breites Publikum findet, d.h. „einen Markt hat“. Das Kennenlernen und Erleben eines Küstengebiets erhält damit eine Bewusstseinsdimension, die verständnisvolleren und damit nachhaltigen Tourismus in der Region befördert.

Auf der Grundlage der Erfahrungen im Studienprojekt scheint es nun möglich, den virtuellen Erlebnispfad Ostseeküste auf einen größeren Raum rund um die Kieler Bucht auszudehnen. Im Rahmen der IKZM-Bemühungen in der KERN-Region wurde von den Autoren kürzlich ein Entwurf für ein EU Projekt im Programm INTERREG III A vorgelegt. In einem solchen INTERREG-Projekt soll ein virtueller Küstenerlebnispfad zwischen den Landkreisen Schleswig-Flensburg, Rendsburg-Eckernförde, Plön, Ostholstein und den süddänischen Amtskommunen Fünen und Storstroem eine räumlich-thematische Verknüpfung der an der Kieler Bucht gelegenen Regionen schaffen und dadurch verstärkt grenzüberschreitende Besucheranreize schaffen. Die Wiederaufnahme der Fährverbindung zwischen Kiel und Langeland im Juni 2003 bietet dafür weitere günstige Voraussetzungen.

### Adresse

Prof. Dr. Horst Sterr  
Prof. Dr. Christoph Corves  
Prof. Dr. Rainer Duttmann  
Geographisches Institut der Universität Kiel  
Olshausenstr. 40  
24098 Kiel

E-mail: [sterr@geographie.uni-kiel.de](mailto:sterr@geographie.uni-kiel.de)  
[corves@geographie.uni-kiel.de](mailto:corves@geographie.uni-kiel.de)  
[duttmann@geographie.uni-kiel.de](mailto:duttmann@geographie.uni-kiel.de)







## Holistic Systems Analysis for ICZM: The Coastal Futures Approach

Andreas Kannen

Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Germany

### Abstract

This article outlines the approach of *Zukunft Küste – Coastal Futures*, one of two large platform projects funded by the German Ministry of Research (BMBF). Beginning in April 2004, the project is designed to support sustainable development along the North Sea coast of Schleswig-Holstein. It involves a total of 50 project partners and consists of four interrelated project modules and 12 sub-projects, each of which is guided by specific research questions. The scientific concept is based on bringing together tools from both natural and social sciences - e.g. scenario techniques, modelling, stakeholder dialogues and Multi-Criteria Analysis - in order to develop planning and management options at the local, regional and national level. A key theme will be the assessment of interactions resulting from offshore wind farm development, including impacts on ecosystem and habitat structures, the economy and infrastructure, conflicts between stakeholders as well as social values such as perception of the coast by local people. To ensure methodological and conceptual integration, integrated assessment (known e.g. from LOICZ) and indicators (based on the DPSIR approach) form an overall framework. This framework, which is built on former international research, can be flexibly applied to different thematic fields and is able to use qualitative and quantitative information. Another level of integration is the comprehensive dialogue with local, regional and national stakeholders, which aims to integrate these actors as active research partners.

### 1 Aims and general approach of *Zukunft Küste – Coastal Futures*

*Zukunft Küste – Coastal Futures* describes a co-operative research project supported by national and international scientific institutes, national authorities and Schleswig-Holstein State Ministries. Supported also by regional and transborder institutions, it brings together a total of 50 project partners. The following text is largely based on the project application (Kannen et al. 2003).

With its central aim of supporting sustainable coastal development and Integrated Coastal Zone Management (ICZM) on the Schleswig-Holstein coast, *Zukunft Küste – Coastal Futures* integrates two perspectives of the sustainable use of coastal areas:

- the future of the coast as living, economic and recreational space for the resident population,
- the potential contribution of the coastal zone to sustainable development on a national, european and global scale, e.g. through using regenerative resources, maximising uses and safeguarding important natural resources.

Both perspectives are apparent in the current debate on large-scale offshore wind farms. A Government Position Paper considers offshore wind energy to be an important means for reducing greenhouse gases on a national and European level. Further benefits include its considerable potential for technological innovation, which in turn provides new impulses for economic growth and job creation. However, this new 'player' also places new demands on coastal resources, not least because of its considerable spatial demands. In Schleswig-Holstein, the resident population is unsure whether it will actually be able to benefit from the expected positive developments (Volmari 2002), with added insecurities concerning the risks associated with the proposed wind farms for existing uses and the ecosystem.

In order to assess these issues in an integrated manner, integrated assessment of interactions is required as well as socio-economic analysis of trade-offs including an assessment of economic, ecological and social risks. Innovative development potentials that might arise from linking wind energy to mariculture will form a key part of this assessment, as will the special situation of the islands and Hallig islands. The project will seek continuous integration of results in local and regional ICZM concepts through exchange with key regional actors.

Changing spatial structures through new forms of use are another specific focus of the project. The project will analyse and evaluate the impact of offshore wind parks on established economies, with tourism regarded as the most significant current factor. At the same time the project will use the interchanges between offshore wind park development, mariculture and tourism as a case study to assess options for implementing concepts of multiple use, providing specific suggestions for their implementation.

Research therefore focuses less on sectoral problems than interactions between different coastal uses, particularly considering human interchanges with the coastal ecosystem (Fig. 1). This also includes the evaluation of resources and potential negative impacts of human activities on resources, using risk and vulnerability analyses (The H. John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment 2000, ISDR 2001) and ecological economics as tools.

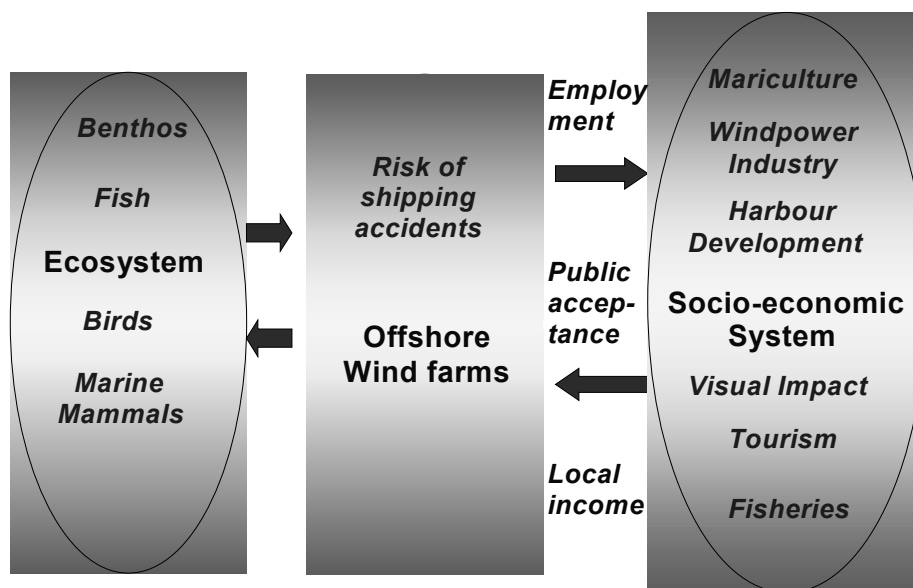


Fig. 1: Interactions as the core of integrated assessment (Kannen 2003)

This methodological approach aims to raise local and regional awareness of the complexities surrounding coastal zone decision-making and enable relevant actors to take into account complex interactions during strategic planning.

Forms of communication also play an essential role in implementing integrated management. Different thematic packages therefore focus on analysing, assessing and supporting networking and communication processes, involving different actors on the regional scale as well as interactions between the European, national and regional level.

At its core, the project therefore provides the necessary knowledge for guiding action in ICZM, developing and testing regionally and transregionally relevant tools through participative and transdisciplinary research.

## 2 Project Structure

Generally, the collaborative research project is divided into four interconnecting modules (Fig. 2). Each has a specific thematic or methodological focus and comprises several interrelated sub-projects. Module 3 for instance comprises four thematic packages and takes up offshore wind park development as a case study (see also Fig. 2). The module uses methods of evaluation, indicators and the tools of module 2 to analyse and evaluate local acceptance, economic potential, positive and negative impacts on other spatial uses as well as impacts on the ecosystem. Linking mariculture to offshore wind park development represents a potential win-win situation and could lead to mariculture becoming a new economic cluster on the West coast. One of the sub-projects aims to develop mariculture to the point of implementation, working with local actors in a model process and evaluating the impact of joint mariculture- offshore wind energy use on the ecosystem. Sub-project 3.4 complements the overall package by looking at tools for representing the risks and consequences that might result from shipping accidents in connection with offshore wind parks.

### **Module 1: Co-ordination and synthesis**

SP 1.1: Programme management / Co-ordination / Synthesis

SP 1.2: Virtual competence centre as an information and management platform

SP 1.3: Education and training

### **Module 2: Integrated evaluation**

SP 2.1: Development of a toolbox for integrated assessment

SP 2.2: International framework and interaction between management scales

SP 2.3: A Scenario-Manager to simulate and model regional development

### **Module 3: Impact analysis (offshore wind energy case study)**

SP 3.1: Ecological impact analysis of offshore wind energy development

SP 3.2: Socio-economical impact analysis and assessment of opportunities and threats of offshore wind energy development

SP 3.3: Mariculture (Open Ocean Aquaculture [OOA]) in offshore wind parks

SP 3.4: Benefits and acceptance of scientific information in the public debate on elevated risks resulting from offshore wind energy developments (tools for analysing the consequences of accidents and evaluation of risks)

### **Module 4: Communication and networking (Tourism, Water Framework Directive, regional development and ICZM case studies)**

SP 4.1: Analysis of networks and media

SP 4.2: Regional dialogues and participation

Fig. 2: Description of individual modules (A. Kannen 2003)

## 3 Social values as key factor for assessing environmental changes

In Zukunft Küste – Coastal Futures social values form a key starting point for analysing the relationship between coastal resource use and environmental protection. Social values change over time, so that the way society sets priorities is influenced by a variety of factors. The EU Water Framework Directive for example sets out to achieve good ecological status for coastal and freshwater systems, which implies that negative human impact needs to be minimised. “Good ecological and chemical status” of waters is expected to be achieved by 2015, with ecological status defined by biological, physical and chemical ecosystem parameters. In this context, the following questions arise:

- What are the limits of ecological tolerance to human impacts?
- To what degree will ecosystem structure and dynamics be allowed to deviate from pristine conditions whilst still being considered “good”?

To arrive at suitable management plans for coastal resources and space, an answer is required to both these questions. Societies and their decision makers need to understand that the services provided by ecosystems actually encompass a broad range of issues, part of which do not include the use of natural resources and all of which is justified by a mix of ethical values (Barkmann 2000). Acceptable use of ecosystem services is actually set by the power of different stakeholders to impose their will, partly expressed in social regulations such as environmental law. This means that definitions and regulations of “good ecological status” may vary with space and time and different cultures.

Taking into account the uncertainties about future human needs, future ecosystem development in the light of global change and the current limits to our understanding of the complexities of ecosystems and socio-economic systems, it is impossible to determine exact threshold values that would ensure proper ecosystem function and minimise risks for specific ecosystem services. The precautionary principle is one of the few feasible paradigms (Turner et al. 2001), one that is certainly in line with the idea of sustainable development. It also allows the development of management strategies that permit maximum use of ecological services while keeping ecosystem integrity at least at present level, thereby reducing the risk of hazardous natural developments. The objective of the integrated approach is therefore a large-scale information campaign, informing society about possible future trends and the associated risks and allowing the definition of an optimised balancing between “ecosystem use” and “ecosystem squeeze”. Fig. 3 shows a scheme that has been developed to illustrate the inherent challenges imposed by identifying this optimum area, which can be taken as a critical threshold zone for the management of man & biosphere interactions.

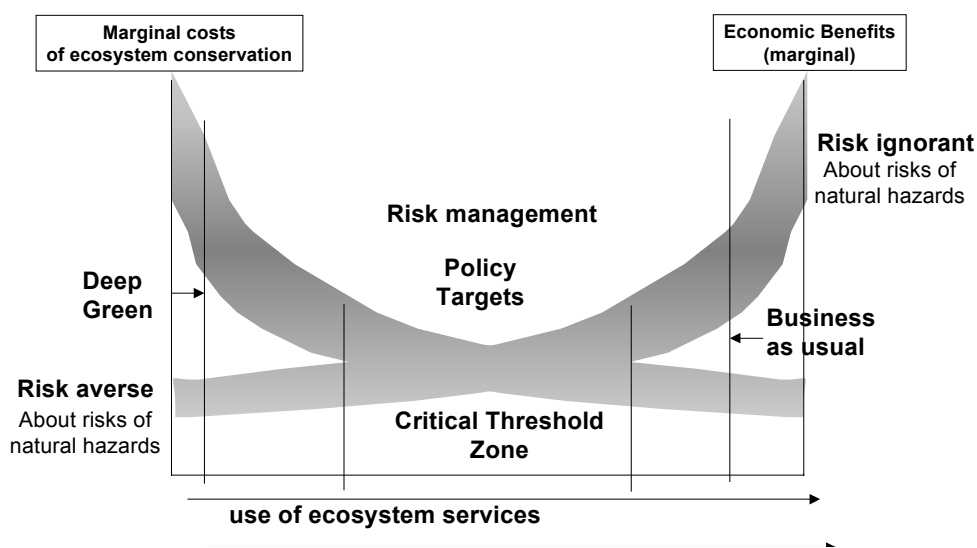


Fig. 3: Integration of socio-economic cost benefit analysis and an ecological risk analysis, (Colijn et al. 2002)

#### 4 Conclusions

The project Zukunft Küste – Coastal Futures aims to take a fully holistic and integrative approach that develops and applies scientific tools whilst also involving stakeholders at local, regional and national levels as partners in research. Although this problem-oriented approach is very ambitious, the approach pursued by Zukunft Küste – Coastal Futures is aware of the need for ICZM processes to be integrated and sustainable in a regional context. Methodological components are tested vis-à-vis their applicability and brought together in a toolbox, which can serve as a starting point for transfer to other regional contexts and different cultures and geographical spaces. Such transfer naturally requires

some adaptations to be made. Integrating research and practical regional implementation, the collaborative research project aims to demonstrate local competence on Schleswig-Holstein's West Coast in implementing sustainable coastal zone management.

## References

- Barkmann J (2000) Eine Leitlinie für die Vorsorge für unspezifische ökologische Gefährdungen, in Jax, K. (Hrsg.) Funktionsbegriff und Ungewissheit in der Ökologie. Peter Lang, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt, pp 139-152.
- Colijn F, Kannen A, Windhorst W (2002) The use of indicators and critical loads, EUROCAT Deliverable 2.1, (download: <http://www.iaa-cnr.unical.it/EUROCAT/project.htm>), 38 p.
- ISDR (International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (Hrsg.) (2002): Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives. Preliminary version, July 2002.
- Kannen, A. et al. (2003). Zukunft Küste—Coastal Futures. Projektantrag für ein Verbundprojekt des BMBF zur „Forschung für ein nachhaltiges Küstenmanagement“. Büsum: Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Universität Kiel (FTZ) (vervielfältigtes Manuskript)
- The H. John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment (2000): The Hidden Costs of Coastal Hazards – Implications for Risk Assessment and Mitigation. Washington.
- Turner R.K.; Ledoux, L. & Cave, R. (2001): The use of Scenarios in Integrated Environmental Assessment of Coastal-Catchment Zones: the case of the Humber Estuary. Unpublished, CSERGE, Norwich, 25p.

## Address

Dr. Andreas Kannen  
Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ)  
Hafentörn  
25761 Büsum  
Germany

E-mail: [kannen@ftz-west.uni-kiel.de](mailto:kannen@ftz-west.uni-kiel.de)





## **Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion (IKZM Oder)**

### **Integrated Coastal Zone Management in the Oder/Odra Estuary Region (ICZM Oder)**

Gerald Schernewski<sup>1</sup>, Hermann Behrens, Steffen Bock<sup>1</sup>, Peter Dehne, Wilfried Erbguth, Bernhard Glaeser, Gerold Janssen, Wasilios Kazakos, Thomas Neumann<sup>1</sup>, Thorsten Permien, Burkhard Schuldt, Holmer Sordyl, Wilhelm Steingrube, Lutz Vetter & Kai Wirtz

<sup>1</sup> Institut für Ostseeforschung Warnemünde (co-ordinator)  
(Baltic Sea Research Institute Warnemünde, Germany)

#### **Abstract**

The project 'Research for an Integrated Coastal Zone Management in the Oder Estuary Region' has been initiated as a consequence of the EC Recommendations on Integrated Coastal Zone Management (ICZM). It is one of the two large national German projects on ICZM, funded by the National Ministry for Education and Research (BMBF). The aims and tasks within the project are a result of the specific situation and demands of the region. At the same time the project tackles the aspects "Strategic Approach", "Principles", "National Status Quo" and "National Strategies" as recommended by the EC (EC 413/2002). The special challenge lies in carrying out science with high quality standards and, at the same time, to establish and support a regional initiative on ICZM. Major element for public participation and the involvement of authorities is the Regional Agenda 21 'Oder Lagoon'. The creation of sustainable perspectives and structures, exceeding the duration of the project, is the overall aim of all activities.

#### **1 Einleitung**

Das Projekt „Forschung für ein Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion“ startete im Mai 2004 mit einer Laufzeit von zunächst 3 Jahren. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit einem Umfang von etwa 2 Mio. Euro.

Das Projekt ist eines der beiden nationalen Referenzprojekte zum IKZM, kooperiert mit polnischen Partnerprojekten und ist zudem in die Aktivitäten der UNEP zum „Integrated Coastal Area and River Basin Management (ICARM)“ eingebunden. Es ist gleichzeitig Partner des Kernprojektes „Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone (LOICZ)“, welches Bestandteil des „International Geosphere-Biosphere Programme“ ist.

Die Ziele der Agenda 21 zur nachhaltigen Entwicklung sind identisch mit den Zielen des Integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM). Die bestehenden, grenzübergreifenden deutsch-polnischen Aktivitäten im Rahmen der vom Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern und der Wojewodschaft Westpommern getragenen Regionalen Agenda 21 „Stettiner Haff“ bilden deshalb die Plattform für das Projekt.

Das Oderästuar bildet eine ländliche Grenzregion zwischen Deutschland und Polen, die sich durch ein hohes naturräumliches Potential mit vielfältiger Landschaft und prägenden großen Küstengewässern auszeichnet (Abb.1). Die gesamte Region leidet unter massiven wirtschaftlichen Problemen und starken Gradienten zwischen Ost und West sowie Küste und Hinterland. Die derzeit rasante touristische Entwicklung bildet den wichtigsten Hoffnungsträger. Demzufolge stellen die touristische Entwicklung einerseits und die Umwelt andererseits die zentralen regionsspezifischen Themen dar, die aber



mit zahlreichen anderen Nutzungen im Konflikt stehen. Bemerkenswert ist zudem der zunehmende Grenzverkehr zwischen Deutschland und Polen, dessen massive Intensivierung durch die Mitgliedschaft Polens in der EU zu erwarten ist. Durch den Beitritt wird eine intensiviertere deutsch-polnische Zusammenarbeit und eine Abstimmung der Planungs- und Managementaktivitäten erforderlich sowie ein Transfer von Wissen und Erfahrungen.

Tourismus- und Umweltqualität lassen sich nur unter Berücksichtigung der anderen Nutzungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung verknüpfen und machen ein umfassendes regionales Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) erforderlich. Gleichzeitig muss IKZM grenzübergreifend angelegt sein. Eine Abstimmung von Methoden und Strukturen zwischen Deutschland und Polen ist daher dringend erforderlich.

Die Küstengewässer werden massiv und vielfältig durch die Oder mit ihrem 120.000 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet belastet. Etwa 90 % des Einzugsgebietes liegen auf polnischer Seite. Starke Eutrophierung und Wasserqualitätsprobleme sind die Folge der anhaltenden Nähr- und Schadstoffeinträge. Sie werfen sowohl Probleme für die touristische Entwicklung als auch für den Naturschutz in Deutschland und Polen auf. An den Gewässern wird die Notwendigkeit der Kopplung von Einzugsgebiet und Küste deutlich, denn Einzugsgebietsmanagement ist hier gleichzeitig Küstengewässermanagement. Die Küstengewässer werden bei der Raumplanung und dem IKZM bislang noch zu sehr vernachlässigt. Die systematische Einbindung der Gewässer - zentrale Elemente der Landschaft - spielt in dieser Region eine entscheidende Rolle. Die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge sind durch zahlreiche Projekte gut untersucht und es wurden verschiedene Werkzeuge entwickelt, durch die ein Küstengewässermanagement realisiert werden kann.

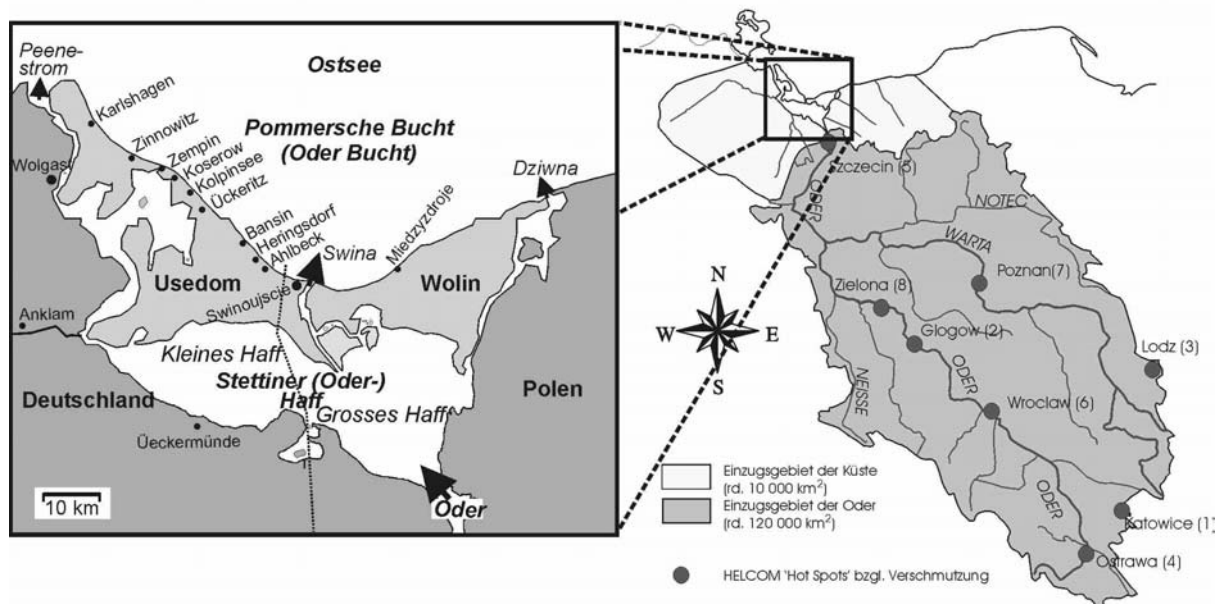


Abb. 1: Das Einzugsgebiet der Oder und die dazugehörige Küstenzone. Der vergrößerte Ausschnitt entspricht in etwa dem Projektraum. Das Untersuchungsgebiet wird auf deutscher und polnischer Seite durch die Vereinbarung der Umweltminister im Rahmen der „Regionalen Agenda 21 - Stettiner Haff“ definiert. Es umfasst die Kreise Uecker-Randow und Ostvorpommern einschließlich der inneren Küstengewässer, also den Ostteil der Planungsregion Vorpommern. Damit wird ein landseitiger Bereich, der zwischen 30 - 60 km von der Küstenlinie entfernt liegt, berücksichtigt sowie zusätzlich die äußeren Küstengewässer bis zur 12 Seemeilen-Grenze einbezogen.

## 2 Ziele

Folgende allgemeine Zielsetzungen stehen im Vordergrund des Projektes:

**Wissenschaft und Innovation:** Beantwortung von wissenschaftlichen, innovativen Fragen zum IKZM, die grundsätzliche, überregionale Bedeutung besitzen, aber auf konkreten, regionalen Notwendigkeiten basieren. Zudem sollen weitere Defizite aufgedeckt und Forschungsperspektiven für die Zukunft geschaffen werden.

**Regionale-nationale-internationale Übertragbarkeit:** Unterstützung eines regionalen IKZM, welches im Wesentlichen regional übertragbar ist, maßgeblich zur Entwicklung einer nationalen IKZM-Strategie beiträgt und auch internationalen Lehr- und Beispielcharakter besitzt.

**Integration von Einzugsgebiet, Küste und Ostsee:** Räumlich integrative Betrachtung von Prozessen, Strukturen, Planwerken etc. vor dem Hintergrund des vielfach geforderten Einzugsgebiet-Küsten-Managements (Was-serrahmenrichtlinie, UNEP, LOICZ).

**Infrastrukturen:** Schaffung von Strukturen, die als dauerhafter Schirm für IKZM über die Projektlaufzeit hinausreichen, regionale Projekte einbinden und die praktische regionale Implementierung des IKZM langfristig fördern. Im Projekt geht es nicht um die praktische Umsetzung von Einzelmaßnahmen, wohl aber um die Initiierung einer Umsetzung durch wissenschaftliche Beratung, die Suche nach Finanzierung, die Bereitstellung von unterstützender Infrastruktur und Einbindung in das Projekt.

**Partizipation und Kommunikation:** Erprobung und Evaluierung von Verfahren zur Einbindung der Öffentlichkeit (regionale Agenda 21 in Zusammenarbeit mit lokalen Agenden), zur Verbesserung der grenzübergreifenden Kommunikation, Information und Zusammenarbeit sowie zur Förderung des Küste-Einzugsgebiets-Dialogs. Es geht dabei nicht um die Schaffung weiterer neuer Strukturen, sondern um die Unterstützung, Nutzung, Bündelung und Optimierung bestehender Aktivitäten und Strukturen für das Thema IKZM.

**Vision und Strategie:** Förderung einer Vision und Strategie für IKZM durch Synthese der bestehenden Ansätze. Die Strategie ist gleichzeitig grenzübergreifend, integriert Küstenmeer und Land, berücksichtigt die Wechselwirkungen zwischen Küste und Einzugsgebiet und, indem absehbare Probleme, z.B. durch globale Klimaänderungen, einbezogen werden, ist sie zukunftsorientiert.

## 3 Aufgaben und Arbeiten

Die konkreten Aufgaben und Themen ergeben sich aus der spezifischen Situation und dem Bedarf der Region. Gleichzeitig wird konkret den Aspekten „Strategischer Ansatz“, „Grundsätze“, „nationale Bestandsaufnahme“ und „nationale Strategien“ der EU-Empfehlung Rechnung getragen (EG 413/2002).

Die besondere Herausforderung besteht darin, Wissenschaft zu betreiben, die nationalen und internationalen Ansprüchen genügt und innovativ ist sowie gleichzeitig eine IKZM-Initiative zu starten, die Behörden und Bevölkerung einbindet, um gemeinsam zu einer nachhaltigen Entwicklung der regionalen Küstenzone beizutragen. Zu diesem Zweck werden im Gegenstromprinzip zwei Ansätze parallel verfolgt und miteinander verknüpft:

- **Bottom-up - Ansatz:** Förderung und Moderation von Initiativen zur regionalen Öffentlichkeitsbeteiligung und vielfältige Einbindung von Entscheidungsträgern.
- **Top-down - Ansatz:** Durchführung der von der EU geforderten regionalen Bestandsaufnahme, Analyse und Evaluierung bestehender Strukturen, Kompetenzen und Rechtsvorschriften hinsichtlich eines nationalen IKZM. Begleitende Forschung zu zentralen, regionalen Problemfeldern und Bereitstellung von Instrumenten, Mechanismen und Werkzeugen für regional übertragbares IKZM sowie Schaffung von Entwicklungsperspektiven für ein IKZM.

Die Schaffung nachhaltiger, über die Projektdauer hinausreichender Perspektiven und Strukturen ist Thema aller Arbeiten.

### 3.1 Dialoge und regionale Partizipation

Die Ziele des Integrierten Küstenzonenmanagement sind identisch mit den Zielen der Agenda 21. Das IKZM ist deshalb als Teil des Agenda 21 Prozesses zu verstehen. Die bestehenden deutsch-polnischen Aktivitäten im Rahmen der Regionalen Agenda 21 „Stettiner Haff“, in die die kommunalen, lokalen Agenden 21 eingebunden sind, bilden eine geeignete Plattform für eine „horizontale“ Integration (fach- und themenübergreifend) von Bevölkerung, Behörden und politischen Entscheidungsträgern. Die regionale Agenda 21 ist zudem die Basis für eine öffentliche Partizipation.

Zusätzlich sind Mechanismen erforderlich, die die verschiedenen Behörden und Entscheidungsträger (national bis lokal) zumindest zeitweilig einbinden, also eine „vertikale“ Integration sicherstellen. Dies geschieht einerseits durch das projektbegleitende Steuergremium. Andererseits sind Regional Konferenzen vorgesehen, die den Dialog zwischen deutschen und polnischen Verantwortlichen in der Küstenzone aber auch zwischen Einzugsgebiet und Küste sicherstellen.

Das Forum Regionale Agenda 21, die ergänzenden Fokus-Gruppen und die Dialoge, bei denen alle Partner aktiv mitarbeiten, ihre Ergebnisse einbringen und eine Umsetzung begleiten, bilden zentrale Kooperationsbereiche für die Arbeiten im Projekt.

Es geht um die Beantwortung folgender Fragen:

- Wie kann das Integrierte Küstenzonenmanagement in die vorhandenen regionalen Strukturen, Initiativen und Netzwerke eingebunden werden, ohne Konkurrenzen aufzubauen?
- Welche Strukturen sowie Kommunikations- und Kooperationsformen sind erforderlich, um das Integrierte Küstenzonenmanagement in der Region zu verankern?
- Welchen Beitrag können die Regionale Agenda 21 sowie kommunale, lokale Agenda 21 – Gruppen zur Umsetzung des Integrierten Küstenzonenmanagement leisten und welche Funktionen können Sie übernehmen?
- Welchen Beitrag können Qualifizierungsmaßnahmen wie Training, Coaching und Erfahrungsaustausch zur Verankerung und Umsetzung des IKZM-Gedankens liefern und wie muss dieses Angebot ausgestaltet werden?

#### Regionale Agenda 21 „Stettiner Haff“

Die Regionale Agenda 21 stellt einen zentralen Aspekt im Projekt dar und setzt sich aus folgenden Elementen zusammen:

Forum Regionale Agenda 21 (Forum 21): Die Regionale Agenda 21 „Stettiner Haff“ nennt IKZM explizit als einen zentralen Handlungsbereich und beinhaltet zudem die Themen „wissenschaftliche Zusammenarbeit“, „Bildung“ und „nachhaltigen Tourismus“. Das Projekt realisiert wesentliche Handlungsbereiche, indem das Forum Regionale Agenda 21 gegründet wird. Es setzt sich aus deutschen und polnischen interessierten Bürgern und Lokalen Agenda 21-Vertretern der Region zusammen. Das Forum bildet eine geeignete Grundlage für die Diskussion von IKZM-relevanten Themen und Konzepten und erlaubt eine enge Kooperation mit dem regionalen Planungsverband Vorpommern (somit den Kommunen und Kreisen) (Abb.3). Das Forum Regionale Agenda 21 wie auch die gesamten Arbeiten im Projekt sind zudem eng an die bestehende Deutsch-Polnische Umweltkommission angebunden.

Fokus-Gruppen: Darunter fallen moderierte, fachlich kompetente Arbeitsgruppen, die thematische Schwerpunkte innerhalb des Forum 21 vorbereiten. Folgende Themenfelder wurden bislang aus der Region genannt: Erweiterung der Fauna-Flora-Habitat (FFH) Gebiete, Erarbeitung raumordnerischer Leitbilder, Strategien und Handlungsanweisungen für die künftige Landnutzung der Region, Steuerungsmechanismen für die Siedlungsentwicklung, Umsetzungsempfehlungen für die Ökologisierung der Land- und Waldwirtschaft, die Harmonisierung von Küstenfischerei, Angelfahrten und maritimen Tourismus, die Transformation von Militärgeländen und Rohstoffabbau. Die Forschungsschwerpunkte des Projektes werden in weiteren Fokusgruppen diskutiert. Teilweise fließen aufbereitete Forschungsergebnisse direkt in die Fokus-Gruppen ein, teilweise werden bestehende Informationen aufbereitet und als Grundlage eingebracht. Dabei wird erprobt, wie wissenschaftliche Ergebnisse effi-

zient in Entscheidungsfindungsprozesse einfließen können. Insbesondere soll die Anwendung moderner, computergestützter Systeme erprobt und begleitet werden.

Lokale Agenda 21: Zusätzlich werden lokale IKZM-Agenda 21-Aktivitäten eingebunden und unterstützt.

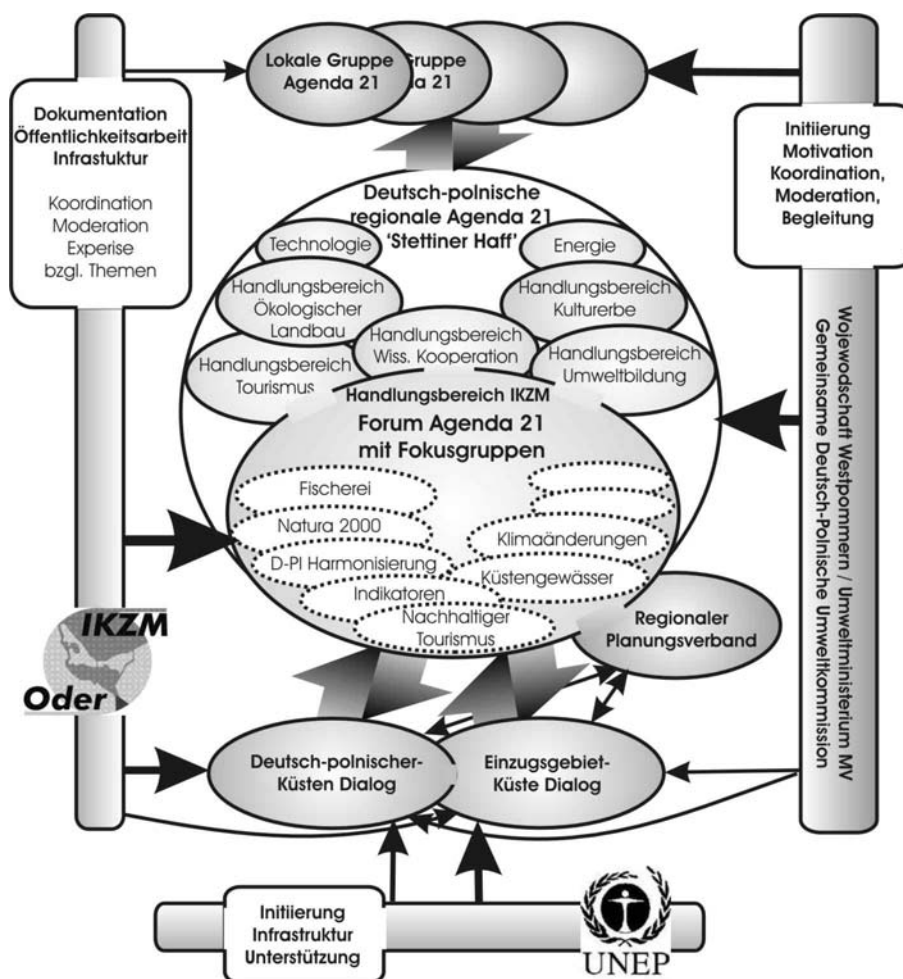


Abb. 2: Einbindung des IKZM-Oder-Projektes in die Arbeiten der Regionalen Agenda 21 „Stettiner Haff“. Die regionale Agenda 21 basiert auf einem Abkommen zwischen der Wojewodschaft Westpommern und dem Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern. Das Projekt trägt den Handlungsbereich „IKZM“ einschließlich der Fokusgruppen sowie den deutsch-polnischen Küstendialog.

### Deutsch-polnischer Küsten-Dialog

Der Dialog wird durch die Transfer-Stellen und gemeinsame Koordinationstreffen der deutschen und polnischen Projekte erreicht. Durch drei Regionalkonferenzen (deutsch-polnischer Küstendialog) wird die Diskussion zum IKZM durch Einbindung aller regionaler Behörden und Entscheidungsträger auf eine breitere Basis gestellt.

### Einzugsgebiet-Küste-Dialog

Die Einbindung in den Einzugsgebiet-Küste-Dialog sowie in einen deutsch-polnischen Dialog ist das wesentliche Ziel des UNEP-Projektes und wird durch dieses gefördert. Es erfolgt aber eine organisatorische und inhaltliche Unterstützung. Hier sind ebenfalls zwei Einzugsgebiet-Küste Konferenzen geplant.

### **IKZM-Transferstelle**

Die IKZM-Transferstelle stellt ein vom Projekt finanziertes Büro mit 2 Mitarbeitern dar. Als Sitz ist Schloss Rothenklempenow bei Löcknitz, an der polnischen Grenze zwischen Pasewalk und Szczecin, vorgesehen. Die Mitarbeiter sind regionale Ansprechpartner, Koordinatoren und Motivatoren und fördern u.a. den Agenda-Prozess. Die Transferstelle nimmt zudem eine Analyse der relevanten, regionalen Parteien vor (Behörden, Verwaltungen, Agenda 21-Beauftragte, Wirtschafts- und Sozialpartner, Vereine und Verbände sowie die Vertreter der ortsansässigen Bevölkerung). Sie unterstützt die bestehende Regionale Agenda 21-Zeitschrift.

### **3.2 Internetgestützte Werkzeuge für IKZM**

Unzureichende Information und Datenverfügbarkeit, ein wenig ausgeprägtes Bewusstsein für die Probleme in der Küstenzone und eine geringe Identifikation mit der Region stellen wesentliche Hemmnisse für IKZM dar. Dies gilt sowohl innerhalb des deutschen Teils der Region als auch zwischen Deutschland und Polen sowie zwischen Einzugsgebiet und Küste. Um diese Probleme zu überwinden sind folgende technisch-methodische Entwicklungen vorgesehen die die Funktion eines Kondensationskernes für das Projekt und eine Integrationsfunktion für IKZM in der Region übernehmen.

#### **Regionales Informationssystem „IKZM-Oder“**

Bei dem mehrsprachigen Informationssystem (deutsch, polnisch, englisch) handelt es sich um ein allgemein zugängliches Internet-Portal mit regionalem Kommunikationssystem (information content system). Durch die Einbindung der vorhandenen Software „CoastBase“ wird eine flexible Suche und Verknüpfung der Inhalte möglich. Das System stellt ein Werkzeug dar, welches Information, Kommunikation und Entscheidungsfindungsprozesse erleichtern und die gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen dauerhaft, als exemplarisches Beispiel für andere Regionen verfügbar machen soll. Das System geht regional in die Tiefe. Es werden alle Arten von Daten und Informationen über die Region möglichst vollständig aufbereitet und eingebunden, um den Informationsfluss und die Informationsverfügbarkeit in der Region zu verbessern. Hierzu sind mehrere Teilaufgaben zu bearbeiten: Systematische Zusammenstellung und Aufbereitung von regionalen Daten, Fakten, Berichten, Karten und Planungswerken etc., Öffentlichkeitsarbeit, Newsletter zur Informationsverbreitung, Kommunikationsplattform, Schnittstellen zu anderen Systemen und regionalen Internetpräsenzen sowie Entwicklung von Strategien, um das Informationssystem langfristig selbsttragend zu gestalten und dessen Dauerhaftigkeit sicherzustellen.

#### **Überregionales GIS-gestütztes IKZM System (GIS IKZM MV)**

Eng verknüpft mit dem regionalen Informationssystem ist das Geo-Informationssystem (GIS). Es bildet ein erweitertes, regionales GIS-Modul für das Informationssystem „IKZM-Oder“ und stellt gleichzeitig ein eigenständiges System dar, welches die gesamte Küstenzone Mecklenburg-Vorpommerns abdeckt. Es erlaubt das Überlagern von Informationsschichten sowie die Präsentation und Visualisierung der komplexen flächenhaften Geoinformationen. Ausgewählte Informationen, Daten, Fakten und Karten der deutsch-polnischen Odermündungsregion, vor allem diejenigen die Basisinformationen für IKZM darstellen, einen Raumbezug haben und für das gesamte Land von Bedeutung sind, werden für das System aufbereitet und eingebunden. Zusätzlich werden wesentliche Basisinformationen für das gesamte Land erhoben, wodurch das GIS IKZM MV eine Anbindung anderer regionaler Informationssysteme (z.B. IKZM Warnemünde-Kühlungsborn) erlaubt und eine Schirmfunktion übernimmt. Das frei verfügbare, internetgestützte System basiert auf dem „Vorsorgeplan Schadstoffunfallbekämpfung (VPS)“ und erweitert dieses zum Werkzeug zur Unterstützung von landesweitem IKZM. Es integriert wesentliche Elemente der bestehenden Systeme GIS Küste Mecklenburg-Vorpommern (StAUN Rostock) sowie Linfos (Landschaftsinformationssystem Mecklenburg-Vorpommern, Umweltministerium MV) und macht wesentliche Informationen all-gemein zugänglich.

### **Entscheidungshilfesysteme**

Zur partizipativen Lenkung und Lösung räumlicher Konflikte sollen integrative, multikriterielle Bewertungsverfahren angepasst und eingesetzt werden. Die Entscheidungshilfesysteme (EHS) bündeln und visualisieren verfügbare relevante Hintergrundinformationen, indem ausgewählte Bereiche des regionalen Informationssystems „IKZM Oder“ sowie Karten des GIS-gestützten IKZM Systems problemorientiert mit mathematischen Modellen gekoppelt werden. Innovativ wird der Einsatz der EHS durch eine partizipative Ausrichtung: den relevanten Fokus-Gruppen wird die Möglichkeit gegeben, interaktiv die multikriterielle Evaluierung verschiedener Planungs- oder Handlungsoptionen zu beeinflussen. Durch die Interaktion werden Auswirkungen unterschiedlicher Bewertungspräferenzen transparent gemacht, wodurch der Konsensfindungsprozess beschleunigt werden kann. Auch wird die Entscheidungsfindung weiter rationalisiert, so dass deren Akzeptanz erhöht und Rechtsunsicherheiten unter Umständen verringert werden. Es soll vor allem getestet werden, inwiefern GIS-basierte, interaktive EHS in der behördlichen Genehmigungspraxis einsetzbar sind. Konkrete Anwendungen, die sich absehbar weiter verallgemeinern lassen, betreffen u.a. Konflikte bei der Ausweisung von Natura 2000 Gebieten, die Belange der Schifffahrt oder die Ansprüche der Tourismusindustrie.

Weiter konkretisiert wird die Bereitstellung von interaktiven EHS am Beispiel der Ölunfallbekämpfung. Bestehende Daten- und Modellsysteme wie das VPS oder das operationelle BSH-Modell werden mit einem multikriteriellen Bewertungsverfahren zu einem EHS zur Bekämpfung und Auswertung von Umweltbelastungen verbunden. Dieses visualisiert und bewertet die Auswirkungen von Ölverschmutzungen auf verschiedene Nutzungen (Fischerei, Tourismus und vor allem Schutzgebiete) in Abhängigkeit von verschiedenen, ebenfalls vom Nutzer steuerbaren Bekämpfungsoptionen.

### **3.3 Raumintegrierendes regionales IKZM**

#### **Evaluierung der regionalen Strukturen und Instrumente**

Die EU-Empfehlung fordert eine Evaluierung der bestehenden Strukturen und deren Eignung für IKZM. Aufbauend auf die „retrospektive Analyse von größeren Planungsverfahren in der Küstenzone in Bezug auf IKZM-Tauglichkeit“ (Schirmer, Univ. Bremen) und dem Projekt „Raumordnungsstrategien an den Küsten und auf dem Meer“ (Glaeser et al., WZB, Berlin) wird die regionale deutsch-polnische Situation und speziell die Beziehung zwischen Raumplanungsprogramm, Landschaftsplanung und IKZM-Planung in Deutschland analysiert. Daraus leiten sich Vorschläge zur Modifikation und Adaptation bestehender Verwaltungsstrukturen und Zuständigkeiten ab. Es werden Alternativen und Wege der gesetzgeberischen und politischen Durchsetzung sowie zur Anpassung der Planungsinstrumente grenzübergreifend und für die nationale IKZM-Strategie aufgezeigt.

#### **Integration der Küstengewässer in terrestrische Planung**

Ziel ist die quantitative Erfassung aller Nutzungen und zukünftiger Nutzungsansprüche in den Küstengewässern, deren Wechselwirkungen untereinander sowie der Land-Wasser-Beziehungen. Zudem werden die komplexen Zuständigkeiten und Gesetze analysiert. Beispielhaft werden die Gewässer in ein IKZM eingebunden und Empfehlungen für die Ausweitung der Regionalplanung auf die Küstengewässer unter Klärung rechtlicher Fragen gegeben. Die Themen mariner Naturschutz, Offshore-Windanlagen, Schifffahrt und Fischerei sind dabei von zentraler Bedeutung. Es resultiert ein Empfehlungskatalog für die Einbindung der Küstengewässer in eine IKZM-Strategie auf nationaler Ebene.

#### **Nachhaltiger Tourismus**

Ziel ist die Ausarbeitung eines grenzübergreifenden, strategischen Managementplanes für die touristische Entwicklung der gesamten Region unter besonderer Berücksichtigung des maritimen Tourismus. Die Arbeit setzt sich aus folgenden Teilschritten zusammen:

Bestandsaufnahme der touristischen Angebots- und Nachfrageseite sowie der vorhandenen Konzepte und (Entwicklungs-)Pläne aller räumlicher Ebenen (von lokal über regional bis hin zu den übergeordneten Landesebenen). Analyse der Wechselwirkungen zwischen Tourismus und anderen Nutzungen

sowie vorhandener und möglicher Akzeptanzhemmnisse. Erarbeitung eines Tourismus-Leitbildes für die gesamte Region und der daran ansetzenden Entwicklungsleitlinien. Entwicklung von Umsetzungsstrategien und Erstellung eines Maßnahmenkataloges zur Vorbereitung der operativen Umsetzung. Abschließend wird ein umfassender grenzübergreifender Managementplan der touristischen Entwicklung und Diskussion im deutsch-polnischen Küstendialog erstellt. Die Chancen, die sich durch die geplante Ausweitung der Natura 2000-Gebiete für den Tourismus ergeben, werden in den Arbeiten besonders berücksichtigt.

### **Harmonisierte deutsch-polnische IKZM Oder-Strategie**

Synthese, Harmonisierung und Konkretisierung der deutschen und polnischen IKZM-relevanten Planungen zu einer grenzübergreifenden Vision und Strategie für die nachhaltige Entwicklung der Odermündungsregion durch Dialog und regionale Diskussion. Unterstützung der Einbindung (auch der Arbeiten zu den Küstengewässern und zum nachhaltigen Tourismus) in erweiterte und modifizierte Entwicklungskonzepte und Planwerke für die Küstenzone. Das Resultat fließt in ein integriertes Küsten-Einzugsgebiets-Managementkonzept (unter Berücksichtigung der Erfordernisse der Wasser-Rahmenrichtlinie) ein, welches im Rahmen des UNEP-Projektes erstellt werden soll.

### **3.4 Küstengewässer im Wandel**

Integriertes Küstenzonenmanagement muss zukunftsorientiert sein. Die Auswirkungen globaler Klimaänderungen sowie die zu beobachtenden Änderungen z.B. von Landnutzung und Bewirtschaftungsintensität im Einzugsgebiet der Oder werden sich massiv auf die Küstenzone und hier speziell die Küstengewässer auswirken. Sie werden erhebliche Konsequenzen für Integriertes Küstenzonenmanagement, verschiedene Planungswerke aber auch die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (Gewässerbewirtschaftungsplan) haben.

#### **Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Küste**

Folgende Arbeiten sind vorgesehen: Zusammenstellung der potentiellen Auswirkungen globaler Klimaänderungen und ihrer Relevanz für das Management der Küstenregion. Aufbereitung der bestehenden Ergebnisse zu den Konsequenzen des Meeresspiegelanstiegs hinsichtlich Küstenschutz und Überschwemmungsgefährdung. Nutzung der Klimamodell-Vorhersagen bezüglich des Odereinzugsgebietes zur Abschätzung der Auswirkungen auf die Hydrologie und den Stofftransport der Oder (Abflussmenge, Jahresdynamik, Extremereignisse) durch Einsatz des Einzugsgebietsmodells MONERIS (Kooperation mit Behrendt et al.). Simulation der Konsequenzen auf die Wasserqualität des Oderhaffs (Eutrophierungsmodell) und die Ostsee (Ostseemodell ERGOM) sowie Analyse der Auswirkungen für die zukünftigen Nutzungen der Küstengewässer und Planungen.

#### **Auswirkungen des Oder-Einzugsgebiets auf die Küste**

Ziel ist die Erfassung der Wechselwirkungen zwischen Einzugsgebiet und Küstenregion und ihrer Konsequenzen für IKZM mit den Schwerpunkten: a) Bewertung verschiedener Management-Strategien und Nutzungsänderungen im Einzugsgebiet in ihrer quantitativen Wirkung auf die Qualität der Küstengewässer. Die bestehenden Szenarioberechnungen von Behrendt et al. (2001) für das Einzugsgebiet der Oder bilden die Grundlage für den Einsatz der Haff- und Ostseemodelle. b) Analyse der ökologischen Konsequenzen von Nährstoff-Eintragsreduktionen auf die Struktur- und Artenzusammensetzung in den Küstengewässern sowie Analyse der Konsequenzen für wirtschaftliche Nutzungen (u.a. Fischerei). c) Empfehlungen für Maßnahmen im Einzugsgebiet aus Sicht der Küstengewässer und Einbringung der Ergebnisse in den Einzugsgebiet-Küsten-Dialog.

## **Wasserrahmenrichtlinie und Flussgebietsmanagement**

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) stellt ein zentrales Thema in der Grenzregion dar und wird Gegenstand eines polnischen Partnerprojektes. Die Umsetzung in Einzugsbiet und Küstenzone der Oder und die Erstellung eines Managementplans durch die zuständigen Behörden erfordert Abstimmung, Beratung und begleitende wissenschaftliche Untersuchungen. Das Projekt schafft ein Forum hierfür, bereitet bestehende Daten und Arbeiten auf und berät bzgl. Untersuchungsstandards, Monitoring und Bewertungssystemen. Über Modellansätze werden Referenzwerte für die Hydrochemie und Phytoplankton sowie Referenzwerte und Bewertungsmöglichkeiten am Beispiel des Benthos vorgeschlagen, die sich auf die Anforderung der WRRL für die bearbeitete Region beziehen. Beratung hinsichtlich des Gewässermanagementplanes für die Oder gemäß den Anforderungen der WRRL.

### **3.5 Nationale Strategie, Schulung und internationale Einbindung**

#### **Übertragbare IKZM-Umsetzungsempfehlungen**

Entwicklung eines kostengünstigen, regional übertragbaren und auf die deutschen Verhältnisse abgestimmten Ablaufplans für die Umsetzung von IKZM, der auch für andere Regionen geeignet ist. Dieser Ansatz wird in das GIS-gestützte IKZM System Mecklenburg-Vorpommern integriert. Ableitung von praktischen landesweiten und nationalen Empfehlungen für IKZM basierend auf den konkreten regionalen Erfahrungen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der VASAB, Helcom und der UNEP-IKZM-Ansätze sowie entsprechend der EU-Richtlinie.

Mitarbeit an der Entwicklung einer nationalen IKZM-Strategie in Kooperation mit dem IKZM-Partnerprojekt aus der anderen Region. Empfehlung und Unterstützung einer nationalen Tagung zur Evaluierung der Strategie.

Zur Diskussion der regionalen Ergebnisse, konkreter Umsetzungsmöglichkeiten und deren Finanzierung sind zwei deutsch-polnische Regionalkonferenzen vorgesehen, die zusammen mit den polnischen Partnerprojekten und der UNEP ausgerichtet werden.

#### **Indikatoren für IKZM**

Evaluierung bestehender internationaler und nationaler Indikatorensysteme für eine erfolgreiche nachhaltige Entwicklung der gesamten Küstenzone. Ergänzende Ableitung weiterer regionaler Indikatoren und exemplarische Anwendung in der deutsch-polnischen Region. Diskussion der Indikatoren in der Region. Zusammenstellung von Indikatorensets, die regional übertragbar sowie für die nationale IKZM-Strategie geeignet sind.

#### **IKZM-Schulungssystem**

Zur Förderung und Verbreitung des IKZM-Gedankens, zur Schulung und Weiterbildung von Interessierten und regionalen Entscheidungsträgern aber auch als nationale Fallstudie für die Studentenausbildung werden der Projektansatz, die Ergebnisse, Erfahrungen und Lehren als internetbasiertes, interaktives Lernmodul umgesetzt. Dabei wird die Technik des bestehenden deutschsprachigen modularen Lernsystems „IKZM-D Lernen“ genutzt und dieses ergänzt. Zentrale Aspekte des Projektes werden zudem für das internationale Lernsystem CoastLearn aufbereitet.

Veranstaltung einer Summerschool für Studenten und Graduierte zum IKZM der Ostsee im Rahmen der jährlichen Ringveranstaltung von IOW, GKSS und AWI.

#### **Verbreitung und internationale Einbindung**

Durch die internationale Ausrichtung des Projektes und dessen Einbindung als internationales Referenzprojekt nimmt die internationale Verbreitung von Ergebnissen einen bedeutenden Raum ein.

Zwischenergebnisse des Projektes werden regelmäßig durch den deutschsprachigen Newsletter „IKZM-Aktuell“ sowie den internationalen Newsletter „Coastal Guide News“ verbreitet, um auf das Projekt aufmerksam zu machen und es zur Diskussion zu stellen.



Informationen über das Projekt (Ansatz, Ergebnisse, Erfahrungen) werden für die verschiedenen internationalen Projektdokumentationen und -datenbanken LOICZ (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone International Projects), UNEP (Integrated Coastal Area and River Basin Management Demonstration projects), EUCC (ICM projects in Europe), Weltbank (Database of World Bank Coastal and Marine Management Projects) aufbereitet und die Ergebnisse regelmäßig auf internationalen Tagungen vorgestellt sowie aktiv mit diesen Organisationen kooperiert.

Eine Einbindung in europäische Netzwerke zu IKZM und Küstenforschung (EU 6. Rahmenprogramm) ist vorgesehen (ENCORE, SPICE). Eine Einbindung in internationale EU-Interreg III-Netzwerke ist schon vollzogen (BaltCoast, CoPraNet).

Das UNEP Collaborating Centre on Water and Environment (UCC) in Kopenhagen hat ein internet-basiertes System entwickelt (ToolBox for Integrated Water Resources Management), in das die Ergebnisse und Erfahrungen des Projektes für ein internationales Publikum eingebracht, thematisch verknüpft und weltweit verbreitet werden können.

#### 4 Partner und Koordination

Das Projekt setzt sich aus insgesamt 11 Partnern zusammen. Die Partner bringen jeweils spezifische Erfahrungen und Expertise mit und erlauben so die Bearbeitung der inhaltlich vielschichtigen und komplexen Themen:

- Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), (Kordinator)
- ARCADIS Consult GmbH
- Fachhochschule Neubrandenburg, Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
- Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB)
- Universität Greifswald, Lehrstuhl für Wirtschafts- und Sozialgeographie
- Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR), Dresden
- Universität Rostock, Ostseeinstitut für Seerecht und Umweltrecht (OSU)
- Institut für Angewandte Ökologie GmbH (IAOE), Neu Broderstorf
- Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe
- ICBM - Universität Oldenburg, Nachwuchsforschergruppe IMPULSE
- EUCC - Die Küsten Union Deutschland e.V.

Das Projekt besteht neben den Projektpartnern aus einem Steuergremium. Das Steuergremium stellt sicher, dass das Projekt von Nutzen für die Region ist und die Ergebnisse praktische Relevanz besitzen. Es setzt sich aus Behördenvertretern, Interessenverbänden, Vertretern der Kreise sowie polnischen Mitgliedern zusammen. Im Rahmen der halbjährlichen Treffen mit den Projektpartnern hat das Steuergremium die Möglichkeit die Arbeiten zu evaluieren und mit Empfehlungen Einfluss auf das Projekt zu nehmen.

Die drei jährlich ausgerichteten grenzübergreifenden Regionalkonferenzen „Küstendialoge“ sowie das Forum Regionale Agenda 21 ermöglichen einem größeren Kreis von regionalen Interessenvertretern, Verbänden, Behörden und Akteuren sich über die Projektarbeit zu informieren, sich an den Diskussionen zu beteiligen und in die Arbeiten einzubinden. Das internetgestützte Informationssystem, die Kommunikationsplattform sowie der regionale Newsletter ermöglichen zudem jedem Interessierten sich zu informieren und in die Diskussion einzubinden.

Durch eine starke Projektkoordination, die sowohl wissenschaftliche als auch administrativ-politische Aspekte berücksichtigt, sowie das Projekt-Steuerungs-gremium ist eine Vernetzung der Partner im Projekt sichergestellt. Durch enge Kooperation mit dem polnischen Projektbüro, grenzübergreifende, regionale Agenda 21-Treffen und Regionalkonferenzen wird die Vernetzung mit der polnischen Seite sichergestellt. Das UNEP-Projekt verwirklicht die Vernetzung zwischen Küste und Einzugsgebiet durch Konferenzen und Konsultationen.

Das Internet-Informationssystem „IKZM Oder“ bildet den technischen Kondensationskern für die Arbeiten im Projekt (unter Beteiligung der polnischen Seite).

Grenzübergreifendes Küstenzonenmanagement, welches gleichzeitig die Wechselwirkungen mit dem Einzugsgebiet berücksichtigt, sollte durch kooperierende Projekte unter einem internationalen Schirm realisiert werden.

## 5 Nutzen für die Region und Übertragbarkeit

Die Ableitungen übertragbarer Ergebnisse und von Empfehlungen für eine nationale IKZM-Strategie im Sinne der EU-Vorgaben stellen zentrale Aspekte im Projekt dar. Insbesondere die Aufgaben „Übertragbare, praktische Umsetzungsempfehlungen“ und „GIS-gestütztes IKZM System Mecklenburg-Vorpommern“ tragen dieser Forderung Rechnung. Weiterhin ergibt sich folgender regionaler Nutzen:

- Werbeeffect als nationale und weltweite IKZM Referenz- und Musterregion.
- Förderung der deutsch-polnischen Integration sowie der Identifikation der Bevölkerung mit der Region.
- Breite Bewusstseinsbildung für Nachhaltigkeit und IKZM.
- Allgemeine Verfügbarkeit von Daten, Fakten und Informationen.
- Katalyse und Objektivierung von Entscheidungsprozessen u.a. durch Information, Beratung und Bereitstellung von Werkzeugen.
- Schirmfunktion und Intensivierung der regionalen Kooperation und dadurch Förderung von konkreten Umsetzungsprojekten.
- Unterstützung und Belebung der Aktivitäten im Rahmen der regionalen Agenda 21

## Danksagung

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.



## Adresse

Priv.-Doz. Dr. habil. Gerald Schernewski  
Institut für Ostseeforschung (IOW)  
Seestraße 15  
18119 Rostock-Warnemünde  
Germany

E-mail: [gerald.schernewski@io-warnemuende.de](mailto:gerald.schernewski@io-warnemuende.de)





## **Die Küstenagenda 21 als Instrument zum Erreichen nachhaltiger Raumentwicklungen in den Küstenzonen der Ostsee**

### **A Coastal Agenda 21 as a tool for sustainable spatial developments in the coastal zones of the Baltic Sea Region**

Florian Ballnus

Universität Hannover, Geographisches Institut, Abt. Kulturgeographie, Germany

#### **Abstract**

Sustainable spatial development in coastal zones is only possible if society accepts and supports these developments. The integration of the public of coastal regions and municipalities gains importance due to the present development of concepts and instruments for the development and management of coastal zones. The Coastal Agenda 21 aims at the development of an action-oriented concept, in order to get closer to sustainable coastal zone development in the Baltic Sea Region. The Awareness-Raising of the public concerning present and forthcoming measures of utilisation in coastal zones and their active integration in concepts of coastal zone management are key issues, as well as the extension of their perception of the coast towards an land and sea integrative awareness. To fulfil this task, the existing concept and methods of Integrated Coastal Zone Management (ICZM) and Local Agenda 21 can be combined to a Coastal Agenda 21, with an emphasis of a transregional and transnational network of local actors in the Baltic Sea Region. The Coastal Agenda 21 extends the concept of ICZM from the scientific and specialized perspective into the "real life", that means into the public environment, perception and adoption. The proposal of a transnational network of local actors for coast relevant tasks and issues is examined by concrete project case CoNet CZA 21 in practice.

#### **1 Einleitung**

Die Frage nach der Integration der Bevölkerung in Küstenregionen und –gemeinden bei anstehenden Aufgaben der Raumordnung erlangt vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Entwicklung von Konzeptionen und Instrumenten für die Entwicklung von Küstenräumen eine besondere Dringlichkeit. Sie erfordert eine wissenschaftliche, aber gleichermaßen praxisorientierte Auseinandersetzung, um einen Beitrag zur Vervollständigung entsprechender Konzeptionen zu erreichen. Die Entwicklung und Erprobung einer Küstenagenda 21 für die Küstenzonen der Ostsee (Ballnus 2004) strebt die Ausweitung der Konzeption des Integrierten Küstenzonenmanagements (IKZM) aus der wissenschaftlichen und fachspezifischen Betrachtung in das „reale Leben“, d.h. in die Lebenswelten der Gesellschaft an.

Zur integrativen Erarbeitung und Umsetzung nachhaltiger Raumnutzungskonzepte werden die Küstenstaaten der EU durch die Empfehlung des Europäischen Parlaments und des Rates (2002/413/EG) aufgefordert, eine Strategie für ein IKZM zu entwickeln. In der Empfehlung wird neben dem Anspruch der Nachhaltigkeit die Beteiligung der Öffentlichkeit bei Raumentwicklungsmaßnahmen in Küstenzonen explizit gefordert, ohne jedoch Aussagen über die Verfahrensweise oder den organisatorischen Rahmen der Partizipationsprozesse zu treffen.

##### **1.1 Lokale Agenda 21 und IKZM**

Das größte Erfahrungspotenzial für nachhaltige und partizipatorische Entwicklungen liegt bei den Initiativen der Lokalen Agenda 21 (LA21) vor, die sich vor dem Hintergrund der Aufforderung im Kap. 28 der Agenda 21 auch in den Anrainerstaaten der Ostseeregion seit 1992 (bei höchst unter-

schiedlichen Vorraussetzungen) gebildet und entwickelt haben. In Zusammenarbeit mit Bürgern, Vertretern der Privatwirtschaft, der öffentlichen Verwaltung, Nichtregierungsorganisationen und anderen Gruppen werden in kooperativen Prozessen die unterschiedlichen Interessen in Zielfindungs- und Umsetzungsprozesse für eine nachhaltige Entwicklung auf zumeist lokaler Ebene einbezogen. Die existenten lokalen Netzwerke für pro-aktive Partizipation, sowie die Verwaltungsstrukturen, die die Diskussionsergebnisse und Vorschläge, die im Rahmen der LA21 erarbeitet werden umsetzen, stellen strukturelle und personale Ressourcen dar, auf die bei der Entwicklung des Integrierten Küstenzonenmanagements zurückgegriffen werden kann. Dies entspricht der Forderung der Europäischen Kommission, dass bestehende Verwaltungsstrukturen auf die Möglichkeiten ihrer Einbindung in den Prozess des IKZM hin überprüft werden sollen (Europäische Kommission 1999:46).

## 1.2 Anknüpfungspunkte IKZM – LA21

Eine Kombination der Strategie des IKZM mit den Erfahrungen und Ressourcen aus LA21-Initiativen erfordert eine Analyse der Anknüpfungspunkte sowie der Unterschiede beider Konzepte, um sie in die Konzeption der Küstenagenda 21 einfließen zu lassen.

<b>Betrachtung</b>	<b>IKZM</b>	<b>LA21</b>
Leitbild	Nachhaltige Entwicklung (u.a. Agenda 21)	Nachhaltige Entwicklung (Agenda 21)
geographischer Fokus	Küstenzone	Land (Gemeinde)
geographischer Bezug	Küstenzone, Küstensystem, überwiegend regional, z.T. lokal	Gemeinde / Stadt und Region
Flexibilität	Anpassung an lokale und regionale Bedingungen	Anpassung an lokale Bedingungen,
Aufgabenbereich	Management von Nutzungen im Küstenbereich	Umsetzung der nachhaltigen Entwicklung auf lokaler Ebene, durch lokales Aktionsprogramm
Partizipation	gefordert, Methoden und Verfahren ungeklärt; Problem der nur mittelbaren Betroffenheit der Gesellschaft in maritimen Bereichen	Rückgrat, hohes Erfahrungspotenzial; unmittelbare Betroffenheit, Gestaltung der Aufgabenbereiche durch die Gesellschaft
Integrationsperspektive	horizontale und vertikale Integration der Akteure	überwiegend horizontale Integration innerhalb der Gemeinde, in Einzelfällen vertikale Integration
zeitliche Dimension	Langfristig	langfristig
politische Manifestation	bislang ungeklärt, Verhandlungen laufen auf allen Ebenen	kommunaler Ratsbeschluss, weitere Verwaltungen je nach Einzelfall

Tab. 1: Thematische, räumliche und methodische Faktoren bei dem IKZM und der LA21

Das IKZM steht wie die LA21 für die Umsetzung des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung. Der räumliche Bezug des IKZM bildet gleichermaßen den thematischen Rahmen für die gesamte Konzeption, während die Lokale Agenda 21 bislang überwiegend landorientiert ausfällt, obwohl der Schutz der Meere in Kapitel 17 der Agenda 21 explizit als Ziel genannt wird. Der geographische Bezug des Gültigkeits- und Anwendungsbereiches des IKZM orientiert sich flexibel an der Küstenzone bzw. an dem Küstensystem. Die Umsetzung von LA21-Projekten findet dagegen gemäß ihrer Verknüpfung zur Kommunalpolitik überwiegend innerhalb der Gemeindegrenzen statt.

Beiden Konzeptionen gemein ist die Anpassung an die physischen sowie sozio-ökonomischen (und politisch-administrativen) Bedingungen vor Ort. Gemäß dem größeren Bezugsraum werden bei dem IKZM nicht nur lokale, sondern auch regionale, mitunter internationale Bedingungen berücksichtigt.

Die Partizipation (im weitesten Sinne) ist für beide Konzepte ein wesentlicher Bestandteil. Für LA21-Initiativen bildet sie das Rückgrat, so dass hier umfassende Erfahrungswerte sowie personale Netzwerke und administrative Strukturen vorliegen. Gleichermäßen bestimmen die Partizipanten zu einem

hohen Grad die jeweiligen Aufgabenbereiche der LA21, sie sind dadurch unmittelbar betroffen. Im Falle des IKZM ist die Manifestation und organisatorische Integration partizipatorischer Methoden keineswegs geklärt, hinzu kommt die Problematik der fehlenden Betroffenheit gesellschaftlicher Gruppen in maritimen Bereichen der Küste, insbesondere in der AWZ.

Das IKZM ist auf eine vertikale und horizontale Integration der beteiligten Akteure ausgelegt, die Kooperation bzw. Integration der sektoralen Ressorts spielt eine entscheidende Rolle (Institut Raum & Energie 2000). Auch die Lokale Agenda 21 greift diesen Aspekt auf. Da sich die Handlungsebene überwiegend auf die Gemeinde bzw. Gemeindeverwaltung beschränkt, spielt die vertikale Integration eine eher untergeordnete Rolle für die Umsetzungsprozesse. Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung spiegelt sich in beiden Konzepten auch in der zeitlichen Dimension wieder, die jeweils auf langfristige Handlungsprogramme ausgerichtet ist.

Die politische Manifestation ist für das IKZM bislang nicht geklärt, allenfalls wird gegenwärtig auf verschiedenen politischen Ebenen über die Entwicklung des IKZM beraten. Welche Rolle den Kommunen bei der Umsetzung von IKZM-Maßnahmen dabei zufällt, ist ebenfalls noch unklar.

## 2 Ergebnisse

Die Gegenüberstellung verdeutlicht die Übereinstimmung der beiden Konzepte in der Forderung zur Umsetzung des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung. Der wesentliche Unterschied ist die klare Fokussierung des IKZM auf die Küstenzone, in räumlicher sowie in thematischer Perspektive. Prinzipiell wäre zu erwarten, dass Küstengemeinden mit einem Ratsbeschluss zur Lokalen Agenda 21 die Aufgaben einer integrativen und nachhaltigen Küstenzonenentwicklung aufgreifen. In untersuchten Küstengemeinden in der Ostseeregion werden küstenspezifische Themenbereiche jedoch nicht umfassend und entsprechend den Integrationsperspektiven des IKZM aufgegriffen (Ballnus 2004:108). Dies liegt darin begründet, dass der geographische Bezug nicht den ausschließlichen Themenfokus von LA21-Initiativen bildet. Es werden daher weitere, eher küsten-unabhängige Aufgabenbereiche der nachhaltigen Entwicklung bearbeitet. Wesentlich erschwerend hinzu kommt die Problematik der bislang vorherrschenden Nicht-Integration maritimer Räume in die Lebenswelten der Gesellschaft, so dass territorial-integrative küstenrelevante Aufgabenbereiche nur vereinzelt verfolgt werden.

Die lokale Ebene ist als adäquate Umsetzungsebene für die Agenda 21 anerkannt. Es stellt sich jedoch die Frage, ob eine zu starre Orientierung an kommunalen Grenzen für ganzheitliche Entwicklungsstrategien die bestmöglichen Lösungen hervorbringen. Die Verankerung der Lokalen Agenda 21 auf Gemeindeebene erscheint daher zunächst problematisch für eine Aktivierung der bestehenden LA21-Strukturen für ein IKZM, da die Bezugsräume der Aktivitäten hier in der Regel größer ausfallen. In Anbetracht grenzüberschreitenden Aufgabenstellung bei ökologischen Systemen, zunehmend globalen Verflechtungen ökonomischer Systeme und nicht zuletzt der zunehmenden Entankerung sozialer Systeme aus lokalen Bezugsräumen (Ahrens 2001:25ff), ist die Herstellung von entsprechend angepassten Bezugs-Räumen der Lokalen Agenden äußerst notwendig. Nicht in Frage gestellt werden soll die Komplexitätsreduzierung der globalen Perspektive der nachhaltigen Entwicklung auf das individuelle und damit lokale Handeln. Vielmehr geht es um eine Verbindung von lokalem und individuellem Handeln zu übergeordneten Bezugsebenen, um sinngebende und damit zur Partizipation motivierende Handlungs-Räume für die potenziellen Partizipanten zu begründen.

In der Diskussion über die Abgrenzung von Küstenzonen und Küstensysteme wird thematisiert, dass Veränderungsprozesse in Küstenzonen aufgrund des Austauschvermögens des Meerwassers zu weitreichenden und grenzüberschreitenden Auswirkungen führen (sog. Spillover-Effekte). Eingriffe und Maßnahmen im Rahmen der Inwertsetzung und Nutzungsintensivierung in Küstenzonen lassen sich vielfach nicht lokal auf einen Standort beschränken. Dies gilt gleichermaßen für Initiativen zur nachhaltigen Küstenzonenentwicklung.

Um die Ressourcen der LA21-Initiativen für das IKZM zu nutzen, ist neben der Ausweitung ihres thematischen Bezuges (küstenspezifische Themen, territoriale Integration) daher notwendigerweise

eine Ausweitung des geographischen Bezuges erforderlich, der sich an den Spillover-Effekten orientiert und entsprechend grenzüberschreitend ausfällt. Auch der Bezugsraum der Partizipation muss nach diesen Forderungen ausgeweitet werden. Um die lokale Handlungs- und Umsetzungsebene zu wahren, ist daher ein multilateraler Verbund lokal agierender bottom-up Initiativen anzustreben. Die Ostsee bietet sich als in sich annähernd geschlossenes Küstensystem für die gemeinsame Aufgabe der nachhaltigen Küstenzonenentwicklung als übergeordnete Bezugsebene der lokalen Aktivitäten an.

### 2.1 Handlungsempfehlungen

Zusammenfassend ergeben sich folgende Notwendigkeiten für die Küstenagenda 21:

- Sensibilisierung der LA21-Akteure auf den thematischen Fokus des IKZM. Dabei müssen die ökonomische Inwertsetzung der Küstenräume sowie die Forderung der Integration von Land und Meer in den Vordergrund treten. Dies schließt Lernprozesse hinsichtlich einer integrativen Betrachtung des Küsten-Raumes durch die beteiligten Akteure ein.
- Überprüfung und Ausweitung des geographischen sowie politisch-administrativen Bezuges der LA21-Initiativen im adäquaten Bezug auf die Küstenzone.
- Kooperation und Vernetzung bestehender LA21-Initiativen für Fragestellungen der nachhaltigen Küstenzonenentwicklung.

Die Forderung nach einer Ausweitung des räumlichen Bezuges von Lokale Agenda 21-Initiativen knüpft an die Diskussion einer möglichen Dis-Kongruenz zwischen den Betrachtungsräumen seitens der Vertreter des IKZM und der Wahrnehmung von Küsten-Räumen durch die Gesellschaft an (Ballnus 2004:94). Die inhaltliche Neubelegung des Küstenbegriffes durch die in der Küstenzone lebenden und handelnden Akteure wird durch partizipatorische Verfahrensweisen unterstützt.

In Anbetracht der physikalischen Bedingungen im Küstensystem der Ostsee erlangt der Kooperationsaspekt von Initiativen zur Lokalen Agenda 21 besondere Signifikanz, da die Kooperation nicht nur dem Informations- und Erfahrungsaustausch dient, sondern gleichzeitig dem gemeinsamen Ziel. Auf diese Weise kann der fehlende Bezug von lokalen Initiativen zur übergeordneten Perspektive, in diesem Fall zur „baltischen“ Perspektive, hergestellt werden („Think Baltic – Act Local“).

Zur Erreichung der o.g. Empfehlungen ist ein Dialog zwischen den mit der Entwicklung des IKZM befassten Experten sowie den Vertretern und Koordinatoren von Lokale Agenda 21-Initiativen notwendig. Ein horizontales Gegenstromprinzip zwischen Vertretern beider Gruppierungen trägt dazu bei, gemeinsame Anknüpfungspunkte und Synergien zu identifizieren.

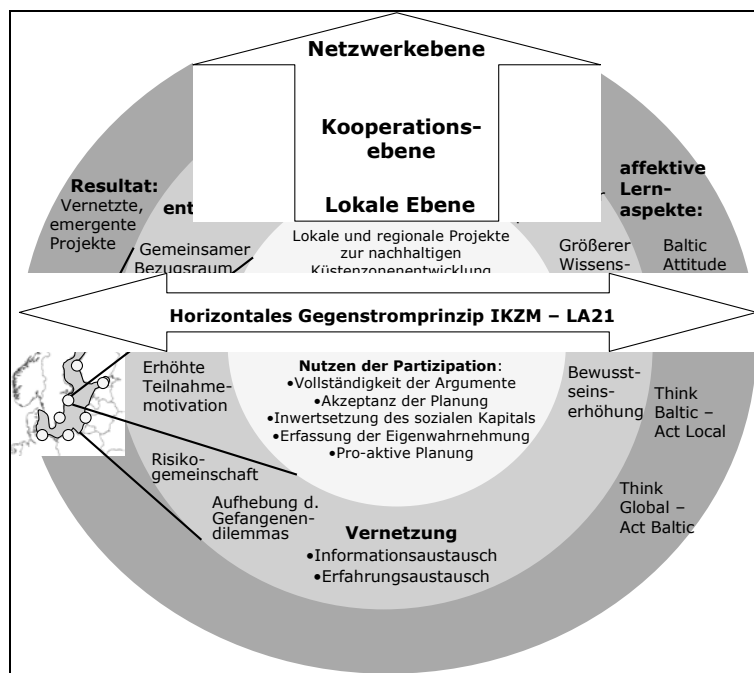


Abb. 1: Konzeption der Küstenagenda 21

Abbildung 1 stellt das Modell und die Konzeption der Küstenagenda 21 dar. Auf der Basis eines kommunikativen Austausches zwischen IKZM und LA21 werden auf verschiedenen Ebenen Nutzungsaspekte erzielt, die die jeweiligen Positivsaspekte aufgreifen. Ein transnationales Netzwerk lokaler Akteure führt im Idealfall im Ergebnis zu vernetzten und emergent wirkenden Projekten und Initiativen zur nachhaltigen Küstenzonenentwicklung in der Ostseeregion. Die geographischen Eigenschaften des Randmeeres werden bei dieser Konzeption gezielt genutzt.

### 3 Diskussion

Es erscheint prinzipiell sinnvoll, die gegenwärtige und zukünftige Entwicklung der Küstenzonen vor dem Hintergrund der Inwertsetzung dieser Räume in den existierenden Initiativen der Lokalen Agenda 21 in Küstengemeinden in der Ostseeregion zu thematisieren und gegenständlich zu machen. Auf diese Weise werden die Initiativen inhaltlich mit der dringlichen Aufgabe der nachhaltigen Küstenraumentwicklung "aufgeladen". Eine solche thematische Fokussierung vor dem Hintergrund der aktuellen Forschungen zu und der Erarbeitung von IKZM-Strategien trägt dazu bei, die Signifikanz solcher Gruppen zu erhöhen und deren drohendem Bedeutungsverlust zu begegnen. Die Verknüpfung der gegenwärtig experten-orientiert geführten Diskussion über ein IKZM zur lokalen und regionalen Bevölkerung ist ein bislang noch fehlendes Verbindungsglied der vertikalen Integrationsperspektive, die mit der Kooperation zwischen Vertretern der LA21 sowie des IKZM ausgefüllt wird. Das hier skizzierte Modell der Küstenagenda 21 beruht auf den Erfahrungen der Nichtregierungsorganisation CoNet CZA 21 (Coastal Network – Coastal Zone Agenda 21), die seit Initiierung im Jahr 2002 die Umsetzungspotenziale der Küstenagenda 21 belegt. Die Mitglieder von CoNet CZA 21 sind überwiegend Multiplikatoren und Stakeholder von bottom-up Initiativen zur nachhaltigen Entwicklung, die in verschiedenen küstenrelevanten Themenbereichen (z.B. Tourismus, Landwirtschaft, Coastal Lifestyle) Projekte innerhalb des circum-baltischen Netzwerkes auf lokaler Ebene umsetzen. Eine Erfolgswertung der Konzeption kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt dennoch nicht abschließend vorgenommen werden, da partizipatorische Lernprozesse –hier: die Einbringung der Integrationsperspektive des IKZM bei LA21-Initiativen- erfahrungsgemäß längere Zeiträume beanspruchen.

### Literatur

- Ahrens, D. (2001): Grenzen der Enträumlichung. Weltstädte, Cyberspace und transnationale Räume in der globalisierten Moderne. Leske & Budrich, Opladen, 2001
- Ballnus, F. (2004): Die Küstenagenda 21 als Instrument zum Erreichen nachhaltiger Raumentwicklungen in den südwestlichen Küstenzonen der Ostsee. Dissertation. Geographische Gesellschaft, Hannover. (im Druck)
- Europäische Kommission (1999): Schlußfolgerungen aus dem Demonstrationsprogramm der Europäischen Kommission zum Integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM). Luxemburg
- Institut Raum & Energie (2001): Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) – Eine Strategie für Schleswig-Holstein. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein. Wedel.
- Werlen, B. (1997): Sozialgeographie alltäglicher Regionalisierungen. Band 2: Globalisierung, Region und Regionalisierung. Franz Steiner Verlag Stuttgart



**Adresse**

Dipl.-Geogr. Florian Ballnus  
Universität Hannover  
Geographisches Institut – Abt. Kulturgeographie  
Schneiderberg 50  
30167 Hannover

E-mail: [ballnus@kusogeo.uni-hannover.de](mailto:ballnus@kusogeo.uni-hannover.de)



## Social Science Responses to New Challenges for the Coast

Bernhard Glaeser

Social Science Research Center Berlin (WZB), Germany

### Abstract

New developments in German marine and coastal zones present new challenges to their use. Off-shore wind energy generation, marine protected areas, or polyculture represent a combination of uses and signify profound change. The likely results of this change will undoubtedly include an intensification of land-sea interactions as well as the emergence of new conflicts over coastal use, for instance, wind farming versus fisheries versus shipping. Spatial planning and the administrative integration of land and sea have become crucial components of national ICZM strategy. Antagonistic interests and rival stakes must be adjudicated/resolved to achieve balanced, satisfactory, and fair use of coastal resources. To this end, spatial planning becomes an important instrument of mediation between the various coastal stakeholders, the actors in the coastal society and the coastal/marine environment. In order to be effective, spatial planning decisions must be based on accurate analysis of developments, coastal actors, and their interchanges. In addition to the ecological and economic impacts, the social impacts should be given particular attention as the key to directing future trends. This threefold challenge has been taken up by two large, joint research projects funded by the German Federal Ministry of Research (BMBF). These projects focus on the North Sea (Schleswig-Holstein west coast) and the Baltic Sea (Oder/Odra Delta) respectively. Within the framework of international ICZM requirements, this contribution highlights social science research strategies that will be applied in the context of these projects.

### 1 The Challenge: Overuse

Coasts provide the homes for 50 % of the world's population; this figure will soon reach 60 %, according to UN estimates. Oceans cover 72 % of the Earth's surface; 43 % of the world's nations are small island developing states. Human civilizations originated on coasts. Coasts have been the focal points for trade and economic development. As a result of their attractiveness—scenic beauty and resource abundance—coasts are often overused.

In addition to conventional industries like shipping and fisheries, new types of resource use have become increasingly important, such as oil and gas exploration, mariculture and, as a newly emerging development, wind farms to generate renewable energy. This intensification of multiple human demands for resources and space in coastal and marine areas imposes increasing pressures on the coastal ecosystems and leads to competition and conflicts between different coastal stakeholders.

On the other hand, coasts are vulnerable ecosystems that face increasing risk of ecological changes. This in turn leads increasingly to adverse impacts on the social conditions of coastal inhabitants and other coastal users. For these reasons, integrated and sustainable coastal zone management (ICZM) has emerged as a policy field and an important area of research. ICZM deals with the competing demands for space and coastal resources, and the resulting conflicts. Solutions aimed at sustainable coastal development require on the civil society to reduce significantly one-sided or imbalanced user interests and to reconsider issues of governance. Therefore social perceptions, norms and values, underpinning governance and decision-making, are of utmost importance for management strategies.

## 2 The Scope: Sustainable Coastal Management

What do we mean by sustainability? Sustainability emerged as a new development paradigm out of the concept of “ecodevelopment”, its predecessor. The term “sustainability”, though used before, was popularized by the Brundtland Report, “Our Common Future”, from 1987. The goal was to reconcile environment and development; however, there was a bias in favour of environmental sustainability, which was necessary to counterbalance the emphasis on economic growth.

There are many definitions of sustainability. A quite useful one states that the meaning of sustainability is the maintenance of capital (Goodland 1995: p 3). Capital has a social, natural and economic form. Social capital includes, among others, tolerance, patience, cultural identity, community cohesion, laws and institutions. Natural capital essentially consists of two factors: the sources of raw materials and the sinks for human waste. Raw material use must be kept within regeneration or substitution rates. Waste “production” is to be kept within the assimilative natural capacity. Economic sustainability would then mean to keep the scale of the economic subsystem within biophysical limits, including production and consumption.

A “logical hierarchy” of sustainability can be identified. The need for social sustainability is a reason to pursue environmental sustainability; environmental sustainability, in turn, depends on economic sustainability. The “ethos of sustainability”, then, is the inherent quality of an individual or a society to produce or maintain social, natural and economic capital. How does that apply to management or, more specifically, to coastal management? The example of integrated and sustainable coastal zone management shows that inequalities or simply competing interests need to be negotiated in a process of mutual control and bargaining. Even if disagreement remains, there must be consensus on the degree of disagreement to be accepted, the entire negotiation process must maintain a high level of transparency. Consensus building by negotiation indicates a state or process of social sustainability.

Sustainable coastal management of that combined capital is “a multidisciplinary process integrating levels of government and community, science and management, sectoral and public interests, to provide programmes for the protection and the sustainable development of coastal resources and environments” (Coastal Zone Canada Association 2000: p 7). This authoritative definition is considered the key in discussing strategies to link partners in a scheme of joint coastal management. It seems timely, then, to reiterate a few pertinent questions as to the “what, who, where and why” of integrated coastal management:

- What is a coast and how do we manage it?
- Who are the coastal actors, users and stakeholders?
- Where do we need integration?
- Why process evaluation and progress assessment?

Coastal zones have been favourite areas for human settlement and trade for thousands of years. Greek culture and Greek philosophy is of coastal origin. The early Greek philosopher Thales (ca. 640-546 BC) is commonly understood as the founder of western philosophy, natural philosophy in particular. His ideas on water as the origin of matter and life may be seen in the light of his experience as a merchant and scientist in the social environment of the wealthy harbour town of Miletos on the Asia Minor coast. Today, coastal zones contribute more than a proportionate share to the respective gross domestic product and to the well-being of the local and tourist populations. At the same time, the population density is continually increasing in most coastal areas of the world. Due to permanent natural and anthropogenic change, and increasing environmental pressure, coastal areas have become highly vulnerable ecosystems already showing evidence of having been severely affected by these stress factors. Thus, ICZM gears its key questions to a critical level of ecosystem change, which communities and societies are willing to accept. The issues pertain to the social perception of ecological risks and to how society weighs the value of resource use against ecosystem protection (Kannen 2004a; Windhorst et al. 2004).

### 3 Global Goals

The Global Conference on Oceans and Coasts at Rio + 10” (UNESCO/Paris, 3-7 December 2001) recommended to the Johannesburg Conference (2002) and called on governments to:

“1. Develop national coastal/marine policies and other enabling conditions to implement ICM as a nested system of planning and decision-making that operates at a range of spatial scales; this will require increasing the capacity of local governments and community based groups to manage coastal and marine areas with appropriate scientific inputs and participatory processes.

“2. Create policy environments, including appropriate laws, regulations, and incentives that enable the mobilization of domestic and international financial resources for appropriate investments in development consistent with the management frameworks of ICM programs.

“3. Take decisive actions to ensure effective management measures for the coastal areas of each nation by committing the following targets:

- 20 % of national coastlines under management by 2012
- 60 % of national coastlines under management by 2022
- 100 % of national coastlines under management by 2032.”

(Global Conference on Oceans and Coasts 2001: p 6)

Specifically the last recommendation is a strong one because of its quantitative targets.

While the Johannesburg World Summit did not adopt these specific recommendations, it did boast three major achievements (Cicin-Sain, Bernal, Vandeweerd, Belfiore and Goldstein 2002). The first of these was the *Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development* (WSSD). The *Plan* lays out provisions related to oceans, seas, islands, and coastal areas (Section IV, §§ 29-34). The section quoted focuses on cross-sectoral aspects, fisheries, biodiversity, marine pollution, and science and observation. Numerous actions proposed include a timeframe. Section VII on sustainable development of small island developing States (§§ 52-55) contains timetables for specific actions, as well.

The second achievement was the *Johannesburg Declaration on Sustainable Development*. Government representatives agreed upon this high-level political declaration. It recognizes coastal and marine challenges in the socioeconomic and environmental sectors. It also gives recognition to and shows commitment toward small island developing countries.

The third achievement was partnership initiatives to strengthen the implementation of Agenda 21. Partnership initiatives are an integrated part of the World Summit and translate the political commitments into action. Partners must fulfil certain requirements which include targets, timetables, monitoring and funding arrangements, as well as technology transfer.

In addition, a group called “Global Forum on Oceans, Coasts and Islands” was formed. The Forum is composed of individuals from governments, international organizations, and nongovernmental organizations including environmental, industrial, and scientific subgroups. The Forum agreed on ways to proceed beyond the WSSD. Subsequent steps include planned activities such as a follow-up Global Conference on Oceans, Coasts, and Islands to review past actions and to mobilize public and private sector support for the global oceans agenda (Global Conference 2003).

### 4 A German ICZM Strategy within an EU Frame

Internationally, ICZM as well as coastal and ocean policy have long been part of national interests and multilateral agreements. Germany currently follows an EU recommendation of May 30, 2002 (Council and Parliament) to develop strategies to apply ICZM in Europe. As a consequence, Germany’s first national ICZM research project was launched in March 2003 at the Social Science Research Center Berlin (WZB), in collaboration with the Research and Technology Centre West Coast (FTZ), Büsum, and the Institute of Geography, Kiel University (CAU). The aim of this project is to

develop recommendations for a national ICZM strategy in compliance with coastal spatial planning. The area in question includes the North and Baltic Seas up to the Exclusive Economic Zones (EEZ). The research is financed by the German Federal Office for Building and Regional Planning (BBR), an agency of the German Federal Ministry of Transport, Building and Housing (BMVBW).

Initial results include two reports on topical subjects and trends, developments and demands for action in coastal areas, as well as proposals and recommendations for coastal uses and spatial planning. Cooperation between federal ministries, between federal, state, and local agencies, as well as with local and regional stakeholders seems necessary for decision making and requires an ICZM strategy. A national workshop was held in October 2003 in Berlin to discuss the findings and make proposals for recommendations to the federal government for a national ICZM and coastal spatial planning strategy. This strategy will have to integrate planning efforts for land and sea, and align split competences between the German federal government, the German federal states (*Länder*), and various regional and local authorities and communities.

The situation in Germany is such that offshore wind energy plays an important role in that it supports present federal policy (2003/04) in its endeavour to replace nuclear energy with renewable energy. The political target is to develop offshore wind power capacity of 20,000 MW—which requires an estimated area of from two to 2,500 square kilometers—by 2030 so that, by 2050, the total share of renewable energy will reach 50%. The two German Federal Ministries involved, Environment and Economics, agree largely on the need to develop offshore wind energy (oral communication during a high level stakeholder conference, involving two state secretaries—*Staatssekretäre*—in Berlin on 16 April 2003). Both the administration and industry know and agree that those who start first will have an edge in global international competition for an estimated 40-billion-dollar/euro market over the next two to three decades. The companies and consortia have submitted their blueprints and wish to go ahead, at least with pilot projects. The claims concentrate on the North Sea, former West German territory, and less on the Baltic Sea, largely former East German territory. In either case, access to public space and federal spatial planning are needed in offshore waters (oral communication, 23 March 2004, at the BMU's national conference "Wissenschaftstage" in Berlin).

On the other hand, it should be noted that offshore wind farms are discussed quite critically at the local level, especially on the islands in the Wadden Sea. While macroeconomic issues, energy, and climate politics are the focus of discussion at the national level, the local level discussions centre on the risks and benefits for the coastal area. Key issues in this debate are the number of jobs created by offshore wind farm development in the counties (*Kreise*) of Nordfriesland and Dithmarschen, infrastructure investments, aesthetic aspects, and the potential damage to tourism as well as the increased risk from maritime accidents. Therefore, a comprehensive, integrated impact assessment is necessary, which would consider all of these aspects beyond just the ecological risks. This would mean, for example, dealing with stakeholder conflicts and economic trade-offs as part of a strategic plan, on the basis of spatial planning schemes, for the large-scale development of offshore wind farms (Kannen 2004b).

## 5 Coastal management and research: why social sciences?

Research activities on the Baltic and North Sea coasts need to be and will be connected. This task involves ICZM and sustainability research projects. The value and necessity of such a science service function is threefold: namely,

- to connect national *interdisciplinary* networks;
- to link science to management, policymaking, and civil society stakeholders in *transdisciplinary* cooperation;
- to anchor the national networks globally via *international* collaboration.

Inter- and transdisciplinary co-operation is a necessity for coastal management research and the implementation of specific measures. Partnerships in science will be needed to link social and natural science expertise (interdisciplinary co-operation). Further, partnerships will be needed to link the sci-

entists to coastal stakeholders, managers, administrators and policy-makers (transdisciplinary cooperation). At times, however, this seems to be much easier said than done. This problem is addressed in more detail below.

Coastal researchers, like coastal managers, should combine a mixed variety of professional skills (Kannen and Gee 1999). In all environmental research, including research on the sustainable management of coastal zones, it is necessary to understand how ecosystems function. Coastal researchers (and managers) have to analyze public policy, and they will be interacting in different cultural and vocational settings, e.g., with scientists, coastal managers, fishermen or entrepreneurs. These various fields must be integrated in order to be able to formulate reasonable policy recommendations.

How can we meet all these requirements? Few, if any, social or natural scientists have received such complex training, nor have many been exposed to such circumstances. The two most important linkages we have identified and selected are the connection from natural to social science and the connection from management to science.

Let us begin with the latter. From the outset, science and policy-making have seemed to be incompatible. Science describes, explains and tries to forecast. Policy-making governs human behaviour. Science attempts to be value-free. Policy-making is value-driven and explicitly normative. Scientific norms are designed to produce objective, valid and reliable results. Policy-making represents leadership, relying on human or rather social values and advocacy behaviour (National Research Council 1995: p 27). In sum, the scientist develops or reflects upon theories and develops methods or research techniques. The policy-maker's job reflects value orientations, constituencies and governance processes.

Some possible negative effects from the interaction between scientists and policy-makers may include lack of understanding, lack of communication, misuse of each other's products or acrimonious, self-defeating interaction. A university scientist produces research results and trains students. His or her output is usually not expected to induce behavioural changes. The purpose of policy-making is exactly the opposite, that is, to change behaviour. These differences in relation to the various groups of stakeholders could result in serious conflicts (National Research Council 1995: pp 33-34).

Aside from the problems it can generate, the interface between natural and social science presents some interesting challenges as well. Environmental problems and coastal issues combine different dimensions: political, social, economic and physical ones. The strict boundaries between university disciplines cannot be maintained when it comes to applied science and coastal environmental issues. Coastal systems integrate human and natural systems. The exploration of coastal systems integrates social and natural sciences. One specific approach towards integration is the human ecological approach focusing on the interactions between social and natural systems.

Natural sciences contribute to coastal policy by assessing how natural systems function: physically, geologically, chemically and biologically. Social sciences, in a broad sense, contribute to coastal policy by revealing how social, political and economic systems function. All approaches mentioned are needed; nevertheless, as in the management-versus-science case, there are obstacles to ideal integration of research between the natural and the social sciences. The obstacles are rooted in differences in history and tradition, language, world-views and incentive structures (National Research Council 1995: p 27). Externally, social scientists are often blamed for using too sophisticated, unintelligible jargon. Finally, personal career considerations are more often a motive for confining one's work and interests to a single discipline, than they are an incentive to promote interdisciplinary research.

Traditionally, the social sciences were not represented or they were underrepresented in many policy fields, including coastal policy and research (cf. Freudenburg, Gramling 2002). One reason for this may be that many social scientists consider themselves and their work to be "critical". "Critical science" has its merits and values, but it is by definition less constructive and operational than "positivist science". In addition, there is mutual ignorance about concepts, methods and models. Data may not be compatible. In terms of world views, different concepts of nature and ecosystems may produce different sets of values and will result in different policies (Nunneri et al. 2002). Conservation and preser-

vation versus the use and exploitation of nature is one such paradigm that represents the competition for natural resources.

So, why then, do we need social science skills in coastal research? Issues of governance and valuation complement, among other things, natural, “hard” science environmental research. Environmental planning and management follow policy goals that were set formally by decision-making bodies—governments, administrators, and parliaments. On a more informal level, civil society actors, non-governmental groups, or stakeholders heavily influence that process. Governance includes both the formal and informal aspects of decision-making and implementation.

Individual and group interests, values, and norms determine the decision-making process. But, social values are subject to change. Value change is part of a more general social change within a group or society, which reflects changes in preferences, attitudes, or monetary status. It is the job of social science to observe this process. Whereas observation may include an evaluation of norms already present, it has nothing to do with the generation of (new) norms. The quality and quantity of coastal ecosystem services, such as the provision of recreation, fishing and fish farming, or the provision of on- and off-shore bio-reserves, depend on the values attached to these services by empowered stakeholders.

Science is not normative. This statement holds for both the natural and the social sciences, at least insofar as mainstream science is understood. Science does not create norms or set standards. Environmental threshold values, for instance, follow societal values or the society’s economic potential. We may ask ourselves: What kind of natural environment do we want to have? Would we prefer, for instance, densely forested wilderness, or savannah, or a recreational park with a cultivated landscape? Whenever we consider environmental or coastal conservation, the following questions must come to mind: Which century’s/millennia’s/age’s nature do we wish to restore (given that nature has undergone so many radical changes on its own since the beginning of time)? What exactly do we mean by “pristine”? In particular, if we consider the level of eutrophication in the Baltic Sea, which has also changed over the centuries, millennia, and ages, upon which level do we set our sights? That is, in accordance with which stage of evolution/level of eutrophication should we attempt to restore the ecosystem of the Baltic Sea and coastal region? These are the norms that are to be set by social consensus and policy-making. The social sciences are charged with considering and exploring the social, economic, and political conditions requisite to achieving stated societal goals.

To integrate natural and social science concepts, and management needs and science requires comparable scales of process description, and an analysis of social, economic and natural process interactions. This becomes especially difficult when quantitative estimates of interactions are needed at local or regional levels, because often qualitative and quantitative data must be linked to “soft” information like values and perceptions of specific stakeholders and societal groups who steer policies and direct investment decisions for resource use.

While the interests and policy positions of stakeholder groups depend, to a large degree, on so-called “non-rational” values and perceptions, human-environment interactions can usually not be described on the basis of simple cause-effect relationships, because there is usually a wide and variable range of environmental pressures that create ecosystem impacts. Therefore, it is frequently the case that simplistic modelling approaches do not offer solutions for management problems.

To foster integration, it will be necessary to invoke new concepts and for scientists to be willing to take steps beyond their traditional approaches. Global science programmes such as “Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone” (LOICZ) are moving in this direction (Kremer et al. 2004). Projects like EUROCAT (Kannen et al. 2004) and Coastal Futures (see below) focus on methodologies and tools that permit this kind of integration, following the rigorous inter- and transdisciplinary approaches of a “post-normal science”.

## 6 A new research agenda for German coasts

The principle use functions on the German coasts are, among others, tourism and recreation, recreational and commercial fishing, aqua- and agriculture, urban development, harbour development, coastal defence, nature protection and species and landscape preservation. All the various users in each of these fields compete for space and resources, including drinking water and energy. Land is needed for building, road and harbour construction. In addition to the accommodation and containment of traffic, this will mean the construction of shopping centres, sports centres and golf courses, health spas, hospitals, water treatment plants and perhaps new airports. Recreational uses such as hiking, jogging, cycling, swimming and diving, boating, wind surfing and angling presuppose an intact landscape and seascape. Construction of offshore wind farms requires cable connections and land nodes including airfields and service harbours.

Conflicts are bound to occur among the various users of the shoreline. A major source of conflict is the water quality for both bathing and drinking water. Eutrophication and other forms of water pollution are caused by aqua- and agriculture and possibly waste dumping. Military activities and harbour dredging cause habitat destruction and, in some places, groundwater pollution. Artificial reefs and marine protected areas conflict with fisheries, marine aquaculture, wind farms, and tourist activities. Coastal defence measures could counteract landscape preservation. A necessary first step is to identify the stakeholders involved, the degree of their involvement and their institutional and political environment.

A research initiative must necessarily concentrate on a limited number of issues. Two research projects based upon an integrative platform are being funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Both projects began in April 2004; they are designed to support sustainable coastal development. The projects comprise a number of subprojects; they encompass different scientific perspectives, approaches, methods, and tools. The projects bridge the natural, social, and cultural sciences, taking an *interdisciplinary approach*, in order to assist coastal planning and management at local, regional, and national level.

Further, taking a *transdisciplinary approach*, project researchers cooperate with a multitude of regional and local stakeholders who are eventually to become active partners in research. Practitioners from outside fields and other non-scientific stakeholders will function in an advisory capacity. The advisors will include politicians, coastal administrators, and local as well as regional experts—namely fishermen, farmers, harbour-masters, tourist office representatives and local entrepreneurs—for the areas we have selected and focused on.

Project results will feed into a national ICZM strategy to enhance coastal development. Finally, taking an *international approach*, both projects cooperate with adjacent countries or border regions and with supranational bodies or institutions to integrate results into a wider European or global framework.

### 6.1 North Sea

On the North Sea coast, the research project Zukunft Küste—Coastal Futures is designed to support sustainable coastal development and Integrated Coastal Zone Management (ICZM) for the west coast region of Schleswig-Holstein. The project combines two perspectives (Kannen et al. 2003):

- the future of the coast as living, economic and recreational space for the resident population,
- the potential contribution of the coastal zone to sustainable development on a national, European, and global scale, by using regenerative resources and safeguarding natural resources.

Both perspectives are represented in the current debate over large-scale, offshore wind farms. On the local and regional levels, the innovative potential of the wind farming industry provides new impulses for economic growth and job creation. On the national to global scale, the use of regenerative wind energy is a means to reduce greenhouse gases in the atmosphere, to contribute to Germany's climate protection goals, and to approach the goals of the Kyoto Protocol.



In order to deal with these issues simultaneously, integrated assessment of interactions is required, as well as a socio-economic analysis of trade-offs, including an assessment of economic, ecological and social benefits or risks. Innovative development potentials that could result from linking wind energy to mariculture will form a key part of this assessment, as will the specific situation of the islands in the North Sea, especially the often flooded and permanently endangered *Hallig* islands. The project will explore continuous integration of results in local and regional ICZM concepts through exchange with key regional actors.

Another focus of the project is how changing use affects spatial structures. The project will analyze and evaluate the impact of offshore wind farms on established economies, with tourism regarded as the most significant coastal industry to date. A case study will explore the interchanges between offshore wind farm development, mariculture and tourism to assess options for implementing multiple-use concepts (polyculture).

The project *Zukunft Küste—Coastal Futures* attempts to take a holistic and integrative human ecological approach (Glaeser 1998a) that develops and applies scientific tools while it involves stakeholders at local, regional, and national levels as partners in research. Although this problem-oriented approach appears to be ambitious, it is simply geared to satisfy the need for ICZM processes to be integrated and sustainable in a regional context. Methodological components are tested vis-à-vis their applicability and brought together in a toolbox, which can serve as a starting point for transfer to other regional contexts, different cultures, and different geographical spaces. Such transfer naturally requires some adaptation (Kannen et al. 2003).

The main aims of the project can be summarized as follows:

- integrative impact analysis of new forms of use and changing spatial structures in the coastal zone;
- critical analysis of concepts of multiple use to assess the potential for implementing multi-functional use of space, including the development of models for implementation;
- analysis, assessment, and active support of regional networking and communication processes;
- development of a practical concept that synthesizes project activities for ICZM on Schleswig-Holstein's west coast, and establishment of permanent structures for implementation.

## 6.2 Baltic Sea

In the Baltic coastal region, the project *ICZM Oder* will focus on the Oder (Odra) estuary. Regional development in the Baltic coastal region will have to deal with the issue of harmonizing conflicting goals. Research is needed to evaluate and enhance some specific measures. The main task is to identify the conditions for environmentally sustainable coastal development in combination with the conditions for successful transition out of the structural economic crisis. What economic and social factors enable coastal management to transform the structural crisis into a self-sustaining development of the Baltic Coast region?

The Oder (Odra) estuary is located on the border between Germany and Poland. Tourism development and nature conservation are paramount regional issues. Cross-border tourism and traffic between Germany and Poland is increasing. Following Poland's entry into the EU, these activities are expected to increase significantly. German-Polish cooperation will intensify, which means, in particular, that coastal planning and management will become a joint activity of both countries. Tourism and environmental quality are embedded as parts of overarching regional activity in the context of sustainable development. Regional ICZM is important; it will link the German and Polish coastal areas politically, socially, and economically and, in so doing, contribute to the long-term goal of regional sustainable development.

The following issues (Schernewski et al. 2003) will be addressed:

- inclusion of ICZM into existing regional governance structures, social initiatives, and networks;
- forms of communication and cooperation necessary to anchor ICZM in the region;
- contributions from regional/district/local Agenda 21 groups to assist in the adoption and transfer of ICZM;
- the role and impacts of training, coaching, and exchange of experiences in introducing ICZM concepts effectively.

The specific focus is to synthesize and harmonize German and Polish ICZM-related planning and to translate it into a cross-border vision and strategy for the sustainable development of the Oder estuary by means of dialogue and regional discussion. The coastal development prospects include activities relating to coastal waters and sustainable tourism. The result will be an ICZM policy for the Oder catchment area that meets the requirements of the EU Water Frame Directive, and that feeds back to and enhances national (German and Polish) ICZM strategies (Schernewski et al. 2003).

## 7 Recommendations

Based upon what has been outlined above and in the light of my experiences with the Swedish SU-COZOMA program (National Research Council 1995: pp 64-67; Glaeser 1998b and 1999), the main points are summed up below; to these, some suggestions and recommendations have been added, which I think are crucial for any viable coastal zone research program intended for use by local or regional, national or transnational coastal management institutions.

- (1) The first measure would have to be to improve the mechanisms of interaction. It would be definitely important to build up multidisciplinary projects and to encourage interdisciplinary cooperation and strategic research. Stakeholders should be involved to incorporate the users' viewpoints and articulate their needs. The scientific programs should be subject to an external review.
- (2) The second measure would be to enhance communication. We should specify information needs and summarize results in scientific as well as in lay language. Research results could thus be widely disseminated, not only in conference papers or scientific journals but also in the mass media. The media should be guided in their interpretation of events and results by way of press conferences and press releases provided by the program leaders.
- (3) The third measure is capacity building. We assess the interaction between science, policy, planning and management, and we encourage scientific involvement in coastal policies. Scientists from non-university agencies such as fishery boards should be encouraged to participate and to contribute. Science-policy training needs enhancement by including marine-oriented social science. Academic rewards for policy-oriented research ought to be provided as an incentive.
- (4) Integrative and adaptive management will be employed next. The "state of the coast" will be assessed to evaluate the performance of coastal programs. Scientific methods and tools must be improved. This would include simulations or predictive modelling, risk assessment and uncertainty measures; but it would also focus on joint analysis of qualitative and quantitative information.
- (5) Intermediate results, achievements and progress of a scientific or an institutional nature are constantly monitored. That way, the process counts even before scientific results can be demonstrated. International colleagues and experts are invited to advise and to comment on the progress made. In short, interdisciplinary work is maintained by theoretical synthesis work, institutional integration work, process orientation and transdisciplinary inclusion of the relevant stakeholders (see the related Swedish experience in Glaeser 1998a and b).
- (6) Adequate funding is necessary in order to properly translate and disseminate research results. It is imperative that science and policy capabilities be integrated, e.g., that facilities and data are

shared. The ideal way to build up good coastal research and management capacities would be through a facilitated exchange program for select personnel between national regions and internationally, as well as between science, administration, NGOs and private companies.

- (7) There are clear indications that, in the international arena, the emphasis placed on sustainable coastal and ocean policy will increase. It will therefore be of national importance for Germany to participate more visibly in these transnational negotiations and agreements than it has up to now, based upon relevant EU recommendations, cooperation with the *Länder*, and through participatory inclusion of informal civil society groupings and stakeholders.

In sum, interdisciplinary and transdisciplinary approaches in research and management are to be focused upon. Particular goals should be to document scientific knowledge as well as knowledge gaps, to elaborate conflicts in sustainable coastal development, to link stakeholders, and to suggest measures towards an Integrated Coastal Zone Management on the local and regional, the national and transnational level.

## References

- Cicin-Sain B, Bernal P, Vandeweerd V, Belfiore S, Goldstein K (2002) A Guide to Oceans, Coasts and Islands at the World Summit on Sustainable Development. Integrated Management from Hilltops to Oceans. Center for the Study of Marine Policy, Newark, Delaware (August 2002).
- Coastal Zone Canada Association (2000) Baseline 2000. Conference brochure from Coastal Zone Canada 2000. Saint John, New Brunswick, Canada, September 17-22, 2000.
- Freudenburg W R, Gramling R (2002) Scientific expertise and natural resource decisions: Social science participation on interdisciplinary scientific committees. *Social Science Quarterly* 83/1: 119-136.
- Glaeser B (1998a) Human ecology as an inter-discipline. In: Glaeser B, Graham J (eds) *On Northern Shores and Islands. Human Well-being and Environmental Change. Proceedings from the International Nordic Conference in Human Ecology, Strömstad, Sweden, 16-18 August 1996*. Humanökologiska Skrifter 16 (Göteborg University, Human Ecology Section). Kompendiet, Göteborg, pp 11-18.
- Glaeser B (1998b) Tragedy of the commons: A starting point for program integration? Lecture, Second SUCOZOMA Seminar, Tjärnö (Sweden), June 15-16, 1998.
- Glaeser B (1999) Integrated coastal zone management: Assessing conflicts to attain sustainability. In: Salomons W, Turner R K, de Lacerda L D, Ramachandran S (eds) *Perspectives on Integrated Coastal Zone Management*. Springer, Berlin and Heidelberg, pp 355-375.
- Global Conference on Oceans and Coasts at Rio + 10 (2001) Working Group 5: Integrated coastal and ocean management. Unpublished final draft. UNESCO, Paris (Towards the 2002 World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, December 3-10, 2001).
- Global Conference on Oceans, Coasts and Islands. Mobilizing for Implementation of the Commitments Made at the 2002 World Summit of Sustainable Development (November 12-14, 2003, UNESCO, Paris) (2003): Description and Draft Program (August 21, 2003).
- Goodland R (1995) The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26: 1-24.
- Kannen A (2004a): Holistic Systems Analysis for ICZM: The Coastal Futures Approach. (this volume).
- Kannen A (2004b): The need for Integrated Assessment for large scale offshore wind farm development. In: Ledoux L, Vermaat J E, Bouwer R, Salomons W, Turner R K (eds) *Managing European coasts: past, present and future (Contributions of the ELOISE BtB Workshop, 2-5 June 2003)*, Springer, Berlin and Heidelberg, forthcoming.
- Kannen A, Gee K (1999): Training in Integrated Coastal Zone Management: The Example of a Training Workshop in Buesum. In: Brückner, H. (ed): *Dynamik, Datierung, Ökologie und Manage-*

- ment von Küsten (Beiträge der 16. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ 21.-23. Mai 1998 in Marburg), Marburger Geographische Schriften 134, pp 57-68.
- Kannen A., Windhorst W, Glaeser B, Colijn F (2003). Zukunft Küste—Coastal Futures. Projektantrag für ein Verbundprojekt des BMBF zur „Forschung für ein nachhaltiges Küstenmanagement“. Büsum: Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Universität Kiel (FTZ) (vervielfältigtes Manuskript).
- Kannen A, Windhorst W, Lenhart H, Nunneri C (2004) : Assessing catchment-coast interactions for the Elbe by linking scenarios, indicators and modelling. (this volume).
- Kremer H, Le Tissier M D A, Burbridge P A, Crossland C J (2004): LOICZ Science Plan and Implementation Strategy Structure. IGBP Report Series.
- National Research Council (NRC) (1995) Science, Policy, and the Coast. Improving Decisionmaking. National Academy Press, Washington D C.
- Nunneri C, Windhorst W, Kannen A (2002) Scenarios and Indicators: A Link for Pressures and Impacts in the Elbe Catchment, Following the DPSIR Approach. SWAP Conference Proceedings, Norwich, 2-4 September 2002.
- Salomons W, Turner R K, de Lacerda L D, Ramachandran S (eds) (1999) Perspectives on Integrated Coastal Zone Management. Springer, Berlin and Heidelberg.
- Schernewski, G. et al. (2003). IKZM Odermündung. Projektantrag für ein Verbundprojekt des BMBF zur „Forschung für ein nachhaltiges Küstenmanagement“. Warnemünde: Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) (vervielfältigtes Manuskript).
- Windhorst W, Colijn F., Kabuta S., Laane R., Lenhart H. (2004) Defining a good ecological status of coastal waters—A case study for the Elbe Plume. In: Ledoux L, Vermaat J E, Bouwer R, Salomons W, Turner R K (eds) Managing European coasts: past, present and future (Contributions of the ELOISE BtB Workshop, 2-5 June 2003), Springer, Berlin and Heidelberg, forthcoming.

## **Address**

Prof. Dr. Bernhard Glaeser  
Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB)  
Reichpietschufer 50  
10785 Berlin  
Germany

E-mail: [bglaeser@wz-berlin.de](mailto:bglaeser@wz-berlin.de)





# **Küstenzonenmanagement in der Volksrepublik China und Anpassungsstrategien an den Meeresspiegelanstieg**

## **Coastal Zone Management in the People's Republic of China and the Adaptation to Sea-level Rise**

Maren Lau

Forschungsstelle Nachhaltige Umweltentwicklung / Research Unit Sustainability and Global Change  
Universität Hamburg, Germany

### **Abstract**

Global sea-levels are rising due to climate change. Latest estimates expect a rise of up to 88 cm within the next 100 years. In China the three main river deltas are considered most vulnerable to sea-level rise and a number of mega-cities, e.g. Shanghai, with high economic importance are particularly at risk. The natural changes in sea-level are often accelerated by human induced phenomena, such as land subsidence due to over-exploitation of ground water or by sediment compression due to high rise building construction. Through a combination of natural events and artificial pressures on the coastal system a range of issues are developing, that can already have disastrous effects, depending on scale, area and existence of countermeasures. The concept of integrated coastal zone management (ICZM) offers a framework for a coordination of economic development and environmental protection in a sustainable way. Still sea-level rise is not incorporated into (I)CZM in China. Instead mitigation and protection issues are covered by diverse institutions on various governmental levels. One reason is that sea-level rise poses a long-term threat whereas development in the coastal zone in China is still mostly short-term oriented. With current CZM the effects of sea-level rise, such as erosion, salination and inundation of coastal areas are not effectively addressed. Generally the perception of sea-level rise is predominantly academic, without specific policies being formulated and only hesitant steps being taken to inform the public.

## **1 Der Anstieg des Meeresspiegels**

### **1.1 Globales Phänomen – örtliche Problematik**

Der globale Meeresspiegel ist innerhalb des letzten Jahrhunderts um mindestens 10 cm angestiegen (Nicholls 2003). Anhaltende Erwärmung der Atmosphäre, die mit Einschränkungen im weltweiten Co<sub>2</sub>-Ausstoß zwar relativ vermindert werden kann, wird dennoch aufgrund der zeitlich verzögerten Wirkung auf die Ozeane den Meeresspiegelanstieg bis 2050 signifikant beeinflussen (Walsh et al. 2002). Daher wird im 21. Jahrhundert mit einem Anstieg des Meeresspiegels von bis zu 88 cm gerechnet (IPCC 2001a). Somit wird die mögliche Überschwemmung der Küsten zu einer realen Bedrohung, die irreversibel ist. Losgelöst von internationalen Verhandlungen über die Verminderung der Auswirkungen des Klimawandels (mitigation), stellt sich der Meeresspiegelanstieg bereits als Problem dar, welches nur durch örtliche Anpassung (adaptation) in seiner Tragweite bekämpft werden kann.

Das Potential dieser Anpassung ist jedoch von Region zu Region sehr unterschiedlich und definiert sich über die Höhe der erwarteten Bedrohung, geomorphologische sowie soziokulturelle Bedingungen des Gebietes, als auch über Erfahrung im Küstenschutz. Zusätzlich sind die Bereitschaft, das Problem anzugehen, als auch der gewählte strukturelle Rahmen, in dem dies geschehen soll, von großer Bedeutung. Die Literatur liefert hierzu einige vielversprechende Ansätze, die von Katastrophenschutz

hin zu Küstenmanagement reichen (u.a. Arthurton 1998, Pernetta & Elder 1992). Die Tatsache jedoch, daß die Anpassung an den Meeresspiegelanstieg lokales Handeln erfordert, setzt auch eine genauere Betrachtung der einzelnen Rahmenbedingungen vor dem Hintergrund einer jeweiligen Region voraus.

Im Folgenden wird dies anhand der Volksrepublik China (VR China) vorgenommen, die mit einer festländischen Küstenlänge von 18 000 km eine große Bedrohung durch den Meeresspiegelanstieg erwarten läßt und zudem in institutioneller Hinsicht andere Grundvoraussetzungen bietet als generell angenommen (Lau 2003). Zum einen spiegelt die Situation in der VR China dieselbe Problematik wider, mit welcher auch zahllose andere Nationen konfrontiert werden, zum Beispiel Auswirkungen auf den Tourismus durch die Erosion von Sandstränden oder die Versalzung küstennaher Grundwasserressourcen. Zum anderen birgt das streng hierarchische politische System und eine deutliche Bevorzugung wirtschaftlicher Interessen zusätzliche Aspekte, welche eine Anpassung an den Meeresspiegelanstieg nachteilig beeinflussen. So ist das Konzept des integrierten Küstenzonenmanagements in der VR China, das generell gemäß der nachhaltigen Entwicklung die Wirtschaft fördern und den Umweltschutz garantieren soll, großen institutionellen Zwängen unterworfen und kann daher zur Zeit nicht als verfügbarer Rahmen zur Umsetzung von Anpassungsstrategien verstanden werden.

Diese Arbeit ist Teil des EU-Projektes DINAS-COAST und analysiert die Voraussetzungen einer erfolgreichen Anpassung vor dem Hintergrund der beteiligten Institutionen und der organisatorischen Abläufe zwischen diesen. Als Quellen dienen die Internetseiten verschiedener Ministerien (vgl. Lau 2003), Zeitungsartikel, die offiziellen chinesischen Programme zur Entwicklung der Küsten (China Ocean Agenda 2000) und hinsichtlich des Klimawandels als Sprachrohr der Regierung, sowie Veröffentlichungen chinesischer Wissenschaftler und eine Interviewreihe mit Vertretern von Ministerien und Wissenschaftlern in Shanghai und Beijing 2003.

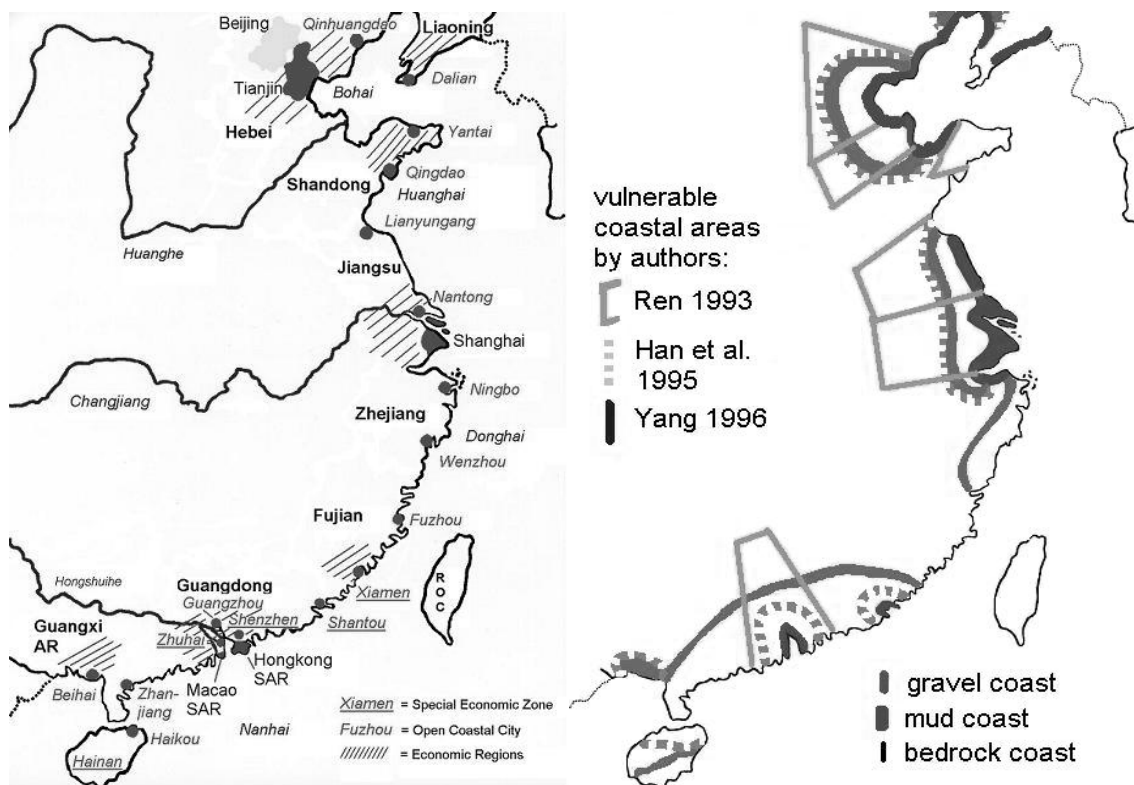


Abb. 1a: Ökonomische Gebiete Chinas / Abbildung 1b: Anfälligkeit der chinesischen Küste für negative Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs nach Autoren

## 1.2 Meeresspiegelanstieg in der VR China

Geomorphologisch sind in der VR China hauptsächlich die großen Flußdeltas – Changjiang (Yangtse), Zhujiang (Perlfluß) und Huanghe (Gelber Fluß) - vom Meeresspiegelanstieg bedroht (Du 1993, Zhang 1993). Allerdings variieren die Angaben über die Höhe der Anfälligkeit (vulnerability) chinesischer Küsten je nach wissenschaftlicher Ausrichtung und Verwendung ökonomischer Kriterien (Han 1995, Ren 1993, Yang 1996). Abbildung 1b zeigt diese Abweichungen der als gefährdet definierten Gebiete pro Autor. Es ist ersichtlich, inwieweit einige der größeren Gebiete, die als besonders anfällig bezeichnet werden, sich mit überregionalen Wirtschaftsregionen, insbesondere im Yangtse-Delta und im Perlflußdelta decken (Abb. 1a). Eine wirtschaftliche Bedrohung besteht jedoch bereits bei einer Betonung des eigentlichen Mündungsbereiches, da Shanghai als Metropole am Yangtse und fünf Städte (Hongkong, Macao, Zhuhai, Shenzhen und Guangzhou) im Perlflußdelta liegen. Auch im weiten Delta des Gelben Flußes liegt mit Tianjin eine bedeutende Millionenstadt. Neueste chinesische Studien errechneten für diese Gebiete erwartete Verluste von bis zu 655,6 Mrd. RMB bei einem Anstieg von 1 m anhand des Preisniveaus von 2000 (Du & Zhang 2000). Tabelle 1 zeigt die höchsten kalkulierten Verluste in Regionen mit bereits sehr hoher wirtschaftlicher Bedeutung und großem erwarteten Wachstumspotential.

Regions	Predicted losses for a 30 cm rise (2000) in RMB	Predicted losses for a 30 cm rise (2030) in RMB	Predicted losses for a 1 m rise (2000) in RMB	Predicted losses for a 1 m rise (2030) in RMB
Zhujiang delta	22,6 billion	56 billion	104,4 billion	262,5 billion
Changjiang delta with Jiangsu coast and North Zhejiang coast	3,8 billion	9,6 billion	655,6 billion	1599,5 billion
Huanghe delta with Bohai and Laizhou coast	109,4 billion	274,6 billion	118,1 billion	296,5 billion

Tab. 1: Kalkulierte Verluste in den chinesischen Deltaregionen durch den Anstieg des Meeresspiegels um 30 cm und 1m vor dem Hintergrund des Preisniveaus von 2000 und 2030 in RMB. Die zugrundegelegte überschwemmte Fläche wurde anhand des höchsten bisher gemessenen Flutniveaus ermittelt (nach Du & Zhang 2000).

Sowohl die gemessenen als auch die erwarteten Werte des Meeresspiegelanstiegs entlang der chinesischen Küste variieren örtlich erheblich. Dies ist einerseits in der unzureichenden Anzahl an verfügbaren, langjährigen Datenreihen der Messstationen begründet (Interview mit Zhao Xitao, Chinese Academy of Sciences, 17.10.03). Die erwarteten Werte hingegen weichen aufgrund örtlicher Eingriffe durch den Menschen in das sensible Küstensystem ab. Es werden etwa sehr optimistische Werte der zukünftigen Absenkung des Bodens durch hohe Grundwasserentnahme im Deltabereich angenommen (Wang et al. 1995), die jedoch noch nicht durch einen entsprechend umfassenden Maßnahmenkatalog abgesichert sind (Interviews mit Wei Zi Xin, Shanghai Institute of Geological Survey, 10.10.03 und Mao Wei De, Shanghai Hydrology Administration, 12.10.03). Hieraus läßt sich die Bedeutung von Definitionen des Meeresspiegelanstiegs als einerseits global und andererseits örtlich ableiten, wobei letzterer sowohl natürlichen Ursprungs sein kann und als tektonisch bezeichnet wird, als auch ein Effekt menschlicher Nutzung der Küste darstellen kann (Nicholls & Leatherman 1995).

## 1.3 Schutzmaßnahmen und weitere Anpassungsmöglichkeiten in der VR China

Im Allgemeinen wird die Anpassung an den Meeresspiegelanstieg mit Hilfe geeigneter Schutzmaßnahmen, d.h. in erster Linie Deiche und andere Schutzkonstruktionen, oder aber alternativer Konzepte zum Umgang mit der zukünftigen Bedrohung definiert. Letztere beschränken sich zumeist auf bauliche Veränderungen am gefährdeten Objekt und - als größter Einschnitt – auf den geplanten Rückzug



des Menschen von der Küste (Klein et al. 2001, IPCC 2001b). Auch chinesische Wissenschaftler diskutieren diese Bandbreite der Möglichkeiten (Du & Zhang 2000). Hinsichtlich der hohen Bevölkerungsdichte und wirtschaftlichen Bedeutung der chinesischen Küstenregion, werden Alternativvorschläge jedoch meistens verworfen (Interviews mit Zhao Xitao, Chinese Academy of Sciences, 17.10.03, Du Bilan, State Oceanic Administration, 18.10.03 und Mao Wei De, Shanghai Hydrology Administration, 12.10.03). Daraus resultiert momentan eine ausgeprägte Bevorzugung baulicher Schutzmaßnahmen.

Tabelle 2 zeigt die hohe Dichte an sogenannten ‚hard structures‘ entlang der chinesischen Küste. Allerdings liegt der chinesische Flutschutz-Standard an weiten Teilen der Küste - mit einer ‚flood-return period‘ von 20-50 Jahren für wichtige Abschnitte - weit unter denen, die beispielsweise in Europa angelegt werden (IPCC 2001b, Interview mit Li Kungang, State Flood Control and Drought Relief Headquarters, 16.10.03). Sowohl diese Tatsache als auch der ungebrochene Trend, die Küste baulich zu nutzen und für diesen Zweck weiterhin künstlich Land zu gewinnen, stehen in Kontrast zu offiziellen Meldungen über erhöhten Flutschutz und gestiegene Wahrnehmung des Klimawandels (z.B. People’s Daily, China Climate Change Information Network). Zum Beispiel sind die Deiche Shanghais laut des verantwortlichen Amtes für Wasserangelegenheiten in den letzten Jahren entsprechend erneuert und erhöht worden, jedoch ohne den zukünftigen Meeresspiegelanstieg in Betracht zu ziehen (Interview mit Ms Xu, Water Affairs Administration, 10.10.03). Hieraus läßt sich schlußfolgern, daß vornehmlich das Problem der Bodenabsenkung und sehr nahe Bebauung des Küstenstreifens der Auslöser hierfür waren.

Coastal Provinces	Length of mainland coastline (km)	Length of sea dikes for mainland coastline (km)	Length of sea dikes reached set standard (km)
Liaoning	2000	846	26
Tianjin	152	152	-
Hebei	421	297	20
Shandong	3121	858	65
Shanghai	171	171	243
Jiangsu	950	726	600
Zhejiang	1840	1905	680
Fujian	3324	1084	300
Guangxi	1083	782	-
Guangdong	4314	4080	692
Hainan	1500	260	46
Whole China	18876	11161	2672

Tab. 2: Schutzvorrichtungen entlang der chinesischen Küste (hard structures). Hierbei werden lediglich die Befestigungen der Festlandküste in Betracht gezogen. (Nach Du & Zhang 2000)

Rückzugsstrategien werden hingegen kaum diskutiert, mit Ausnahme temporärer Evakuierung auch größerer Gebiete angesichts akuter Überschwemmungsgefahr. Diese beziehen sich jedoch auf Flußüberschwemmungen, wie sie alljährlich in China vorkommen, und der große Aufwand rentiert sich nur bei relativ geringen Schäden, was diese Strategie auf ländliche Gebiete beschränkt (Interview mit Mao Wei De, Shanghai Hydrology Department, 12.10.03). Bis heute existiert keine offizielle Strategie der Regierung in Beijing über den Umgang mit dem Meeresspiegelanstieg.

#### 1.4 Wahrnehmung des Meeresspiegelanstiegs in der chinesischen Öffentlichkeit

Das Problem des globalen Klimawandels wird in der VR China seit den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts vornehmlich akademisch wahrgenommen. Dies liegt nicht zuletzt in den Anforderungen der IPCC (International Panel on Climate Change) begründet, zunächst die bestehenden Klimabedingungen zu messen, Veränderungen zu beobachten und anhand der ermittelten Daten Zukunftsprognosen für verschiedene Regionen eines Landes zu erstellen (IPCC 1990).

In den vergangenen zehn Jahren hat die chinesische Regierung sich zudem ausgiebig an internationalen Verhandlungen beteiligt und auch eine Reihe bilateraler Forschungsprojekte als auch regionale Zusammenarbeit gefördert (vgl. Internet: China Climate Change Information Network, Agrometeorological Institute). Die Gründung des IPCC-Büros in Beijing und Auftritte im Internet, die sich mit der Anfälligkeit für globalen Klimawandel und Anpassungsmöglichkeiten beschäftigen, setzen ein positives Signal. Die Bevölkerung Chinas wird sehr zögerlich informiert. Die staatlich kontrollierte Presse präsentiert nur wenige Fakten. In Einklang mit der auch anderweitig sehr eingeschränkten Beteiligung der Massen an politischen Entscheidungen zeichnet sich keine Mitverantwortung der Küstenbewohner an Verminderungsstrategien oder bei der Wahl von Anpassungsmaßnahmen ab.

## **2 Rahmenbedingungen zur Durchsetzung geeigneter Anpassungsmöglichkeiten**

Es existieren zahlreiche Bedingungen, die eine erfolgreiche Umsetzung von Konzepten oder den einwandfreien Ablauf innerhalb von Managementstrukturen beeinflussen. Zum einen ist es unabdingbar, den Verantwortungsbereich einzelner Institutionen, die gemeinsam in einem System fungieren, jedoch unterschiedliche Aufgaben innehaben, deutlich zu definieren. Hierbei spielen institutionelle Machtstrukturen eine große Rolle, die in der chinesischen Kultur zusätzlich von informellen Beziehungs- oder Netzwerkstrukturen (*guanxi*) überdeckt werden (Heilmann 1999). Zum anderen werden gemeinhin eine entsprechende funktionierende Gesetzgebung und ein hoher Anteil öffentlicher Beteiligung an Entscheidungsprozessen für den Erfolg eines Konzeptes verantwortlich gemacht. Dieses Format wurde bislang hauptsächlich in Zusammenhang mit Küstenmanagementstrukturen diskutiert (Yu 2002, Awosika et al. 1993, World Bank 1993). In Hinblick auf China wird dieser Ansatz in Abschnitt 2.1 ausführlich behandelt.

Für die Planung und Umsetzung von Anpassungsmöglichkeiten an den Meeresspiegelanstieg steht jedoch nicht nur das Küstenmanagement als Rahmen zur Verfügung. Weitere denkbare Ansätze sind im Katastrophenschutz, einem Management des Klimawandels, oder aber auch in bestimmten Sektoren angesiedelt, welche durch ihre hohe Beteiligung an bestehenden Maßnahmen zur Flutabwehr oder in der Landnutzungsplanung nützliche Erfahrungen und bestehende Strukturen mit sich bringen. (Abschnitte 2.2, 2.3 und 3.1) Um diese alternativen Rahmenorganisationen identifizieren zu können, bietet sich eine Analyse der institutionellen Abläufe von küstennahen und planungsrelevanten Vorgängen an. Im Abschnitt 2.2 werden daher die institutionellen Strukturen in China beim Deichbau, der künstlichen Landgewinnung, der Entscheidung um Bauvorhaben an der Küste und der Verteilung finanzieller Verantwortung dabei dargestellt.

### **2.1 Küstenzonenmanagement in der VR China**

Erfolgreiches Küstenzonenmanagement wird generell an eine Anzahl organisatorischer Bedingungen geknüpft, wie sie beispielsweise von der Weltküstenkonferenz 1993 formuliert wurden. Hierbei handelt es sich um den Versuch, die Legislative zum Schutz der Küsten zu stärken, ein möglichst unabhängiges ausführendes Organ für das Küstenmanagement zu schaffen oder ein bestehendes Organ mit entsprechenden Verantwortungsbereichen zu versehen. Allgemein wird zudem eine hohes Mitspracherecht der Interessengruppen an der Küste (*stakeholder*, zumeist wirtschaftliche Sektoren) und ebenso eine hohe Beteiligung der Bevölkerung an Entscheidungsprozessen gewünscht. Problematisch wird eine Umsetzung solcher Richtlinien, wenn das politische System z.B. den letzten Punkt nur sehr eingeschränkt zulässt und aus diesem Grunde auch die verwendeten Begrifflichkeiten zu eigenem Zweck umdefiniert. In der VR China wird beim Küstenmanagement unter öffentlicher Beteiligung hauptsächlich eine Bewusstseinsbildung der Bevölkerung für die Problematik der Küsten angestrebt, der Aspekt der Beteiligung somit im erzieherischen Sinne verstanden. Auch die Interessengruppen sind in der VR China nicht mit der westlichen Einschätzung von unabhängigen Gruppen zu verstehen, sondern sind dort weit mehr mit der politischen Ebene verwoben und weitgehend nicht in der Lage, eigene Interessen ohne Protege durchzusetzen.

Hinsichtlich der küstenrelevanten Gesetzgebung gibt es seit zehn Jahren große Bemühungen, bestehende Gesetze an neue Konditionen anzupassen (Jiao et al. 2000, State Council of the PRC 1992, 1998, 2001). Doch die VR China ist noch zu weit von einer unabhängigen Legislative entfernt, als daß die bloße Existenz eines Gesetzes gleichzeitig auch dessen adäquate Anwendung bedeutet. Ähnlich zeichnet sich die Lage des Küstenzonenmanagements in der VR China hinsichtlich des verantwortlichen Regierungsorgans ab. In diesem Fall ist die Stellung des hauptverantwortlichen Amtes für Marine Angelegenheiten (Haiyang ju, SOA: State Oceanic Administration) innerhalb der hierarchischen Ordnung chinesischer Politik von Bedeutung. Zwar haben die nominellen Aufgaben des Amtes seit 1989 stetig zugenommen, doch die Stellung innerhalb der Hierarchie hat sich im Zuge der Verwaltungsreformen durch neue Abhängigkeiten insgesamt verschlechtert. Abbildung 2 stellt dies im Überblick dar.

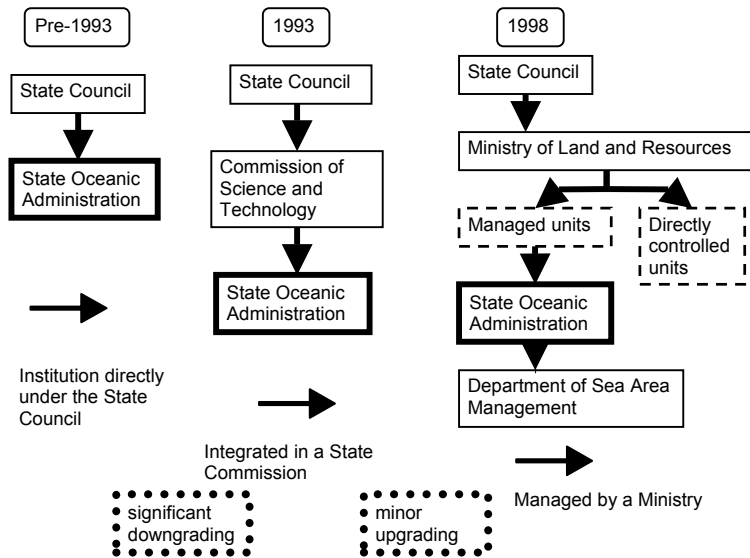


Abb. 2: Hierarchische Positionierung des Amtes für Marine Angelegenheiten

Zusätzlich zu diesem Aspekt ist die Verantwortlichkeit des Amtes und anderer beteiligter Organe von Interesse um zwischeninstitutionelle Machtstrukturen zu beleuchten. Eine Auswertung der Programme relevanter Ministerien und Ämter hat eine große Überschneidung der selbst definierten Verantwortungsbereiche dieser Organe ergeben. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 detailliert dargestellt. Die X-Achse listet hierbei die vom Amt für Marine Angelegenheiten selbst definierten Hauptverantwortungsgebiete auf. Die Y-Achse stellt im linken Bereich die als Koordinationspartner gelisteten sechs Organe dar, während die rechte Seite andere potentielle Organe mit überlappenden oder ähnlichen Funktionen in Küstenbereich auflistet.

Abbildung 3 enthält jedoch noch einen weiteren Aspekt chinesischen Küstenmanagements, der von der allgemeinen Definition abweicht: Die Küstenzone wird ausschließlich als marine Zone verstanden. Dies schließt den geografisch ländlichen Teil der Küstenzone aus und unterstellt diesen dem Ministerium für Land und Ressourcen, das das Amt für Marine Angelegenheiten seit 1998 verwaltet. Abbildung 3 zeigt nun, daß eine Umdefinierung der Küstenzone nach allgemeiner Auffassung dieses Gebietes als hoch sensible Übergangszone zwischen Land und Ozean noch mehr doppelte Verantwortlichkeiten produzieren würde, als bereits bestehen. Damit rückt eine durchschaubare und effiziente Organisation des Küstenmanagements in China ebenfalls in weite Ferne.

CZM related organs SOA Tasks	MLR	Department of Fishery –MOA	SEPA	NBF	MST	CAS	Min. of Communicati- on	DPC	ETC	NTA	MOC	MWR
CZM rights and Laws		X	X				X	O				
Marine Resources	X	X	O		O	O	A	A	A		O	O
Marine environmental protection	X	X	O	X	O	O	X	A	A	O	A	O
Disaster Mitigation	O		X		O	O	X				O	O
Marine zoning	X	X	O	O		O	X	O	O	O	A	
Coastal zoning	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	X	O

(X=jurisdictional overlap; O=co-operation; A=potential conflict)

Abb. 3: Verantwortungsbereiche des Küstenzonenmanagements in der VR China. Y-Achse v.l.n.r.: Min. of Land and Resources, Min. of Agriculture, State Environmental Protection Agency, National Bureau of Forestry, Min. of Science and Technology, Chinese Academy of Sciences, Maritime Safety Administration, Development and Planning Commission, Economic and Trade Commission, National Tourism Agency, Min. of Construction, Min. of Water Resources

## 2.2 Einschnitte in die Natur der Küsten - Beteiligte Institutionen und Ministerien in der VR China

Um neue alternative Organisationsformen für das Küstenmanagement identifizieren zu können, werden im folgenden die maßgeblich beteiligten politischen Organe an der künstlichen Landgewinnung, den Baumaßnahmen im Küstenbereich und des Deichbaus als vornehmliches Instrument des Schutzes vor Überflutung aufgezeigt. Abbildung 4 spiegelt deutlich eine sehr hohe Beteiligung des Ministeriums für Wasserressourcen in allen drei Vorgängen wider. Die Verantwortung für die Landgewinnung liegt bei dieser Behörde, während die Vorgänge sinnvoll vom Ministerium für Land und Ressourcen auf dem Gebiet der Durchführbarkeitsstudien und der Entscheidung über die spätere Nutzung der gewonnenen Gebiete ergänzt werden. Die Lokalregierung ist selbst nur als auslösendes Organ, etwa als Auftraggeber für Neuland, beteiligt. Dies steht im Gegensatz zur Entscheidung über Küstenbebauung, die sehr viel mehr von der Lokalregierung bestimmt wird und – sobald es sich um Großprojekte handelt – auch von der Nationalregierung oder eines der Organe auf der nationalen Regierungsebene genehmigt werden muß. Weitere Institutionen, die ein Bauprojekt ausdrücklich genehmigen müssen, sind wiederum das Wasserministerium und das Amt für Marine Angelegenheiten. Es bleibt jedoch zu beachten, daß diese Auflistung nominell beteiligter Organe nicht auf die Machtverteilung an sich schließen lassen kann. Dazu sind die Strukturen – insbesondere die informellen – zu komplex. Lediglich das erhöhte Vorkommen eines Organs läßt einen vorsichtigen Schluß auf relativ hohe Beteiligungsmöglichkeiten zu.

Hinsichtlich der vorherrschenden Beteiligung am Deichbau durch das Wasserministerium und lediglich einer Randverantwortung durch das Amt für Marine Angelegenheiten im Bereich der wissenschaftlichen Datenerhebung läßt sich auch hier eine sehr eingeschränkte Einflußmöglichkeit des letzteren erkennen. Beim Deichbau ist zudem anzumerken, daß die lokale Regierung die eigentliche Entscheidungsgewalt besitzt, die Nationalregierung hingegen in erster Linie über die Finanzierung der Schutzbauten beteiligt ist. Jede Lokalregierung hat selbstverständlich Interesse, einen Teil der Kosten für den Deichbau von der Zentralregierung in Beijing tragen zu lassen. Zu diesem Zweck muß ein entsprechender Antrag den Weg über die Provinzregierungsebene nehmen. Wird eine Kostenbeteili-

gung abgelehnt, weil ein Deichbau an der geplanten Stelle für die Zentralregierung als nicht vordringlich eingestuft wurde, bleibt die Möglichkeit einer Beteiligung der Provinzregierung, die jedoch entschieden geringer ausfällt (Interview mit Li Kungang, State Flood Control and Drought Relief Headquarters, 16.10.03).

Institutions	Order	Decision-making, permission	Planning	Assessment, research	Implementation	Monitoring
Ministry of Water Resources	----- #####	----- ***** #####	----- #####	----- #####	----- #####	----- #####
State Oceanic Administration		*****				#####
Ministry of Land and Resources		-----		-----		
Local Government	----- #####	***** #####	***** #####			
National Government		***** #####	#####			

----- land reclamation \*\*\*\*\* coastal construction ##### dike building

Abb. 4: Beteiligung chinesischer Ministerien und Regierungsebenen an Landgewinnung, Bauprojekten an der Küste und Deichbau

Insgesamt zeigt sich eine überdurchschnittlich hohe Beteiligung und Verantwortung des Wasserministeriums an den betrachteten Vorgängen. Demnach sollten die Strukturen des Wassermanagements in China ein mögliches alternatives Rahmenkonzept für die Anpassung an den Meeresspiegelanstieg darstellen können. Doch auch das Konzept des Katastrophenschutzes birgt theoretisch gute Möglichkeiten, Anpassung durchzuführen. In der VR China zeigt sich jedoch auch hier ein anderes Bild, als zunächst erwartet.

### 2.3 Katastrophenschutz als alternative Rahmenbedingung

Unter natürlichen Katastrophen werden in der VR China hauptsächlich Überflutungen, Dürre und Erdbeben verstanden. Taifune sind ein weiterer Faktor, der jedoch mit hohem, kurzzeitigem Niederschlag eher in die Abwehr von Überflutungen eingebunden wird (Ye 2001). Diese Wahl der am dringendsten wahrgenommenen Katastrophen, gegen die es sich zu schützen gilt, hat auch die Gründung einiger Institutionen sowie die Verteilung deren Verantwortung begründet. Im Bereich an die Anpassung an den Meeresspiegelanstieg sind die Überflutungsabwehrmechanismen am interessantesten. Das Hauptquartier zur Flutkontrolle und Minderung von Dürre ist im Wasserministerium angesiedelt und hat eine kommissionsähnliche Struktur. Da es sich bei Überschwemmungen Chinas hauptsächlich um Flußüberflutungen handelt, liegt diese Positionierung nahe. An der Organisation werden zudem Ministerien beteiligt, deren Einflußbereiche durch die Überschwemmungen vornehmlich geschädigt werden und bei denen der erwartete Schaden am größten ist. Dies sind das Landwirtschaftsministerium und das Ministerium für Kommunikation, welches für die Infrastruktur des Landes (Transportwege etc.) zuständig ist. Im akuten Katastrophenfall werden zumeist die Nationale Volksarmee für Rettungseinsätze und das Ministerium für Zivilangelegenheiten hinzugezogen.

Die eigentliche Planungs- und Umsetzungsverantwortung von Flutkatastrophenabwehr liegt jedoch beim Wasserministerium. Solange nur eine Provinz von den Überschwemmungen betroffen ist, werden alle Befehle auf Lokalregierungsebene (hier Provinzebene) getroffen. Sind mehr als eine Provinz betroffen, stellt die Nationalregierung einen Entscheidungsstab zusammen, der jedoch vom erwähnten

Hauptquartier zur Flutkontrolle und Minderung von Dürre des Wasserministeriums geleitet wird. Dies zeigt, daß Katastrophenschutz hinsichtlich von Flutabwehr bereits zu großen Teilen in Händen des Wasserministeriums liegt (Interview mit Li Kungang, State Flood Control and Drought Relief Headquarters, 16.10.03). Für die Anwendung auf die Anpassung an den Meeresspiegelanstieg ist hierbei jedoch problematisch, daß sich dieses Organ auf nationaler Ebene nicht ausdrücklich auch mit Überschwemmungen an Küsten beschäftigt, sondern dies den Lokalregierungen überläßt. Da jedoch auch der Deichbau hauptsächlich in Händen des Wasserministeriums bzw. deren Unterorganisationen liegt, fehlt nunmehr ein nationaler Überbau, der in der Lage wäre, die in Zukunft erwartete Bedrohung in geeignete Schutzmaßnahmen umzusetzen, sei es durch reaktive Notstandspläne als auch durch langfristige Planung von Anpassung an den Meeresspiegelanstieg.

### **3 Optionen für die Umsetzung geeigneter Anpassungsmöglichkeiten in der VR China**

Die vorangegangenen Ausführungen haben mit dem Küstenmanagement, dem Wassermanagement und dem Katastrophenschutz drei mögliche Rahmenbedingungen für die Anpassung an den Meeresspiegelanstieg diskutiert. Hierbei wurde eine überdurchschnittlich hohe Beteiligung der Institutionen des Wasserministeriums in zweien dieser Organisationsstrukturen aufgezeigt. Das Küstenzonenmanagement hingegen erweist sich momentan als nicht geeignet für die praktische Verantwortung an Anpassungsstrategien. Dies deckt sich mit der bisherigen theoretischen Beschäftigung des Amtes für Marine Angelegenheiten mit der Materie. Die Lücke zwischen wissenschaftlicher Forschung zu diesem Thema und praktischer Umsetzung des Küstenschutzes klafft jedoch weit. Bereits in wenigen Jahrzehnten werden alternative Praktiken benötigt, deren Konzepte jedoch schon bald formuliert werden sollten.

#### **3.1 Langfristige und kurzfristige Zielsetzungen im Widerspruch: Klimamanagement als Alternative?**

Besonders wichtig ist die Wahrnehmung einer abweichenden Entwicklung zwischen kurz- und langfristigen Zielen. China hat gezeigt, daß es innerhalb kürzester Zeit in weiten Teilen der übrigen Welt undenkbar Konzepte umsetzen kann, beispielsweise das Ein-Kind-Konzept zur Verringerung des eigenen Bevölkerungswachstums. Doch es zeichnet sich auch ab, daß diese Entscheidungen, zugunsten eines schnellen Handlungsbedarfs, sich zumeist sehr stark von wirtschaftlichen oder entwicklungspolitischen Vorstellungen leiten lassen.

Die Entwicklung entlang der chinesischen Küste ist momentan sehr kurzfristig ausgelegt, ein Aspekt, der bei immensum Wirtschaftswachstum innerhalb des vergangenen Vierteljahrhunderts auch nicht verwundert. Die Anpassung an zukünftige Bedrohung ist jedoch langfristig anzusetzen. Eine Möglichkeit, diesem Widerspruch zu entgehen, könnte es sein, heute vorerst mit der Verantwortung des Wasserwirtschaftssektors hinsichtlich der Küstenentwicklung fortzufahren, diese Verantwortung aber besonders im Bereich der Flutabwehr auf die Küste auszudehnen. Damit würde dem Wasserministerium die offizielle Verantwortung für praktische Belange des Meeresspiegelanstiegs übertragen und die theoretische Ebene, der Forschungsbereich, bei den erfahrenen Mitarbeitern des Amtes für Marine Angelegenheiten belassen. Doch für die nähere Zukunft sollte auch überlegt werden, ob es hinsichtlich der zahllosen Auswirkungen, die der Klimawandel für China mit sich bringt, nützlich wäre, eine eigene Organisation des Klimawandels ins Leben zu rufen, die, sobald prognostizierte Veränderungen sich merklich einstellen, den relevanten Teil des Katastrophenschutzes mit übernehmen könnte.

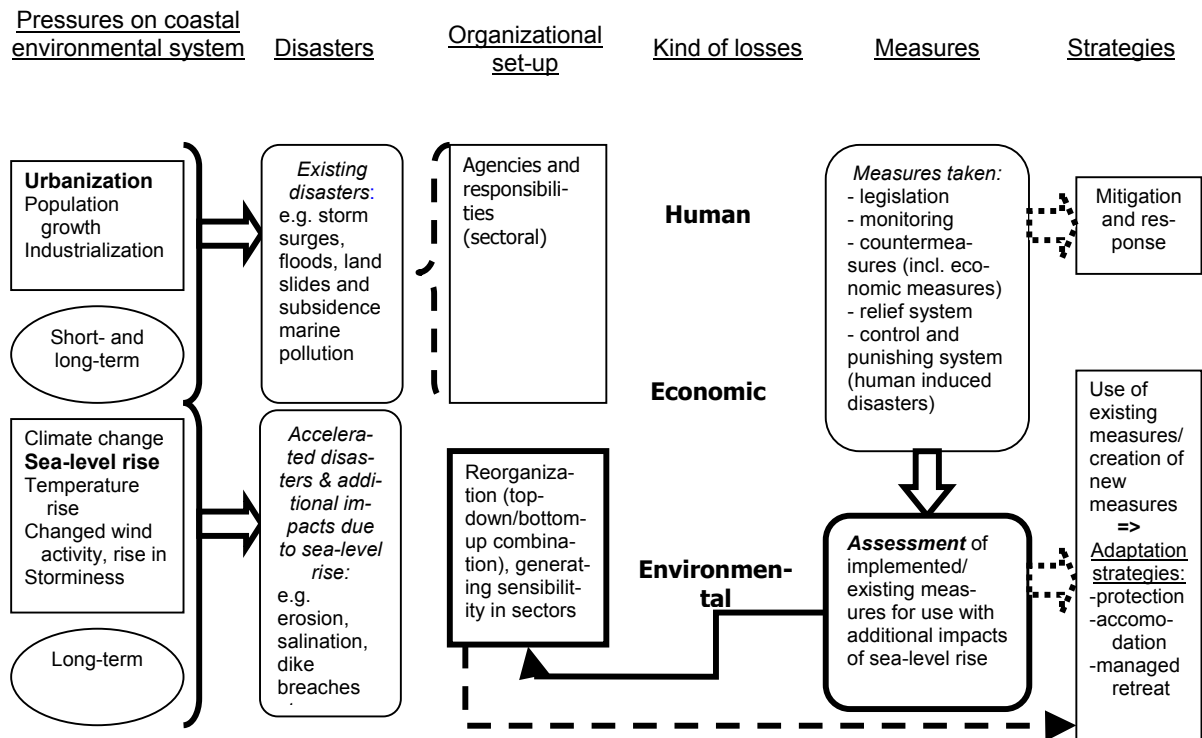


Abb. 5: Änderungen im Katastrophenschutz für den Umgang mit Klimawandel und Anpassung an den Meeresspiegelanstieg

Abbildung 5 zeigt ein Gerüst, das dem Katastrophenschutz entsprechend, einen ganz neuen Rahmen zur Umsetzung bereits existierender und zukünftiger Bedrohungen des Klimawandels darstellt. Welche Institution vorerst die Verantwortung übernimmt, sollte jedoch von Land zu Land betrachtet werden, da länderspezifische Strukturen eine erhebliche Rolle bei der Umsetzung von Rahmenkonzepten spielen können.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde durch das DINAS-COAST Projekt (EVK2-2000-22024) finanziell ermöglicht. Ich möchte zudem all jenen in Shanghai und Beijing danken, die ihre wertvolle Zeit im Oktober 2003 für ein Interview zur Verfügung gestellt haben. Ich trage die alleinige Verantwortung für alle Fehler und dargestellten Meinungen.

## Literatur

- Agrometeorological Institute. Chinese Academy of Agriculture Science. www.ami.ac.cn (1.9.03).
- Arthurton, R.S. (1998): Marine-related Physical Natural Hazards Affecting Coastal Megacities of the Asia-Pacific Region – Awareness and Mitigation. *Ocean and Coastal Management* 40, pp. 65-85.
- Awosika L, S. Boromthananat, R. Cornforth, M. Hendry, R. Koudstaal M. Ridgley, J. Sørensen, L. de Vrees & S. Westmacott (1993): Management arrangements for the development and implementation of coastal zone management programmes. In: *World Coast Conference 1993: Proceedings, Volume 1*. CZM-Centre Publication No. 4. Den Haag, 1993. p. 107-179.
- China Climate Change Information Network. www.ccchina.gov.cn (30.1.04).

- Du, BL. Preliminary Vulnerability Assessment of Chinese Coastal Zone due to Sea Level Rise. In: World Coast Conference 1993: Proceedings, Volume II. CZM-Centre Publication No.4. Den Haag, 1993. p. 569-575
- Du, BL. & JW. Zhang (2000): Adaptation strategy for sea level rise in vulnerable areas along China's coast. *Acta Oceanologica Sinica* 19 (4), pp. 1-16.
- Han, MK., JJ. Hou, L. Wu (1995): Potential Impacts of Sea-level Rise on China's Coastal Environment and Cities: A National Assessment. *Journal of Coastal Research* 14, pp. 79-95.
- Heilmann S. Das politische System der Volksrepublik China im Überblick. 1999. [www.chinapolitik.de/china/pubs/china\\_polsys/polsys1.pdf](http://www.chinapolitik.de/china/pubs/china_polsys/polsys1.pdf) (10.1.03).
- IPCC (1990): Strategies for adaptation to sea level rise. Response strategies working group. November 1990.
- IPCC (2001a): Climate change 2001. Working group I: The scientific basis. [www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/431.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/431.htm) (3.1.04).
- IPCC (2001b): Climate change 2001. Working group II: Impacts, adaptation and vulnerability. [www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg2/499.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/499.htm) (17.1.04).
- Jiao YK., CL. Ruan & HM. Yu (2000): The New Marine Environmental Protection Law of the People's Republic of China. *Tropical Coasts* 2000 7 (2), pp. 24-31.
- Klein, R.J.T., R.J. Nicholls, S. Ragoonaden, M. Capobianco, J. Aston & E.N. Buckley (2001): Technological options for adaptation to climate change in coastal zones. *Journal of Coastal Research* 17 (3), pp. 531-543.
- Lau, M. (2003): Coastal Zone Management in the People's Republic of China – An Assessment of Structural Impacts on Decision-making Processes. Working paper FNU-28. Research Unit Sustainability and global change. Hamburg University. [http://www.uni-hamburg.de/Wiss/FB/15/Sustainability/Working\\_Papers.htm](http://www.uni-hamburg.de/Wiss/FB/15/Sustainability/Working_Papers.htm).
- Nicholls, R.J. & S.P. Leatherman (1995): Sea-level rise and coastal management. D. McGregor & D. Thompson (eds.). *Geomorphology and land management in a changing environment*. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 229-244.
- Nicholls, R.J. (2003): Case study on sea-level rise impacts. OECD Workshop on the benefits of climate policy: improving information for policy makers, OECD, Paris.
- People's Daily (31.12.02, 14.1.03) On reinforcement of Yangtze dikes. [www.peopledaily.com.cn](http://www.peopledaily.com.cn).
- Pernetta, J.C. & D.L. Elder (1992): Climate, sea level rise and the coastal zone: management and planning for global changes. *Ocean and Coastal Management* 18, pp. 113-160.
- Ren, ME. (1993): Current status and problems of research in the impacts of sea level rise on coastal zone. Proceedings of workshop on impacts and strategies of sea level rise to the economic development of Chinese coastal zone, pp 1-14. Zitiert in Abbildung 1.b nach Du (1993).
- State Council of the PRC (1992): Law of the People's Republic of China on the Territorial Sea and the Contiguous Zone. Adopted 25 February 1992. [www.zhb.gov.cn/english/law\\_detail.php?id=32](http://www.zhb.gov.cn/english/law_detail.php?id=32) (24.4.03).
- State Council of the PRC (1998): Law on the Exclusive Economic Zone and the Continental Shelf of the People's Republic of China. Adopted 26 June 1998. [http://icm.noaa.gov/laws/PRC\\_EEZ\\_law.html](http://icm.noaa.gov/laws/PRC_EEZ_law.html) (26.6.02).
- State Council of the PRC (2001): Law of the People's Republic of China on the Use and Management of Sea Areas (Zhonghua Renmin Gongheguo Haiyu Shiyong Guanli Fa). Adopted 27 October 2001. Beijing: Haiyang chubanshe, 2001.
- Walsh, K.J.E., H. Betts, J. Church, A.B. Pittock, K.L. McInnes, D.R. Jackett & T.J. McDougall (2002): Using sea level rise projections for urban planning in Australia. Submitted paper.
- Wang, B., S. Chen, K. Zhang & J. Shen (1995): Potential impacts of sea level rise on the Shanghai area. *Journal of Coastal Research* 14, pp. 151-166.
- World Bank (1993): The Noordwijk Guidelines. In: World Coast Conference 1993. Volume II. CZM-Centre Publication No.4. Den Haag, 1993. p. 705-714.



- Yang, H. (1996): Potential Effects of Sea Level Rise in the Pearl River Delta: Preliminary Study Results and a Comprehensive Adaptation Strategy. J.B. Smith, N. Bhatti, G.V. Menzhulin, R. Benioff, M. Campos, B. Jallow, F. Rijsberman, M.I. Budyko, R.K. Dixon (eds.). *Adapting to Climate Change: An International Perspective*. Springer Verlag, N.Y., pp. 265-276.
- Ye, YX. (2001): Integrated Urban Disaster Risk Management – Lessons Learned from the Great Natural Disasters of Decades 1950-1999 in China.  
[www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2001/Papers/Ye.pdf](http://www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2001/Papers/Ye.pdf) (3.6.03).
- Yu HM (2002): ICM Institutional Arrangements – Some Practical Considerations. Paper presented at: Sharing Lessons Learned in Sustainable Coastal Development, Xiamen, PRC, 21 September 2002. Congress material.
- Zhang GC. Coastal Zone Mangement in China. In: World Coast Conference 1993: Proceedings, Volume II. CZM-Centre Publication No.4. Den Haag, 1993. p.733-740.

### **Adresse**

Maren Lau, M.A.  
Forschungsstelle Nachhaltige Umweltentwicklung  
Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften  
Bundesstraße 55  
20146 Hamburg

E-mail: [lau@dkrz.de](mailto:lau@dkrz.de)



## **Assessing catchment-coast interactions for the Elbe by linking scenarios, indicators and modelling**

Andreas Kannen<sup>1</sup>, Wilhelm Windhorst<sup>2</sup>, Hermann Lenhart<sup>3</sup> & Corinna Nunneri<sup>4</sup>

1 Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Germany

2 Ökologie-Zentrum Kiel, Germany

3 Institut für Meereskunde der Universität Hamburg, Germany

4 GKSS-Forschungszentrum, Germany

### **Abstract**

While eutrophication creates impacts on coastal ecosystems and can result in negative impacts on coastal eco-system services, its source is often located far away from the coast, related to nutrient emissions from river catchments. Within the EU funded EUROCAT project a chain of tools and models were applied to assess these catchment-coast interactions. The Elbe catchment-coast system is one of several case studies within EURO-CAT. Aim of the project is to support Integrated River Basin Management (IRBM), as targeted in the Water Framework Directive (WFD), in order to mitigate possible externalities induced in the coastal zone by socio-economic development in the catchment. The DPSIR-approach of the European Environment Agency was selected as the analytical tool to handle this complex man-ecosystem interactions. Scenarios represent possible futures in which environmental risk perception, societal interpretation of environmental risk and (coastal) vulnerability will influence political targets, such as the WFD implementation. Some society drivers and related policies are qualitatively assessed under each scenario and the resulting ecological impact on ecosystem integrity is quantified by applying the North Sea ecosystem model ERSEM. The presentation will outline the assessment framework focussing on the link between scenarios, DPSIR-indicators and modelling of impacts for coastal waters from the Elbe plume. Future scenarios and related modelling results describing the ecological status of the German North Sea under different scenarios will be presented.

### **1 Introduction**

The coastal zone is under heavy pressure from land-based activities located in the catchment of rivers. Traditionally, both scientific research and the governance framework have treated catchments and coasts as separate entities. However, it is increasingly recognised that they should in fact be treated as an integrated whole, encompassing both environmental and socioeconomic and political systems.

The EUROCAT project was established with an integrated perspective and analytical framework in mind. Across seven regional case studies, local teams of natural and social scientists used a common interdisciplinary strategy to:

- Identify the impacts on the coast
- Interface biophysical catchment and coastal models with socio-economic models
- Develop regional environmental change scenarios (2001-2020)
- Link scenarios with the modelling toolbox to evaluate plausible futures
- Evaluate research outcomes with regional boards consisting of stakeholders and policy makers.

Aim of EUROCAT is to promote and assist Integrated River Basin Management (IRBM), as targeted in the Water Framework Directive 2000/60/EC (WFD), in order to prevent and mitigate possible ex-

ternalities induced in the coastal zone by socio-economic development in the catchment. Implementation of the WFD can be expected to form a major issue in future debates on local as well as regional level which makes the EUROCAT approach relevant for future discussions concerning sustainable regional development.

In EUROCAT initially five case studies were performed, focussing on the following river catchments and coastal areas:

1. Rhine-Elbe catchment and North Sea (RebCAT);
2. Humber catchment and Humber estuary (HumCAT);
3. Vistula catchment and Bay of Gdansk (VisCAT);
4. Po catchment and North Adriatic Sea (PoCAT);
5. Axios catchment and Bay of Thessaloniki (AxCAT);

In 2002/2003 two additional case studies were added:

6. Idrija catchment and North Adriatic Sea (IdriCAT);
7. Provadijska catchment and Black Sea (ProvaCAT);

The seven systems cover all coastal types (with the exception of fjords) in Europe and different socio-economic settings. The rivers Vistula, Rhine, Elbe Idrija and Axios are transboundary rivers. Eutrophication and in one case pollution (metals) were identified as major issues for the coastal zone.



Fig. 1: Case study areas in EUROCAT

The Elbe case study, on which this paper concentrates, is part of the RebCAT (Rhine and Elbe Catchment) case study. The focus of the investigation was on nutrient flows from the river to the coast and the impact on the coastal ecosystem, especially to eutrophication processes.

Complex types of impact assessments as they have been performed in RebCAT have to deal with the societal perceptions and interpretations of the ecosystem as well as with ecological dynamics. The paper refers to the link between society and ecosystems and the resulting implications for the scientific assessment framework as well as to the concept applied to measure ecosystem impacts for the German bight. The full RebCAT approach including the catchment modelling, which is based on the MONERIS model (Behrendt et al., 2000.) and the analysis of management responses will be published in Hofmann et al. (submitted).

## 2 General assessment framework

### 2.1 Society and ecosystems

The overall target of the Water Framework Directive, European Union (2000) is to achieve a good ecological status for coastal waters as well as for freshwater systems and aims thereby to reduce disturbing human impact as far as possible. According to this Directive, a “good ecological and chemical status” of waters is expected to be achieved after 15 years from the date (December 2000) of launching the Directive. The ecological status is defined by biological, physical and chemical characteristics of the ecosystem. While chemical status is defined by the use of quality standards in relation to priority substances found in the system, reference biological conditions are those that prevailed under pristine conditions so that human impacts are excluded. Core questions in this context are (Windhorst et al, 2004):

- Which amount of human impact on the ecosystem can be tolerated or to which degree the ecological services can be exploited whilst still maintaining a good ecological status of the ecosystem?
- Within which range of quality can ecosystems be classified to be good or - in other words - within which tolerable margin can the ecosystem structure and dynamics be allowed to deviate from the pristine conditions while at the same time considered as being classified as “good“?

To answer both questions is a prerequisite in order to define suitable management plans for the use of river catchments and coastal zones. On the other hand answering these questions is related to norms and values of the society. The societies and their decision makers have to be aware that ecosystem services encompass a broad range of issues that are partly contradicting with respect to the use of natural resources and are justified by a mix of ethical value settings (Barkmann 2000). Thus, the acceptable level of usage of ecosystem services is actually set by the power of different stakeholders to impose their will and societal regulations such as environmental laws. This means, that definitions and regulations of a “good ecological status” may vary with space and time, and even by cultures. For example, in the Adriatic Sea, fishermen would argue, that a higher level of eutrophication is beneficial for their haulage, while managers of tourism would prefer lower levels of eutrophication in order to minimise the effects on tourists.

Taking into account the uncertainties about the future needs of humanity, the future development of ecosystems in the light of global change and the current limited insight into the complexities of the ecological systems as well as of the socio-economic system, it is not feasible to identify exact values for each named ecosystem function which are critical in the sense, that risks for the ecosystem services may be avoided. On the other hand it seems possible and is in line with the Sustainable Development paradigm to follow the precautionary principle (Turner et. al 2001), and to develop management strategies which allow a maximum use of ecological services while keeping the ecosystem integrity at least at the present level, thereby reducing the risk of hazardous natural developments. Thus the target of the integrated approach is to inform the society about possible future trends and the connected risks, allowing the delineation an optimised balancing between “ecosystem use” and “ecosystem squeeze”.

### 2.2 Assessment approach

The Driver-Pressure-State-Impact-Response-approach (DPSIR) is the analytical framework selected in EUROCAT (in accordance with international programs like LOICZ, GIWA, the EEA and others) to handle these complex humankind-ecosystem interactions. The definition of these terms had to be adapted to the needs of the EUROCAT project. To assist the assessment along the catchment-coast continuum the partners in workpackage 2 (Indicators and Scenario Assessment) of EUROCAT decided that Drivers, Pressures and Responses need to be formulated for the river catchments as well as for the coastal areas. As the focus of EUROCAT is to view the coastal zone as receptor area of

catchment activities, State and Impact indicators need to be developed only for the coastal area. On the other hand State and Impact have to be subdivided into ecological State/Impact and socio-economic State/Impact (Colijn et al. 2002).

In order to assess drivers, pressures, state, impact and responses as well as their cause-effect relationships, several tools had to be linked with each other (Figure 2). Scenarios have been used to identify and assess major drivers and their changes under different socio-economic conditions and different regulation frameworks. A full description of the approach including a comparison of the several EUROCAT case studies is given in Kannen et al (2004).

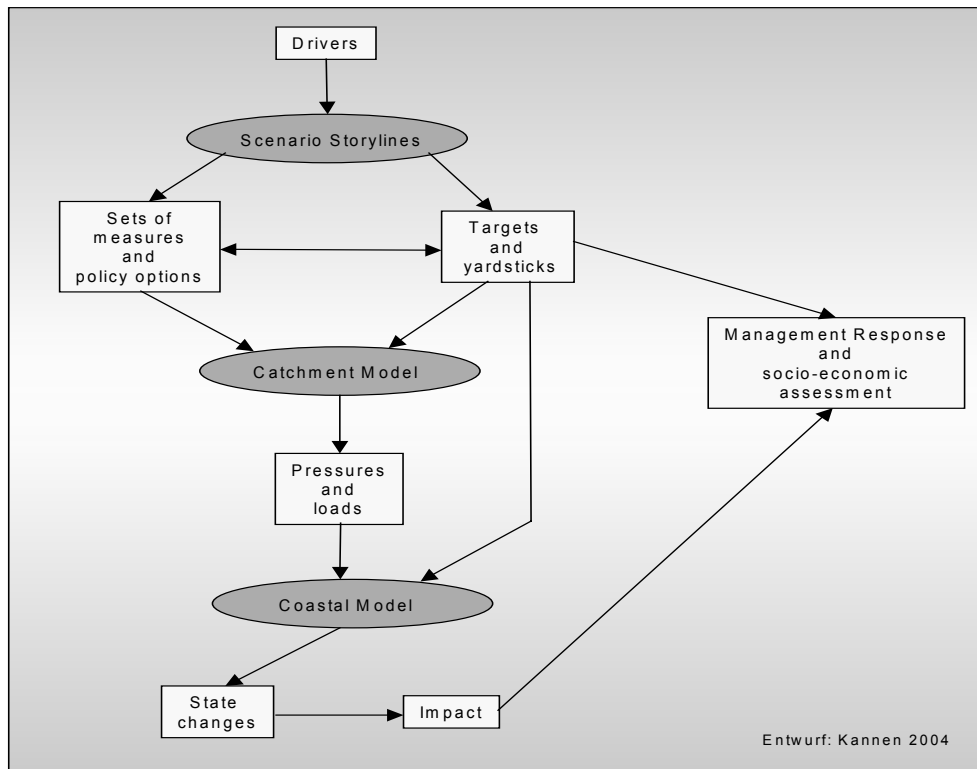


Fig. 2: Assessment chain along the catchment coast continuum in RebCAT (Kannen et al. 2004)

Scenarios represent a preview how different human activities could come into existence, thus causing an impact on the environment and potentially damaging the (coastal) ecological integrity. Furthermore scenarios as applied in RebCAT (Nunneri et al. 2002) represent plausible images of the future, in which environmental risk perception and therewith interpretation of environmental risk and (coastal) vulnerability will considerably influence political targets and their implementation.

The political issues, lifestyles and social values characterising different scenarios will exert pressures on the environment. Some society drivers such as urbanisation and food demand and their ecological impact on ecosystem integrity and function (e.g. heterogeneity) are qualitatively assessed under different scenario storylines. A relative evaluation of the different pressure intensities under different future conditions is the base for modelling changes in ecosystem state-parameters (e.g. species composition and ratio diatoms/flagellates for heterogeneity) and aggregated impact indicators corresponding to the demand of the WFD.

The scenarios for the Elbe case study area defined alternative sets of policy targets and related reduction targets. Catchment modelling and coastal modelling can use this scenario based reduction targets as input. The modelling exercise in the catchment was used to define measures that allow to reach these targets. The coastal modelling assessed the impact of the defined reduction targets on the coastal ecosystem according to the framework described in chapter 3.

### 3 Framework to measure ecosystem impacts

To identify the societal forces which drive the amount of ecosystem services used by human activities, the case study teams in EUROCAT developed scenarios addressing potential futures developments that are relevant for matter and energy fluxes in each specific catchment-coast continuum. For the Rhine-Elbe (REBCAT) case study six issues, namely Food Demand, Urbanisation, Energy Demand, Mobility and Transport, Industry and Housing and finally Nature conservation, which create pressures on ecosystems were selected and the direction and strength of changes under 3 societal scenarios assessed. For nutrient fluxes and coastal eutrophication as the investigated main issue in REBCAT, the riverine nutrient loads (nitrogen and phosphorus) are selected as forcing function or pressure indicator for the ecological change related to eutrophication processes in the coastal zone. The link between drivers and pressures is visualised in figure 3.

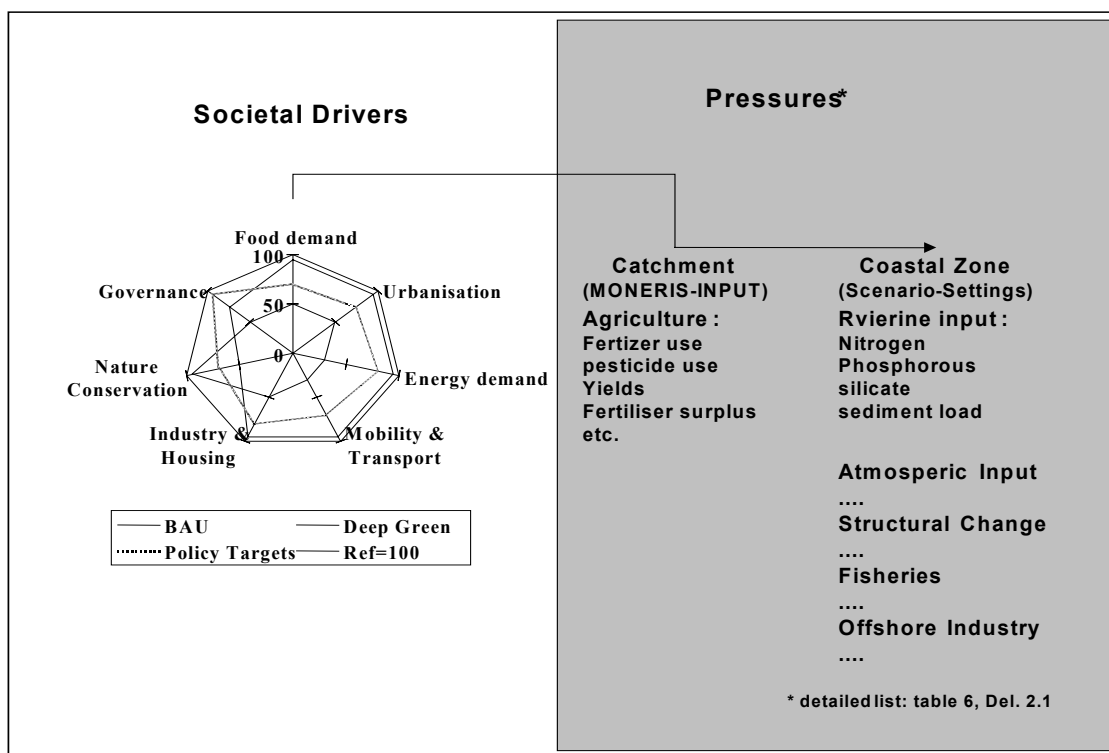


Fig. 3: Connecting Drivers and Pressures of the DPSIR-approach (Colijn et al. 2002)

As future numbers for parameters cannot be measured, the future environmental state needs to be assessed using modelling techniques. Therefore, the selection of measures to describe ecological impacts were dependent on available data and especially on available models for the river catchment and for the North Sea.

Based on ecosystem theory, a measure to describe ecological impacts in an aggregated form, is ecosystem integrity. Within the REBCAT study a specific interpretation of ecological integrity based on Barkmann & Windhorst (2000) has been used. This is described in detail in Windhorst et al. (2004). Ecological integrity therefore aims to describe the relationship between use of ecosystem services and ecological risks endangering the capacity of ecological systems to provide these ecosystem services. Operationally the ecological integrity can be defined as the guarantee that those processes at the basis of ecosystems self-organising capacity are protected and kept intact.

Based on ecosystem theory, exergy capture, cycling of elements, storage capacity, heterogeneity (diversity) and matter losses are important elements of ecosystem functions. With respect to eutrophication processes these indicators can be modelled taking state parameters as proxies (Windhorst et al.

forthcoming) and aggregating them into comparable amoeba, that describe the ecosystem integrity and the ecological impacts on the coastal system (Figure 4).

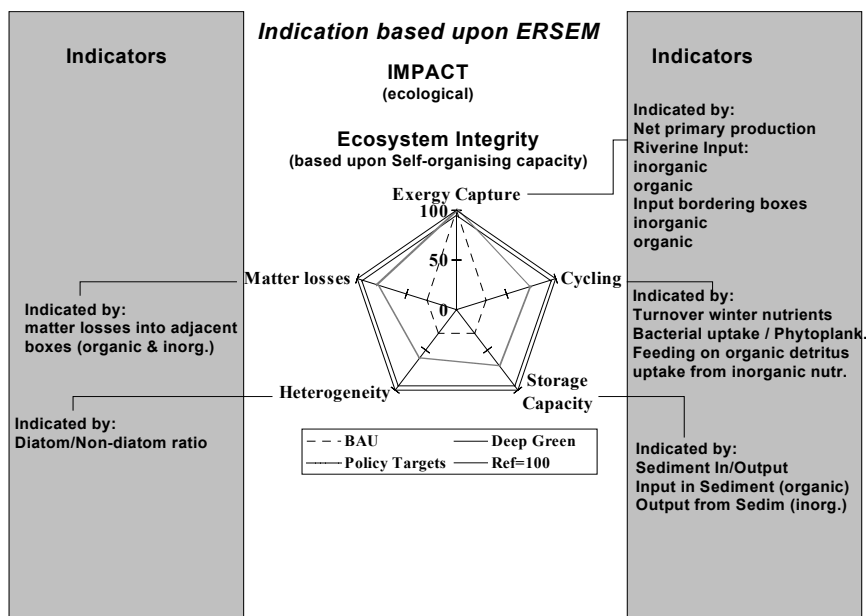


Fig. 4: Connecting ecosystem integrity with State and Impact of the DPSIR-approach (Colijn et al. 2002)

The selection of “Exergy Capture” as an indicator for ecosystem integrity stems from the “Non equilibrium principle as formulated by Kay (2000) and Jørgensen (2000). In coastal zones beneath solar radiation also energy flows coupled with organic and/or inorganic nutrient inputs from the atmosphere or from adjacent regions have to be taken into account. Another important process to enhance the self organising capacity of ecosystems is their tendency to (re)cycle limiting substances, especially nutrients. The availability of limiting nutrients and energy depends on the storage capacity, the exchange rate of the pools and the possibility to dampen or buffer temporarily external inputs. To which extent ecological systems are able to utilise this storage capacity depends on the heterogeneity and especially on the biotic diversity of the system. Finally matter losses reduce the capacity of primary and secondary production, which are essential functions of ecosystems.

This conceptual elements need to be linked with models in order to assess state parameters that allow the description of impact indicators within this framework. The approach outlined here to select indicators based on ecosystem theory is in accordance with the present discussion within international agreements like OSPAR or HELCOM concerning the application of the ecosystem approach in environmental policy making. It also fits into the definitions for Ecological Quality and Ecological Quality Objectives given by the North Sea Task Force (NSTF) which consists of experts from both OSPAR and the International Council for the Exploration of the Sea (ICES).

#### 4 Scenarios

The scenarios for the Elbe are based on an approach that combines qualitative narratives with quantification of reduction targets. Qualitative storylines are used to achieve internal consistency and make scenarios more vivid, while quantification of key-variables are essential for providing data to the model simulations for the catchment emissions and for the ecological effects in the coastal zone.

The scenarios are described in Nunneri et al (2002). Their main difference are the social values and the lifestyle that develops within different worlds, driven by the rules “Global Markets” (priorities on economic growth and individual consumption), a “Strong EU” (strong policy management by regula-

tions) or “Green Regions” (with strong emphasis on local economies and high individual valuation of the environment). Each of these scenarios refers to different types of risk perception within the society. In the “Global Markets” scenario people are short-term planners, who give nature exclusively an aesthetic and use-value. In such a risk-inclined society environmental targets are lax implemented. In the “Strong EU” scenarios it is assumed, that the EU enforces clear directives and explicit regulations in order to achieve sustainability. People are educated to be respectful of regulations and are aware of the need of nature preservation, thus embracing the way towards sustainable development for the sake of future generations. In the “Green Regions” scenario people turn to a greener lifestyle. This implies a change in mentality with respect to the present, which brings about regionalisation, self supply, and community life. Priority is given to environmental issues and nature conservation (overcompliance with the WFD). People are long-term, risk-averse planners, who attempt to minimise environmental risk, even at a high costs.

All three scenarios are developed along six dimensions (Governance, Lifestyle, Social values, Relevance of the EU, Economy and Environment), which are inter-dependent. In figure 5, the qualitative assessment for these dimensions under the different scenarios is represented in an “amoeba graph”.

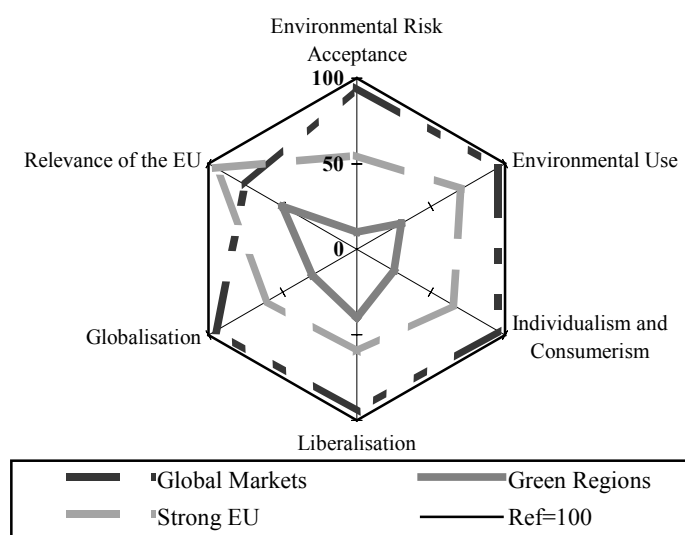


Fig. 5: Scenarios in RebCAT at a glance. Governance is expressed by the degree of globalisation (globalisation, 100 of the scale, and regionalisation, 0 of the scale). As a relevant aspect of lifestyle the environmental risk acceptance of society has been highlighted, relevance of the EU is intended as the degree at which international and regional policy is driven by the EU policy. For social values the focus has been set on individualism (100 of the scale, while community values are set 0 of the scale). For economy the liberalisation of markets has been chosen and finally the environmental use (or abuse) is an indication of the perception of and value given to the environment.

The different political issues, lifestyles and social values characterising each scenario will exert different pressures on the environment. In this context the ecosystems will experience different (intensities of) pressures (Colijn et al. 2002), and, consequently, different impacts on their integrity and functionality, thus implying different environmental risk for society. As a result of this scenario storylines, related policy targets, expressed as nutrient reduction targets were defined (table 1), which formed the input for the catchment model in order to identify measures that need to be implemented, if these targets should be achieved. The coastal model used these targets and the loads associated to them as input in order to calculate the effects on the coastal ecosystem.



Scenario	Nitrogen/Phosphorus
<b>Standard Run</b>	100%
Bussiness as Usual (BAU), Global Markets	80 %
Policy Targets (PT), Strong EU	70 %
Deep Green (DG), Green Regions	60 %
Pristine Conditions (PC) (without population)	10 %

Tab. 1: Target levels for nutrient loads at the interface between estuary and coastal zone compared to 1995 in RebCAT estimated out of the scenario storylines. According to Behrendt et al.(2002) the 10% level of the 1995 nutrient load of the Elbe represents background (pristine) conditions, assuming forests in the whole Elbe catchment.

## 5 Coastal Impact Assessment

### 5.1 The ecosystem model ERSEM

The ecosystem model ERSEM (European Regional Seas Ecosystem Model) was developed to simulate the ecosystem dynamics of the North Sea. The model simulates the annual cycles of carbon, nitrogen, phosphorus and silicon in the pelagic and benthic food webs of the North Sea. The box model combines hydrodynamic and ecological processes into one model with the same resolution in space and time. The model is forced by irradiance and temperature data, suspended matter concentration, hydrodynamical information for advection and diffusion, data on atmospheric nutrient input to the North Sea as well as by inorganic and organic river load data. The biological part of the model consists of an interlinked set of modules, describing the biological and chemical interactions between the state variables. A general description of the model is given by Baretta *et al.* (1995) and Lenhart (1999).

The models cover an area of 577 620 km<sup>2</sup> and a volume of 51047 km<sup>3</sup> in total. The northern and central parts of the North Sea are divided into 1 by 2 degree boxes. For resolving the horizontal gradients in the coastal areas the spatial resolution was increased to boxes of 0.5 by 1 degree. In this study the ERSEM boxes 78, 69 and 59 were chosen thus covering the Elbe estuary as well as the northern part of the German Bight and Wadden Sea (Figure 6). This coastal area is nearly identical with the OSPAR regions O-II-3D of the Greater North Sea. More details on the model setup and the model forcing can be found in Lenhart et al., (1997) and Lenhart (1999).

ERSEM has been applied within the Elbe case study for the simulation on the response in the coastal zone caused by changing nutrient loads from the river management strategies. The idea was to test the reaction potential or the model responsiveness (OSPAR 1998) of the North Sea ecosystem under the three scenarios described above. Before the reduction scenarios have been simulated, the standard run for the year 1995 had to be obtained and documented, since the standard or reference run and will form the basis against all later scenario simulations have to be compared.

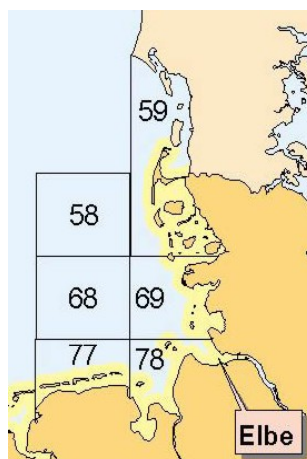


Fig. 6: ERSEM boxes in the coastal zone used for the Elbe case study. The Elbe box represents the volume based sum of the ERSEM boxes 58, 59, 68, 69, 77 and 78 taken together.

For the scenario calculations model runs using the policy targets from the scenarios as input were performed. Following a rough assessment of nutrient load reductions in 10% steps the following 3 scenarios with a load reduction down to 10%, 60%, 70% and 80% of the reference year 1995 have been investigated in more detail. The key parameters were harmonised with those used during the ASMO workshop:

- Mean winter DIN concentration
- Mean winter DIP concentration
- Mean winter DIN / DIP ratio
- Mean winter DIN / Si ratio
- Mean winter DIP / Si ratio
- Timing of spring bloom
- Mean Chl-a concentration
- Mean summer Chl-a concentration
- Net Primary Production
- Diatom/Non-Diatom ratio

In addition time series for DIN, DIP, Chlorophyll a, diatoms, flagellates and diatoms were analysed. A full description of the scenario simulations is given in Lenhart 2004.

## 5.2 Interpretation of model results

In RebCAT 1995 serves as the reference year. Therefore, the forcing data have been calculated for this year. Interpreting the data, it should be realised, that during the reduction scenarios only the nutrient input of the river Elbe has been reduced, while the nutrient load of the other tributaries to the North Sea has been kept constant on the 1995 level.

This on the one hand explains to a certain extent, that even drastic reductions of the nutrient loads from the Elbe cause comparatively small changes of the ecological parameters in the Elbe box. These results hint at the need to reduce the riverine nutrient load from the other tributaries as well. But for the purpose of this paper the case study will suffice to demonstrate the suggested evaluation strategy based on ecosystem integrity as outlined before. Figure 7 shows for primary production distinct changes in the German Coastal Zone induced by reduced riverine nutrient load. While box 78 is the most sensitive one of the analysed boxes, the Elbe box represents the average situation. But still it has to be taken into account that the model only mirrors a selective view of the studied ecosystems. Thus comparative monitoring activities are required to validate the model outcome. Similar changes can be observed for diatom/non-diatom ratios.

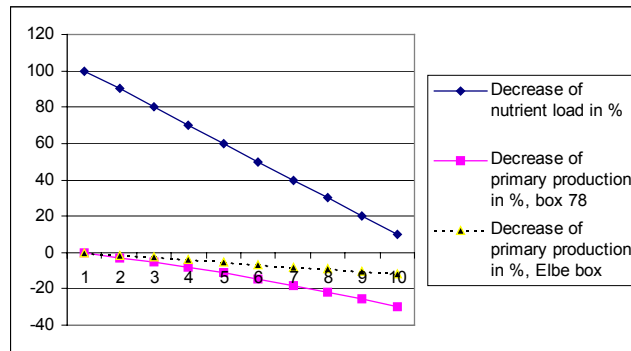


Fig. 7: Relative decrease (1995=100) of primary production in different areas (ERSEM boxes) of the German Bight due to decreasing nutrient loads from the Elbe.

The next level of this analysis is to link the concept of self-organising capacity of ecosystems with the data and information available about ecology in the coastal zone as response on different levels of human impact. The calculated values for the Elbe box mirror, that nearly all indicators are sensitive to reduced nutrient loads from the Elbe, but to a different extent. Obviously the interactions of the coastal ecosystem are changing from a linear nutrient reduction into non-linear effects, thus pronouncing the need to analyse the overall functioning of the ecosystem too (Windhorst et al 2004).

In order to indicate the influence of these indicators on the self organising capacity and the relative impact caused by the different reduction scenarios it is necessary to transform the calculated values into relative numbers (Windhorst et al. 2004). The first step was to compute the maximum change between the absolute values for the Standard year 1995 and the 10% level assumed as conditions without human impact. In a second step the relative change in % of the values modelled for the reduction scenarios, taking the maximum distance as 100% were calculated. In order to indicate the change of the storage capacity and the matter output out of the Elbe box it is assumed, that the values for nitrogen and phosphorus are of equal importance. Thus, the modelled and transformed values were summed up and divided by two in order to get one indicator value. As a result the diagram shown in fig. 8 can be drawn.

The diagram shows that in the selected case study the storage function of the coastal ecosystem changes in relative terms more than the other indicators. This confirms the theoretical argumentation, that this indicator could reveal essential information about the functioning of the coastal ecosystem.

But still it has to be analysed to which extent the different reactions of the selected indicators explain an overall change of ecological quality of the coastal ecosystem, which can be interfaced with an economic and ecological risk perspective. Figure 9 only shows a relative change of ecological risks according to the modelled reductions of riverine nutrient loads. The 100% scale for the ordinate was chosen because it allows to visualise the maximum distance of the ecological status between the reference year and the assumed pristine conditions and the relative change of the ecological status, which can be achieved by the selected scenarios.

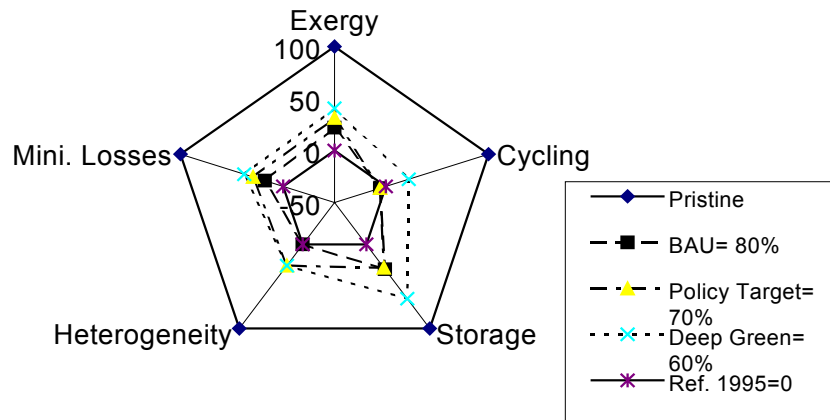


Fig 8: Relative distance of different ecological states in the coastal zone to assumed pristine conditions according to different reduction scenarios of nutrients loads of the river Elbe using the following indicators from Tab. 2: exergy = primary production, cycling = turnover of winter nutrients, storage = (sediment input – sediment output), heterogeneity = diatom/non-diatom ratio, minimising losses = nutrient output out of the box (Windhorst et al. 2004).

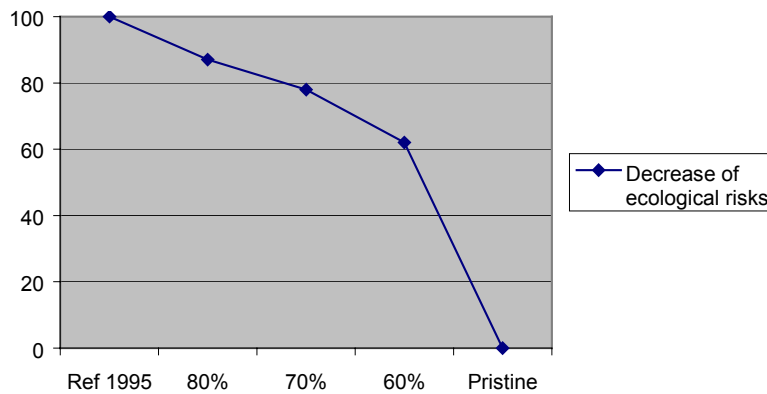


Fig. 9: Change of ecological risks in the Elbe box in correspondence to different reduction scenarios of riverine nutrient loads (1995=100%, Pristine=10%) (Windhorst et al. 2004).

Figure 9 shows that the overall change of the ecological status of the coastal zone is increasing with lower riverine nutrient loads, which goes apart with lower risks of ecological hazards. The figure also allows to indicate an overall ecological benefit, which could be achieved by economic endeavours in the catchment to reduce nutrient losses. But under the constraints described by Behrendt et al. (2002) and the selected scenarios in this case the ecological status of the coastal zone would stay even in the best cast case – the deep green scenario – far away from the assumed pristine conditions.

### Acknowledgements

This work was funded by the EUROCAT project of the European Union (EVK1/2000/00510).

## References

- Baretta JW, Ebenhöf W, Ruurdij P (1995) An overview over the European Regional Sea Ecosystem Model, a complex marine ecosystem model. *Neth. J. Sea Res.* 33 (3/4), pp 233-2465.
- Barkmann J (2000) Eine Leitlinie für die Vorsorge für unspezifische ökologische Gefährdungen, in Jax, K. (Hrsg.) *Funktionsbegriff und Ungewissheit in der Ökologie*. Peter Lang, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt, pp 139-152.
- Barkmann J, Windhorst W, (2000) Hedging our bets: the utility of ecological Integrity. In Joergensen, S.E. & Müller, F. (eds.): *Handbook of Ecosystem Theories and Management*. Lewis Publishers, Boca Raton (FL,USA), pp 497-517.
- Behrendt H, Bach M, Kunkel R, Opitz D, Pagenkopf GW, Scholz G, Wendland F (2002) Quantifizierung der Nährstoffeinträge der Oberflächengewässer Deutschlands auf der Grundlage eines harmonisierten Vorgehens. *Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsvorhaben: 29922285*. 201 p.
- Behrendt H, Huber P, Kornmilch M, Opitz D, Schmoll O, Scholz G, Uebe, R (2000) Nutrient Emissions into river basins of Germany. *UBA-Texte 23/00*, 266 p.
- Colijn F, Kannen A, Windhorst W (2002) The use of indicators and critical loads, EUROCAT Deliverable 2.1, (download: <http://www.iia-cnr.unical.it/EUROCAT/project.htm>), 38 p.
- Hofmann, J., Behrendt, H. Gilbert, A., Janssen, R, Kannen, A, Lenhart, H., Lise, W., Nunneri, C., Windhorst, W. (2003) Catchment-coastal zone interaction based upon scenario and model analysis: case study Elbe and the German Bight *Regional Environmental Change*. (submitted)
- Jørgensen SE (2000) The Tentative Fourth Law of Thermodynamics. In Joergensen, S.E. & Müller, F. (eds.): *Handbook of Ecosystem Theories and Management*. Lewis Publishers, Boca Raton (FL,USA), pp 161-175.
- Kannen A., W. Windhorst and F. Colijn (2004) Scenario based impact assessments for coastal waters. 354 pp.
- Kay JJ (2000) Ecosystems as Self-organising Holarctic Open Systems: Narratives and the Second Law of Thermodynamics. In Joergensen, S.E. & Müller, F. (eds.): *Handbook of Ecosystem Theories and Management*. Lewis Publishers, Boca Raton (FL,USA), pp 135-159.
- Lenhart, H.-J: 1999. Eutrophierung im kontinentalen Küstenbereich der Nordsee, Reduktionsszenarien der Flubeinträge von Nährstoffen mit dem Ökosystemmodell-ERSEM. Dissertation. Universität Hamburg, ZMK-Berichte B 35: 1-169.
- Lenhart H.-J., H.J (2004): ERSEM Application of Moneris river loads. Reduction Scenarios. 93 pp.
- Lenhart, H.J., Radach, G., Ruurdij, P., 1997. The effects of river input on the ecosystem dynamics in the continental coastal zone of the North Sea using ERSEM. *J. Sea Res.* 38, 249-274.
- Nunneri C, Windhorst W, Kannen A (2002) Scenarios and Indicators: A Link for Pressures and Impacts in the Elbe Catchment, following the DPSIR Approach. *SWAP Conference Proceedings, Norwich*, 2.-4. September 2002.
- Turner R.K.; Ledoux, L. & Cave, R. 2001: The use of Scenarios in Integrated Environmental Assessment of Coastal-Catchment Zones: the case of the Humber Estuary. Unpublished, CSERGE, Norwich, 25p.
- Windhorst, W., Colijn, F., Kabuta, S., Laane, R., Lenhart, H. (2004) Defining a good ecological status of coastal waters - A case study for the Elbe Plume. In: Ledoux, L, Vermaat, JE, Bouwer, R, Salomons, W, Turner, RK (Eds.) *Managing European coasts: past, present and future (Contributions of the ELOISE BtB Workshop, 2-5 June 2003, Springer Verlag submitted)*

**Address**

Dr. Andreas Kannen  
Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ)  
Hafentörn  
25761 Büsum  
Germany

E-mail: [kannen@ftz-west.uni-kiel.de](mailto:kannen@ftz-west.uni-kiel.de)





## **NOKIS – Nord- und Ostsee Informationssystem**

### **NOKIS – North and Baltic Sea Information System**

Jörn Kohlus<sup>1</sup> & Carsten Heidmann<sup>2</sup>

1 Office for the Nationalpark of Schleswig-Holstein Waddensea, Germany  
2 BAW Federal Waterways Engineering and Research Institute, BAW, Germany.

#### **Abstract**

NOKIS – North and Baltic Sea Information System – is a project, a concept and a solution. It is a project of a team of scientists and engineers from seven coastal authorities which aimed to give access to their metadata. The project starts in 2000 and gets funding as a GCERC (KFKI) project by the Ministry of Education and Research.

NOKIS is a central repository for coastal metadata from Federal and State organizations. The concept based on the understanding that metadata and documentation have a lot of intersections: local databases are implemented with individual modifications to support local documentation and data handling. A common core is copied to NOKIS –central server.

The technical solution is realised with OpenSource software products. In cooperation with the Research Center for information Technology (FZI) the project group developed a user-friendly editor to create and handle meta-data conform to ISO 19115. The common web portal [nokis.baw.de](http://nokis.baw.de) is the users interface to get access to the abstracts of all papers published in the German journal “Die Küste” and metadata concerning research projects funded by GCERC or describing about 20.000 records of geodata.

## **1 Was und Wer ist NOKIS?**

### **1.1 Das Projekt**

Das Nord- und Ostsee Küsteninformationssystem (NOKIS), ist ein Metainformationssystem. In einem Metainformationssystem werden nicht die Daten selbst gespeichert, sondern Informationen über die *Eigenschaften* der Daten, z.B. wo diese Daten zu finden sind, zu welchen Konditionen und in welchen Formaten sie zur Verfügung stehen. Erst durch solche Metainformationen werden Daten nutzbar (Abb. 1.).

Im NOKIS sind Metainformationen zu Daten aus dem Küstenraum der Nord- und Ostsee zu finden. Die Metadaten beziehen sich auf Geodaten – Daten aus GIS- Systemen, Messdaten von Forschungsprojekten des Küsteningenieurwesen, den Beiträgen der Zeitschrift „Die Küste“ sowie Literaturzitate des Bestandes der KFKI Bibliothek und geben eine Übersicht zu allen vom KFKI geförderten Forschungsprojekten.

Diese sehr verschiedenen Daten erfordern unterschiedlich strukturierte Metadaten für die ein gemeinsamer Zugang zu entwickeln war.



## 1.2 Entstehung

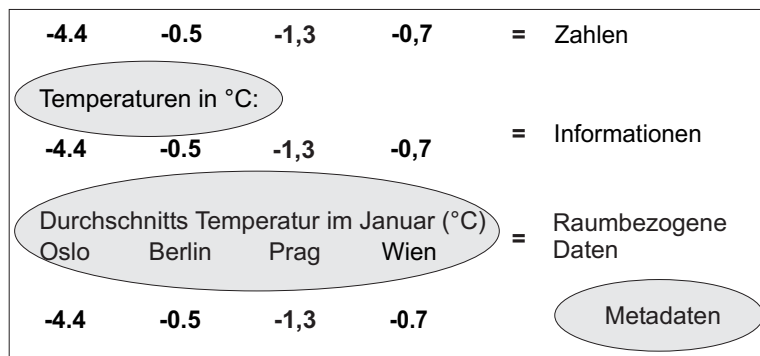


Abb. 1: Aus Zahlen werden erst durch Metadaten Informationen

NOKIS entstand als ein Projekt aus zwei Initiativen. Vom KFKI (Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen) wurde ein Metainformationssystem mit drei Teilkomponenten angestrebt.

- Die KFKI- Bibliothek sollte mit einem Bestellsystem online verfügbar werden;
- die Zeitschrift „Die Küste“ sollte mittels Metadaten für die Suche von Beiträgen im Internet erschlossen werden;
- zu den Daten und Ergebnissen der vom KFKI unterstützten Forschungsprojekte sollten Metainformationen erstellt werden. Die Initiative des KFKI zielte darauf, einen Zugang zu diesen sonst nicht oder nur schwer auffindbaren Daten und Texten zu schaffen.

Auf der anderen Seite stand die Initiative von GIS-Betreibern aus den Nationalparkverwaltungen sowie Partnern aus den Aufgabenbereichen Forschung, Küstenschutz und Naturschutz im Wattenmeer. In den beteiligten Institutionen, die z.T. seit über zehn Jahren GIS einsetzen, waren zahlreiche Geodatensätze erzeugt worden. Diese Ressourcen mittels Metadaten zu beschreiben und für den Datenaustausch von GIS Nutzern bereit zu stellen, war das Ziel der zweiten Initiative.

Wichtige Ansätze zu synergetischen Konzepten, um Metadaten

und Dokumentation zu verknüpfen sowie die Software-Werkzeuge für die Metadatenerstellung in das alltägliche Arbeitsumfeld einzubinden gingen aus dieser Initiative in NOKIS ein.

Auf Anregung des Projektträgers Jülich verbanden sich die Beteiligten beider Initiativen zu einem gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben unter dem Dach des KFKI (Abb. 2). Die BAW (Bundesanstalt für Wasserbau) Hamburg wurde zum Hauptantragsteller und sicherte den dauerhaften Betrieb der zentralen Server des Informationssystems zu.

### An NOKIS beteiligte Einrichtungen

#### Projektpartner

- Amt für ländliche Räume Husum
- Bundesanstalt für Gewässerkunde
- Bundesanstalt für Wasserbau Außenstelle Küste
- Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen Geschäftsstelle
- Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer
- Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, Betriebsstelle Norden
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest, Kartenstelle

#### Projektträger

- Projektträger Jülich Außenstelle Rostock-Warnemünde

#### Vertragspartner

- Forschungszentrum Informatik
- PlanGIS

Abb. 2: Projektbeteiligte

### 1.3 Stand und Ergebnisse

Im April 2004 endet das vom Bundesforschungsministerium geförderte Projekt. Kurz vor Projektende kann über viele Ergebnisse und auch Perspektiven des NOKIS-Metadatenverbundes berichtet werden. Die meisten Zielsetzungen des Projektes konnten inzwischen umgesetzt werden und viele Angebote sind bereits jetzt online nutzbar.

Es gibt zwei Blickrichtungen auf ein Metainformationssystem: die Sicht dessen, der Daten und Informationen sucht sowie dessen, der als Anbieter solche Metainformationen bereitstellt. NOKIS ist eine Initiative öffentlicher Datenanbieter.

## 2 Anbieter und Nutzer

### 2.1 Ein Metainformationssystem der Datenanbieter

Der Sinn von Metadaten ist, Daten auffindbar und nutzbar zu machen. Hierfür gibt es verschiedene Motivationen, die von der Vermarktung von Daten bis zum Leistungsnachweis reichen.

Dem öffentlichen Anbieter von Geodaten tritt der Wunsch nach Metadaten vorwiegend in Form einer Zusatzanforderung entgegen, er solle mit den bestehenden, oft eher rückläufigen, Ressourcen für die jeweiligen Metainformationssysteme passende Beschreibungsdaten liefern. Daten werden in Behörden meist nicht zur Vermarktung oder als Serviceleistung erzeugt, sondern für Beweissicherungsverfahren im Rahmen von Monitoring- Verpflichtungen erhoben oder dienen der Behörde dazu, ihre Aufgaben fachlich gesichert zu vollziehen. Infrastrukturen für eine Vermarktung mit Funktionen zur regelmäßigen Datenweitergabe und Abrechnungssystem zur Refinanzierung der Serviceleistungen bestehen daher nicht. Führt eine erfolgreiche Vermittlung des Datenbestandes durch geeignete Metadaten zu vermehrten Datennachfragen, können diese wiederum nur auf Kosten vorhandener Ressourcen und anderer Aufgaben befriedigt werden.

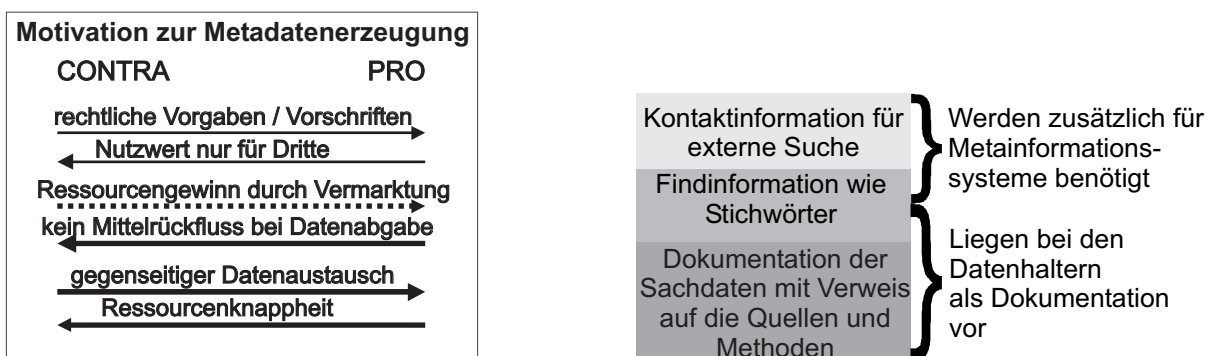


Abb. 3: links: Aus der Sicht des Datenanbieters wirken verschiedene Motivationsfaktoren auf die Metadatenerzeugung. Dargestellt wird die Situation gegenüber einem übergreifenden Metainformationssystem  
rechts: In einer funktionalen Strukturierung der Metainformationen wird deutlich, dass ein großer Teil bereits in der lokalen Dokumentation des Datenanbieters vorliegt.

Insbesondere Geodaten werden meist nicht von einer Behörde allein erzeugt, sondern Daten fachlich benachbarter Einrichtungen werden als Background-Daten zusammen mit eigenen Daten für die Produkte benutzt. Die Datenanbieter sind also häufig zugleich Datensuchende, die Bereitschaft geeignete Metadaten als Basis für eine kooperative Zusammenarbeit zu erzeugen, ist daher groß (Abb. 3, links).

Die meisten Metadatenvorhaben werden vor allem zur Leistungspräsentation und Kontaktvermittlung konzipiert. Die in diesen übergreifenden Metainformationssystemen enthaltenen Metadaten sind zu unspezifisch, um ein "data mining" und eine separate Dokumentation zu ersetzen. Besteht ein konkreter Datenbedarf, sind Zusatzinformationen notwendig, die dann wie vor der Einführung eines Metainformationssystems per Telefon oder Email gegeben werden. Bei einer Zulieferung von Daten, werden

die notwendigen Metadaten in Form der detaillierten lokalen Dokumentation beigegeben. Die Metadaten müssen daher bei den Datenhaltern auf zwei Ebenen erstellt, verwaltet und gepflegt werden.

Die Motivation, Zeit und Ressourcen in solch übergreifende Metainformationssysteme zu investieren, ist somit gering. In der Folge unterliegt das Ergebnis einer bereits bei nicht kommerziellen Datenbanken bekannten Regel:

*Es gibt Informationssysteme mit vielen Daten aber schlechten Metadaten und es gibt Informationssysteme mit wenigen Daten aber ausführlichen Metadaten.*

Aus diesem Dilemma weist das Konzept von NOKIS den Weg:

Es liefert

- eine Beschreibung der jeweiligen Daten (Semantische Metadaten / Dokumentationsdaten),
- die Auskunft, von wem und wie diese Daten zu erhalten sind (Strukturelle und Syntaktische Metadaten / Zugangsdaten),
- Stichworte oder ähnliches, um die Daten gezielt findbar zu speichern (Navigatorische Metadaten / Finddaten),

In jedem professionell über Jahre betriebenen GIS werden umfangreiche Metainformationen in einer Dokumentation gehalten. Sie ist die unabdingbare Voraussetzung, um auch nach Jahren die Daten wieder nutzen oder eine Fortschreibung vornehmen zu können. Diese lokalen Dokumentationen enthalten bereits den größten Teil der Metadaten, die in einem Metainformationssystem weiterzugeben sind (Abb. 3, rechts).

Die für ein Metainformationssystem darüber hinaus benötigten Informationen sind vor allem Angaben, um die Daten erfolgreich suchen und Kontakt herstellen zu können. Die Kontaktinformationen, z.B. Anschrift der Behörde und BearbeiterIn, sind relativ statisch. Sie gelten gleich oder ähnlich für viele Daten. Bei ihrer Änderung bleiben die semantischen Metadaten gleich.

Oft gibt es in einer Einrichtung viele ähnliche Daten, so liegen im Nationalparkamt nach einer pflanzensoziologischen Kartierung der Salzwiesen ca. 200 identisch strukturierte Geodatenätze der jeweiligen Teilgebiete vor. In einer Nachbarbehörde, dem Amt für Ländliche Räume (ALR) in Husum, sind es sogar oft Tausende methodisch gleich erzeugter Geodaten in Form von Messprofilen.

#### Testabfrage von "Infoseek.de" im Juni 2001

Stichwort(e)	Ergebnisse
Miesmuschel	805 Einträge hauptsächlich Koch-Rezepte
Miesmuschel Wattenmeer	67 Einträge
Miesmuschel Wattenmeer Niedersachsen	10 Einträge
Miesmuschel GIS	0 Einträge

Abb. 4: Metadaten in einer Suchmaschine zum Stichwort "Miesmuschel" (nach Simmering, 2001)

Aus dem Umfeld der Arbeitsgemeinschaft GIS-Küste (www.gis-kueste.de) war den Autoren bekannt, dass diese Situation weit über Schleswig-Holstein hinaus für GIS-Systeme typisch ist. Zusammen mit Frank Simmering, damals Universität Oldenburg, und Partnern aus der Arbeitsgemeinschaft GIS-Küste wurde ein Geo-Metainformationssystem aus Anbieter-sicht vorgeschlagen.

Der gedankliche Schritt zu einigen der zentralen Prinzipien von NOKIS war kurz.

Es galt ein flexibles Metainformationssystem zu entwickeln, das es jedem ermöglicht, die eigenen Daten nach eigenem Bedarf vollständig zu dokumentieren:

*Ein System, das die lokale Dokumentation ersetzt.*

Die Kontaktinformationen sind weitgehend unabhängig von diesen Angaben. Sie sollen mit geringem Aufwand verwaltet werden können und als selbständiger Baustein den dokumentarischen Metadaten hinzuzufügen sein. Der Zusatzaufwand für gute Metainformationen muss auf Stichworte und andere Findinformationen reduzierbar sein.

NOKIS basiert auf dem „Bottom-Up Prinzip“. Das Forschungsprojekt ist darauf ausgelegt, innovative Konzepte und Techniken zu entwickeln, die die Datenanbieter effektiv bei der Bereitstellung von Metadaten unterstützen.

## 2.2 NOKIS aus Sicht der Datensuche

Wer heute Daten sucht, greift oft zuerst auf globale Suchmaschinen zu. Hunderte Einträge zu einem Begriff sind keine Seltenheit. Als das Projekt NOKIS begann, wurde in einer ersten Voruntersuchung deutlich, dass zu vielen Begriffen aus dem Bereich Küste *und* GIS nur wenige Angaben bzw. Daten zu finden waren (Abb. 4; Simmering, 2001).

NOKIS wird dazu beitragen, dass große Teile der fachlichen Daten aus dem deutschen Küstenraum über das Internet auffindbar und nutzbar werden. In den letzten Jahren sind die Suchmaschinen gewachsen. So gibt es Anfang 2004 bei Google rund 50.000 Einträge zum Begriff ‚Miesmuschel‘ sowie 16 Einträge zum Suchwortpaar ‚Miesmuschel‘ *und* ‚GIS‘. Keiner dieser Links führt jedoch zu konkreten Datenbeschreibungen von Geodatenätzen. Zum Suchen und Finden von Metainformation eignen sich globale Internet- Suchmaschinen nicht, da dort andere Auswahlstrategien verfolgt werden.

Auch NOKIS ist öffentlich zugänglich, aber das Vorhaben hat auch eine klar definierte Zielgruppe: Diejenigen, die mit GIS- Daten arbeiten, um mit ihnen neue Ergebnisse zu produzieren oder die auf deren Basis Entscheidungen treffen müssen, sollen durch NOKIS in der Lage sein, exakt und zielgerecht beschriebene Daten aufzufinden.

Abb. 5: Der Editor dient der Dateneingabe, auf einer ähnlichen Maske lassen sich die Daten nach spezifischen Angaben auch suchen.

Von rund 20.000 bei den Projektpartnern existierenden Geodatenätzen konnte der größte Teil durch Metadaten erschlossen werden. Der Zugang zu den Geometadaten selbst, wie auch für deren Eingabe, ist der NOKIS- Editor.

Bisher ist bereits eine globale Stichwortsuche implementiert. In der Endversion werden viele verschiedene Merkmalsausprägungen der Metadaten explizit abfragbar sein (Abb. 5).

NOKIS		Forschungsprojekte zum Integrierten Küsten-Zonen-Management		Pt	
<b>Titel</b>	DYNAS Dynamik natürlicher und anthropogener Sedimentation - Sedimentationsprozesse in der Mecklenburger Bucht				
<b>Laufzeit</b>	1.6.2000-31.5.2003				
<b>Fordernummer</b>	03 F 0280A				
<b>Koordinator</b>	Prof. Dr. Jan Harff				
<b>Institution</b>	IOW				
<b>Identifikator</b>	<a href="http://www.io-warnemuende.de/projects/dynas/index.htm">http://www.io-warnemuende.de/projects/dynas/index.htm</a>				
<b>Beschreibung</b>	Mit dem Verbundvorhaben soll ein Beitrag zum vertieften Verständnis der Sedimentationsprozesse in der westlichen Ostsee durch interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Sedimentologen, Benthos- und Mikrobiologen, Sedimentphysikern und Ozeanographen geleistet werden. Eine Schlüsselrolle spielt der Einsatz eines gekoppelten 3D-Strömungsmodells, zu dessen Parametrisierung in Teilprojekten die Stabilitätseigenschaften der Sedimente untersucht werden. Eine Probeverklappung von Baggergut dient dem Studium des dynamischen Verhaltens anthropogen gestörter Sedimente im Vergleich mit natürlichen Ablagerungen. Ergebnisse in Form von Szenarien werden im Umweltmanagement kostenmehrer Räume eingesetzt. Im Verbundprojekt übernimmt das IOW die Projektkoordinierung, Modellentwicklung und lithologische/sedimentphysikalische Untersuchungen, der FB Biologie der Universität Rostock untersucht den Einfluss benthobiologischer Prozesse, gemeinsam arbeiten beide Partner an mikrobiologischen Teilprojekten.				
<b>Schlüsselworte</b>					
<b>Veröffentlichungen</b>					

Abb. 6: Zu Projekten aus der Küstenforschung enthält NOKIS neben einer Kurzbeschreibung Links zu Kontaktpersonen, eingebundenen Einrichtungen und WEB-Angeboten.

Die Zielgruppen- Ausrichtung spiegelt sich auch in den Metadaten zu Forschungsprojekten aus dem Förderbereich des KFKI sowie zur Literatur der Zeitschrift „Die Küste“ wieder. Für diejenigen, die Daten aus schon länger abgeschlossenen Forschungsprojekten nutzen wollen, sind aktuelle Adressen von Kontaktpersonen und Verweise zu Datenbanken, in denen Messwerte und Ergebnisse gespeichert sind, von großer Bedeutung (Abb. 6).

Ein großer Teil von Messungen und Untersuchungen ist nicht in Publikationen zu finden. Erarbeitete Messwerte und Methoden werden zumeist erst in Examensarbeiten oder einzelnen Untersuchungsberichten transparent.

Diese sogenannte graue Literatur wird in den Beiträgen der Zeitschrift "Die Küste" unüblich häufig als Quelle genutzt. Entsprechend den Interessen der Zielgruppe sind diese sonst kaum referenzierten Berichte in NOKIS mit aufgenommen.

### 3 Metadatenstandard

In der Vergangenheit wurden Metadaten zum einen nur vereinzelt erzeugt, zum anderen gab es lange Zeit kein gemeinsames Metadatenformat. Das führte dazu, dass Metadaten oftmals nur mit großen Schwierigkeiten untereinander ausgetauscht werden konnten.

Speziell für Geodaten existiert seit 1994 der Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM) des US-amerikanischen Federal Geographic Data Committee (FGDC). Alle öffentlichen US-amerikanischen Geodatenanbieter müssen zwingend Metadaten in diesem Format erstellen. Auf der Grundlage dieses Standards wurde bei der International Organization for Standardization (ISO) ein internationaler Standard für geographische Metadaten entwickelt, der Ende 2003 verabschiedet wurde. Dieser Standard ist Teil einer Reihe von Normen und technischen Richtlinien der ISO, die sich mit dem standardisierten Umgang mit Geodaten beschäftigen.

In Deutschland existiert zwar mit dem Umweltdatenkatalog (UDK) seit 1996 ein bundesweiter Metadatenkatalog für Umweltdaten, der bisher nur ein eigenes, proprietäres Format kennt. Da der UDK zudem keine weitergehenden Informationen über den genauen Inhalt und die Qualität der beschriebenen Daten enthält, ist sein Nutzen für die nach weiterverarbeitbaren Daten suchenden Fachanwender der Küstenregion sehr gering.

In NOKIS beschäftigte sich eine der Projektarbeitsgruppen mit der Ermittlung eines geeigneten Standards für ein Küstenmetadatenformat und entschied sich schließlich für eine Adaptierung des zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossenen ISO Standards. Dieser wurde an die Bedürfnisse der Projektpartner angepasst und dabei um solche Elemente erweitert, die speziell der Beschreibung von Daten aus der Küstenregion dienen. Zu diesem Zweck wurde das von der FGDC veröffentlichte Shoreline-Profile zum CSDGM aufgenommen.

Zu den in NOKIS entwickelten Zusätzen gehören erweiterte Definitionen von Datenmodellen des GIS, aber auch Code- Kataloge. Die ISO- Norm sieht für Code- Kataloge nur einen Hinweis auf eine

Quelle vor. Als eigenständige Internet- oder Buchpublikation gibt es solche Schlüsselkataloge aber nur für Großvorhaben, wie die Biotoptypenkartierung (z.B. Drachenfels, 1994) oder für das "Amtliche Topographisch- Kartographische Informationssystem ATKIS" (z.B. Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, 2003). Jedoch stammen die meisten Geodaten der NOKIS- Partner aus Einzelkartierungen oder speziellen Monitoringvorhaben. Diese oft nur wenigen Code- Werte können im NOKIS- Datenmodell als Teil der Metadaten geführt werden.

Da die Spezifikation des XML- Schemas (ISO 19139) zum Zeitpunkt der NOKIS- Implementierung noch nicht vorlag, handelt es sich bei der NOKIS- Umsetzung des ISO 19115 um eine semantisch kompatible Version des Standards. Um auch syntaktisch kompatible Metadaten gemäß IS 19139 erzeugen zu können ist jedoch lediglich die Programmierung eines entsprechenden XML- Stylesheets notwendig. NOKIS gehört zu den weltweit ersten Vorhaben, die mehr als nur kleine Teile der Norm unterstützen und nutzen.

#### 4 Technisches

Eine gute Dokumentation beginnt bereits während der Datenerhebung. Häufig ist es ein Prozeß von Wochen und Monaten, bis ein fertiges Datenprodukt entsteht. Die Erstellung von Metadaten verläuft daher parallel zur Datenproduktion. Ein gutes Metainformationssystem begleitet diese Arbeit. Während der Datenproduktion sollte sich der Metadatenzugriff auf den Kreis der beteiligten Mitarbeiter beschränken lassen. In wenigen Einzelfällen gibt es zudem aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht-öffentliche Metadaten. Für beide Aufgaben wird eine Zugriffsverwaltung benötigt.

Zu diesem Zweck arbeitet die NOKIS Projektgruppe eng mit der Abteilung Datenbanksysteme im Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe (FZI) zusammen, die bereits in dem Project COASTBASE Erfahrung mit der Metadatenproblematik speziell im Küstenbereich gesammelt hatten.

Durch das FZI wurde für NOKIS Software entwickelt, die die Komponenten Metadatenerfassung, Metadatenverwaltung, Suche und Metadatenfreigabe unter einer gemeinsamen Oberfläche enthält. Für das Frontend des Nord- Ostsee Küsten- Informationssystems wird eine weitgehend plattformunabhängige, netzwerkfähige Softwarelösung angestrebt, so wurde eine Umsetzung als Webapplikation den Entwicklern vorgegeben. Das FZI implementierte die von NOKIS gemachten Anforderungen in Form einer ausschließlich auf JAVA und XML- Technologien beruhenden Anwendung.

Die Datenspeicherung findet in einem beliebigen relationalem Datenbanksystem statt, wobei u.a. die Unterstützung von Transaktionen und referentielle Integrität als Mindestanforderungen von SQL-DBS unterstützt werden müssen. Bisher ist eine Anbindung an PostgreSQL, MSSQL und Informix erprobt worden. Ein Mapping der Datentypen des Datenbanksystems zu den Datentypen der NOKIS- Anwendung findet mittels XML- Konfigurationsdateien statt.

Bei der eigentlichen Anwendung handelt es sich um eine Entwicklung als JavaServerPages(JSP)/Servlet, die auf XML- basierten Datenstrukturen aufbaut. Als Servlet-Container kommt die Software Tomcat des Apache- Projektes in der Version 4.1 zum Einsatz. Sie bietet den Vorteil, daß sie entweder als Standalone- Lösung bei Partnern ohne eigenen Webserver laufen oder aber an einen existierenden Webserver nahtlos angebunden zu werden kann.

Da es sich beim NOKIS Standard um eine hochkomplexe Struktur handelt, die zudem aufgrund der noch nicht abgeschlossenen Entwicklung des zugrundeliegenden ISO Standards sowie der gewünschten Erweiterbarkeit des Schemas häufigen Veränderungen unterworfen ist, musste die Anwendung in der Lage sein möglichst automatisiert auf solche Veränderung reagieren zu können. Das Ergebnis ist eine Software, deren einzelne Komponenten zum allergrößten Teil aus dem zugrundeliegenden XML- Schema automatisch generiert werden können. Dies betrifft das Datenbankschema, die internen Datenstrukturen sowie die Gestaltung der Benutzeroberfläche. Alle diese Elemente können nach einer Veränderung des Schemas automatisch neu erzeugt werden.

Zusätzlich kam noch die Anforderung hinzu, die Software von Grund auf mehrsprachig zu gestalten, um einer Verbreitung von NOKIS über den norddeutschen Raum hinaus von vornherein nichts entgegenzustellen.

Das Ergebnis ist ein Produkt, das aufgrund seiner Architektur an die verschiedensten Ansprüche anpassbar ist und welches zudem aufgrund der Verwendung von OpenSource Produkten für alle jetzigen und zukünftigen NOKIS Teilnehmer in der Nutzung kostenfrei ist.

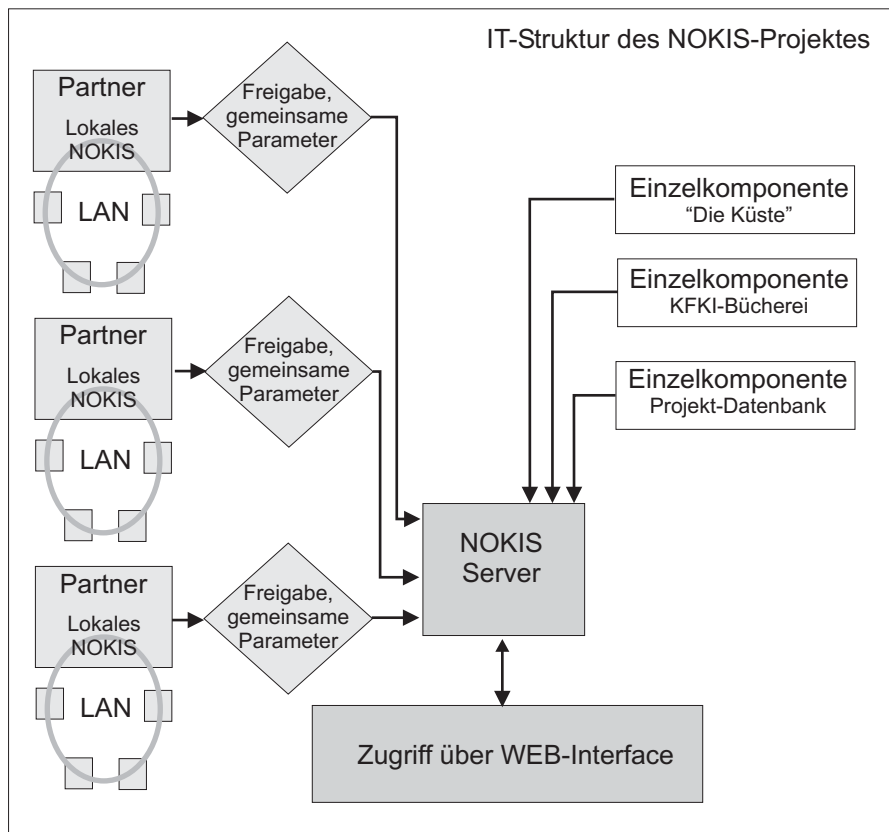


Abb. 7: Lokale NOKIS –Installationen können dem spezifischen Bedarf der Partner angepasst werden. Der Teil der Metadatenstruktur, der allen Partnern gemeinsam ist, wird auf einem zentralen NOKIS-Server bereitgestellt.

Trotz aller Möglichkeiten zu lokalen Anpassungen können die freigegebene Datensätze auf den zentralen Server bei der BAW Hamburg (<http://nokis.baw.de>) exportiert werden und sind dort einer breiten Nutzergemeinde zugänglich. Da auf dem zentralen NOKIS-Server nur das allgemein vereinbarte Metadatenschema implementiert ist, werden bei dieser Replikation alle lokalen Erweiterungen herausgefiltert und bleiben somit dem lokalen Nutzer vorbehalten (Abb. 7).

## 5 Perspektive

NOKIS ist nicht als ein weiteres übergreifendes Metainformationssystem gedacht, vielmehr sollen aus NOKIS heraus die Anforderungen solcher Systeme bedient werden. Mit Unterstützung der ISO-Norm und der Verwendung von XML-Technologie ist NOKIS als offenes System angelegt. Betreibern anderer Systeme können diese Daten zur Verfügung gestellt werden. Für den UDK (Umweltdatenkatalog), dem umfangreichsten Metadatenvorhaben im deutschsprachigen Raum, wurden spezifische Schnittstellen erstellt. Bald soll auch der Umweltdatenkatalog auf die ISO-Norm und XML umgestellt werden. Die Pflege der Schnittstelle wird sich damit für NOKIS vereinfachen.

Für die Partner von NOKIS ist vor allem entscheidend, dass Dokumentation und Metadaten **ohne** Doppel- und Vielfacharbeit erzeugt werden können. Für Vorhaben wie den UDK bedeutet dies, dass qualitativ hochwertige und vollständige Metadaten verfügbar werden.

Das Konzept und die Umsetzung von NOKIS haben überzeugt, so dass der Editor jetzt bereits in einer weiteren Sektion der BAW (Bundesanstalt für Wasserbau) und in der Uni Oldenburg für die Erhebung von Metadaten eingesetzt wird.

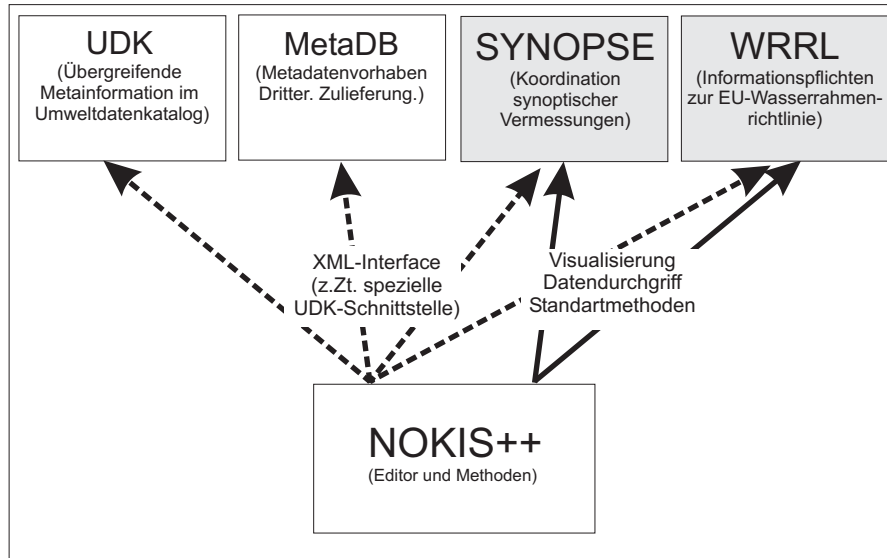


Abb. 8: NOKIS bedient verschiedene Aufgabenfelder mit Metadaten. In dem Anschlußprojekt NOKIS++ soll eine Informationstechnische Infrastruktur entwickelt werden. Ausgehend von den Metadaten erfolgt mit standardisierten Methoden ein Zugriff bis auf die Daten. Vom Finden bis zur ersten Darstellung der Daten per klick.

Aus der EU- Wasserrahmenrichtlinie (Europäische Kommission, 2000) erwachsen umfangreiche Anforderungen an Metadaten und Berichtspflichten. Für diese Aufgaben kann NOKIS die technische und inhaltliche Basis für eine erforderliche ITI (Informationstechnische Infrastruktur) bieten. Eine solche Struktur wird auch für die Aufgaben des KFKI bei der Koordination und Abwicklung synoptischer Vorhaben benötigt.

Im Gegensatz zu einem Metadateninformationssystem gehört zu einer ITI aber auch die Möglichkeit, auf Teile der Daten direkt zuzugreifen. Dazu werden die Daten mit standardisierten Methoden mittels Metadaten verknüpft: Dann könnte beispielsweise auf Meßreihen direkt online zugegriffen werden, die sich wahlweise als einfache Kurve oder Balkendiagramm anzeigen ließen (Fitzke, Greve et al., 2003).

Lassen sich die Arbeitsschritte für einen standardisierten Bericht ausgehend von Meßwerten oder Feldkarten mit exakten algorithmischen Regeln beschreiben, so läßt sich auch solch eine komplexe Aufgabe als Methode in eine ITI integrieren.

Metadaten sollen numerischen Simulationen automatisiert Ausgangsdaten zuführen. Über Toolboxen können die Modellergebnisse dann visualisiert werden. Bei diesen Aufgaben für die ITI werden die Entwicklungen aus dem KFKI Projekt MORWIN Pate stehen (Lehfeldt und Barthel, 1998; Lehfeldt und Sellerhoff, 1999). Zusammen mit weiteren Partnern wird 2004 die Umsetzung einer solchen ITI in einem auf NOKIS aufbauenden Projekt angestrebt.



## Literatur

- Coastbase (2004): COASTBASE Website. <http://www.coastbase.org> (zuletzt besucht am: 14.2.2004)
- Denzer, R., R. Güttler (1995): Integration von Umweltdaten, in: Page, B. / Hilty, L.M. (Hrsg.): Umwelthinformatik – Informatikmethoden für Umweltschutz und Umweltforschung; 2. Auflage. R. Oldenbourg Verlag, München – Wien, S. 165–189.
- Drachenfels, O. v. (1994): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der nach § 28a und 28b NNatG geschützten Biotope. - Naturschutz u. Landschaftspflege in Niedersachsen A/4. - Hannover, 192 S.
- Europäische Kommission (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. [http://www.nlf.de/grundwasser/downloads/eu\\_wrrl\\_text\\_de.pdf](http://www.nlf.de/grundwasser/downloads/eu_wrrl_text_de.pdf). Webadresse zuletzt geprüft am 12.01.2004.
- Fitzke, J., K. Greve, M. Müller, A. Poth (2003): Deegree – ein Open-Source-Projekt zum Aufbau von Geodateninfrastrukturen auf Basis aktueller OGC- und ISO- Standards. In: GIS 9/2003.
- FGDC (1998): Content Standard for Digital Geospatial Metadata. Version 2. [http://www.fgdc.gov/standards/documents/standards/metadata/v2\\_0698.pdf](http://www.fgdc.gov/standards/documents/standards/metadata/v2_0698.pdf) (zuletzt besucht am: 14.2.2004)
- Heidmann, C., R. Lehfeld, W. Kazakos, F. Simmering (2003): Anwendung von Metadaten im Küstenzonenmanagement. Vortragsskript beim Arbeitskreis "Umweltdatenbanken" der GI-Fachgruppe 4.6.1 Informatik im Umweltschutz der Gesellschaft für Informatik e.V Berlin, 19./20.5.2003.
- ISO (2003): ISO 19115:2003. Geographic information - Metadata.
- ISO (noch nicht veröffentlicht): TS 19139. Geographic information - Metadata - Implementation specification.
- LandesVermessungsamt Nordrhein-Westfalen (2003): Vorschriften für die Verschlüsselung der Grundrissobjekte des Liegenschaftskatasters in Nordrhein-Westfalen - Objektschlüsselkatalog Liegenschaftskataster NRW - (OSKA-LiegKat NRW) RdErl. d. Innenministeriums v. 12.08.2003 -36.3-7118. [http://www.lverma.nrw.de/produkte/druckschriften/OBAK\\_OSKA/oska\\_gesamt\\_03.pdf](http://www.lverma.nrw.de/produkte/druckschriften/OBAK_OSKA/oska_gesamt_03.pdf). Webadresse zuletzt geprüft am 12.01.2004.
- Lehfeldt, R. & F. Sellerhoff. (1999): Information Modelling for Morphodynamic Modelling - the MORWIN project. ECM in New Orleans 1999.
- Lehfeldt, R. & V. Barthel (1998): Numerische Simulation der Morphogenese von Windwatten. In: Die Küste, H. 60.
- Simmering, F. (2001): NOKIS - Projekt zur Erstellung eines Metadaten-Informationssystems für die Nord- und Ostseeküste. Vortrag b. Jahrestreffen der ESRI-Usergroup Norddeutschland, Hildesheim, 2001.

## Adresse

Dipl. Geogr. Jörn Kohlus  
Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer  
Office for the Nationalpark of Schleswig-Holstein Waddensea  
Schloßgarten 1  
D - 25832 Tönning

E-mail: [kohlus@nationalparkamt.de](mailto:kohlus@nationalparkamt.de)

Dipl. Geogr. Carsten Heidmann  
Federal Waterways Engineering and Research Institute, BAW,  
Wedeler Landstrasse 157  
D - 22559 Hamburg,

E-mail: [heidmann@hamburg.baw.de](mailto:heidmann@hamburg.baw.de)



## **Applicability of Remote Sensing in Monitoring Coastal Zones**

Kerstin Stelzer, Carsten Brockmann, Desmond Murphy & Uwe Krämer

Brockmann Consult, Germany

### **Abstract**

The coastal zone is a very dynamic and resource rich system, which is reflected by the numerous policy-driven monitoring programs. Their goal is to detect and assess natural and anthropogenic influences and effects. The monitoring of intertidal flats and of coastal water quality is time and cost intensive. In order to reduce these costs, the use of remote sensing techniques in different fields of application has been investigated during the last few years in the scope of EU co-funded and user driven projects. Different sensors and methods are required for the different demands and questions of specific monitoring programs. Examples of remote sensing applications are sediment and surface type classification of intertidal flats using Landsat ETM data or the interpretation of high spatial resolution data in order to detect changes in coastal morphology and density of dune vegetation. Visual interpretation and classification methods such as Maximum-Likelihood classification and linear spectral unmixing are used for these purposes. Regarding coastal water quality, MERIS data have been used to produce maps showing the distributions of chlorophyll-a, total suspended matter and yellow substance concentrations. These investigations have demonstrated, that remote sensing techniques can deliver information on quite a number of parameters, however their combination with conventional in-situ measurements is necessary to provide the best possible result.

### **1 Introduction**

Investigations have shown how remote sensing techniques can provide valuable information on different aspects of the coastal zones. The requirements on data for observing the coastal zone are very different and knowing what kind of data is suitable for which application is important if a reliable and accurate monitoring is to be achieved. The present contribution will focus on three concrete examples of how remote sensing data can be used in combination with in situ data to produce accurate quantitative maps of parameters viewed as being very important in coastal monitoring programmes, such as the Trilateral Monitoring and Assessment Programme (TMAP). These parameters include coastal morphology, sediment type and water quality. The studies outlined presently were driven mainly by End User requirements. These End Users were distributed mostly around the North Sea coast and each dealt with different aspects of the coastal zone.

The clear advantage of using remote sensing data is that they provide a synoptic overview of large area, whose measurement would not normally be possible using only ground-based techniques. There is, however, a limit to the number of optical remote sensors which are appropriate for monitoring the coastal zone, therefore knowing which sensor is best suited for which parameter and budget is a very important initial criteria. Table 1 lists typical representatives of the available satellites, with their respective characteristics.

Sensor	IKONOS	QUICK-BIRD	SPOT	IRS	LANDSAT ETM	MERIS FR	NOAA AVHRR	SeaWifs	MERIS RR
Spatial Resolution	1m (pan) 4m (ms)	0.7 m (pan) 2.6 m (ms)	20m	23m	30m	300m	1000m	1100m	1200m
Swath Width	11 km	22 km	60x60km	140x140km	183x172km		3000x6000km	2800km	1150 km
Spectral Resolution	1 pan 4 (vis, NIR)	1pan 4 (vis, NIR)	4 (vis, NIR)	3 Vis, NIR, thIR	8 (pan, vis, NIR, MIR, thIR)	15 (vis, NIR)	5 Vis, NIR, MIR, thIR	8 (vis, NIR)	15 (vis, NIR)
Temporal Resolution	3 days	1-3days	26 days	24 days	16 days	3 days	2-4 days	1 day	3 days
Price*	US\$29/km <sup>2</sup>	US\$30/km <sup>2</sup>	1250-2600€	1800€	US\$500	200€	100€	US\$50	200€

Tab. 1: Spatial and spectral characteristics of sensors used in the optical remote sensing of water constituents and land characteristics. \*Prices are only a rough guide for the present purposes and were mostly obtained from the recent Price Catalogue from Eurimage and Infoterra (2003) and refer to the price per km<sup>2</sup> and/or minimum request allowed for standard products (radiometric and geometric corrected).

For the present study data from the high resolution IKONOS were used to investigate coastal morphology, data from Landsat 7 ETM to map sediment type and data from the medium resolution MERIS instrument was employed for water quality mapping. Aside from the cost factor, the choice of these instruments was based on the requirement guidelines for monitoring these parameters, as outlined for example in the TMAP (1997) following from OSPAR (1997) and HELCOM (1988) (see Table 2).

Parameter	TMAP Guideline Measurement	Instrument
Coastal Morphology	Extent/Change Every 5-10 yrs	IKONOS
Sediment Type	Extent of mud sand and mixed sediment Every 5-10 yrs	LANDSAT
Water Quality (Chlorophyll_a concentration)	Biomass and extent Whole year: weekly or every 2 weeks (except in winter). Increase during bloom.	MERIS

Tab. 2: The choice of sensor depends on the parameter to be measured and the frequency of measurement required to accurately monitor changes.

## 2 Results

The following section shows how a good choice of sensors can be used to help in supporting monitoring activities in the coastal zone.

### 2.1 Coastal Morphology

The sometimes very small spatial-scale heterogeneous nature of coastal zones requires an instrument with a resolution of 1 metre or less. However, it is generally the case that the areas of interest extend over very large areas which even with airborne techniques is sometimes very difficult to achieve synoptically. This is where the IKONOS satellite which has a spatial resolution of 1 m in a panchromatic band and a 4 m resolution in the multispectral bands can be of great advantage. This combination of both panchromatic and several multispectral bands offers, on the one hand, the better spatial resolution of the panchromatic band and on the other hand the possibility of using the information contained in each of the four spectral bands. This combination is achieved by image sharpening techniques.

A prerequisite for change detection is the differentiation of surface types in the data. For the present example, an IKONOS image has been compared with vector data of morphological structures obtained from field mapping. The result shows lines of dune edges and waterlines compared with the IKONOS image. Changes can be detected at the extend of dune vegetation and slight shifting of water outlets.

Using a simple ratio of reflectances values in two spectral channels of IKONOS, a normalised difference vegetation index (so-called NDVI index, Weir and Herring, 2001) can be obtained of the vegetation density on dunes, with very little effort. This parameter is important for assessing the stability of the dunes. Another method for detecting vegetation density is the linear spectral unmixing (Hill 1998), using a sand and a vegetation endmember, which delivers comparable results.

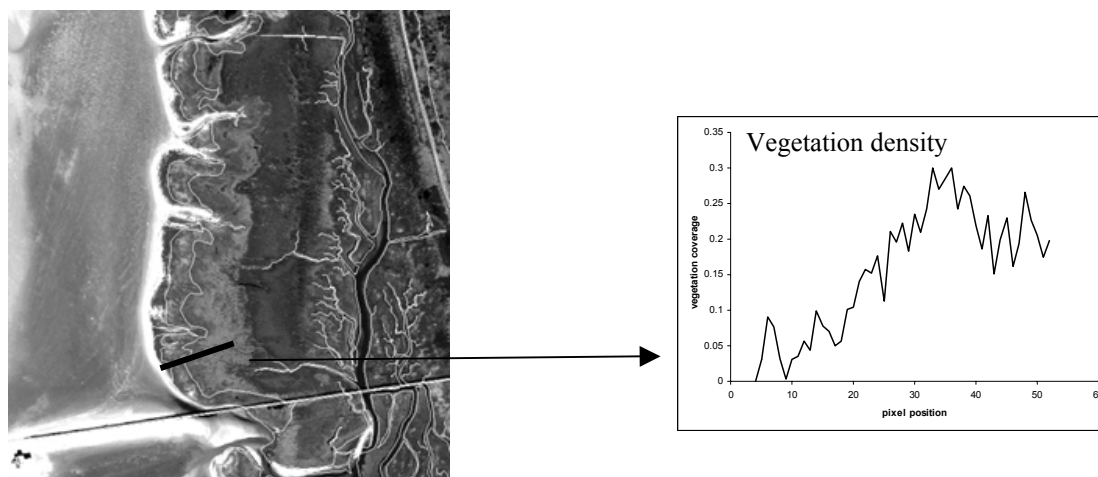


Fig. 1: Panchromatic IKONOS image with vector data set showing morphological borders and profile of vegetation density on dunes (derived from NDVI). NDVI values are dimensionless. The vector data set has been provided by ALR Husum.

## 2.2 Sediment classification

Sediment classification has been performed using Landsat ETM data (original Landsat ETM data provided by Eurimage © 2002). With a spatial resolution of 30 m and 7 spectral bands, this instrument fits well into the requirements for providing a good overview of a very large area while simultaneously providing a wide range of spectral information. In tidal flat areas, water remaining on the sediment during low tide can sometimes cause difficulties. Water strongly influences the spectral signal and leads to a misclassification of the sediment towards a more muddier class. The method applied here puts special emphasis on the water problem. Using a linear spectral unmixing technique, the percentage of sediment and water within each pixel of the image can be derived. As part the EU-FP5 HIMOM project this method has been successfully applied to different estuaries and intertidal flats around Europe, namely in the Westerschelde, The Netherlands, the German Wadden Sea, Barrow Estuary, Ireland and the Tagus Estuary in Portugal.

In addition to the spectral unmixing, an unsupervised classification gave similar results, however, as this method is based purely on image statistics, the results cannot easily be transferred to other scenes. Expert knowledge of the local area is necessary for interpretation, and the derived classes depend on the image statistics and may differ from scene to scene.

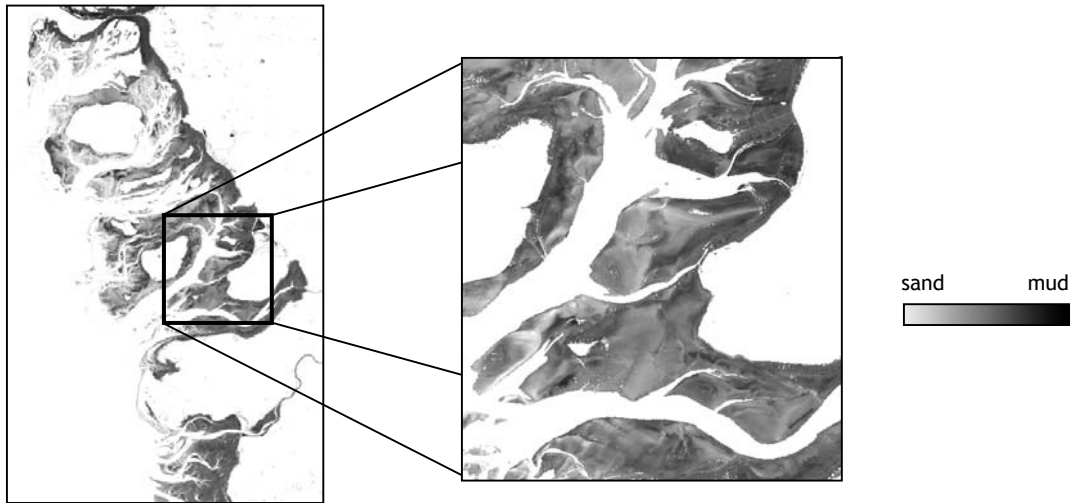


Fig. 2: Map of the distribution sediment type using linear spectral unmixing.

### 2.3 Water Quality

MERIS is a medium resolution imaging spectrometer developed specifically to retrieve the distribution and concentration of water quality parameters, namely chlorophyll-a, total suspended matter and yellow substance for both Case-1 and Case-2 waters. These parameters are derived from the multi-spectral information by inverting a radiative transfer model. This method differs significantly from the previously described since the physics of the imaging is modelled and inverted. As a result quantitative values of the water constituents can be derived, as well as quality information accompanying the concentration values (Brockmann, 2003). This is important since all national and international regulations include clear specifications of such concentrations.

Figure 3 shows a classified chlorophyll concentration map of the north-eastern of the North Sea for the period April – August 2003. The classification matched the requirements of the Norwegian monitoring programme and is a simple mapping of the continuous chlorophyll concentrations derived by MERIS. The averaging, binning, mapping and classification has been performed with the BEAM software, which has been specifically developed in order to support the post processing of MERIS data (Brockmann, 2003).

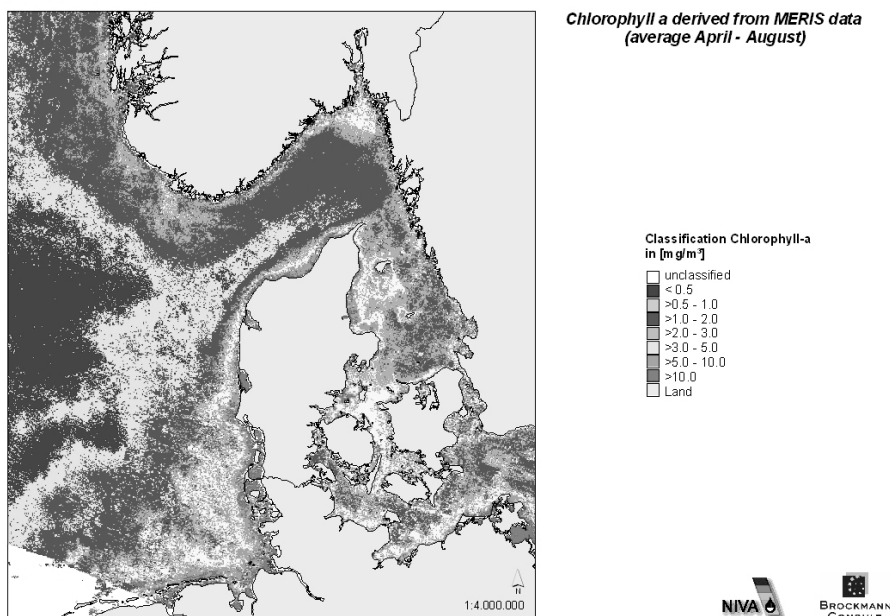


Fig. 3: Chlorophyll\_a concentration derived from MERIS full resolution products.

### 3 Discussion

That remote sensing data can contribute to our understanding of coastal systems in a quantitatively accurate and visually compelling way, reflects the development which has taken place both in the algorithms necessary to properly process these data and also the realization by scientists and policy makers alike that without such data a global assessment of ecosystems is next to impossible. Different sensors can be used for different monitoring applications and the present examples illustrate the potential these data have to contribute to operational monitoring programmes. In order to serve End Users with products which can be integrated into their monitoring programs, it is important to know what End Users require but it is similarly important for the End Users to know what is available and realistically possible. Communication between service providers, i.e. those providing the maps, and those people involved in policy and management decisions concerning the coastal zone is improving. Efforts such as the Global Monitoring for Environment and Security (GMES) programme, jointly initiated by the European Space Agency and European Commission, will certainly provide impetus to the dialogue between both parties. However, it should not be forgotten that the best way forward is to combine conventional methods with remote sensing techniques. This will ensure a consistent time series is obtained and may even offer a more cost effective alternative to only using expensive and time consuming field data collection methods.

### 4 References

- Trilateral Monitoring and Assessment Group, 1997: TMAP Manual. The Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP). Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- HELCOM, 1988: Guidelines for the Baltic Monitoring Program for the Third Stage, Baltic Sea Environment Proceedings No. 27 A, Helsinki Commission, December 1988
- OSPAR, 1997: Common procedure for the identification of the eutrophication status of the maritime area of the Oslo and Paris Conventions. OSPAR 97/15/1, Annex 24.
- Weier, J. and David Herring, D.: 2001, Measuring Vegetation (NDVI and EVI). Earth Observatory Reference, NASA online Library, <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/>
- Hill, J., 1998: Neue Wege zur geowissenschaftlichen Auswertung multispektraler Fernerkundungsdaten. Geographische Rundschau, Bnd. 50, S. 113-119
- Brockmann, C. et al, 2003: BEAM – Basic MERIS and AATSR Toolbox (<http://www.brockmann-consult.de> → projects → BEAM)
- Brockmann, C., 2003: Scope of Water Products - The Quality and Science Flags. MERIS User Workshop 2003. Proceeding (in press). ESRIN, Frascati, Italy.

### Address

Kerstin Stelzer  
Brockmann Consult  
Max-Planck-Str. 2  
21502 Geesthacht  
Germany

E-mail: [kerstin.stelzer@brockmann-consult.de](mailto:kerstin.stelzer@brockmann-consult.de)





## **Raumanalyse im offshore-Bereich östlich und südlich der Insel Rügen (Pommersche Bucht) - Konfliktanalyse zur Verlegung von Energiekabeln - <sup>1</sup>**

UmweltPlan GmbH Stralsund, Germany

<sup>1</sup> Die Darstellungen basieren auf dem gleichnamigen Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Arbeit und Bau des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung Raumordnung und Landesplanung

### **Abstract**

The Special Protection Area (SPA) "Greifswalder Bodden" and the Pommern Bay are most important wintering areas for waterfowl during winter in the entire Baltic Sea. The region is also important for migratory, breeding waterfowl and habitat of different animal and plant types, for example the sea mammal species Schweinswal. An important task for the spatial and regional planning system is a conflict-management to use of a suitable route passage and the bundling of cable and pipelines. Greifswalder Bodden, including the Boddenrandschwelle and the Peenestrom, the region of Oderbank and the Adlergrund are areas for protection natural environment. To optimize the infrastructure projects to avoid or reduce negative environmental impacts it is possible to use a cable-route without main conflicts.

### **1 Einführung, Zielstellung**

Unter den Hauptnutzungsanlagen des Küstenmeeres gewinnen zunehmend Formen der Energiegewinnung (Windenergieanlagen) und der Energieübertragung (Rohrleitungen für flüssige und gasförmige Rohstoffe/Produkte) sowie Kabel für die Elektroenergieübertragung an Bedeutung (nach: Ostseeinstitut für Marketing, Verkehr und Tourismus 1999).

Die aktuellen Nutzungsansprüche an den Offshore-Bereich innerhalb der 12-Seemeilenzone haben Konflikte deutlich werden lassen, die aufgrund einer fehlenden Gesamtübersicht der Meeresnutzungen zunehmen.

Die Ermittlung von potentiellen Nutzungsmöglichkeiten, die natur- und wirtschaftsräumliche Verflechtung zwischen Festland und Küstenmeer ist außerdem von genereller Bedeutung für die Raumordnung und Landesplanung von Mecklenburg-Vorpommern (z.B. für Festlegungen im Landes-Raumordnungs-/Entwicklungs-Programm).

Ziel der Untersuchungen war es, vor dem Hintergrund der spezifischen Fragestellung der Elektroenergieübertragung von Offshore-Windkraftanlagen zu entsprechenden Einspeisungspunkten auf dem Festland eine Raumanalyse durchzuführen. Hierbei wurden auf der Basis vorhandener Daten sowohl nutzungsbezogene als auch naturschutzfachliche Belange betrachtet.

Ein Ergebnis der Raum- und Konfliktanalyse ist die Darstellung von relativ konfliktarmen Bereichen für die Verlegung von Energiekabeln.

Die Kartendarstellung von verschiedenen Nutzungsansprüchen und Ergebnissen der Raumanalyse erfolgen im Maßstab 1:250.000. Aus den Ergebnissen können Hinweise für die Überarbeitung des Raumordnungsprogrammes abgeleitet werden.



## 2 Bestands- und Konfliktanalyse

Als Grundlage wurde eine Bestandsdarstellung und eine Konfliktanalyse gegenüber der Anlage und des Betriebes von Energiekabeln für folgende Themen vorgenommen:

Nutzungen	Arten- und Biotopschutz
Schifffahrt	Makrophyten und Makrozoobenthos
Klappstellen	Vogelwelt
Rohstoffnutzung	Fischfauna und Meeressäuger
Militärgebiete	Schutzgebiete des Arten- und Biotopschutzes
Daten- und Gasleitungskabel	
Fischerei	
Erholungsvorsorge	
Gebiete mit Munitionsbelastung	
Messbojen und andere schifffahrtstechnische Anlagen wie Tonnen und Bojen	

Ausgehend von der Konfliktanalyse wurden folgende Hauptkonflikte für den Bereich der Seegewässer herausgestellt, die durch die Anlage und den Betrieb von E-Kabeln hervorgerufen werden:

- Querung von Reeden, Klappstellen und munitionsbelasteten Gebieten
- Querung von Rohstoffgewinnungsgebieten
- Ausfall des Trassenkorridors bzw. starke Einschränkungen für die Fischerei, insbesondere bei Schleppnetzfisherei
- Querung des Artillerieschiessgebietes
- Querung von Bereichen mit Bodendenkmalen
- Beeinträchtigung von Makrophytobenthos durch die Kabelverlegung
- Beeinträchtigung von Zoobenthos (insbesondere Block- und Steingründe) durch die Kabelverlegung
- mögliche Beeinträchtigung des Wanderverhaltens von Fischen und Meeressäugern durch elektrische und magnetische Felder des E-Kabels (Wirkungen sind noch nicht ausreichend untersucht)

Die Bewertung des Konfliktpotenzials bei der Anlage und dem Betrieb von E-Kabeln als Grundlage für die Ausweisung von konfliktarmen Bereichen wurde folgendermaßen vorgenommen:

geringes Konfliktpotenzial:	Vorschlag für IBA-Gebiet
mittleres Konfliktpotenzial:	vorhandene und vorgeschlagene BSPA's und SPA Gebiet, in dem häufig eine Konzentration von Wasservögeln beobachtet wurde
hohes Konfliktpotenzial:	Gebiet mit FFH-Lebensraumtypen Artillerieschiessgebiet
sehr hohes Konfliktpotenzial:	Rohstoffgewinnungsgebiet Naturschutzgebiete und gemeldete FFH-Gebiete ausgewählte marine Lebensräume: Gebiete mit Makrophyten (außer Rot- und Grünalgen-Gesellschaften) und Gebiete mit Block- und Steingründen (Hartsubstrate)
„Ausschlussgebiet“:	Reeden genutzte Klappstellen

Eine Optimierung des Trassenverlaufs im Interesse der Fischerei war nicht möglich, da das gesamte Untersuchungsgebiet als bedeutsam für die Fischerei infolge der Variabilität der Fanggründe eingestuft wird. Da die Vogelwelt bei der Anlage und dem Betrieb von E-Kabeln nur indirekt betroffen ist (Beeinflussung von Nahrungsgrundlagen, erhöhter Schiffsverkehr bei Bau, Wartung und Havarien u.ä.), wurden aus avifaunistischer Sicht schützenswerte Bereiche nur in ein relativ geringes Konfliktpotenzial eingestuft.

### 3 Ableitung von konfliktarmen Bereichen gegenüber der Anlage und dem Betrieb von E-Kabeln

Im Ergebnis der Darstellung des Konfliktpotenzials ergeben sich „Hauptkonfliktträume“ bzw. Räume mit relativ geringem Konfliktpotenzial.

Als „Hauptkonfliktträume“ können für das Untersuchungsgebiet herausgestellt werden:

⇒ aus naturschutzfachlicher Sicht:

- die Flachwassergebiete und Nebengewässer (Buchten und Wieken) des Greifswalder Boddens einschließlich des nördlichen Peenestroms,
- das Flachwassergebiet der Boddenrandschwelle des Greifswalder Boddens,
- die küstennahen Flachwassergebiete der Inseln Rügen und Usedom,
- die Oderbank und ihr großräumiges Umfeld,
- der Adlergrund und sein benachbartes Umfeld

⇒ aus Sicht anderer Nutzungsanforderungen:

- die relativ kleinflächig ausgeprägten Bereiche mit Reeden, Klappstellen,
- die Rohstoffgewinnungsgebiete
- das Artillerieschiessgebiet infolge Beschädigungsrisiko für Kabel und Leitungen

Der Konflikt mit der Fischerei lässt sich nicht räumlich differenzieren.

Demnach können für die Seegewässer konfliktarme Bereiche abgeleitet werden, die aus Abbildung 1 ersichtlich sind. Ein konfliktarmer „Korridor“ erstreckt sich von Süden nach Norden zwischen der Insel Rügen (ca. 6 bis 12 km entfernt) und dem Artillerieschiessübungsgebiet. Er liegt damit relativ weit von der Oderbank und dem Adlergrund entfernt.

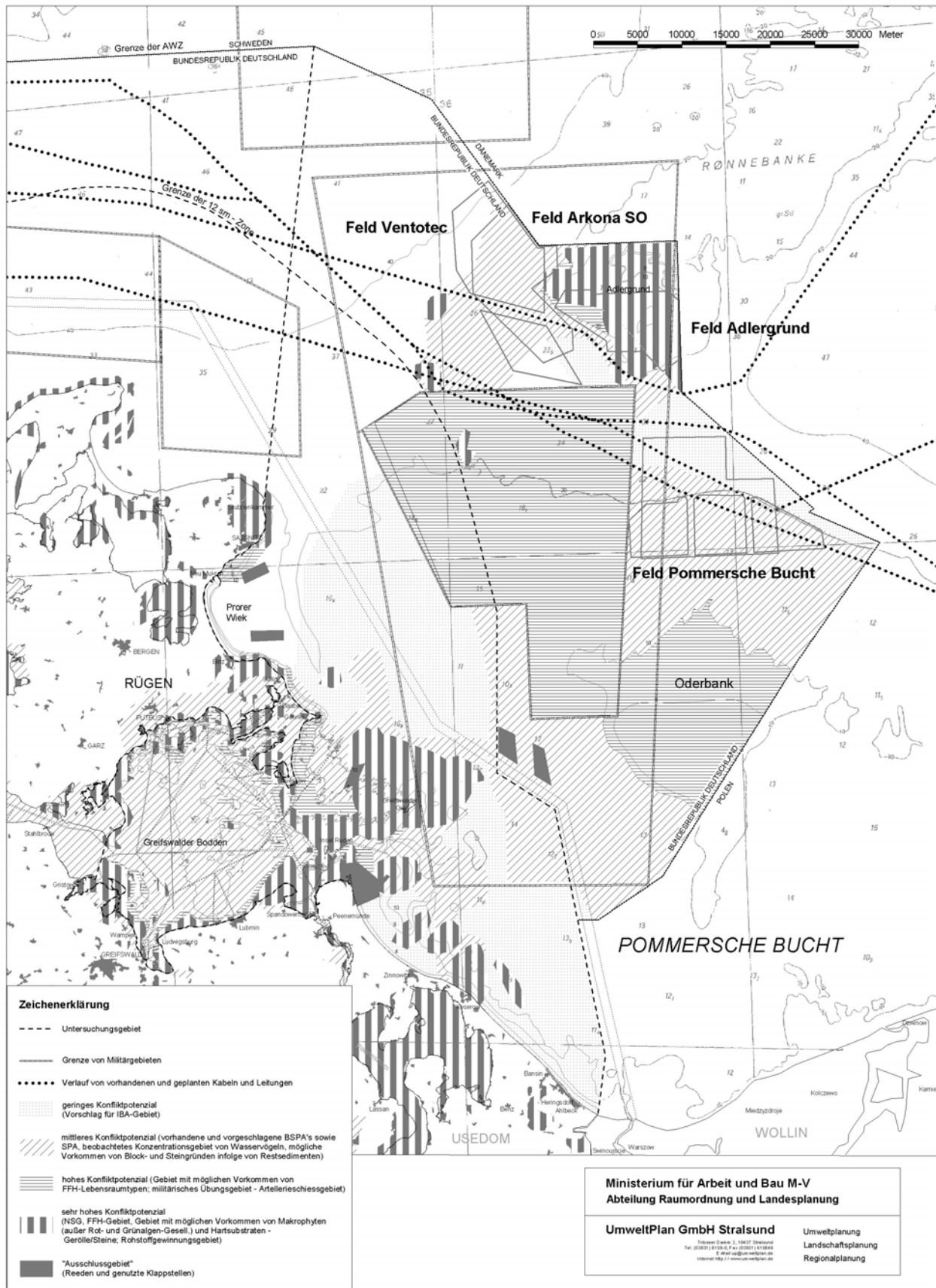


Abb. 1: Darstellung des Konfliktpotenzials als Grundlage zur Ableitung konfliktarmer Bereiche

## **Literatur**

Ostseeinstitut für Marketing, Verkehr und Tourismus (1999): Raumbedeutsame Nutzungen im offshore-Bereich vor der Küste von Mecklenburg-Vorpommern. Rostock.

UmweltPlan & Geographisches Institut Der Universität Greifswald (2001): Möglichkeiten zur nachhaltigen Entwicklung der vorpommerschen Ostseeküste im Bereich des EU-Vogelschutzgebietes „Greifswalder Bodden“ unter besonderer Berücksichtigung touristischer Nutzungen. Stralsund und Greifswald.

## **Adresse**

UmweltPlan GmbH Stralsund  
Tribseer Damm 2  
18437 Stralsund

Email: [up@umweltplan.de](mailto:up@umweltplan.de)





## **Windenergienutzung in Mecklenburg-Vorpommern – Planung von Eignungsräumen für Onshore-Windenergieparks**

### **The Use of Wind Energy in Mecklenburg-Vorpommern – Planning of suitable Space for Wind Farms onshore**

Catrin Strauch

Diplomandin der Universität Hamburg, Fachbereich Geographie, Germany

#### **Abstract**

Possessing one of the most extensive wind resources among the German states, Mecklenburg-Vorpommern, due to its plane relief, also contains vast areas for the potential use of wind energy. This coastal region also stands out through its abundance of coherent natural areas and its function as a crossroads for migratory birds in Europe. Apart from that, the tourism sector, which is also directly based on the landscape, serves as the most important source of income for the state.

The rapid development of the wind energy industry closely interacts with the legal bases for the spatial control of the use of this industry. Consisting of a high number of municipalities without being appropriately equipped with the necessary land utilisation plans, Mecklenburg-Vorpommern needs thoroughly developed planning procedures that are capable of catching up with the requirements of the quickly evolving wind energy industry. The state was the first who decided on allocating regions suitable for the use of wind energy in documents called "Regionale Raumordnungsprogramme". Thus the state uses following tool for regional planning: "Ziele der Raumordnung und Landesplanung".

By identifying and allocating suitable spaces for the use of wind energy and banning this technology outside these designated areas at the same time planning procedures become more reliable and the number of conflicts is minimised, at least on the regional scale.

## **1 Einleitung**

### **1.1 Konfliktpotentiale im Überblick**

Mecklenburg-Vorpommern (MV) hat zur Minderung klimarelevanter Emissionen die Windenergienutzung fest integriert: Das Ziel des Landesenergiekonzeptes, 20 % des Energiebedarfs mit Windenergieanlagen im Land zu erzeugen, ist mittlerweile erreicht. Parallel zum bundesweiten Trend erlebte MV einen enormen Boom in der Windenergienutzung, nicht zuletzt durch staatliche Förderungen (Erneuerbare-Energien-Gesetz von 2000) und Beseitigung rechtlicher Hemmnisse für den Bau der Anlagen (Novellierung des Baugesetzbuches 1997) (Strauch 2003).

Für die Windenergienutzung kommen aus technischen und ökonomischen Gründen vor allem Standorte im Außenbereich der Gemeinden in Frage (Mielke 1995). Die Aufstellung der Anlagen führt jedoch gerade hier zu einer Reihe von Konflikten: Unter anderem kann es zu Störungen des Naturhaushaltes, vornehmlich der Avifauna, zu Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und des davon direkt abhängigen Tourismus sowie zu Belastungen der Bevölkerung kommen (Breuer 1996, Mielke 1995). So sind Gesamthöhen moderner Onshore-Anlagen von 120 m bereits die Norm.

### **1.2 Möglichkeiten der räumlichen Steuerung von Windenergieanlagen**

Die potentiellen Konflikte verdeutlichen die Dringlichkeit einer vorsorgenden räumlichen Steuerung der Windenergienutzung. Zur Beseitigung rechtlicher Hemmnisse und zur Förderung erneuerbarer

Energien wurden Windenergieanlagen 1996 durch das Bundesverwaltungsgericht in den Katalog der privilegierten Vorhaben aufgenommen (§ 35 Abs. 1 Nr.6 BauGB). Das Gesetz der Privilegierung von Windenergieanlagen trat am 1. Januar 1997 in Kraft. Mit der Zuweisung zum Außenbereich bedeutet Privilegierung, dass die Errichtung von Windenergieanlagen gegenüber öffentlichen Belangen höher gewichtet wird. Eine Baugenehmigung muss erteilt werden, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen und die ausreichende Erschließung gesichert ist (DSTGB 2002). Um die generelle Zulassung und somit einer ungeordneten Errichtung einer Vielzahl von Windenergieanlagen bei gleichzeitiger Förderung zielgerichteter Konzentration von Windenergieanlagen zu Windenergieparks zu vermeiden, wurde den Gemeinden eine planungsrechtliche Steuerungsmöglichkeit für die Ansiedlung von Windenergieanlagen gegeben: Nach § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB gilt, dass Gemeinden durch zielförmige positive Standortausweisungen im Flächennutzungsplan an einer oder mehreren Stellen innerhalb des Plangebietes Windenergieanlagen konzentrieren und gleichzeitig die Zulassung weiterer Anlagen im übrigen Plangebiet regelmäßig ausschließen können (s. Abbildung 1) (Schmidt 1998).

Neben der Möglichkeit einer positiven Standortzuweisung von Windenergieanlagen an einer oder mehreren Stellen im Gemeindegebiet durch die Flächennutzungsplanung mittels Vorrangzonen hat auch die Regionalplanung die Möglichkeit, Flächen für Windenergienutzung freizuhalten oder solche für die Windenergienutzung festzulegen. Dieses erfolgt durch sogenannte „Ziele der Raumordnung und Landesplanung“. Laut § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB stehen öffentliche Belange einem Vorhaben in der Regel auch dann entgegen, soweit hierfür durch Darstellungen im Flächennutzungsplan oder als „Ziele der Raumordnung“ eine Ausweisung an anderer Stelle erfolgt ist (Schmidt 1998).

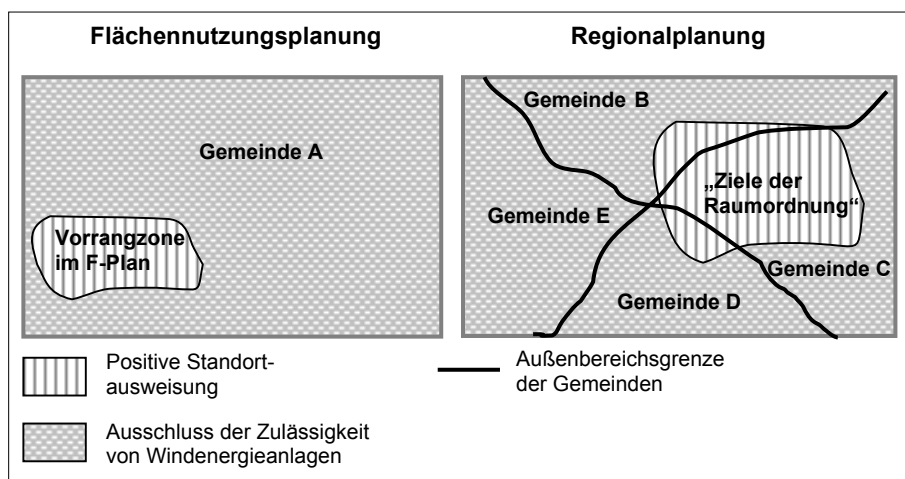


Abb. 1: Planungsrechtliche Steuerungsmöglichkeiten der Kommunen und der Regionalplanung im Vergleich (nach § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB). Eigene Graphik.

Wie Abbildung 1 zeigt, erfolgt die räumliche Steuerung der Raumordnung regional über Gemeindegrenzen hinaus, die der Flächennutzungsplanung beschränkt sich zumeist auf ein Gemeindegebiet. Eine Ausnahme besteht dann, wenn sich mehrere Gemeinden zusammengeschlossen und einen gemeinsamen Flächennutzungsplan erstellt haben (DSTGB 2002).

Raumbedeutsame Vorhaben, wie moderne Windenergieanlagen dürfen nach § 35 Abs. 3 Satz 2 BauGB den „Zielen der Raumordnung“ nicht widersprechen. Das bedeutet, dass Windenergieanlagen außerhalb der von der Regionalplanung ausgewiesenen Eignungsflächen für Windenergienutzung unzulässig sind. Darüber hinaus sind die Flächennutzungspläne nach § 1 Abs. 4 BauGB den „Zielen der Raumordnung“ anzupassen (Schmidt 1998).

Eine derartige weitreichende rechtliche Wirkung der festgelegten Standorte sowohl durch Flächennutzungspläne als auch durch Regionalpläne setzt eine flächendeckende Überprüfung des gesamten Planungsraumes auf geeignete Standorte sowie eine schlüssige Darlegung der Auswahlgründe voraus. Neben der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit bzw. Windhöufigkeit von Standorten sind aus Sicht des

Natur- und Landschaftsschutzes, des Immissionsschutzes sowie aus Sicherheitsgründen Restriktionen und Empfehlungen zu beachten, die sich in Ausschlussgebieten, besonderen Abwägungserfordernissen und Abstandsempfehlungen erstrecken. Die Privilegierung wurde demnach von einer Planung auf Landes- und Kommunalebene abhängig gemacht. (DSTGB 2002, Schmidt 1998, Nicolai 1996).

Die gleichwertige Steuerungsmöglichkeit der Windenergienutzung im Außenbereich durch die Flächennutzungsplanung und durch die Regionalplanung erwirkt, dass Regionalpläne an die Stelle fehlender Flächennutzungspläne treten. Die Raumordnung hat in diesem Fall eine direkte Bindungswirkung gegenüber den Gemeinden, wobei die Landesplanung bis auf die Kommunalebene hinuntergreift. Sind hingegen in den regionalen Raumordnungsprogrammen keine Standorte für die Windenergienutzung in Form von "Zielen der Raumordnung" ausgewiesen worden, so geht die räumliche Steuerung komplett auf die Gemeinde über. Diese kann dann in ihrem gesamten Außenbereich nach Belieben Flächen für die Windenergienutzung im Flächennutzungsplan ausweisen oder durch ziel förmige positive Standortzuweisung den übrigen Außenbereich freihalten (DSTGB 2002). Hat sich aber die Gemeinde in ihrer Bauleitplanung nicht mit der Windenergienutzung befasst, so bleibt ihr gesamter Außenbereich privilegiert. Die Windenergienutzung würde lediglich der Windhöflichkeit unterliegen mit der Konsequenz, dass überall dort, wo es für die kommerzielle Windenergienutzung windhöflich genug ist, Anlagen errichtet werden dürfen (Nicolai 1996).

Damit die kommunale Steuerungsmöglichkeit nunmehr greifen kann, müssen vorhandene Flächennutzungspläne geändert oder neu aufgestellt werden. Um den Gemeinden einen ausreichenden Vorlauf für die erforderliche Planung zu ermöglichen, wurde gleichzeitig eine Übergangsvorschrift erlassen. Gemäß § 245 b BauGB hatte die Baugenehmigungsbehörde auf Antrag der Gemeinde die Entscheidung über die Zulässigkeit von Windenergieanlagen bis längstens zum 31.12.1998 auszusetzen, wenn die Gemeinde beschlossen hatte, Windenergieanlagen für ihr Gebiet durch Bauleitplanung zu ordnen oder die Landesplanungsbehörde eine Aufstellung von "Zielen der Raumordnung" zur Planung von Windenergieanlagen eingeleitet hat. Danach, also am 1. Januar 1999, sollte dann die volle Privilegierung greifen (Schmidt 1998).

## **2 Planerische Umsetzung unter Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen und der Ausgangslage in Mecklenburg-Vorpommern**

Die Notwendigkeit des Ausbaus der Windenergienutzung bezüglich des Klimaschutzes einerseits sowie die Windhöflichkeit Mecklenburg-Vorpommerns auf der anderen Seite schufen eine problematische Ausgangslage, besonders im Hinblick auf die unzerstörten, großräumig zusammenhängenden Naturgebiete sowie die Bedeutung des Tourismus.

Darüber hinaus ist in Ostdeutschland im Gegensatz zu Westdeutschland keine Gemeindegebietsstrukturreform durchgeführt worden. Somit ist auch Mecklenburg-Vorpommern durch eine vergleichsweise sehr hohe Gemeindezahl charakterisiert. Bedenkt man nun, dass die kommunale Steuerungsmöglichkeit der Windenergienutzung nach dem Gesetz der Privilegierung nur dann greift, wenn ein Positivstandort in der Gemeinde ausgewiesen wurde und somit jede Gemeinde in den Zwang kommt, einen Standort in ihrem F-Plan auszuweisen, damit der übrige Außenbereich freigehalten werden kann, so wird die Ausgangssituation gerade für Mecklenburg-Vorpommern mit seiner hohen Zahl an Gemeinden, der starken Windhöflichkeit und somit Anreiz für Investoren sowie der technischen Entwicklung der Anlagen noch verschärft (Strauch 2003).

Die Annahme des Gesetzgebers, dass eine flächendeckende Planung in Form von Flächennutzungsplänen, die lediglich überarbeitet werden müssen, vorhanden ist, machte die Situation für Mecklenburg-Vorpommern nicht einfacher, den laut Ministerium für Arbeit und Bau MV hatten Anfang/Mitte der 90er Jahre lediglich ca. 15 % der Gemeinden F-Pläne. 1990 waren der neuen Regierung keine entsprechenden Pläne überliefert worden. Die Gemeinden beriefen sich im Falle vorliegender Bauanträge für Windenergieanlagen auf die erwähnte Übergangsregelung, nach der die Entscheidung über die Zulässigkeit von Windenergieanlagen bis längstens zum 31.12.1998 ausgesetzt werden konnte. Anstatt Flächennutzungspläne aufzustellen und das eigene Gemeindegebiet planungsrechtlich zu ord-



nen, ließ man die Antragsflut Mitte der 90er Jahre unberücksichtigt und verließ sich auf die Landesregierung (Nicolai 1996). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die ablehnende Haltung der Bevölkerung gegenüber Windenergienutzung. Die Ursache liegt laut Ministerium für Arbeit und Bau MV in der Bevölkerungsverteilung MVs, die durch ein durchschnittlich hohes Alter charakterisiert ist. Die jüngere Bevölkerung scheint gegenüber der neuen Technologie Windkraft aufgeschlossener zu sein.

Die dargelegte Ausgangslage bedingte, dass der Ausbau der Windenergienutzung nur durch eine neutrale Eignungsgebietsausweisung auf regionaler Ebene in den Griff zu bekommen war, woraufhin eine objektive Planung durch ein flächendeckendes Gutachten erfolgte (Strauch 2003). Landesweit wurden schließlich 105 Eignungsräume für Windenergienutzung unter Berücksichtigung naturschutzrelevanter Kriterien und Landschaftsbild sowie technischer und wirtschaftlicher Belange ausgewiesen (Ministerium für Arbeit und Bau MV 1999).

Als gebietsbezogene Festlegungen in den regionalen Raumordnungsprogrammen stehen nach § 7 Abs. 4 Raumordnungsgesetz Vorranggebiete, Vorbehaltsgebiete und Eignungsgebiete zur Verfügung (Runkel 1997). Man entschied sich für die Kombination von Eignungsgebiet und Vorbehaltsgebiet: Eignungsgebiete sind für bestimmte, raumbedeutsame Maßnahmen geeignet, die städtebaulich nach § 35 BauGB zu beurteilen sind und an anderer Stelle im Planungsraum ausgeschlossen werden, Vorbehaltsgebiete weisen Gebiete aus, in denen bestimmten, raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Nutzungen besonderes Gewicht beigemessen werden soll (Runkel 1997). Eignungsgebiete haben also eine Steuerungswirkung nach Außen: nur im Inneren ist Windenergienutzung möglich bei gleichzeitigem Ausschluss nach Außen. Damit ist die Ansiedlung von Windenergieanlagen innerhalb der Eignungsgebiete noch nicht geregelt. Man kombinierte nun Eignungsgebiet (Steuerung nach Außen) und Vorbehaltsgebiet mit dem Steuerungsziel-Vorbehalt für Windenergieanlagen- nach Innen:

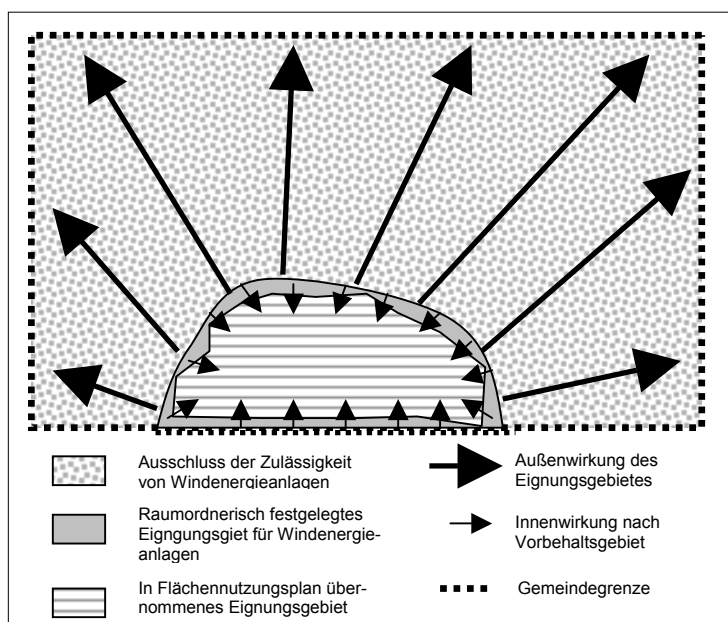


Abb. 2: Raumordnerische Steuerung von Windenergieanlagen in Mecklenburg-Vorpommern und Umsetzung der Eignungsflächen in der Kommunalplanung. Eigene Graphik.

Die Eignungsgebiete haben also nach Innen die Wirkung eines Vorbehaltsgebietes. Wegen der Privilegierung kommt der Windenergienutzung im Eignungsgebiet ein besonderes Gewicht zu. Die Eignungsflächen der Raumordnung müssen in die F-Pläne übernommen werden, wobei den Gemeinden ein gewisser Konkretisierungsspielraum bleibt: Generalisierende, auf Maßstabsebene der Raumordnung abgeprüfte Belange können die Belange der Gemeindeebene nicht vollständig berücksichtigen, weshalb bei der Übernahme der Eignungsgebiete in die Bauleitpläne Modifikationen erlaubt sind. In-

nerhalb der Eignungsgebiete verbleibt den Gemeinden deren Ausgestaltung im Rahmen der Bauleitplanung (Stüer 1998, Schmidt 1998 et al.).

### 3 Diskussion

Konfliktpotentiale und rechtliche Rahmenbedingungen zeigen, dass eine regionalplanerische Eignungsflächenausweisung gerade im Hinblick auf die überörtliche Wirkung von Windenergieanlagen gepaart mit der besonderen Ausgangslage Mecklenburg-Vorpommerns erforderlich war. Mecklenburg-Vorpommern hat als Vorreiter der flächendeckenden Ausweisung von Eignungsflächen für Windenergienutzung einen guten Weg gefunden, Windenergieanlagen konzentriert an geeigneten Standorten raumordnerisch zu steuern und gleichzeitig den Gemeinden eine Planungsgrundlage zu schaffen. Darüber hinaus wird den Gemeinden durch die raumordnerische Flächenfestlegung Planungssicherheit geboten, da eine Einschränkung der Privilegierung von Windenergieanlagen im Außenbereich nach § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB erfolgt ist, womit einer „Verspargelung“ der Landschaft von vorn herein entgegengewirkt werden konnte und sich zum anderen die Gemeinden auf diese voroptimierten Flächen berufen können. Unberücksichtigt bei der flächendeckenden Untersuchung im Hinblick auf Belange von Natur und Landschaft sowie auf das technisch nutzbare Potential als Grundlage für die Eignungsflächenausweisung blieb jedoch die wichtigste Wirtschaftssäule des Landes, der Tourismus, obwohl Fremdenverkehr und Erholung im Raumnutzungskonflikt mit der Windenergienutzung stehen. Für eine umfassende Beurteilung der Standorte ist ein Raumnutzungskonzept unter Einbezug des Tourismus gefordert. Hierfür notwendige Akzeptanzuntersuchungen sollten aufgrund der immer größer werdenden Anlagenhöhen und stärkeren Konzentrationen von Windenergieanlagen periodisch wiederholt werden- gerade im Hinblick auf die zukünftige Offshore-Windenergienutzung.

Die Verantwortung Mecklenburg-Vorpommerns weit über die Landesgrenzen hinaus erstreckt sich in der avifaunistischen Bedeutung, die es durch vollständige Umsetzung der FFH- und europäischen Vogelschutzrichtlinie auf allen Planungsebenen zu berücksichtigen gilt. Darüber hinaus wären hierfür periodische Untersuchungen zeitlich unabhängig von der Fortschreibung der Regionalen Raumnordnungsprogramme erforderlich, da Veränderungen in der Vogelwelt schneller erfolgen, als neue Regionalpläne aufgestellt sind.

Die Tatsache, dass die Kompetenz der regionalplanerischen Flächenausweisung bei den vier Planungsregionen anstatt bei Landkreisen liegt, bedeutet eine generalisierendere Betrachtung des Raumes und erzeugt somit eine größere Distanz der Regionalplanung zu den Gemeinden. Kommunale Belange können noch schwieriger berücksichtigt werden als es auf Kreisebene der Fall wäre. Hier liegt unter anderem die Ursache für Konflikte, bei denen sich zum Beispiel Eignungsflächen für Windenergienutzung mit FFH-Gebieten sowie Natur- und Landschaftsschutzgebieten überschneiden (Strauch 2003).

Entwicklungsphasen in der Windenergienutzung sind v.a. die Folge von Änderungen im Rechtssystem. Die unteren Gesetzgebungsebenen und ausführenden Körperschaften können aber sowohl mit der Anlagenentwicklung als auch mit den Gesetzen der Natur kaum mithalten. Dies birgt die Gefahr einer Überforderung von staatlichen Genehmigungsbehörden und Gemeinden. Es muss nicht nur in periodisch engeren Abständen, sondern auch weiter vorausschauend geplant werden, wobei externe Fachplaner den Gemeinden bei Seite stehen sollten. Nach Meinung befragter Experten im Rahmen der Diplomarbeit (Strauch 2003) zeigt sich die Tendenz, dass bei vielen Akteuren der Windenergiebranche eine Unkenntnis über die Planungspraxis vorherrscht. Vor allem Investoren unterschätzen die Verbindlichkeit der Regionalen Raumnordnungsprogramme. Darüber hinaus müssen sich die verantwortlichen Genehmigungsbehörden ihrer Kompetenz bewusst sein, um als Bindeglied zwischen Land, Kommune und Investor fungieren zu können. Ferner müssen die Kommunen begreifen, dass es mit der Planung auf Landesebene nicht erledigt ist. Sie stellt lediglich das Fundament für die Kommunalplanung dar. Einerseits wird hier die Gebundenheit der Gemeinden an die Raumnordnung deutlich, andererseits jedoch verbleibt ihnen ein gewisser Planungsspielraum, der in der Flächennutzungspla-

nung erfolgreich genutzt werden kann, wie die Untersuchung von Beispielgemeinden im Rahmen der Diplomarbeit aufzeigt (Strauch 2003). Die Rahmensetzung des Landes belässt durchaus einen Frei- raum für kommunale Planungen, sei es beim Ausbau der vorgegebenen Eignungsflächen oder bei deren Einschränkung. Voraussetzung hierfür ist ein schlüssiges Planungskonzept der Kommunen, die sich qualifiziert mit dem Thema Windenergienutzung auseinandersetzen müssen. Nur so können auch wirtschaftliche Vorteile für die Gemeinde entstehen, die gleichfalls der Imageaufbesserung der Wind- energienutzung dienen.

Geboten ist also vor allem auf Kommunalebene in Abstimmung mit der Regionalebene ein Raumnut- zungskonzept, nach dem Nutzungen nicht konkurrieren, sondern kooperieren, damit Windenergiean- lagen möglichst konfliktfrei aufgestellt werden können, gerade im Hinblick auf die landschaftliche Bedeutung Mecklenburg-Vorpommerns. Im Zusammenhang damit können die Gemeinden im doppel- ten Sinne mit Umweltbewusstsein werben: Förderung regenerativer Energien im Einklang mit Natur und Landschaft. Die Voraussetzung hierfür ist sowohl die Akzeptanz der Windenergienutzung durch Touristen, als auch die der Bevölkerung. Eine geringe Akzeptanz ist häufig Ausdruck von Kommuni- kationsproblemen. Gefördert werden kann diese durch entsprechende Transparenz in der Planung, z.B. durch Informationsveranstaltungen, die über das Beteiligungsverfahren bei Aufstellung der Be- bauungspläne hinaus reichen.

## Literatur

- Breuer, W. (1996): Naturschutz und Windkraftnutzung. Planungsgrundsätze für die Integration der Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege beim Ausbau der Windenergienutzung. Thesenpapier des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie, Abt. Naturschutz. Hannover.
- Deutscher Städte- und Gemeindebund (DSTGB) (Hrsg.) (2002): Planungsrechtliche Steuerung von Windenergieanlagen durch Städte und Gemeinden. Dokumentation Nr. 25. Ausgabe 7-8/2002. Verlag Winkler u. Stenzel GmbH. Burgwedel.
- Mielke, B. (1995): Räumliche Steuerung von Windenergieanlagen. ILS. Dortmund.
- Ministerium für Arbeit und Bau des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (1998): Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen, Erlass des Ministeriums für Bau, Landesentwicklung und Umwelt vom 2. November 1998 –VIII 200/410-510.18.9-.
- Ministerium für Arbeit und Bau des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (1999): Windener- gienutzung im Spannungsfeld zwischen Klimaschutz, Naturschutz, Wohnen und Tourismus. In- formationsreihe der Obersten Landesplanungsbehörde Nr. 1/1999. Schwerin.
- Nicolai, v. H. (1996): Privilegierung der Windenergie durch Änderung des Baugesetzbuches. Infor- mationsschrift. Unveröffentlicht. Schwerin.
- Runkel, P. (1997): Steuerung von Vorhaben der Windenergienutzung im Außenbereich durch Raum- ordnungspläne, DVBL, S. 275 ff.
- Schmidt, J. (1998): Die Raumordnungsklauseln in § 35 BauGB und ihre Bedeutung für Windkraft- vorhaben. DVBL, S. 669 ff.
- Strauch, C. (2003): Windenergienutzung in Mecklenburg-Vorpommern – Planung von Eignungsräu- men auf Landes- und Kommunalebene und deren Bedeutung für die Realisierung von Onshore- Windenergieparks. (unv.) Diplomarbeit. Hamburg 2003.
- Stüer, B. (1998): Planungsrechtliche Zulässigkeit von Windenergieanlagen, in: Baurecht, Heft 05/98.

## Adresse

Catrin Strauch  
Eulenstraße 55  
22765 Hamburg

E-mail: c.strauch@gmx.de



# **Handlungsempfehlungen zur nachhaltigen Entwicklung im EU-Vogelschutzgebiet „Greifswalder Bodden“ auf der Grundlage der räumlichen und zeitlichen Ordnung der Erfordernisse des Biotop- und Artenschutzes sowie der Nutzungsanforderungen und -potenziale<sup>1</sup>**

UmweltPlan GmbH Stralsund, Germany

<sup>1</sup> Die Darstellungen basieren auf dem laufenden Gutachten im Rahmen des INTERREG IIIB-Projektes BALT-COAST im Auftrag des Ministeriums für Arbeit und Bau des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung Raumordnung und Landesplanung

## **Abstract**

The Important Bird Area (IBA) "Greifswalder Bodden" is a Special Protection Area (SPA) in Mecklenburg-Vorpommern. The SPA is part of the most important wintering area for waterfowl during winter in the entire Baltic Sea. The area is also important for migratory and breeding waterfowl. However, the Greifswalder Bodden offers also excellent opportunities for a development of various kinds of maritime tourism (e.g. harbours for leisure boats). The project aims to develop strategies, which allow an intensification of the maritime tourism without further severe damages and other negative effects to the nature environment. The action plan for a further development of maritime tourism industries in the SPA "Greifswalder Bodden" will include per example the following tasks:

- spatial and temporal separation of areas for maritime leisure activities and important marine habitats,
- concentration of maritime leisure activities at ports for leisure boats with a high quality standard near urban areas
- protection and development of special zones without any human activities especially water leisure activities and fishing

## **1 Einführung, Zielstellung**

Der Greifswalder Bodden stellt mit seinem Umland einen bedeutenden Siedlungs-, Wirtschafts- und Tourismusraum dar. Dies beruht zum einen auf den benachbarten Städten Greifswald und Stralsund, zum anderen auf den unmittelbar angrenzenden Tourismusschwerpunkträumen Usedom und Rügen.

Gleichzeitig gehört der Greifswalder Bodden zu den wichtigen Rast- und Brutgebieten für Wasservogelarten an der südlichen Ostseeküste, was durch die Ausweisung des Gewässers und teilweise seiner Uferbereiche als EU-Vogelschutzgebiet gewürdigt wurde. Weitere Vorkommen schützenswerter Naturräume fanden ihren Niederschlag in der Ausweisung mehrerer FFH-Gebiete im Boddenbereich. Das Gutachten ist ein Folgeprojekt des 2001 abgeschlossenen INTERREG II C-Projektes SuPortNet: „Möglichkeiten zur nachhaltigen Entwicklung der vorpommerschen Ostseeküste im Bereich des EU-Vogelschutzgebietes „Greifswalder Bodden“ unter besonderer Berücksichtigung touristischer Nutzungen“ (UMWELTPLAN & UNIVERSITÄT GREIFSWALD 2001). Es wurde deutlich herausgestellt, dass ein Konfliktfeld zwischen der touristischen Nutzung (besonders Wassersport) und den naturschutzfachlichen Maßgaben innerhalb des Schutzgebietes besteht. Nachdem in diesem Gutachten in einem ersten Schritt die hauptsächlichen Konfliktpunkte sowie die Möglichkeiten zur Vermeidung und Minderung der Konflikte zwischen der Naturnutzung und dem Naturschutz im Gebiet des Greifswalder Boddens in Grundzügen herausgestellt wurden, werden nun in einem weitergehenden

Gutachten konkrete Handlungsempfehlungen und Vorschläge aus landesplanerischer Sicht zur weiteren Entwicklung der Region unterbreitet.

Als Zielstellung werden somit im Ergebnis konkrete Handlungsempfehlungen für die verschiedenen Nutzungen und den Naturschutz unterbreitet und Vorschläge für eine bisher nicht vorgenommene räumliche Ausweisung in den Raumordnungsprogrammen im Bereich des Greifswalder Boddens sowie damit zu verbindende Ziele und Grundsätze der Raumordnung erarbeitet. Die Erarbeitung der Handlungsempfehlungen erfolgt in Abstimmung mit den Betroffenen vor Ort und in Zusammenarbeit mit den Moderations-, Mediations- und Informationsaktivitäten des World Wide Fund for Nature (WWF Deutschland) im Rahmen des INTERREG IIIB- Projektes „SuPortNet II“.

## 2 Ergebnisse des in den Jahren 2000 und 2001 durchgeführten Projektes (UmweltPlan & UNIVERSITÄT GREIFSWALD 2001)

Entwicklungsgrundsatz der regionalen, räumlichen und zeitlichen Entflechtung- Konzentration von Einrichtungen und Aktivitäten des maritimen Tourismus - Entwicklung störungsarmer Räume mit hochwertiger ökologischer Qualität

Das EU-Vogelschutzgebiet ist eine Kulturlandschaft, in der menschliche Nutzungen stattfinden. Intensiv durch Nutzungen, Wassersport und andere Freizeitaktivitäten beanspruchte Gebiete gehen für viele störungsempfindliche Vogelarten als Lebensraum verloren. Um die Bedeutung und die Ziele des EU-Vogelschutzgebietes gewährleisten zu können, sind demnach Teilräume zu sichern und zu entwickeln, in denen der Vogel- und Tierartenschutz Vorrang genießt. Diese Räume müssen auch eine bestimmte Größe aufweisen, damit sie ihre Funktion als Brut-, Rast- bzw. Nahrungsgebiet erfüllen können und den spezifischen Ansprüchen der gefährdeten Arten gerecht werden. Deshalb ist eine räumliche Trennung von Teilgebieten innerhalb des Gesamttraumes des EU-Vogelschutzgebietes notwendig.

Es wird folgender Ansatz der großräumigen Entflechtung und Ordnung vorgeschlagen:

<p>Gebiete zur Sicherung und Entwicklung von Siedlungsstruktur, Wirtschaft, Tourismus und Freizeitaktivitäten:</p> <p>Konzentration von nutzungsbedingten Störungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in und im Nahbereich der Städte (Stralsund, Greifswald, Wolgast)</li> <li>- in bereits vorhandenen bzw. zu entwickelnden Zentren von Tourismus und Erholung</li> </ul>	<p><b>Gebiete zur Sicherung und Entwicklung der Lebensräume, insbesondere der störungs- sowie zerschneidungsarmen Lebensräume:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Minimierung von Störungen und Zerschneidungen in ausgewiesenen Teilbereichen mit vorrangiger Funktion für den Naturschutz</li> <li>▶ Aufwertung der bereits störungsarmen und dahingehend zu entwickelnden Gebieten durch Renaturierungen im Küstenüberflutungsbereich (damit Schaffung von ungestörten Ausweichräumen zugunsten der touristischen Entwicklung in anderen Teilgebieten)</li> </ul>
---	--

Dieser Ansatz sollte sich nicht nur auf Wassersport und Tourismus beschränken, da diese Aktivitäten nur ein Faktor der Beeinflussung von Lebensräumen sind. Die meisten anderen wirtschaftlichen Aktivitäten und der Verkehr sollten sich ebenso an diesem Grundsatz orientieren.

Aus der Sicht des maritimen Tourismus hätte diese Vorgehensweise den Vorteil, dass qualitativ hochwertige, lukrative Zentren des maritimen Tourismus entwickelt werden könnten, die in der Regel auch in unmittelbarer Nähe zu Sehenswürdigkeiten und anderen touristischen Angeboten liegen (z.B. Stralsund, Greifswald, Wolgast, Putbus/Lauterbach).

Eine Analyse des Bestandes an Häfen, Anlegern u.a. Bootsliegeplätzen zeigt, dass neben den Häfen, Marinas, Wasserwanderrastplätzen u.a. Sportboothäfen eine Vielzahl von Einzel-Liegeplätzen unterschiedlicher Art (kleine Steganlagen, Dalben-Liegeplätze, Liegeplätze auf dem Strand) im Gebiet existieren. Es kann davon ausgegangen werden, dass überall dort, wo Siedlungen an das Ufer grenzen, auch Bootsliegeplätze vorhanden sind. Die Liegeplätze außerhalb der größeren Häfen werden zu einem hohen Anteil von Motorbooten genutzt. Das heißt, sie werden vorrangig zu Ausflugs- und Angelfahrten in die unmittelbare Umgebung genutzt. Aus Sicht des Vogelschutzes entsteht damit das Problem, dass kaum noch Räume existieren, in denen kein Bootsverkehr (und Aktivitäten wie z.B. Angeln) stattfinden.

Der Lösungsansatz für diesen Konflikt besteht darin, langfristig eine Konzentration aller Boote in Hafenanlagen und Gemeinschaftsanlagen als Voraussetzung des Grundsatzes der räumlichen Entflechtung zu erreichen.

### Instrumente und Maßnahmen zur Umsetzung des Entwicklungsgrundsatzes

Ansatzpunkte für die Reduzierung und Vermeidung freizeit- und sportverursachter Umweltbelastungen existieren nach übereinstimmender Meinung zahlreicher Experten hauptsächlich auf den folgenden Handlungsschwerpunkten:

- Aufklärung und Information
- Planung und Angebotsgestaltung
- Rechtliche Regelungen

Sportverbände favourisieren oft verbesserte Aufklärungsmaßnahmen als Lösungsperspektive. Der staatliche und verbandliche Naturschutz setzt hauptsächlich auf ordnungsrechtliche Regelungen. Winkelmann & Wilken (1998) heben hervor, dass nur eine Kombination aller Ebenen erfolgversprechend ist.

- Zielvorgaben der Landesplanung für die Küstengewässer. Im Sinne eines integrierten Küstenzonenmanagements sollten die Planungen des wasserseitigen Küstenraumes mit den bestehenden auf regionaler Ebene verknüpft werden. Für diese Aufgabe wird ein geeignetes Instrumentarium der Landes- und Regionalplanung entwickelt.
- Aufklärung und Informationsvermittlung. Einheimische Wassersportler und Gäste sind durch die Seekarten über die Lage der im Untersuchungsgebiet existierenden Schutzgebiete grundsätzlich informiert. Weiterführende Kenntnisse wie zu den speziellen Schutzziele, den noch vorhandenen, gefährdeten Arten sowie notwendigen Verhaltensweisen zum dauerhaft Erhalt dieser Arten in dem Gebiet sind jedoch kaum vorhanden. Hinzu kommt ein allgemein schlechter Informationsstand bei Gästen des Reviers. Aus dieser Situation lässt sich ein hoher Bedarf an Aufklärung und Informationsvermittlung ableiten. Das bislang vorliegende Material ist meistens allgemein gehalten und besitzt oft nur Überblickscharakter. Daher muss die Bereitstellung von Informationen mit Hilfe aller zur Verfügung stehender Medien ausgenutzt, um den inhaltlich als auch räumlich spezifischen Ansprüchen gerecht zu werden.
- Wassersport-Handbuch. Am Vorbild des „Almanaks watertoerisme“ aus den Niederlanden könnte auch in Deutschland ein ähnliches Instrument entwickelt werden. Hierbei handelt es sich um ein „Handbuch des Wassersports“, in dem alle notwendigen Informationen (einschließlich Seekarten mit entsprechenden Eintragungen) enthalten sind. Jeder Wassersportler hat, als Voraussetzung der Bootsführung, turnusmäßig ein Handbuch zu erwerben (ggf. auch kostenlos als Download über das Internet). Das Handbuch wird ständig aktualisiert. Die Wassersportler finden hier alle notwendigen Regelungen, nach denen sie sich richten sollen. Das Handbuch sollte ebenso Grundlage für den Erwerb des Sportbootführerscheins (und ggf. auch für die Angelberechtigung) sein und u.a. auch spezifische Informationen für die heimischen Gewässer vermitteln.
- Steuerung der Wassersportaktivitäten durch gezielte Ausweisung und Gestaltung der „Wassersportinfrastruktur“. Zur Unterstützung von Freizeit und Wassersport wird im Sinne der in dem Projekt vermittelten Grundsätze (siehe Aussagen oben) empfohlen, die Aktivitäten durch „Wassersport-Infrastruktur“ zu lenken. Neben den Häfen und Anlegern betrifft das vor allem Reeden,

- Anker-, Anlandungs-, Rast-, Biwakplätzen u.ä.; Empfehlung von Routen für Sportboote, Ruderer und Kanuten; Ausweisung von Trainingsstrecken für Ruderer, Kanuten, Surfer u.a. Wassersportler entsprechend dem Bedarf; Ausweisung von Eignungsräumen zum Angeln.
- Entwicklung störungsarmer Lebensräume und Renaturierungsprojekte. Über die Bedeutung störungsarmer unzerschnittener Lebensräume für den Naturschutz gibt es verschiedene Veröffentlichungen, wie LAUN (1996) und LUNG (1999), in denen detaillierte Erläuterungen enthalten sind. Die Renaturierung von ehemaligen Küstenüberflutungsgebieten und küstennahen Niederungen verbessert und schafft Lebensräume für verschiedene Vogelarten, die insbesondere durch Gewässernutzungen beeinflusst werden. Da teilweise in den Gebieten befindliche Moorflächen erheblich gesackt sind, entstehen bei Herstellung natürlicher, hydrologischer Verhältnisse Gewässer und Feuchtgebiete, die meistens als Ausweichräume von Feuchtgebietsarten sehr schnell angenommen werden. Solche Renaturierungsprojekte werden teilweise im Zusammenhang mit anderen Vorhaben (z.B. des Küsten- und Hochwasserschutzes) geplant. Die Umsetzung solcher und weiterer Projekte sollte von vielen Interessenvertretern unterstützt werden, um eine nachhaltige Sicherung des Vogelschutzgebietes zu gewährleisten.
  - Frühzeitige umweltorientierte Optimierung von Projekten und Plänen. Auch Projekte und Pläne unterschiedlicher Art (z.B. Verkehrsanlagen, Infrastruktureinrichtungen) sollten sich nach dem Grundsatz der Konzentration von Einrichtungen und Aktivitäten richten. Ähnliche Ansätze verfolgen die raumordnerischen und bebauungsrechtlichen Instrumente der Entwicklungsachsen, des zentralörtlichen Systems, der Einschränkungen von Bebauungen im Außenbereich u.a.. Die Praxis zeigt, dass umfängliche Standort- und Trassenvergleiche nur in wenigen Fällen durchgeführt werden. Deshalb würden frühzeitig durchgeführte Untersuchungen zur standort- und technologisch bezogenen Optimierung in vielen Fällen eine Konfliktvermeidung oder wesentliche Konfliktminderung bewirken. Diese Aufgabe könnte u.a. in ein integriertes Küstenzonenmanagement eingebunden werden. Ziel sollte es sein, dass für eine wirtschaftliche Entwicklung bzw. Investition immer mehrere geeignete Standorte zur Auswahl stehen, um den aus wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Sicht optimalen Standort oder Trasse ermitteln zu können.
  - Monitoring der NATURA-2000 Gebiete. Unabdingbare Grundlage für die Bewertung des Erhaltungszustandes der NATURA-2000 Gebiete sowie der Auswirkungen von Projekten und Plänen (Vorhaben unterschiedlichster Art und deren kurz- und langfristige Planung) ist ein Monitoring von geeigneten Indikatoren für die Zielarten und den Schutzzweck des Schutzgebietes. Voraussetzung für wirtschaftliche Entwicklungen im EU-Vogelschutzgebiet ist die Sicherung dessen Erhaltungszustandes (Verschlechterungsverbot). Dazu müsste der Ausgangszustand und dessen Entwicklung anhand eines Monitorings ständig geprüft werden. Trotz der Prüfung der Verträglichkeit von Vorhaben entsprechend § 19 BNatSchG im Rahmen deren Zulassung können sich aufgrund nicht vorhersehbarer Folgen, komplexer sowie indirekter Effekte und der Gesamtwirkung von Vorhaben und Nutzungen erhebliche Veränderungen für das Schutzgebiet ergeben. Werden durch das Monitoring erhebliche Beeinträchtigungen des Erhaltungszustandes des EU-Vogelschutzgebietes festgestellt, sind Maßnahmen zur Kompensation vorzunehmen bzw. Einschränkungen für die wirtschaftliche Entwicklung notwendig. Diesem Anspruch werden die Regelungen der europäischen Übereinkommen (FFH-Richtlinie, EU-Vogelschutz-Richtlinie) gerecht. Die FFH-Richtlinie fordert ein Monitoring der Lebensräume und Arten von gemeinschaftlichem Interesse (Artikel 11).

#### Weitere mögliche Instrumente auf der Grundlage von Verordnungen und Verträgen

- Befahrensregelung. Eine Umsetzung von Befahrensregelungen im Untersuchungsgebiet muss bei den derzeitigen rechtlichen und emotionalen Rahmenbedingungen auf freiwilliger Basis erfolgen, die unterstützt wird durch oben aufgeführt Instrumente wie Aufklärung und Informationsvermittlung sowie Lenkung der Aktivitäten durch Ausweisung von Wassersport-Infrastruktur. Ggf. können auch öffentlich-rechtliche Verträge abgeschlossen werden. Trotz des Anspruchs der Freiwilligkeit sind potenzielle Umsetzungsprobleme zu berücksichtigen; daher müssen Instrumente der Kontrolle eingeplant werden.
- Öffentlich-rechtlicher Vertrag. Winkelmann und Wilken (1998), die vor allem rechtliche Steuerungsinstrumente untersuchen, stellen die zunehmende Bedeutung des öffentlich-rechtlichen Vertrages heraus. In der Praxis bestehen schon einige Beispiele, wobei Umweltbehörden und

Sportverbände öffentlich-rechtliche Verträge zur Nutzungsart und –intensität von definierten Naturräumen abschließen. Je nach Vertragsinhalt können dabei die unterschiedlichsten Regelungen vereinbart werden (z.B. Nutzung eines Gewässers durch einen Verein für Trainingszwecke in bestimmtem Umfang). Der Vorteil des öffentlich-rechtlichen Vertrages ist, dass das beidseitige Einverständnis der Vertragspartner vorliegen muss. Demnach kann kein Vertrag gegen den Willen eines Partners abgeschlossen werden. Der Nachteil ist allerdings, dass sich der Vertrag rechtlich nur auf die jeweiligen Vertragspartner bezieht und nicht die Öffentlichkeit einschließt.

Für das Projektgebiet wird eine Anwendung von öffentlich-rechtlichen Verträgen vor allem bei der Lösung lokaler Nutzungskonflikte (z.B. Festlegung von Übungsgewässern für Vereine) gesehen.

### **3 Aufgaben des laufenden BALTCOAST Projektes**

Das nun angelaufene o.g. BALTCOAST Projekt baut auf diesen Grundlagen auf. Die Zielsetzung besteht darin, den mit dem SuPortNet-Projekt gestarteten Prozess weiterzuführen und konkrete Handlungsempfehlungen und Vorschläge zur weiteren Entwicklung der Region im Sinne einer integrierten Küstenzonenentwicklung zu erarbeiten. Dazu werden die räumliche und zeitliche Entflechtung und die Ordnung der Nutzungsansprüche durch eine Konkretisierung der Zonierung sowie abgestimmte Nutzungsempfehlungen und Planungsangebote weiterentwickelt.

Seitens des Auftraggebers wird erwartet, dass das Gutachten einen wichtigen Beitrag zu einer aktiven Regionalplanung leisten kann. Dazu ist, wie im SuPortNet-Projekt, eine frühzeitige Beteiligung und enge Abstimmung zwischen Gutachter und den Akteuren der Region notwendig. Im Projekt besteht eine enge Zusammenarbeit mit dem WWF Projektbüro Stralsund, dessen Mitarbeiter eine umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit, insbesondere mit Wassersport- und Anglervereinen, durchführen. Zielstellung des Projektes des WWF sind der Abschluss von Nutzungsvereinbarungen zwischen Wassersportvereinen und Naturschutz sowie die Erstellung von Bildungs- und Informationsmaterial.

### **Literatur**

- LAUN - Landesamt für Umwelt und Natur M-V (1996): Die Bedeutung unzerschnittener, störungsarmer Landschaftsräume für Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen. Schriftenreihe des LAUN Mecklenburg-Vorpommern Heft 1/1996. Güstrow-Gülzow.
- LUNG - Landesamt für Umwelt, Natur und Geologie (1999): Material zur Tagung – Freiraum und Naturschutz – Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft. Stralsund.
- UmweltPlan & Geographisches Institut Der Universität Greifswald (2001): Möglichkeiten zur nachhaltigen Entwicklung der vorpommerschen Ostseeküste im Bereich des EU-Vogelschutzgebietes „Greifswalder Bodden“ unter besonderer Berücksichtigung touristischer Nutzungen. Stralsund und Greifswald.
- Winkelmann, Ch. & Th. Wilken (1998): Sportaktivitäten in Natur und Landschaft – Rechtliche Grundlagen für Konfliktlösungen. UBA Berichte 3/98. Berlin.

### **Adresse**

UmweltPlan GmbH Stralsund  
Tribseer Damm 2  
18437 Stralsund

Email: [up@umweltplan.de](mailto:up@umweltplan.de)