

Verbundprojekt "Fallstudie Sylt"

**im Rahmen des Forschungsprogramms
"Klimaänderung und Küste"**

Endbericht
- Entwurf -
Mai 2000

Inhaltsübersicht

Einführung

- 1 Fallstudie Sylt: Überblick
- 2 Problemstellung und Zielsetzung
- 3 Randbedingungen
- 4 Klimaszenarien

Ergebnisse

- 5 Aufbau und Führung eines Geographischen Informationssystems (Sylt-GIS)
- 6 Klimabedingte Veränderung der Inselgestalt
- 7 Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt
- 8 Das marine Ökosystem um Sylt unter veränderten Klimabedingungen
- 9 Kosten einer möglichen Klimaänderung auf Sylt
- 10 Globaler Wandel im lokalen Kontext: Sylter Perspektiven auf Klimaänderungen
- 11 Zukunftsentwürfe und Gestaltungspotentiale angesichts möglicher Klimaveränderungen

Synthese

- 12 Klimafolgen für Sylt: Integrative Analyse und Bewertung

Anhang

- 13 Interdisziplinäre Kommunikation und Kooperation im Verbundprojekt

Inhaltsverzeichnis

Einführung

- 1 Fallstudie Sylt: Überblick
 - 2 Problemstellung und Zielsetzung
OTTO FRÄNZLE, HORST STERR UND ACHIM DASCHKEIT
 - 3 Randbedingungen
OTTO FRÄNZLE, HORST STERR UND ACHIM DASCHKEIT
 - 4 Klimaszenarien
HORST STERR, OTTO FRÄNZLE, ACHIM DASCHKEIT, KAI AHRENDT UND JAN-OLE WITTE
 - 4.1 Plausible Szenarien
 - 4.2 Ergebnisse regionaler Untersuchungen zum Klimawandel
 - 4.3 Konkretisierung der plausiblen Szenarien
- Literatur (Kap. 1 – 4)

Ergebnisse

Forschungsziele der einzelnen Teilvorhaben und deren Vernetzung

5 Aufbau und Führung eines Geographischen Informationssystems (Sylt-GIS)

PETER SCHOTTES, FRANK BARTELS, WINFRIED SCHRÖDER, FRANK SIMMERING UND
WOLFGANG EBENHÖH

Abstract

- 5.1 Einleitung
- 5.2 Geographische Informationssysteme
 - 5.2.1 Definition und Bedeutung von GIS
 - 5.2.2 Datenmodelle und Datentypen in GIS
- 5.3 Das Geographische Informationssystem Sylt (GIS Sylt)
 - 5.3.1 Verwendete Daten
 - 5.3.2 Erfassung von Metadaten
- 5.4 Vorgehensweise bei der Datenauswertung
- 5.5 Ergebnisse
 - 5.5.1 Das GIS Sylt
 - 5.5.2 Naturräumliche und sozioökonomische Situation Sylts
 - 5.5.3 Konfliktlinien Küstenschutz – Naturschutz – Nutzung
 - 5.5.4 Klimawandel und Landschaftsplanung
- 5.6 Fazit
- 5.7 Literatur

6 Naturräumliche Entwicklung Sylts - Vergangenheit und Zukunft

KAI AHRENDT UND JÖRN THIEDE

Abstract

- 6.1 Einleitung
- 6.2 Geologischer Untergrund
 - 6.2.1 Nord-Sylt/Listland
 - 6.2.2 Mittel- und Ost-Sylt
 - 6.2.3 Süd-Sylt
- 6.3 Historischer Abriss
- 6.4 Klima/Sturmfluten
- 6.5 Prognostische Entwicklung der zukünftig möglichen Inselgestalt
 - 6.5.1 Grundlagen
 - 6.5.2 Numerische Modellierung

- 6.5.2.1 Kalibrierung
- 6.5.2.2 Parameterstudien
- 6.5.2.3 Ergebnisse der numerischen Modellierung
- 6.5.3 Die Ostseite Sylts
- 6.6 Schlussfolgerungen
- 6.7 Literatur

7 Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt

JAN-OLE WITTE, SÖREN KOHLHASE, PETER FRÖHLE UND JÖRG RADOMSKI

Abstract

- 7.1 Ausgangssituation
- 7.2 Zielsetzung
- 7.3 Methodik des Untersuchungen
- 7.4 Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen
 - 7.4.1 Wind-Wellen-Korrelation
 - 7.4.2 Energieflussberechnungen
 - 7.4.3 Berechnung der Sedimenttransportkapazitäten
 - 7.4.4 Variationsrechnungen zu definierten Szenarien
 - 7.4.5 Entwicklung eines Programmpakets für die Datenverarbeitung und Simulation
 - 7.4.6 Bewertung ausgewählter Bauwerke
 - 7.4.6.1 Maßnahmen am Riff bzw. im Offshore-Bereich
 - 7.4.6.2 Geotextiles Deckwerk
 - 7.4.6.3 Stranddrainage
 - 7.4.6.4 Maßnahmen an den Inselenden
 - 7.4.6.5 Fazit
- 7.5 Zusammenfassung
- 7.6 Literatur

8 Das marine Ökosystem um Sylt unter veränderten Klimabedingungen

DAGMAR LACKSCHEWITZ, IRIS MENN UND KARSTEN REISE

Abstract

- 8.1 Einleitung
- 8.2 Methodik
 - 8.2.1 Biotope der Wattseite von Sylt
 - 8.2.2 Wattvergleich zur französischen Atlantikküste
 - 8.2.3 Ökologie der Sylter Brandungsstrände
- 8.3 Ergebnisse
 - 8.3.1 Biotope der Wattseite von Sylt

- 8.3.2 Wattvergleich zur französischen Atlantikküste
- 8.3.3 Ökologie der Brandungsstrände
- 8.4 Schlussfolgerungen
- 8.5 Literatur

9 Kosten einer möglichen Klimaänderung auf Sylt

VOLKMAR HARTJE, INA MEYER UND JÜRGEN MEYERHOFF

Abstract

- 9.1 Konzept und Vorgehensweise
- 9.2 Das Instrument der Kosten-Nutzen-Analyse
- 9.3 Schätzung der Vermögensverluste und der Kosten zusätzlicher Sandvorspülungen auf der Westseite
 - 9.3.1 Ableitung des Mengengerüsts
 - 9.3.2 Der verwendete ökonomische Bewertungsansatz
 - 9.3.3 Geschützte Vermögenswerte und Kosten der Sandvorspülungen im Szenarium "mit Küstenschutz"
 - 9.3.4 Schäden durch Vermögensverluste im Szenarium "ohne Küstenschutz"
- 9.4 Wohlfahrtsverluste von Touristen bedingt durch Klimawandel
- 9.5 Wertschätzung für den Schutz des Wattenmeeres vor möglichen Klimafolgen
 - 9.5.1 Nicht-nutzungsabhängige Werte von Natur und Landschaft
 - 9.5.2 Stand der Forschung zur ökonomischen Bewertung von Küstenlandschaften
 - 9.5.3 Konzeption und Ergebnisse der Contingent Valuation
 - 9.5.4 Hochrechnung der Zahlungsbereitschaft für Deutschland
 - 9.5.5 Wertschätzung für die Wattenmeerbiotope auf der Ostseite von Sylt
- 9.6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Integration zu einer Kosten-Nutzen-Analyse
- 9.7 Fazit - die Aussagekraft der ermittelten Ergebnisse
- 9.8 Literatur

10 Globaler Wandel im lokalen Kontext: Sylter Perspektiven auf Klimaänderungen

GERHARD HARTMUTH, SUSANNE DEISING, IMMO FRITSCHKE UND VOLKER LINNEWEBER

Abstract

- 10.1 Problemstellung und Zielsetzung
- 10.2 Methodik
 - 10.2.1 Stichprobe
 - 10.2.2 Datenerhebung
 - 10.2.3 Datenaufbereitung
 - 10.2.4 Auswertung

- 10.3 Ergebnisse
 - 10.3.1 Allgemeine Entwicklungen auf Sylt
 - 10.3.1.1 Individuelle Repräsentationen (Themenanalyse)
 - 10.3.1.2 Soziale Repräsentationen: Unterschiede zwischen den Akteursgruppen
 - 10.3.2 Klimaänderungen
 - 10.3.2.1 Individuelle Repräsentationen (Themenanalyse)
 - 10.3.2.2 Ergänzende Ergebnisse
- 10.4 Diskussion
- 10.5 Literatur

11 Zukunftsentwürfe und Gestaltungspotentiale angesichts möglicher Klimaveränderungen

WILLI STREITZ

Abstract

- 11.1 Klimawandel und Gesellschaft
- 11.2 Vorgehensweise und Methoden
 - 11.2.1 Aggregatdatenanalyse der amtlichen Statistik
 - 11.2.2 Befragung Sylter Bürger
 - 11.2.3 Planungszelle als partizipatives Instrument
- 11.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen
 - 11.3.1 Die Flächennutzung auf Sylt im Vergleich zum Kreis Nordfriesland
 - 11.3.2 Umfrageergebnisse
 - 11.3.2.1 Klimafaktoren aus Sylter Sicht
 - 11.3.2.2 Das Sylt-Image aus Sylter Perspektive
 - 11.3.3 Aussagen Sylter Bürger in der Planungszelle
 - 11.3.3.1 Ergebnisse der Arbeitsgruppen
 - 11.3.3.2 Empfehlungen der Laienplaner
 - 11.3.3.3 Inhaltsanalyse der Protokolle Sylter Laienplaner
 - 11.3.4 Zur künftigen Entwicklung der Insel Sylt
- 11.4 Literatur

Synthese

12 Klimafolgen für Sylt: Integrative Analyse und Bewertung

ACHIM DASCHKEIT, OTTO FRÄNZLE, HORST STERR, PETER SCHOTTES, WINFRIED
SCHRÖDER UND FRANK BARTELS

Abstract

- 12.1 Einleitung
- 12.2 Stand der interdisziplinären Klimafolgenforschung
- 12.3 Integrationsansatz und Vorgehensweise
 - 12.3.1 Der Syndromansatz des WBGU
 - 12.3.2 Adaptation des Syndromansatzes für die Fallstudie Sylt
 - 12.3.3 Implementation in das Programm "Metadaten & Beziehungsgeflecht MeBez"
- 12.4 Integration der Ergebnisse
 - 12.4.1 Wirkungskette Globaler und regionaler Klimawandel
 - 12.4.2 Wirkungskette Degradation natürlicher Ökosysteme
 - 12.4.3 Wirkungskette Sylt-Image
- 12.5 Fazit und Empfehlungen
- 12.6 Literatur

Anhang

13 Interdisziplinäre Kommunikation und Kooperation im Verbundprojekt

ACHIM DASCHKEIT UND WILLI STREITZ

Abstract

- 13.1 Einleitung
- 13.2 Stand der Forschung zum Komplex „Interdisziplinarität“
- 13.3 Untersuchte Forschergruppen und methodische Vorgehensweise
 - 13.3.1 Untersuchte Forschergruppen
 - 13.3.2 Methodische Vorgehensweise
- 13.4 Ergebnisse
 - 13.4.1 Darstellung der Ergebnisse
 - 13.4.2 Interpretation der Ergebnisse
- 13.5 Ausblick
- 13.6 Literatur

Einführung

1 Fallstudie Sylt: Überblick¹

In den letzten zwei Jahrzehnten wird sowohl in der Wissenschaft als auch in der Öffentlichkeit in unterschiedlicher Intensität darüber diskutiert, welche Folgen von einem möglichen globalen, anthropogen beeinflussten Klimawandel ausgehen können. Damit ist gleichzeitig die Frage verknüpft, ob und in welcher Form man auf mögliche Klimafolgen reagieren kann bzw. wie Klimafolgen präventiv vermieden werden können. Im Falle eines Klimawandels gelten Küstenräume weltweit als vorrangig gefährdet: Zum einen ist hier der Nutzungs- und Siedlungsdruck oft besonders intensiv, zum anderen sind die Folgen von Klimaänderungen auf das natürliche und zivilisatorische Systeme im Küstenraum oft weitreichend – genannt seien hier beispielhaft der vermutete Meeresspiegelanstieg und die mögliche Zunahme von Häufigkeit und Intensität von Sturmereignissen.

Betrachtungen hierzu lassen sich auf verschiedenen Maßstabsebenen durchführen: Mitte bzw. Ende der 1980er-Jahre standen zunächst Untersuchungen auf globaler Ebene im Vordergrund, in der Folge wurden daneben auch Untersuchungen auf kontinentaler oder subkontinentaler (= regionaler) Ebene durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass die sichtbaren bzw. vermuteten Folgen auf globaler Ebene nicht immer im gleichen Maße auch auf regionaler oder gar lokaler Ebene auftreten. Beispiel Meeresspiegelanstieg: Während man auf globaler Ebene auf Grundlage der IPCC-Szenarien von 1996 von einem mittleren Meeresspiegelanstieg in Höhe von 0,49 m bis zum Jahr 2100 ausgeht, kann es auf kleinräumiger Ebene zu einem geringeren, mitunter aber auch zu einem stärkeren Anstieg des Meeresspiegels kommen, denn es können z.B. lokale tektonische Hebungen oder Senkungen eine ausschlaggebende Rolle spielen.

Das bedeutet, dass man von globalen Betrachtungsweisen nicht direkt auf regionale und lokale Verhältnisse schließen kann. Maßnahmen zur Vermeidung von bzw. zur Anpassung an mögliche Klimafolgen lassen sich also auch nur dann beschließen, wenn hinreichend genaues Wissen über die Klimafolgen „vor Ort“ und deren individuelle Wahrnehmung verfügbar ist. Vor diesem Hintergrund und den Ergebnissen der auf den bundesdeutschen Küstenraum bezogenen IPCC-Gefährdungsstudie (Sterr u. Simmering 1997) ist es sinnvoll, im Sinne vertiefender Analysen szenariengestützt kleinräumige Untersuchungen vorzunehmen, denn: Erstens zeigt sich innerhalb des deutschen Küstenraums eine räumlich unterschiedliche Gefährdungssituation und zweitens ist auch die sozioökonomische Struktur im Küstenraum so unterschiedlich, dass generelle Aussagen lokale Unterschiede verdecken können. Dies betrifft im Übrigen nicht nur die Gefährdungssituation, sondern ebenso die Möglichkeit, auf verschiedene Gefährdungen reagieren zu können (Schröder u. Lingner [Eds.] 1999).

Unter anderem aus den genannten Gründen wurde die Nordseeinsel Sylt als Untersuchungsraum ausgewählt. Folgt man neueren Untersuchungen (z.B. Hamann 1998), ist Sylt als potentiell stark gefährdeter Raum im Hinblick auf mögliche Klimaänderungen und deren Folgen anzusehen. Gleichzeitig ist die Wirtschafts-

¹ Dieser Überblick wurde von allen an der Fallstudie Sylt Beteiligten gemeinsam erstellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf die Nennung aller Personen verzichtet. Im Gegensatz dazu sind die Kapitel 2 bis 13 den jeweils genannten Autoren eindeutig zuzuordnen und entsprechend notiert. Am Ende des vierten Kapitels werden die Adressen der für die Kapitel 2-4 verantwortlichen Autoren genannt.

struktur Sylts aus historischen Gründen einseitig auf die intensive touristische Nutzung ausgerichtet. So ist davon auszugehen, dass gerade auf Sylt die möglichen Folgen von Klimaänderungen zu einer Verschärfung bereits bestehender Nutzungskonflikte führen können. Hieraus ergibt sich, dass wir es bei einer Untersuchung von Klimafolgen für Mensch und Küste auf Sylt mit zwei verschiedenartigen Problemen zu tun haben:

- Die **Wissensproblematik** besteht darin, dass bislang kaum Kenntnisse über Klimaänderungen und möglicher Folgen auf regionaler Ebene bestehen – weder für naturräumliche noch für sozioökonomische Sachverhalte. Auch ist bislang nahezu nichts bekannt über die Wahrnehmung von Klimaänderungen sowie die mögliche Handlungsbegründung durch Klimaänderungen. Hier ist es Ziel der „Fallstudie Sylt“, Wissensdefizite zu verringern.
- Die **Handlungsproblematik** besteht darin, dass ggf. schon heute Maßnahmen beschlossen und initiiert werden müssen, um möglichen Klimafolgen präventiv begegnen zu können, denn bei der Klima(folgen)problematik handelt es sich um Phänomene, die Zeiträume von mehreren Jahrzehnten, mitunter auch mehreren Jahrhunderten umspannen können. Eine grundsätzliche Handlungsnotwendigkeit bzw. der Umfang ggf. notwendiger Handlungen (reaktiv und/oder präventiv) hängt von der Struktur der Klimafolgen ab sowie von der Bereitschaft, individuell und gesamtgesellschaftlich Maßnahmen treffen zu wollen. Das Ziel der „Fallstudie Sylt“ ist es hier, Handlungswissen zur Verfügung zu stellen².

Betrachtet man die Wissens- und Handlungsproblematik im Zusammenhang, so ist es unumgänglich, dass an einer solchen Untersuchung sowohl Umweltnaturwissenschaften (hier: Geologie, Wasserbau, Ökologie und Geographie) als auch Umweltsozialwissenschaften (hier: Ökonomie, Psychologie, Soziologie und Geographie) beteiligt sein müssen. Denn nur eine fachübergreifende Analyse auf der Grundlage fachspezifischer Untersuchungen kann die Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt angemessen aufarbeiten und erst so zu Handlungsempfehlungen kommen.

Im Folgenden werden daher sowohl fachspezifische als auch fachübergreifende Resultate aufgeführt und entsprechend gekennzeichnet.

Klima

Die derzeitige räumliche und zeitliche Auflösung von Klimamodellen lässt es nicht immer zu, *direkt* auf regionale bzw. lokale Ausprägungen eines globalen Klimawandels und dessen Folgen zu schließen. Zudem finden sich nach wie vor scheinbar gegensätzliche Aussagen: Auf der einen Seite wird mit hinreichender Wahrscheinlichkeit von einem globalen Klimawandel ausgegangen, der sich derzeit noch nicht auf regionaler bzw. lokaler Ebene nachweisen lässt. Hier wird argumentiert, dass die heutigen Klimamodelle eine kleinräumige Regionalisierung noch nicht zulassen (top down-Argumentation). Auf der anderen Seite zeigen die regional ansetzenden Untersuchungen keine eindeutig nachweisbaren Folgen eines globalen Klimawandels (bottom up-Argumentation). Diese Aussagen spiegeln wider, dass ein global erkennbarer Klimawandel (erhöhte durchschnittliche Temperatur, beschleunigter Meeresspiegelanstieg etc.) auch mit lokal abweichenden Effekten verbunden sein kann.

In dieser Situation der Ungewissheit, ob ein Klimawandel bereits sichtbar eingetreten ist bzw. mit welcher Wahrscheinlichkeit er in Zukunft eintreten wird, ist man erstens auf wissenschaftlich hinreichend begründete Annahmen über die

² Handlungswissen verstanden als Grundlagen für Handlungen.

künftige klimatische Entwicklung (Modellierungen der Klimaforschung) und zweitens auf plausible Szenarien (Kapitel 4) angewiesen, um aus Gründen der Vorsorge Fakten- und Handlungswissen bereitstellen zu können. Die Definition plausibler Szenarien als Grundlage für natur- und sozialwissenschaftliche Untersuchungen ist deshalb die vermutlich einzige Möglichkeit, systematisch das Wissen über Klimafolgen zu erhöhen.

Untersuchungen für den Bereich der Deutschen Bucht lassen insgesamt den Schluss zu, dass rapide Änderungen der klimatischen Bedingungen unwahrscheinlich sind (v. Storch et al. 1998). Gleichwohl zeigen einzelne Extremereignisse, deren künftige Anzahl und Intensität derzeit nicht prognostiziert werden kann, dass mitunter schnell Handlungsbedarf entstehen kann.

Klimaänderungen: Folgen im Naturraum

Es zeigt sich auf der Basis der definierten Windszenarien, dass im Falle einer Klimaänderung keine signifikanten Veränderungen der resultierenden Sedimenttransportkapazitäten entlang der Westküste der Insel Sylt zu erwarten sind und dass die Schwankungen der resultierenden Sedimenttransporte im Bereich der natürlichen Variabilität liegen. Die Untersuchungen zum Einfluss steigender Wasserstände (bis zu + 1,00 m) auf die Sedimenttransportkapazitäten haben ebenfalls keine signifikanten Veränderungen der resultierenden Sedimenttransporte ergeben, *innerhalb* eines Profils zeigen sich jedoch deutliche Veränderungen: In den numerischen Berechnungen hat sich gezeigt, dass mit steigendem Wasserstand die Transporte über dem der Insel vorgelagerten Riff ab- und im Strandbereich zunehmen, so dass folglich die seegangsdämpfende Wirkung des Riffs abnimmt. Für die Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass sich der Untergrund nicht an die veränderten Bedingungen anpaßt, was somit den ungünstigsten Fall darstellt (Kapitel 7).

Die szenariengestützten Modellierungen des derzeitigen und künftigen Sedimenthaushaltes auf der Westseite von Sylt (Annahme: kein Küstenschutz) weisen die Bereiche List (Weststrand), Kampen (Kliffende), Wenningstedt, Hörnum und Rantum als vermutlich am stärksten gefährdete Gebiete aus.

Die folgenden Ergebnisse gehen auf Untersuchungen bei Annahme veränderten Seegangs und veränderten Wasserstands zurück: Mit einer sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeit der Ereignisse (Erhöhung der Wellenhöhen, Verschwenkung der Wellenaufufrichtungen sowie Wasserstandserhöhungen; vgl. Kapitel 4) hat sich gezeigt, dass die resultierenden Sedimenttransporte den bis zu zweifachen Wert der heutigen Transporte annehmen könnten. Eine Veränderlichkeit der Sedimenttransporte um den Faktor 1 bis 1,5 (bei Zunahme der Wellenhöhen) innerhalb der nächsten 50 Jahre liegt noch im Bereich des Möglichen (Kapitel 6). Die skizzierte langfristige Entwicklung erscheint auf der Grundlage der heute verfügbaren oder denkbaren Küstenschutztechniken beherrschbar.

Die Auswirkungen eines Klimawandels für das marine Ökosystem sind nicht als gravierend zu bezeichnen (Kapitel 8): Eine Quantifizierung der im Watt dominanten Arten durch eine Vergleichsuntersuchung mit der bereits heute um 2-4⁰C wärmeren Nordatlantikküste zeigt, dass keine grundsätzlichen Verschiebungen hinsichtlich der dominanten Arten und der Besiedlungsabfolge zu erwarten sind, so dass keine nachteiligen Entwicklungen für diesen Erholungs- und Erlebnisraum eintreten werden. Die ökologischen Auswirkungen von Strandvorspülungen im Hinblick auf die Strandfauna zeigen, dass eine relativ rasche Wiederbesiedlung der untersuchten Bereiche zu beobachten ist. Daher sind Sandvorspülungen als ökologisch verträglich zu bezeichnen. Die Auswirkungen veränderter hydrodynamischer Bedingungen auf der Ostseite der Insel hingegen sind aus ökologischer Sicht kritisch zu bewerten. Da von einer verstärkten Erosion auszugehen ist, ist es nach den bisherigen Erfahrungen wahrscheinlich, dass mehr und mehr Uferbereiche durch technische Befestigungen überformt werden. Hierdurch wird nicht nur

verhindert, dass eine natürliche Biotopentwicklung vonstatten gehen kann, sondern daraus wird im Allgemeinen auch eine als negativ empfundene Veränderung des Landschaftsbildes resultieren. Als bessere Alternative sind auch hier – ebenso wie auf der Westseite – Sandvorspülungen zu erwägen.

Bei einer Erhöhung des Meeresspiegels kann nicht generell von einer dadurch verursachten Parallelerhöhung des Wattbodens ausgegangen werden. Je nach Lage im Tidebecken, Sedimentverfügbarkeit und Seegangsbedingungen kann es auch zu einer Vertiefung von Wattflächen auf der Ostseite Sylts kommen. Bei den Salzwiesen wird davon ausgegangen, dass sie mit zunehmender Überflutungshäufigkeit zwar in die Höhe wachsen werden, an ihrer Seeseite verursachen die Wellen aber einen Kantenabbruch, der auch schon gegenwärtig die Fläche der Salzwiesen reduziert. Die Verbreiterung der Wattströme wird sich fortsetzen und eine Verkleinerung der Wattflächen nach sich ziehen (Kapitel 6 und 8).

Kosten der Klimaänderung

Die Kosten der Klimaänderung entsprechen den Kosten der zusätzlichen Sandvorspülungen, die aufgrund der untersuchten Klima-Variation notwendig sind, um die Küstenlinie Sylts in ihrer heutigen Form zu halten. Sie belaufen sich auf 64 Mio. DM respektive 91 Mio (siehe differenziert hierzu Kapitel 9). DM für den Preissteigerungsfall. Demgegenüber stehen als Nutzen des Küstenschutzes die vermiedenen, klimaänderungsbedingten Vermögensverluste. Die Analyse der vermiedenen Verluste in den Gemeinden Rantum, Hörnum und Wenningstedt ergab dabei folgendes Ergebnis: Die untersuchten Kategorien "Land & Gebäude", "Wege" und "Strand & Dünen" weisen für die Gemeinde Rantum einen Wert in Höhe von insgesamt 2,3 Mrd. DM für eine angenommene jährliche Preissteigerung von 3 Prozent auf, das ist im Vergleich zu Hörnum und Wenningstedt mit Abstand der höchste Wert an vermiedenen Schäden. Die in der Gemeinde Hörnum entsprechend anfallenden vermiedenen Schäden belaufen sich lediglich auf 137,2 Mio. DM, die in Wenningstedt hingegen auf null. Letzteres Ergebnis resultiert aus der Tatsache, dass für den Fall der hier untersuchten Klima-Variante eine geringere Erosion berechnet wurde als für den Referenzfall ohne Klimaänderung und damit keine klimaänderungsbedingten Erosionen zu verzeichnen sind. Das hohe Verlustpotential Rantums wird durch die beiden Bewertungskomponenten Menge und Preis bestimmt, die für Rantum relativ hohe Werte aufweisen: sowohl die betroffene Zahl der Grundstücke und Gebäude als auch der für sie anzusetzende Preis liegen in Rantum über denjenigen der anderen Gemeinden. Das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse zeigt ein eindeutig positives Nutzen-Kosten-Verhältnis des Küstenschutzes. Die Sandvorspülungen sind damit ein effizientes Mittel zur Vermeidung der Folgen der hier untersuchten Variante der Klimaänderung.

Die Untersuchungen zum Schadenspotential an besonders gefährdeten Stellen an der Westküste Sylts zeigen: Die Kosten der Klimaänderung sind insgesamt begrenzt. Sie bestehen zum einen aus den Kosten für zusätzlichen Küstenschutz auf der Westseite. Zum anderen können sie durch Verluste wertvoller Biotope im Wattenmeer als Folge stärkeren Küstenschutzes auf der Ostseite auftreten. Für eine Änderung der bisherigen Küstenschutzstrategie auf der Westseite der Insel besteht aus ökonomischer Sicht kein Anlass. Innerhalb des Untersuchungszeitraumes bis zum Jahr 2050 werden keine grundsätzlichen Veränderungen an diesen Aussagen erwartet. Es ist aber grundsätzlich zu bedenken, dass der Geltungsbereich von Aussagen mit einem Zeithorizont bis Mitte des Jahrhunderts prinzipiell eingeschränkt sein muss.

Die höheren Kosten für zusätzliche Maßnahmen, d.h. konkret Sandvorspülungen, werden durch die Nutzen in Form geschützter Vermögenswerte (privater Besitz und öffentliche Infrastruktur) gedeckt. Die Kosten für zusätzliche Sandvorspülungen erscheinen angesichts ausreichender Sand-Ressourcen als vergleichsweise

gering angesichts der gesamten Kosten für Sandvorspülungen. Wie weit bei insgesamt höheren Kosten allerdings in Zukunft Änderungen bei der Finanzierung dieser Maßnahmen notwendig werden oder angestrebt werden sollten, konnte nicht untersucht werden. Auf der Ostseite könnte durch aufwendigere Küstenschutzmaßnahmen der bestehende Konflikt zwischen Küstenschutz und Naturschutz, der sich bei voranschreitendem Klimawandel noch verstärken dürfte, entschärft werden. Als eine Möglichkeit werden Sandvorspülungen auch an dieser Seite der Insel gesehen.

Im Sommer 1999 wurde zusätzlich eine Umfrage bei Sylter Touristen durchgeführt, wobei u.a. eine mögliche Änderung des Reiseziels erfragt wurde, wenn man künftig auch im Sommerhalbjahr häufigere Starkwindereignisse annimmt. Es zeigt sich, dass bei den befragten Personen keine grundsätzlichen Verschiebungen bei den Reisezielen anzunehmen sind.

Klimaänderungen: Wahrnehmung und Bewertung

In den sozialwissenschaftlichen Untersuchungen (Kapitel 10 und 11) zeigt sich insgesamt, dass einem möglichen Klimawandel und dessen Folgen für Sylt von potenziell davon Betroffenen wenig Bedeutung beigemessen wird. Generell sind für Sylter "Schlüsselpersonen" die Themen "Fremdenverkehr", "Bautätigkeit" und (mit Abstrichen) "Natur- und Umweltschutz" spontan deutlich präsenter als die Themen "Küstenschutz" und "Veränderung der Inselgestalt" (Kapitel 10). Wie erwartet, zeigen sich hier allerdings interessenspezifische Unterschiede zwischen einzelnen Akteursgruppen. Das Thema "Klimaänderungen" spielt generell keine nennenswerte Rolle, zwischen einzelnen extremen Wetterereignissen und einem möglichen Klimawandel werden hingegen Zusammenhänge hergestellt. Die Einschätzung des Orkans "Anatol" im Dezember 1999 seitens der befragten Schlüsselpersonen verdeutlicht dies: "Anatol" wird als ungewöhnlich schwer eingestuft und durchaus mit Klimaänderungen in Verbindung gebracht. Ähnliche Unwetter werden in Zukunft häufiger erwartet. Hier zeigt sich bei den unterschiedlichen Akteursgruppen eine ähnliche Einschätzung. Werden sie explizit mit dem Thema "Klimaänderungen" konfrontiert, sehen die Schlüsselpersonen mögliche Folgen eher in der Natursphäre als in der Anthroposphäre. In der Hauptsache sind es ein Anstieg des Meeresspiegels, Überschwemmungen und Landverluste sowie Wetteränderungen, die angenommen werden. Allerdings halten die befragten Schlüsselpersonen Klimaänderungen überwiegend für noch abwendbar und schlagen dazu vor allem Maßnahmen im Verkehrsbereich vor, wo sie auch die Hauptursachen für den Klimawandel sehen. Im Zusammenhang mit der (insgesamt seltener angesprochenen) Anpassung an die Folgen möglicher Klimaänderungen stehen Küstenschutzmaßnahmen im Vordergrund. Zusammenfassend betrachtet, scheint die Diskussion um Art und Umfang von Küstenschutzmaßnahmen weitgehend unabhängig von der Wahrnehmung und Bewertung möglicher Klimaänderungen zu sein.

Die erfassten Einschätzungen aus der Sylter Bevölkerung legen es nahe, sich nicht nur intensiv um den Küstenschutz der Insel zu kümmern, sondern in gleicher Weise um andere Bereiche wie die zukünftige Entwicklung des Tourismus oder die beruflichen Perspektiven, insbesondere für Jugendliche. Dabei werden von Seiten der Sylter nur wenig grundsätzliche und strukturelle Änderungen vorgeschlagen (Kapitel 11).

Klimaänderung: Wertschätzung für Natur und Landschaft

Die Ergebnisse der Umfrage zur Zahlungsbereitschaft für den Schutz des Wattenmeeres vor den Folgen einer Klimaänderung zeigen, dass eine deutliche Nachfrage nach diesem öffentlichen Gut besteht (Kapitel 9). Die Wertschätzung, die sich aus nutzungsabhängigen und nutzungsunabhängigen Komponenten zusammensetzt, hängt u.a. davon ab, ob die befragten Personen bereits in der Region gewesen sind, einen Besuch wünschen oder beabsichtigen. Ebenfalls positiv beeinflusst wird sie durch den Umfang an Kenntnissen über die Naturlandschaft

Wattenmeer sowie durch das Wissen um einen möglichen Klimawandel und seine Einflüsse auf das Wattenmeer. Erwartungsgemäß ist bei denjenigen Personen eine höhere Zahlungsbereitschaft festzustellen, die eine allgemein positive Einstellung zu Natur- und Klimaschutz haben, eine geringere hingegen bei Personen, die grundsätzlich die Bewertung von Natur und Landschaft in Geldeinheiten ablehnen (Kapitel 9). Hochgerechnet für die Bevölkerung der Bundesrepublik ergibt eine konservative Schätzung eine jährliche Zahlungsbereitschaft von rd. 470 Mio. DM pro Jahr für den Schutz des gesamten Wattenmeeres an der deutschen Nordseeküste. Leitet man daraus die Wertschätzung für die Biotop an der Ostseite von Sylt ab, dann ergibt sich hierfür eine Zahlungsbereitschaft von 32 Mio. DM pro Jahr. Verglichen mit den Kosten für Sandvorspülungen auch auf der Ostseite, mit denen eine weitere Degradierung der schützenswerten Biotop erreicht werden könnte, zeigt sich, dass diese Maßnahmen sehr wirtschaftlich wären. Daher ist die Berücksichtigung der Wertschätzung für den Erhalt von Natur und Landschaft bei der Auswahl der Küstenschutzstrategie an der Ostseite aus ökonomischer Sicht vordringlich. Andernfalls würden durch den Verlust dieser Biotop der Gesellschaft hohe Kosten entstehen und damit die gesellschaftliche Wohlfahrt verringert.

Sylt: Konflikte und Konfliktpotentiale bei Klimaänderungen

Erwartungsgemäß werden eine Reihe von bestehenden Konfliktfeldern im Zusammenhang mit der Entwicklung Sylts auch in den empirischen Untersuchungen bestätigt (Kapitel 10 und 11). Die Gefahren, die von einem möglichen Klimawandel ausgehen, werden hingegen als gering eingeschätzt und tragen damit nicht zu einer Erhöhung des bereits vorhandenen Konfliktpotentials bei. Allerdings wird sich vermutlich der Nutzungsdruck gerade in den vom Küstenrückgang gefährdeten Bereichen erhöhen, wenn man die hydro- und morphodynamischen Resultate zu Grunde legt, die sich aus den szenariengestützten Modellierungen ergeben (Kapitel 6 und 7).

Ein Konfliktpotenzial wird in der ambivalenten Position zum Tourismus gesehen: Auf der einen Seite werden im Marketingbereich die naturräumlichen Faktoren (Brandung, Dünen, 40 km Sandstrand etc.) betont, um das Sylt-Image entsprechend zu prägen und somit die derzeitige touristische Nutzung zu steigern bzw. mindestens auf dem derzeitigen Niveau halten zu können (Kapitel 12). Auf der anderen Seite wird die heutige Form oder gar eine Steigerung des Inselftourismus in gewissem Sinne als Gefahr empfunden (Kapitel 11).

Mehrere Mensch-Umwelt-Schnittstellen wurden als zentral für das „System Sylt“ identifiziert: (a) die vermuteten Auswirkungen eines Klimawandels, (b) die künftigen Veränderungen ökologischer Strukturen sowie (c) das „Sylt-Image“. Letzteres scheint zwar auf den ersten Blick ziemlich eindeutig zu sein, erweist sich aber bei näherem Hinsehen als eher unklar. Denn das derzeitige Sylt-Image ist nach unseren Ergebnissen in der Ambivalenz zwischen „Statik“ und „Dynamik“ zu sehen: Die statische Komponente bezeichnet die stabile Insellage, die für den Objektschutz und die touristische Nutzung notwendig ist. Die dynamische Komponente bezeichnet den „Reiz der Naturgewalten“, der gleichsam für die Attraktivität der Insel wesentlich ist. Zwischen beiden Komponenten besteht eine Wechselwirkung, die derzeit sowie unter Berücksichtigung möglicher Klimaänderungen im Wesentlichen durch Maßnahmen des Küstenschutzes die „statische“ Komponente als prioritär erscheinen lässt. Es lässt sich aber im Sinne einer *kontrollierten Steuerung* der Rückgangsdynamik auch darüber nachdenken, ob der genannte „Reiz der Naturgewalten“ nicht in positiver Lesart im Sylt-Image verankert werden kann (Kapitel 12).

Sylt und Klimaänderungen: Entwarnung?

Sowohl die hydro- und morphodynamischen Untersuchungen als auch die Untersuchungen zur Ökologie des marinen Ökosystems deuten insgesamt eher in Richtung „Entwarnung“ bezüglich der Folgen eines Klimawandels (Kapitel 6, 7 und

8). Angesichts dessen liegt es nahe, die bisherigen Küstenschutztechniken „in aller Ruhe“ (sukzessive in den nächsten Jahren und Jahrzehnten) anzupassen. Im Gefolge eines sich nach und nach erhöhenden Bemessungswasserstandes müssten dann lediglich die vorgespülten Sandmengen erhöht werden. Daneben bietet sich prinzipiell auch die Möglichkeit an, das vorgelagerte Riff zu erhöhen. Der Sedimenttransport über die Inselenden hinweg könnte durch künstliche Inseln und Riffe vermindert werden. Ebenfalls denkbar sind sog. Endschwellen am Nord- bzw. Südende der Insel (Kapitel 7).

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass kurz nach dem Sturm "Anatol" (Dezember 1999) von den "Schlüsselpersonen" auf entsprechende Fragen hin geäußert wird, neben einer Ausweitung der Sandvorspülungen sollten auch verstärkt Alternativen im Küstenschutz erforscht und getestet werden (Kapitel 10). In der aktuellen Küstenschutzdiskussion wird hingegen von Sylter Seite immer wieder betont, dass Strandersatzmaßnahmen das Mittel der Wahl seien und dementsprechend gefordert, dass allein die vorgespülten Sedimentmengen erhöht und deren Finanzierung gesichert werden müssen.

Sylt und Klimaänderungen: Integriertes Küstenmanagement (IKM)

Die fachspezifischen Untersuchungen im Rahmen der Fallstudie Sylt deuten überwiegend darauf hin, dass die Folgen eines möglichen Klimawandels in den nächsten Jahrzehnten aller Voraussicht nach nicht gravierend und von daher beherrschbar sein werden, wenn von den bestehenden küstenschutztechnischen Möglichkeiten sowie von einer tendenziell mäßigen Steigerung bei Mengen und Kosten von Sandvorspülungen ausgegangen wird.

Gleichwohl hat die Sturmserie im Winterhalbjahr 1999/2000 gezeigt, dass nach wie vor Ungewissheiten bei den Aussagen der Klimaforschung bestehen – sowohl im Hinblick auf die generelle Eintretenswahrscheinlichkeit eines Klimawandels als auch hinsichtlich der Zuordnung von Extremwetterereignissen zu langfristigen klimatischen Entwicklungen.

Dieser Ungewissheit kann man nur durch vorsorgeorientierte Überlegungen und Handlungsstrategien angemessen begegnen. Aus diesem Grund schlagen wir die Initiierung eines Küstenmanagement-Prozesses seitens der Politik bzw. der Administration vor (Kapitel 12). Die wissenschaftlichen Grundlagen und Informationen hierfür liegen vor und wurden nicht nur im Rahmen der Fallstudie Sylt erhoben, sondern auch in den langjährigen Ökosystemforschungs-Vorhaben sowie Untersuchungen zur Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt. Durch die Fallstudie Sylt wurden allerdings erstmals empirisch begründete Erhebungen der Sylter Bevölkerung durchgeführt. Hieran wäre anzuknüpfen, indem systematisch und umfassend konkrete Vorstellungen für ein „Nachhaltiges Sylt“ entwickelt würden.

Im Sinne eines langfristig orientierten IKM sollte darüber hinaus berücksichtigt werden, dass es grundsätzlich neben der monostrukturellen Ausrichtung auf den Tourismus an der Westküste Sylts auch Alternativen für die künftige Entwicklung Sylts geben kann³.

Eine Alternative in diesem Sinne wäre die Überlegung, auch auf der Ostseite der Insel Sandvorspülungen zu erproben, um so (a) der zu erwartenden Verstärkung der Erosion naturverträglich vorzubeugen und (b) langfristig eine weitere touristische Nutzungsperspektive zu eröffnen, die die bislang einseitige Ausrichtung auf

³ Vorsorgeorientierte Betrachtungen im Hinblick auf das Verhältnis von Küstenschutz und Tourismus werden allerdings aus ad absurdum geführt, solange beispielsweise gastronomische Betriebe direkt auf einem vorgespülten Sanddepot – also unmittelbar im sturmflutgefährdeten Bereich – gebaut werden dürfen; so zu bestaunen in der Gemeinde Wenningstedt.

den Westküsten-Tourismus in andere Bahnen lenkt. Dabei könnte gleichzeitig auch die natürliche Wanderungsdynamik der Inselenden berücksichtigt werden (Kapitel 8).

Bei den Detailuntersuchungen ebenso wie bei der integrativen Arbeit am Beziehungsgeflecht „System Sylt“ (Kapitel 12) hat sich gezeigt, dass klimabedingte Veränderungen immer im Kontext allgemeiner Entwicklungen gesehen werden müssen. Für die Ableitung von Empfehlungen (i.S.v. Handlungswissen) bedeutet das folgerichtig, dass auch Maßnahmen z.B. im Bereich Tourismus oder Naturschutz Folgen für reaktive oder präventive Anpassungen unter der Annahme bestimmter Klimafolgen haben können. Das wiederum heißt, die formulierten Empfehlungen erhöhen insgesamt die „Kapazität“ des natürlichen und zivilisatorischen Systems Sylt, den Folgen eines Klimawandels zu begegnen. Die wichtigsten Handlungs- und Forschungsempfehlungen sind nachfolgend aufgeführt:

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Aus küstenschutztechnischer Perspektive wird empfohlen, auch weiterhin sog. „weiche Lösungen“ aus Geotextilien für den Objektschutz und zur Erhöhung der Verweilzeiten der Sedimente im offenen System Sylt zu bevorzugen. Gleichzeitig aber bleiben Strandersatzmaßnahmen für die langfristige Stabilisierung des Sedimenthaushalt unverzichtbar.
- Aufgrund der Ergebnisse der numerischen Modellierungen wird empfohlen, mehr als bisher das Riff oder geeignete Offshore-Bauwerke in den Küstenschutz mit einzubeziehen, um sowohl die lokalen Sicherheiten zu gewährleisten als auch die Verweilzeiten der Sedimente zu erhöhen. Dabei ist die Form des Bauwerks im Gegensatz zu dessen räumlicher Anordnung von untergeordneter Rolle. Als eine wirksame, stützende Maßnahme wird unabhängig vom künftigen Wasserstandsanstieg bereits heute die Anordnung von Endschwellen an den Inselenden gesehen. Diese werden in Verbindung mit Strandersatzmaßnahmen die Verweilzeiten der Sedimente im System verlängern, da ein Austritt von Strandmaterial nach Norden und Süden entsprechend der Geometrie der Schwellen vermindert wird.
- Im Hinblick auf alternative Küstenschutzmaßnahmen kann es dennoch sinnvoll sein, Riffverstärkungen (als präventive oder als reaktive Maßnahme) so zu gestalten, dass eine Mehrfachnutzung ermöglicht werden könnte, z.B. Nutzung durch Surfer wie es in Australien praktiziert wird.
- Wie auch in anderen europäischen Ländern (z.B. Dänemark) sollte ein nicht zusätzlich bebaubarer Küstenstreifen ausgewiesen werden. Dessen Breite sollte ca. 100 m betragen. Das bedeutet, dass dort auf keinen Fall neue Bebauung (einschließlich Lückenbebauung oder Anbauten) erfolgen darf.
- Aus ökonomischer Perspektive ist festzustellen, dass die Fortführung des bisherigen Küstenschutzes an der Westseite Sylts auch langfristig rational erscheint. Es ist gleichwohl darauf hinzuweisen, dass der Geltungsbereich diesbezüglicher Aussagen mit einem Zeithorizont bis Mitte des Jahrhunderts prinzipiell eingeschränkt sein muss. Eine stärkere Hinwendung zur Ostseite Sylts kann davon ausgehen, dass für die Erhaltung von Natur und Landschaft von Teilen des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres eine relativ hohe Wertschätzung besteht, wie die Ergebnisse der Zahlungsbereitschaftsanalyse ergeben haben. Unter diesen Bedingungen kann es durchaus sinnvoll sein, über Sandvorspülungen an der Ostküste Sylts nachzudenken, um so ggf. an einigen ausgewählten Abschnitten eine touristische Nutzung zu ermöglichen. Bisher nicht durchgeführte aber hier empfohlene Sandvorspülungen auf der Ostseite der Insel zum Ausgleich der Substanzverluste können nicht nur in weiten Teilen die vorherrschende Hartbauweise des Küstenschutzes ablösen und

künftige überflüssig machen, sondern dienen auch dem Erhalt eines Natur- und Erholungsraumes.

- Der Zusammenschluss der Sylter Gemeinden zu einer Verwaltungs- und Planungseinheit sollte vorangetrieben werden, um inselweit ausgewogene Entscheidungen zu erleichtern und effizienter herbeizuführen. Dadurch kann auch besser über Notwendigkeit und Durchführbarkeit von Bebauungssperren, eine Lenkung im Bereich der Gästezahlen und die Verkehrsdichte beraten und entschieden werden. Darüber hinaus ist es sinnvoll, ein gemeindeübergreifendes Vermarktungskonzept zu entwickeln, um die mögliche Konkurrenz unter den Inselgemeinden zu verringern und gemeindeübergreifende Vorhaben verwirklichen zu können.
- Die einmalige Naturkulisse ist das Kapital der Insel Sylt und bedarf daher besonderer Schonung als auch der Wiederherstellung in kritischen Bereichen. Dabei ist nicht nur die Westseite der Insel mit ihrer Kliff- und Dünenlandschaft, sondern ebenso die Ostseite mit ihren abwechslungsreichen Feuchtbiotopen zu berücksichtigen.
- In diesem Zusammenhang wird eine integrative und transparente Rezeption und Berücksichtigung der Interessen aller Sylter Akteursgruppen bei politischen Entscheidungen im Sinne eines Stakeholder-Ansatzes empfohlen. Dazu kann die bei den befragten „Schlüsselpersonen“ vorhandene hohe Motivation zur Reflexion und Diskussion über Inselprobleme genutzt werden, um z.B. inselweite Partizipationsverfahren in der Art des Offenen Tourismusforums zu einer Dauereinrichtung zu machen und inhaltlich im Sinne einer "Lokalen Agenda 21 Sylt" zu erweitern. Dies entspricht der Empfehlung nach einer verstärkten Bürgerbeteiligung an den kommunalen Entscheidungsprozessen. Dies kann in Form von Planungszellen, aber auch anderer Verfahren wie z.B. Zukunftswerkstätten umgesetzt werden. Schon jetzt sollten die Erfahrungen sowie die Empfehlungen aus der Planungszelle (September 1999) beachtet werden.
- Die in den Landschaftsplänen vorgeschlagenen Maßnahmen insbesondere zur Erweiterung resp. Neuausweisung von Schutzgebieten bzw. zur Einrichtung von Biotopverbundsystemen und zur Begrenzung der Siedlungsentwicklung sollten umgesetzt werden. Hierdurch kann der Naturraum, auf den sich die Anziehungskraft Sylts maßgeblich gründet, geschützt und entwickelt werden.

FORSCHUNGSEMPFEHLUNGEN

- Aus zeitlichen Gründen war es im Rahmen der Fallstudie Sylt nicht möglich, die Wirkungen der Sturmserie im Winterhalbjahr 1999/2000 im Detail zu untersuchen. Man kann davon ausgehen, dass derartige Extremereignisse und insbesondere deren Häufung deutlichere Wirkungen in Natur- und Anthroposphäre hinterlassen. Hierzu lassen sich bislang nur Vermutungen anstellen, so dass eine Untersuchung der Thematik „Wirkung von Extremereignissen auf naturräumliche und sozioökonomische Strukturen“ weitergehende Aufschlüsse verspricht. Empfohlen wird eine systematische Untersuchung der Auswirkungen von Extremereignissen auf ökologische Systeme sowie auf die diesbezügliche Wahrnehmung und Einschätzung von Klimaänderungen und deren Folgen.
- Es wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass das Sylt-Image offenbar eine zentrale Bedeutung im System Sylt hat. Die ersten empirischen Untersuchungen, die im Rahmen der Fallstudie durchgeführt werden, zeigen bereits, dass hier eine Reihe von Widersprüchen aufscheinen, die empirische Untersuchungen zum Komplex: „Sylt-Image – Tourismus“ sinnvoll erscheinen lassen. Schwerpunktmäßig müsste hier das Spannungsverhältnis von tradiertem Natur-

und Kulturlandschaft sowie intensiver Nutzung aufgegriffen werden, u.a. mit Studien zur Landschaftsästhetik.

- In engem Zusammenhang hiermit zeigt sich ein Defizit hinsichtlich der Frage, ob der derzeitige Inseltourismus den Prinzipien einer Nachhaltigen Entwicklung folgt. Dieses normativ begründete Prinzip, das sowohl in der Umweltpolitik als auch in vielen anderen Politikfeldern in zunehmendem Maße als verbindlich und handlungsleitend angesehen wird, muss jeweils regional bzw. lokal ausgestaltet werden. Für Sylt bietet sich die Möglichkeit, diesen Aspekt aufzugreifen, um mit einer Bearbeitung der Thematik „Nachhaltiges Sylt und Inseltourismus“ den langfristigen Aspekt hervorzuheben und den Prozess eines IKM zu initiieren. Eine Grundlage hierfür wäre die kontextualisierte Untersuchung von Umweltproblemen durch entsprechende Einbindung in lokale, situative und gruppenbezogene Zusammenhänge und Interessenlagen.
- Immer wieder hat sich auch in der Fallstudie Sylt gezeigt, dass die (Massen-)Medien eine wichtige Rolle bei der Vermittlung unterschiedlicher Formen von Wissen spielen. Dieser Aspekt konnte in der Fallstudie nicht aufgegriffen werden, so dass wir eine Studie zum Thema „Retrospektive Analyse der Medienberichterstattung: Sylt und ein möglicher Klimawandel“ anregen. Zielsetzung einer solchen Studie wäre es aufzuzeigen, welche Bedeutung medial gefilterten Informationen bei Handlungsentscheidungen zukommt. Eine solche Untersuchung sollte idealiter parallel zur individuenbezogenen Erfassung sozialer Repräsentationen erfolgen.
- Wiederum in engem Zusammenhang hiermit konnte in der Fallstudie nicht untersucht werden, **wie** Entscheidungen auf der kommunalen Ebene (Sylter Gemeinden, Kreis Nordfriesland, tw. Bundesland Schleswig-Holstein) zustande kommen. Deswegen erscheint es vordringlich, eine empirische Untersuchung zum „Netzwerk Sylt – kommunale Entscheidungsprozesse“ durchzuführen. Hierfür erscheint es sinnvoll, den Sonden-Ansatz (Kapitel 10) in standardisierter Form an einer größeren Stichprobe (Bereich der schleswig-holsteinischen Westküste) weiter zu entwickeln und dabei die Akteursgruppe der „Touristen“ verstärkt zu berücksichtigen.
- Für die Ausgestaltung der Sandvorspülungen vor der Westküste Sylts besteht ebenfalls noch Forschungsbedarf, auch wenn sich herausgestellt hat, dass diese Maßnahme auch unter der Annahme geänderter klimatischer Bedingungen vermutlich relativ effizient durchgeführt werden kann. Im Sinne einer Optimierung wird angeregt, die Form des Vorspülkörpers im Naturversuch zu variieren (geringere Höhe, geringere Neigung). Ein Begleitprogramm mit Tracern (angefärbter Sand) im Spülkörper kann zusätzlich Auskunft darüber geben, an welcher Position die vorgespülten Mengen optimal(er) platziert werden können. Ein solches Begleitprogramm ist im Sinne eines Monitorings der Sedimentdynamik zu konzipieren, bei dem die Dynamik insb. nach Sturmereignissen zeitnah erfasst werden kann. Ebenfalls Bestandteil eines solchen Monitoringprogramms müsste es sein, eine ökologische Begleitforschung im Hinblick auf die Auswirkungen auf die Ökologie des jeweiligen Seegebietes durchzuführen.
- Es sollten detaillierte Untersuchungen zu einem möglichen großräumigen Schutzsystem der Westküste der Insel Sylt unter Einbezug von Offshore-Bauwerken und Endschwellen unternommen werden. Für derartige detaillierte Untersuchungen sind maßstäbliche Versuche in der Natur zum Einfluss der Bauwerke, insbesondere von künstlichen Riffen und Endschwellen unter wissenschaftlicher Begleitung erforderlich; diese Begleituntersuchungen müssten auch der Frage nachgehen, ob von Endschwellen Auswirkungen auf die Nachbarinseln zu erwarten sind. Durch derartige Maßnahmen könnten sich vermutlich die Vorspülintervalle der Strandersatzmaßnahmen erhöhen lassen.

Auf der Grundlage u.a. von Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist dann zu entscheiden, welche Maßnahmen bzw. welcher Mix aus verschiedenen Teilmaßnahmen zu favorisieren ist.

Übertragbarkeit der Ergebnisse und der Vorgehensweise

Die Übertragbarkeit der eingesetzten Methoden und der damit erzielten Ergebnisse auf ähnlich strukturierte Räume ist trotz der spezifischen Entwicklung und Situation Sylts prinzipiell gegeben:

- Die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Untersuchungen sind auf ähnlich strukturierte Räume (sandige Brandungsküsten bei vergleichbaren hydrodynamischen Randbedingungen) übertragbar. Auch die Ergebnisse der ökologischen Untersuchungen bezüglich der Ostküste Sylts sind auf ähnlich strukturierte Rückseiten-Wattgebiete übertragbar.
- Die Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Untersuchungen sind insgesamt stärker auf die konkrete Situation Sylts bezogen (wobei der bundesweiten Umfrage zur Wertschätzung von Natur und Landschaft ein erweiterter Geltungsbereich zukommt, vgl. Kapitel 9). Gleichwohl sind auch ihre Ergebnisse auf andere Räume mit entsprechenden naturräumlichen sowie sozioökonomischen Randbedingungen übertragbar. In diesem Sinne ist davon auszugehen, dass die Bedeutung des Phänomens Klimawandel im Kontext allgemeiner gesellschaftlicher Entwicklungen, die geäußerte Wertschätzung für Natur und Landschaft im schleswig-holsteinischen Wattenmeer sowie das errechnete Schadenspotenzial größenordnungsmäßig durchaus auch auf andere, vergleichbare Räume zutreffen.

Das gewählte methodische Vorgehen der einzelnen fachspezifischen Untersuchungen sowie der fachübergreifenden Analyse ist prinzipiell auch für andere Untersuchungsräume bzw. ähnliche Untersuchungsthemen anwendbar. Die implementierte GIS-Struktur, die Entwicklung und Erprobung einer fachübergreifenden Verständigung unterstützenden Instrumentes einschließlich der Erfassung von Metadaten und die „gleichgewichtige“ Untersuchung von Natur- und Anthroposphäre ist ein angemessener Ansatz (Kapitel 5 und 12). Unter der Voraussetzung einer präzisen Zielformulierung und der Möglichkeit, zusätzlich benötigte Teiluntersuchungen auch ad hoc durchführen lassen zu können, ist die Orientierung am Syndrom-Ansatz des WBGU weiterführend. Für künftige interdisziplinäre Forschungen ist allerdings zu empfehlen, die integrierende Modellierungskomponente stärker zu gewichten. Die Ergebnisse wären zudem sicherlich noch aussagekräftiger, wenn die Beteiligung eines Teilvorhabens zum Themenbereich Tourismus möglich gewesen wäre.

Fachübergreifende Kooperation

Die fachübergreifende Verständigung (Stichwort: „Sprachbarrieren“) und Zusammenarbeit ist bislang selten empirisch untersucht worden. In einer vergleichenden Untersuchung verschieden strukturierter Forschergruppen (Verbundprojekte) wurde daher die Methode der Netzwerkmodellierung erprobt. Mit geringem Erhebungs- und Auswertungsaufwand lässt sich auf diese Weise zeitnah zum Forschungsprozess die interne Struktur einer Forschergruppe (wechselseitige Interessen und Kooperation) ermitteln. Trotz der räumlichen Trennung der einzelnen Teilvorhaben kann die interne Verständigung als gut bezeichnet werden. Eine Analyse der Fallstudie selbst zeigt dabei, dass die interne Vernetzung der untersuchten Teilaspekte durchaus optimiert hätte werden können. Dies sowie die Ausrichtung an einem fachübergreifenden Ansatz verweist nachdrücklich auf die Notwendigkeit koordinierender Tätigkeiten (Kapitel 13).

Es zeigt sich, dass die Untersuchung komplexer Phänomene – wie z.B. Klimafolgen – in Form von Projektforschung teilweise nur unzureichend erfolgen kann, insbesondere wenn hiermit Qualifikationsarbeiten verbunden sind.

2 Problemstellung und Zielsetzung

OTTO FRÄNZLE, HORST STERR & ACHIM DASCHKEIT

Schon immer hat es natürliche Schwankungen des Erdklimas gegeben: Denkt man in erdgeschichtlichen Zeiträumen von Jahrtausenden, so waren beispielsweise Temperaturunterschiede von mehreren Zehnern Grad Celsius keine Seltenheit. Aus der Analyse von Eisbohrkernen weiß man zudem, dass die globale Durchschnittstemperatur innerhalb weniger Jahrzehnte um mehr als 5 Grad Celsius schwanken kann. Aber seit der Mensch zunächst lokale, später regionale und letztlich global wirkende Veränderungen an der Erdoberfläche vornimmt wie z.B. die Rodung großer Waldflächen, bewirkt er auch – oft unbewusst und wohl auch ungewollt – Änderungen in der lokalen, regionalen und globalen Klimaentwicklung. Insbesondere die intensive Nutzung fossiler Brennstoffe in den letzten ca. 200 Jahren hat dazu geführt, dass Klimaschwankungen offenkundig nicht mehr allein als natürliche Vorgänge bezeichnet werden können, sondern als anthropogen beeinflusst angesehen werden müssen. Seit einigen Jahren gilt es aus Sicht der Klimaforschung als hinreichend sicher, dass die Tätigkeiten des Menschen die globale Klimaentwicklung nachweisbar beeinflussen (Graßl 1999). Man muss davon ausgehen, dass die anthropogen überprägten Klimaschwankungen – dies bezeichnen wir im Folgenden als Klimawandel – Wirkungen für den Menschen und seine natürliche Umwelt haben werden. Für eine Analyse und Einschätzung dieser Wirkungen bedarf es u.a. der wissenschaftlichen Analyse – und zwar einer Analyse, die von einer einzelnen wissenschaftlichen Disziplin nicht mehr geleistet werden kann, da Folgen für Mensch *und* Umwelt zu erwarten sind.

Weder auf globaler noch auf regionaler Ebene kann man derzeit im Detail bereits alle Folgen eines Klimawandels für Mensch und Umwelt absehen und einschätzen. Aus diesem Grund ist es plausibel, sich zunächst mit denjenigen Erdräumen zu beschäftigen, die vermutlich von den primären Folgen eines Klimawandels betroffen sein werden. Zu diesen primären Folgen gehört u.a. ein mittel- bis langfristiger Anstieg des Meeresspiegelniveaus, der ca. 0,49 m bis zum Jahre 2100 betragen wird. Dieser Anstieg des mittleren Meeresspiegels wird aller Voraussicht nach zusätzlich mit einem veränderten Sturmeschehen verbunden sein, so dass gute Gründe vorliegen, gerade die dicht besiedelten, intensiv genutzten und ökologisch empfindlichen Küstenräume detailliert zu untersuchen (Rahman u. Huq 1998: 159). Ein Blick auf die verschiedenen Funktionen von Küstenräumen (siehe Tabelle 2-1) macht deutlich, dass die Folgen eines Klimawandels vielfältiger Art sein werden. Offenkundig ist auch die Tatsache, dass Auswirkungen gleichermaßen die Natur- und Anthroposphäre betreffen werden.

Tabelle 2-1: Funktionen der Küstenlandschaft und ihrer Teilsysteme (Quelle: verändert nach Sterr 1998: 373).

Steuerungsfunktionen	Produktions- und Nutzungsfunktionen	Informationsfunktionen
<ul style="list-style-type: none"> • Steuerung der lokalen Energie und Stoffbilanz • Steuerung der chemischen Zusammensetzung von Wasser und Sediment • Steuerung des Wasseraustausches zwischen Land und Meer • Speicherung bzw. Verteilung von Nährstoffen und organischer Substanz • Steuerung der biotischen Nahrungsnetze • Nähr- und Schadstoff-Filterung • Erhaltung von Lebens- und Aufwuchsräumen • Erhaltung der Artenvielfalt 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktion von Trink- und Brauchwasser • Produktion pflanzlicher und tierischer Nahrung • Produktion von Rohstoffen, Baumaterial etc. • Produktion biologisch-genetischer Ressourcen • Raum- und Ressourcenangebot für menschliches Leben und Wohnen (Fischerei und Aquakultur, Seeschifffahrt und Handel, Energienutzung, Tourismus und Erholung, Arten- und Biotopvielfalt) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ästhetische Funktion • Historisch-kulturelle Funktion • Erzieherische und wissenschaftliche Funktion

Untersuchungen über einen möglichen Klimawandel sowie der daraus möglicherweise resultierenden Folgen werden seit gut 10 Jahren auf verschiedenen Maßstabsebenen durchgeführt (für die regionale Ebene vgl. die umfassenden Untersuchungen in der Schweiz: Bader u. Kunz 1998; Bloetzer et al. 1998; Meier 1998). Dabei wird derzeit vor allem auf die Prognosen des IPCC von 1996 (Bruce et al. [Eds.] 1996; Houghton et al. Eds. 1996; Watson et al. Eds. 1996 und Watson et al. [Eds.] 1998) zurückgegriffen. Diese legen es nahe, bereits heute der Frage nachzugehen, ob und ggf. in welcher Form auf Folgen eines Klimawandels reagiert werden kann (OcCC 1998; SRU 1998).

Hierfür ist es nötig, in vergleichender Perspektive Bestandsaufnahmen und auf dieser Grundlage sog. „Vulnerabilitätsanalysen“ durchzuführen, also Untersuchungen darüber, wie „anfällig“ definierte Räume bzw. bestimmte Gesellschaften für die Folgen eines Klimawandels sind. Gemeinhin wird zwischen vier (Maßstabs-)Ebenen unterschieden (Rahman u. Huq 1998: 165 ff.): Von der lokalen über die nationale und die regionale bis hin zur globalen Ebene. Die Fallstudie Sylt ist in die lokale Ebene einzuordnen (abweichend von dieser Einteilung sprechen wir im Folgenden von regionaler Ebene mit Bezug auf die Region der Deutschen Bucht – und nicht mit Bezug auf die überstaatliche Ebene). Bislang überwiegen eindeutig national vergleichende Untersuchungen, die seit Ende der 1980er-Jahre durchgeführt werden und eine Analyse und Einschätzung auf globaler Ebene im Hinblick auf Klimafolgen ergeben.

Vor diesem Hintergrund wurde in Deutschland ebenfalls seit Ende der 1980er-Jahre neben der Klimaforschung die Klimafolgenforschung etabliert. Ein Schwer-

punkt dieses Forschungsfeldes ist die Frage nach den Folgen eines möglichen Klimawandels und dessen gesellschaftlicher Bewertung im deutschen Küstenraum. Seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurde das „*Bund-Länder-Vorhaben KLIMAÄNDERUNG UND KÜSTE*“ (K&K) als Forschungsprogramm aufgelegt. Thematisch und konzeptionell ist die küstenbezogene Klimafolgenforschung in verschiedener Hinsicht ausgestaltet worden (Ebenhöh u. Sterr 1994):

- Es wurden u.a. Untersuchungen durchgeführt, die den gesamten deutschen Küstenraum betreffen, beispielsweise zum Themenkomplex „Klimawandel und Tourismus“ und zu den Auswirkungen auf Salzwiesen- und Dünenkomplexe. Detaillierte Betrachtungen hierzu fanden dann wiederum an nach unterschiedlichen Gesichtspunkten ausgewählten Lokalitäten / Standorten statt.
- Einige Untersuchungen analysierten einzelne inhaltliche Aspekte in spezifischer Form, so z.B. die auf den Ostseeraum bezogene Untersuchung zu „Auswirkungen von Klimaschwankungen auf die Ostseeküste“, die auf meteorologische Aspekte fokussiert war (Hupfer et al. 1998).
- Daneben wurden auch zwei räumlich begrenzte Fallstudien durchgeführt, um die vielfältigen Aspekte von Klimafolgen detailliert und in fachspezifischer Weise zu erforschen. Neben der Fallstudie Sylt beschäftigt sich eine weitere Fallstudie mit den Folgen eines Klimawandels im Bereich der Unterweser (Klimu) (Schirmer u. Schuchhardt Hrsg. 1999; siehe auch: Brückner 1999).

Mit diesen Forschungsschwerpunkten war beabsichtigt, sowohl räumlich übergreifende als auch detailliertere Einsichten über die Folgen eines Klimawandels zu erhalten. Es mag zwar im ersten Moment nicht nahe liegend erscheinen, bei der ansonsten überwiegend global geführten Diskussion um Klimawandel und Klimafolgen einen derart „kleinen“ Raum wie die Insel Sylt auszuwählen. Aber es darf nicht vergessen werden, dass (1) auf der globalen Ebene prognostizierte Klimafolgen lokal eine differenzierte Ausprägung haben können und (2) eine Reihe auch in diesem Kontext relevanter Entscheidungen auf lokaler Ebene getroffen werden und nicht nur auf staatlicher und überstaatlicher Ebene.

Im Programm Klimaänderung und Küste wurde die Nordseeinsel Sylt u.a. deswegen als Untersuchungsraum für eine lokale Fallstudie ausgewählt, weil eine ganze Reihe raum- und flächenwirksamer Entscheidungen auf der kommunalen Ebene getroffen werden. Keineswegs wird damit verkannt, dass viele Entscheidungen auf nationaler und – in zunehmendem Umfang – auf supranationaler Ebene getroffen werden, die auch rahmensetzend für kommunale Entwicklungen sind. Gleichwohl lassen sich auf kommunaler (Planungs-)Ebene überkommunale Vorgaben im intendierten Sinne verstärken – aber eben auch konterkarieren.

Unter der Annahme eines zukünftigen Klimawandels und der bisher weitgehenden Unkenntnis über seine Folgen auf kleinräumiger Ebene sowie dessen gesellschaftlicher Bewertung lässt sich die Problemstellung der Fallstudie Sylt anhand folgender Fragestellungen konkretisieren:

- Inwieweit ist der Nachweis eines globalen Klimawandels und dessen Folgen auf regionaler (Deutsche Bucht) bzw. lokaler Ebene möglich?
- Wie werden ggf. die Folgen dieses Klimawandels im naturräumlichen und im sozioökonomischen Bereich ausgeprägt sein?
- Inwieweit besteht Übereinstimmung bzw. Diskrepanz zwischen den vermutlich „objektiven Gefährdungslagen“ wie Meeresspiegelanstieg sowie Intensität und Häufigkeit von Sturmfluten einerseits und der Wahrnehmung andererseits?

- Müssen bereits heute Maßnahmen ergriffen werden, um bestimmten Entwicklungen vorzubeugen?
- Welche Konfliktbereiche bestehen derzeit, und werden sie möglicherweise durch einen Klimawandel verschärft?
- Sind die Ergebnisse der Fallstudie eine geeignete Basis für ein Integriertes Küstenmanagement (IKM)?
- Lassen sich Vorgehensweise und Ergebnisse auf andere Räume übertragen? Und wenn ja, unter welchen Bedingungen?

In allgemeiner Form ist also das erkenntnisleitende Interesse an dieser Fallstudie, eine Reihe von Informationen bezüglich der Folgen eines möglichen Klimawandels auf lokaler Ebene zu erhalten und auf diese Weise Untersuchungsergebnisse zu ergänzen, die bislang meist auf größere Räume bezogen waren. Dabei ist es wichtig, sowohl fachspezifische als auch fachübergreifende Teiluntersuchungen durchzuführen, die insgesamt gleichermaßen Gesellschaft und natürliche Umwelt betrachten. Ein Blick auf die vorstehend aufgeführten Fragestellungen verdeutlicht unmittelbar, dass nur eine Kooperation von Natur- und Ingenieur- sowie Sozial- und Geisteswissenschaftlern zielführend ist⁴. Diese Notwendigkeit der fachübergreifenden Verständigung und Zusammenarbeit bringt es mit sich, dass von Beginn an Zeit und Ressourcen eingeplant werden müssen, um Verständigungshindernisse verringern zu können. Aus diesem Grund bedarf es zwingend der inhaltlichen wie auch der organisatorischen Koordination eines Verbundprojektes. Neben dieser notwendigen Voraussetzung ist es aber auch die Motivation und die Bereitschaft der Beteiligten, sich auf zunächst fachfremde Aspekte einzulassen, die entscheidend mit zum Erfolg eines Verbundprojektes beiträgt.

Für die Fallstudie Sylt war von Beginn an ein Miteinander von fachübergreifenden Analysen einerseits und fachspezifischen Untersuchungen andererseits geplant, um damit unterschiedlichen Erkenntnisinteressen Rechnung tragen zu können – manche Fragestellungen lassen sich nur durch detaillierte Untersuchungen, andere wiederum nur durch übergreifende Auswertungen beantworten. In interdisziplinärer Art und Weise wurde ein Forschungsfeld untersucht, das bislang in Deutschland kaum mit einer vergleichbaren Herangehensweise bearbeitet wurde.

Grundsätzlich setzt sich die Debatte um einen Klimawandel schwerpunktmäßig aus drei Komponenten zusammen: Die erste Komponente resultiert aus der Frage, ob und in welcher (regionalen) Ausprägung ein Klimawandel als hinreichend sicher angenommen werden kann. Die zweite Komponente thematisiert die hieraus resultierende Frage nach den entsprechenden (direkten) Folgen eines Klimawandels inklusive der Frage nach der Bedeutung (indirekter) nicht-klimabezogener Faktoren auf natürliche und gesellschaftliche Prozesse (Sterr et al. 1999). Die dritte Komponente widmet sich dem Komplex Klimaschutz und Klimapolitik, also z.B. der Frage, ob eher präventive oder eher adaptive Strategien angemessen sind.

Im Hinblick auf die Fallstudie Sylt ist dabei von Relevanz, dass wir einen Klimawandel auf regionaler Ebene annehmen und im Folgenden lediglich nach der spezifischen Ausprägung fragen bzw. bestimmte Szenarien der zukünftigen Klimaentwicklung zugrunde legen. Wir gehen dabei von den in Kapitel 4 genannten Prämissen im Hinblick auf die Formulierung von Klimaszenarien aus. Die zweitgenannte Komponente ist der eigentliche Schwerpunkt der Fallstudie – obwohl

⁴ Der Einfachheit halber wird nachfolgend die etwas gröbere Unterscheidung von Natur- und Sozialwissenschaften verwendet.

gerade diese in ähnlichen Untersuchungen oft vernachlässigt wird. Man muss bei der Debatte um Klimawandel bedenken: „... Akteure und Akteursgruppen sind (...) auf normative Vorgaben bei der Bestimmung tolerabler und nicht-tolerabler Bedingungen (Leitplanken) angewiesen, die ihrerseits umstritten sind. Diese betreffen beispielsweise die ökologischen und sozialen Folgen des Klimawandels oder die Belastbarkeit sozialer Systeme durch vorsorgende Klimaschutzpolitiken“ (Kraemer 1999: 333). Diese Unsicherheit bezüglich der Folgen des Klimawandels wird zwar gerne vernachlässigt oder als Droh-Katastrophe benannt. Die Spezifizierung der Folgen und ihre gesellschaftliche Einschätzung sind die entscheidenden Zwischenschritte hin zum Erkennen der Wechselwirkungen zwischen Umwelt / Klima und Gesellschaft sowie zur Wahl geeigneter Lösungsstrategien. Für die Fallstudie Sylt steht dieser letztgenannte Aspekt im Vordergrund und stellt sich somit als Wissensproblem dar: Was müssen wir **wissen**, um die „Bedrohlichkeit“ der Folgen eines Klimawandels einschätzen und abwägen zu können?

Für die Argumentationskette „Klimawandel – Folgen des Klimawandels – Klimaschutz/-politik“ ist die Differenzierung wichtig, dass Klimawandel und dessen Folgen Wissensprobleme, Klimaschutz resp. Klimaschutzpolitik hingegen politische Probleme sind. In der – z.B. nationalen – Diskussion um die Klimaproblematik wird nach unserer Einschätzung des Öfteren vom Klimawandel direkt zur Klimapolitik übergegangen, ohne hinreichend genau zu wissen, wie spezifisch die Folgen aussehen werden. Dies gilt in noch stärkerem Maße für die hier betrachtete regionale bzw. lokale Ebene. In der Fallstudie Sylt geht es daher auch keineswegs um Klimaschutz/-politik, sondern in einem vorsorgeorientierten Sinne um *Klimafolgen-Schutz*.

Eine Mitte der 1990-er Jahre durchgeführte Studie beschäftigte sich mit den Folgen eines Klimawandels u.a. für die Westküste Schleswig-Holsteins und kann daher als Vorläufer der Fallstudie Sylt angesehen werden. Zwei der wesentlichen Unterschiede zu der genannten Studie sind allerdings, dass in der Fallstudie Sylt die gesellschaftliche Komponente sehr viel eingehender betrachtet wird und die Angaben zur zukünftigen regionalen Klimaentwicklung detaillierter sind.

Es ist deutlich geworden, dass es notwendigerweise sowohl fachspezifischer als auch fachübergreifender Untersuchungen bedarf, die natur- *und* sozialwissenschaftlich angelegt sein müssen, um folgende Zielsetzung (gemäß der angeführten Problemstellung) verfolgen zu können:

- Aus naturwissenschaftlicher Perspektive (Kapitel 6, 7 und 8) ist zu klären, ob und in welcher Intensität und Form sich Folgen eines Klimawandels auf der Untersuchungsebene abzeichnen bzw. prognostizierbar sind.
- Aus sozialwissenschaftlicher Perspektive (Kapitel 9, 10 und 11) ist zu klären, ob und ggf. in welcher Intensität und Form sich diese „objektiven Gefährdungslagen“ in der Gesellschaft widerspiegeln.
- Aus übergreifender Perspektive (Kapitel 5 und 12) ist zu klären, (a) welche Nutzungskonflikte zukünftig durch einen Klimawandel verstärkt oder auch abgeschwächt werden könnten und (b) welche Möglichkeiten bestehen, die Beziehungen zwischen Umwelt und Gesellschaft nachvollziehen zu können, also den Kern dessen herauszuarbeiten, wo Anthroposphäre und Natursphäre wechselseitig vermittelt werden.
- Auf dieser Grundlage wiederum sollen Aussagen abgeleitet werden, ob und ggf. was präventiv oder adaptiv bezüglich der möglichen Folgen eines Klimawandels getan (entschieden und gehandelt) werden könnte.

Aus den genannten Zielsetzungen ergibt sich der Aufbau dieses Berichtes (vgl. Inhaltsübersicht):

Im Anschluss an diese Einleitung wird auf die verwendeten Klimaszenarien eingegangen, die die Grundlage für alle Teilvorhaben bilden. Dabei werden auch jüngere Modellierungsergebnisse der Klimaforschung dargestellt, soweit sie sich auf die betrachtete Region – insbesondere die Insel Sylt – beziehen (Kapitel 4).

Zu Beginn des Teils „Ergebnisse“ wird die zentrale Datenstruktur sowie der Aufbau des GIS Sylt erläutert (Kapitel 5). Hierbei wird exemplarisch auf grundlegende naturräumliche und sozioökonomische Gegebenheiten eingegangen.

Auf dieser Basis werden die Ergebnisse der naturräumlichen Analysen dargestellt. Dabei geht es um die Darstellung der geologischen Entwicklung Sylts, die derzeitigen und zukünftigen seeseitigen Bedingungen und deren Auswirkungen auf das geomorphodynamische Geschehen (Sedimenttransportraten, -mengen etc.) sowie die ökosystemaren Veränderungen im marinen Bereich (Kapitel 6, 7 und 8).

Parallel dazu wurde die gesellschaftliche Seite eines möglichen Klimawandels untersucht. Hierbei wurde auf mehreren Ebenen angesetzt, um diesen bisher auch in anderen Studien zur Klimafolgenforschung kaum untersuchten Komplex zu erhellen. Aus ökonomischer Sicht (Kapitel 9) wird nach den Kosten der möglichen Folgen einer Klimaänderung gefragt und mit Hilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse die Wirtschaftlichkeit entsprechender Schutzmaßnahmen untersucht. In diese Analyse gehen zum einen die monetär bewerteten Schäden an Gebäuden und Infrastruktur ein. Ihrer Bewertung werden verschiedene Annahmen über das Anpassungsverhalten der Akteure, d.h. insbesondere der Hausbesitzer, zugrunde gelegt. Weiterhin fließen in die Kosten-Nutzen-Analyse die Ergebnisse einer bundesweiten Zahlungsbereitschaftsanalyse über die Wertschätzung des Erhalts von Natur und Landschaft im Wattenmeer ein. Aus der hierin ermittelten Zahlungsbereitschaft für ein Programm zum Schutz des Wattenmeeres vor den Folgen des Klimawandels wird für die Biotope auf der Ostseite von Sylt ein monetärer Wert abgeleitet. Als nichtrepräsentative, aber einflussreiche "Teilmenge" der Sylter Bürger sind sog. "Schlüsselpersonen" anzusehen, Vertreter verschiedener Akteursgruppen auf Sylt (Tourismusgewerbe, Küstenschutz, Naturschutz etc.). Ausgewählte Schlüsselpersonen der Sylter Bevölkerung wurden detailliert zu vergangenen und möglichen zukünftigen Entwicklungen auf Sylt befragt, mit besonderem Augenmerk auf den Aspekt "Klimaänderungen" (Kapitel 10). Schließlich werden in Kapitel 11 unter Nutzung verschiedener Methoden u.a. Betrachtungen zur Zukunft Sylts und zu Einstellungen bzw. "Vorstellungen" Sylts aus der Sicht Sylter Bürger vorgenommen.

Auf der Grundlage der fachspezifischen Untersuchungen wird in einer übergreifenden Analyse und Bewertung (Kapitel 12) auf die erkennbaren Wechselwirkungen zwischen Natur- und Anthroposphäre eingegangen.

Unter Berücksichtigung von Resultaten der disziplinären Untersuchungsergebnisse erfolgt eine abwägende, synoptische Analyse und Bewertung der möglichen Folgen eines Klimawandels auf der Grundlage eines Beziehungsgeflechtes zwischen Komponenten der Natur- und der Anthroposphäre. Hieran schließen sich Empfehlungen für die künftige Entwicklung Sylts an, und es wird ein Integriertes Küstenmanagement vorgeschlagen. (Kapitel 12). Zu diesem Komplex gehört auch die Erörterung der Frage, ob die gewählte Vorgehensweise auf andere Räume und auf andere Verbundprojekte mit einer ähnlichen Thematik übertragbar ist. Zudem wird die empirische Analyse der Kommunikation und Kooperation innerhalb des Verbundprojektes ausgeführt (Kapitel 13).

3 Randbedingungen

OTTO FRÄNZLE, HORST STERR & ACHIM DASCHKEIT

In der vorstehenden Einleitung wurden die wichtigsten Aspekte der Problemstellung sowie die Zielsetzungen der Fallstudie Sylt aufgeführt. Wie in jedem Forschungsvorhaben können immer nur mehr oder minder große Ausschnitte aus der realen Welt untersucht werden. Welche fachlichen Untersuchungsschwerpunkte als bedeutsam und welche als (vermeintlich) weniger bedeutsam eingestuft werden, ist mitunter nicht so sehr eine Frage des „forscherischen Wollens“, sondern vielmehr eine Frage der äußeren Randbedingungen, unter denen Forschung konzipiert werden muss. Nachfolgend werden hierzu einige Aspekte angeführt:

- Schon vor Beginn der Studie wurde festgelegt, dass u.a. aus Kostengründen keine umfangreichen und langfristigen Primärerhebungen durchgeführt werden können. Im Gegensatz beispielsweise zur Ökosystemforschung, die auf ca. 10 Jahre konzipiert ist und in dessen Verlauf umfangreiche Basisdaten erhoben werden sollen (Fränzle et al. Hrsg. 1998 ff.; Kellermann et al. 1998), sollte in der Fallstudie Sylt so weit wie möglich auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden. Diese Randbedingung muss allerdings differenziert betrachtet werden: Im Bereich der naturwissenschaftlichen Forschung war diese Vorgabe relativ leicht einzuhalten, gibt es doch eine mitunter jahrzehntelange Forschungstradition insbesondere im Bereich der hydro- und geomorphodynamischen Untersuchungen. In der jüngeren Zeit war das nördliche Sylter Wattenmeer Gegenstand mehrjähriger Untersuchungen (Gätje u. Reise Hrsg. 1998). Hier existiert ein großer Wissens- und Datenbestand. Im Bereich der sozialwissenschaftlichen Forschung ist die Ausgangslage hingegen gänzlich anders. Zunächst einmal ist die sozialwissenschaftliche Umweltforschung generell relativ „jung“ (Diekmann u. Jaeger Hrsg. 1996), so dass insgesamt gesehen ein relativ kleiner Wissens- und Datenbestand besteht. Hinzu kommt, dass die Westküstenregion Schleswig-Holsteins bzw. die Insel Sylt nur sehr selten Gegenstand sozialwissenschaftlicher Umweltforschung gewesen ist. Aus diesen Gründen war es geboten, Primärerhebungen in diesem Bereich durchzuführen. Auch hier galt aber die Bedingung, so weit wie möglich auf bereits erhobene Daten aufzusetzen.
- Eine gewisse Ausnahme im Bereich der sozialwissenschaftlichen Umweltforschung an der Westküste Sylts ist die tourismusbezogene Forschung, die im Rahmen der schleswig-holsteinischen Ökosystemforschung durchgeführt wurde. In diesem Bereich wurden tatsächlich einige sozioökonomische Daten erhoben. So lag es bei der Planung des Verbundprojektes nahe, diesen Bereich im Rahmen der Fallstudie Sylt mit einem eigenen Teilvorhaben zu bearbeiten, was aber nicht möglich war. Dadurch ist die Aussagebreite der Ergebnisse gewiss eingeschränkt, ebenso wie durch das Fehlen bspw. von empirisch gestützten Aussagen zu Veränderungen der terrestrischen Ökologie u.a.m.
- Während der Durchführung der Fallstudie Sylt mussten einige inhaltliche Schwerpunktverschiebungen vorgenommen werden. Zudem konnten ursprünglich vorgesehene Arbeiten wie z.B. eine Medienanalyse nicht durchgeführt werden. In einigen Medienberichten im Herbst 1997 war den Wissenschaftlern der Fallstudie unterstellt worden, die Diskussion um eine finanzielle Eigenbeteiligung der Sylter am Küstenschutz unterstützen zu wollen. Obwohl dieser Vorwurf jeglicher Grundlage entbehrte, kam es daraufhin zu erheblichen politischen Irritationen, die in der Konsequenz zur Unterlassung der Me-

dienanalyse führten⁵. Daneben hatten diese Irritationen in einzelnen Teilvorhaben zeitliche Verschiebungen und sogar inhaltliche Neudispositionen zur Folge. So mussten etwa im Teilvorhaben Psychologie der ursprüngliche Forschungsantrag komplett überarbeitet und die Vorgaben zur ersten Befragung so verändert werden, dass das Thema Klimawandel im Sinne eines potenziellen Risikos für Sylt gänzlich ausgeklammert blieb.

- Ein weiterer Aspekt ergab sich aus dem Forschungsleitplan für das Programm "Klimaänderung und Küste". Demnach sollte nach Möglichkeit mit Repräsentanten Sylter Institutionen (z.B. aus Verbände) bzw. mit der Bevölkerung selbst zusammengearbeitet werden. Dies wurde in der Fallstudie in zweifacher Weise umgesetzt: Zum einen wurden die Sylter Bevölkerung bzw. Sylter "Schlüsselpersonen" direkter Forschungsgegenstand der sozialwissenschaftlichen Teilvorhaben, insbesondere in den Bereichen Soziologie und Psychologie (Kapitel 10 und 11). Zum anderen wurden einzelne Institutionen bilateral und für die Fallstudie insgesamt kontaktiert, um auf die jeweils vorhandene Expertise zurückgreifen sowie ggf. auch Daten auswerten zu können.
- Als gewissermaßen „feste Einrichtung“ wurde überdies ein „Projektbegleitender Beirat“ eingerichtet, der im Wesentlichen zwei Aufgaben hatte: Erstens die fachliche Begleitung der Fallstudie und zweitens Hilfestellung bei der Akquisition von Daten oder anderweitigen Materialien. Im Beirat waren insgesamt 11 Personen aus unterschiedlichen Bereichen vertreten: Vertreter von Landesministerien bzw. nachgeordneter Behörden, Wissenschaftler aus dem Bereich der küstenbezogenen Forschung sowie Vertreter einiger Sylter Institutionen (Bädergemeinschaft, Landschaftszweckverband) und ein Vertreter des Auftraggebers BMBF resp. des Projektträgers.

Aus der Abbildung 3-1 ist sowohl die interne Struktur (fachliche Zusammensetzung) der Fallstudie Sylt als auch die externe Struktur erkenntlich.

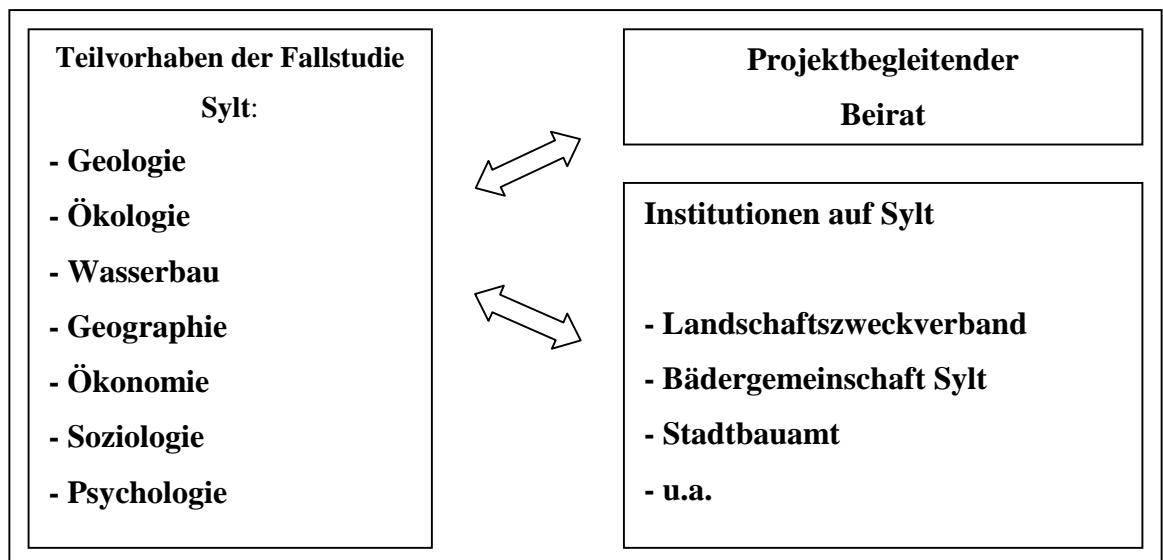


Abbildung 3-1: Fallstudie Sylt – beteiligte Fachdisziplinen und externe Bezüge

⁵ Im Nachhinein verdeutlicht dies, mit welchen Verzerrungen Aspekte eines Klimawandels in "gefilterter" Form wahrgenommen und transportiert werden können (vgl. hierzu Braun 1996 sowie Peters u. Sippel 1998).

4 Klimaszenarien

HORST STERR, OTTO FRÄNZLE, ACHIM DASCHKEIT, KAI AHRENDT & JAN-OLE WITTE

Die Beschreibung des Klimas beruht auf einer Zusammenfassung und Mittelung meteorologischer Daten über einen längeren Zeitraum, der standardmäßig einen Zeitraum von mind. 30 Jahre umfasst und somit vom Prinzip her retrospektiv ist. Für die Analyse und Bewertung des Klimawandel sind jedoch Beschreibungen von Trends von Bedeutung, die aus Vergangenheit und Gegenwart „nach vorne“ blicken. Für die Extrapolation von künftigen Klimatrends sind komplexe Klimamodelle erforderlich, deren Entwicklung in den letzten 10 Jahren große Fortschritte erzielt haben.

Aus der Kenntnis naturgesetzlicher Zusammenhänge und der laufenden Erhebung globaler klimatologischer Daten werden mathematische Modelle entwickelt, die auf der Grundlage des gegenwärtigen Klimas das zukünftige Klimageschehen möglichst wirklichkeitsgetreu abzubilden versuchen. Entsprechend dem Stand der Modellierungs- und Rechnertechnik ist eine Tendenz in Richtung höherer regionaler Auflösung der Klimamodelle zu verzeichnen: Basierten die früheren Modelle auf relativ weitmaschigen Gitternetzen, welche kaum regionale Aussagen (unterhalb 1000 km Auflösung) zuließen, so ist die aktuelle Entwicklung in der Klimaforschung dadurch gekennzeichnet, dass die Modelle auch „kleinere“ räumliche Ausschnitte abbilden können. Immer jedoch setzt die Modellierung künftiger Trends eine Reihe von Annahmen bezüglich anthropogener Steuerungsfaktoren voraus (Lohmann 1999; v. Storch et al. 1999).

Auf dieser Basis setzt die Kopplung von Klima- und Klimafolgenforschung an: Ausgehend von bestimmten Annahmen bezüglich der globalen Bevölkerungsentwicklung, des künftigen Energieverbrauchs sowie der zukünftigen wirtschaftlichen Entwicklung werden vom IPCC verschiedene Emissions-Szenarien abgeleitet, die von einer unterschiedlichen Zunahme der CO₂-Anteile bzw. anderer Treibhausgase in der Atmosphäre ausgehen. Auf diese Weise erhält man ausgerichtet auf einen bestimmten Zeitraum (meist bis 2100) Angaben über die zukünftig zu erwartenden CO₂-Konzentrationen und nimmt diese Mengen als Eingangsgrößen für Klimamodelle. Diesen liegt die Annahme zugrunde, dass sich ein erhöhter CO₂-Gehalt in der Atmosphäre mittel- bis langfristig in einer Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur auswirkt. Diesen globalen Zirkulationsmodellen, welche eine Kopplung der komplexen physikochemischen Wechselwirkungen in der Atmosphäre und in den Ozeanen erfassen und simulieren können, kommt somit eine zentrale Bedeutung zu.

Für den Kontext der Fallstudie Sylt stellt sich die Frage, inwieweit man regionalbezogene Aussagen aus den global konzipierten Klimamodellen ableiten kann. Die Entwicklung der Klimamodelle gestattet zwar, wie oben gesagt, zunehmend höhere räumliche Auflösungen – der hier betrachtete Raum Norddeutschland (terrestrisch) und Deutsche Bucht (marin) ist aber bisher immer noch zu „klein“, um hinreichend exakte Aussagen aus den Modellen abzuleiten.

Diese Tatsache war ein Grund dafür, plausible Szenarien zur zukünftigen Klimaentwicklung im deutschen Küstenraum für alle Forschungsvorhaben im Programm „Klimaänderung und Küste“ in einem eigenen Forschungsprojekt erstellen zu lassen und somit eine Betrachtungsgrundlage auch für die Fallstudie Sylt zur Verfügung zu haben. Das heißt, dass die Erstellung von Klimaszenarien extern und zeitlich parallel zur Fallstudie erarbeitet wurden und nicht bereits zu Beginn der Forschungsarbeiten zur Verfügung standen. Aus diesem Grund mussten in der Planungsphase bzw. direkt zu Beginn der Fallstudie plausible „Arbeits-Szenarien“ festgelegt werden. Entsprechend ist die folgende Darstellung in drei Teile geglie-

dert. Zunächst werden die plausiblen Szenarien in einer Übersicht dargestellt (Kapitel 4.1). Im Anschluss daran werden einige Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen eines externen Szenarien-Forschungsprojektes in ihrem Bezug zur Insel Sylt erläutert (Kapitel 4.2). Im dritten Schritt werden im Sinne einer Konkretisierung der plausiblen Klimaszenarien die konkret benutzten Varianten der veränderlichen Parameter dargestellt (Kapitel 4.3).

4.1 Plausible Szenarien

Die plausiblen Szenarien der künftigen Klimaentwicklung (siehe Tabelle 4-1) wurden mit der Fallstudie Weserästuar (Kapitel 2) abgestimmt, um einen Ergebnisvergleich zu ermöglichen. Nicht alle angeführten Parameter sind für alle Teilvorhaben der Fallstudie Sylt gleichermaßen relevant. Je nach Anspruch wurden die Angaben für einzelne Parameter berücksichtigt bzw. weiterverarbeitet. Der Bezugszeitraum ist hier das Jahr 2050, zum Teil wurden die Angaben für einzelne Parameter in einigen Teilvorhaben linear bis zum Jahr 2100 verlängert.

Tabelle 4-1: Fallstudie Sylt – plausible Szenarien (Zeitraum bis 2050)

Parameter	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Meeresspiegel			
Anstieg	+ 15 cm (säkular)	+ 15 cm (säkular) + 20 cm (anthropogen) = + 35 cm	+ 15 cm (säkular) + 40 cm (anthropogen) = + 55 cm
Gezeiten (Tidenhub)	+ 10 cm (säkular)	+ 10 cm (säkular) + 10 cm (anthropogen) = + 20 cm	+ 10 cm (säkular) + 20 cm (anthropogen) = + 30 cm
Wind / Stürme	Extrapolation heutige Verteilung	5% Intensitätszunahme (insgesamt und für Kategorie Beaufort 12), Richtungsmaximum 270 ⁰	10% Intensitätszunahme (insgesamt und für Kategorie Beaufort 12), Richtungsmaximum 300 ⁰
Sturmfluten	Extrapolation der heutigen Höhen- / Häufigkeitsverteilung	10% längere Standzeit, 10% Häufigkeitszunahme	15% längere Standzeit, 15% Häufigkeitszunahme
Temperatur (Atmosphäre)	Extrapolation heutige Temp.	+ 1,5 K	+ 2,5 K
Niederschlag	Extrapolation heutige Verteilung	8% Steigerung, Zuwachs im Winterhalbjahr	15% Steigerung, Zuwachs im Winterhalbjahr

Diese plausiblen Szenarien sollten in der Folgezeit so weit wie möglich für die Insel Sylt konkretisiert werden. Sie basieren im Wesentlichen auf den Szenarien des IPCC von 1996. Im Vergleich zu den Aussagen des ersten IPCC-Berichts (1990) liegen die Annahmen von 1996 ca. 25% niedriger im Hinblick auf die durchschnittliche Temperaturentwicklung und den Meeresspiegelanstieg. Diese Korrektur ist im Wesentlichen auf verbesserte Klimamodelle zurückzuführen, welche neuere ozeanische bzw. atmosphärische Parameter (Aerosole) besser integrieren können. M.a.W.: Die neueren Modelle können die wichtigen Steuerungsgrößen des Klimas besser abbilden. Im Zuge dieser Entwicklung konnten ebenfalls Verbesserungen im Hinblick auf die regionale Auflösung der Modelle erzielt werden. Dennoch ist eine Betrachtung bspw. der Deutschen Bucht nach wie vor schwierig, denn dieses Gebiet ist für globale Klimamodelle mit einer derzeitigen Gitternetzweite von 100x100km gewissermaßen „zu klein“, d.h., die regionalen Prozesse können nicht hinreichend differenziert abgebildet werden. Deswegen gibt es neben diesem „top down“-Verfahren als alternative Vorgehensweise eine „bottom up“-Strategie, die an den regionalen / lokalen Beobachtungsdaten ansetzt und diese mit Hilfe statistischer Verfahren zur Grundlage von Szenarien macht. Eine solche Vorgehensweise ist dem Bedarf regionaler Analysen sicherlich besser angepasst, da die Prozesse auf diesen Maßstabsebenen angemessen berücksichtigt werden können. Sie ist jedoch stark von der Länge verfügbarer Datenreihen abhängig.

4.2 Ergebnisse regionaler Untersuchungen zum Klimawandel

In dem erwähnten Szenarien-Beratungsprojekt wurde eine solche Strategie verfolgt. Im Folgenden werden einige Ergebnisse dieser Untersuchungen mit Bezug auf Sylt dargestellt (v. Storch et al. 1998a). Unter Zugrundelegung der globalen IPCC-Szenarien wird mittels der Methode des „statistischen downscaling“ (ebd.: 7) versucht, regional angemessen aufgelöste Daten zu generieren. Das heißt: Zunächst werden die Beobachtungsdaten einzelner Messstationen zugrunde gelegt und in ihrer zeitlichen Entwicklung dargestellt. Ab dem Jahr 1990 werden die Ergebnisse globaler Klimamodelle berücksichtigt, also beispielsweise die künftige Durchschnittstemperatur. In der „Prognose“ bis Ende des 21. Jahrhunderts wird dieser globale Effekt gewissermaßen auf die betrachtete Station (in unserem Fall List/Sylt) „umgerechnet“. Für den norddeutschen Küstenraum wurden insgesamt 27 Klimastationen betrachtet; nachfolgend sind für uns lediglich die Ergebnisse für die Station List/Sylt von Interesse. Als Datengrundlage für alle Forschungsvorhaben im Programm „Klimaänderung und Küste“ wurden verwendet:

- Monatliche Felder des Drucks auf Meereshöhe und bodennahe Lufttemperatur für den Zeitraum 1958 – 1997 auf einem 2,5 x 2,5°-Gitter für 30°W-30°O und 40°N-70°N
- Tägliche Messwerte für den Zeitraum 1961-1990 von 26 DWD-Klimastationen in Norddeutschland (vorwiegend Nord- und Ostseeküste) für die Parameter: Tagesminimum, Tagesmittel und Tagesmaximum der Temperatur sowie Niederschlag, Bodendruckfeld, Windgeschwindigkeit, Wolkenbedeckungsgrad und Sonnenscheindauer
- Tägliche Zeitserien von Windrichtung und –stärke für die Ostsee vor Boltenhagen
- Tägliche Scheitelwerte der Pegel Borkum, Bremen, Bremerhaven, Emden, Husum und Wilhelmshaven für den Zeitraum 1950 – 1994

- Tägliche Scheitelwerte des Pegels Cuxhaven für den Zeitraum 1843 – 1992
- Tägliche (7:00) Wasserstände am Pegel Greifswald-Wiek für 1946-1994
- Simulationen von Bodendruckfeldern und bodennaher Lufttemperatur für 1860-2100 mit dem Klimamodell ECHAM4/OPYC3 des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (bis 1990 beobachtete Konzentrationen äquivalenter Treibhausgase, danach steigende Konzentrationen gemäß IPCC Szenario IS92a (=„business as usual“ best estimate) bei einer räumlichen Auflösung von etwa 250x250km)
- Simulationen von Bodendruck aus vier Zeitscheibenexperimenten des DKRZ mit dem atmosphärischen Zirkulationsmodell ECHAM3, jeweils zwei Simulationen für 1xCO₂- und 2xCO₂-Bedingungen, räumliche Auflösung ca. 250x250km (T42) bzw. 100x100km (T106).

Die Ergebnisse von Untersuchungen mit den vorliegenden Daten und Methoden lassen sich folgendermaßen zusammenfassen (v. Storch et al. 1998a):

- Die prognostizierte Zunahme von Hochdruckgebieten über Nordeuropa, verbunden mit einem Temperaturmaximum über Zentraleuropa bewirken positive Niederschlagsanomalien im deutschen Küstengebiet (größerer Effekt an der Nordsee als an der Ostsee).
- Langsame Erhöhung des langjährigen mittleren Niederschlags (nach 1990), ausgenommen Juni-Juli-August.
- Für die zusätzlich untersuchten Parameter ergeben sich für die Station List/Sylt folgende Entwicklungen: leichte Zunahme der Windgeschwindigkeit (ausgenommen Juni-Juli-August); leichte Abnahme der Sonnenscheindauer; Wolkenbedeckung: Abnahme für Juni-Juli-August, gleich bleibend für September-Oktober-November, sehr leichter Anstieg für Dezember-Januar-Februar und März-April-Mai.
- Bei der Frage nach den zukünftigen Wasserständen wurde festgestellt, dass der angenommene Anstieg des Meeresspiegels vermutlich kaum Auswirkungen auf die Änderung des Tidenhubs hat.
- Im Hinblick auf die Temperaturentwicklung wird eine Erhöhung sowohl der durchschnittlichen als auch der Minimum- und Maximumtemperaturen prognostiziert.

Diese Ergebnisse werden im Folgenden um Befunde aus anderen Untersuchungen (s.u.) ergänzt. Immer wieder kann dabei festgestellt werden, dass die Aussagen z.T. (erheblich) voneinander differieren (je nach verwendeter Methode), so dass nur teilweise eine einheitliche Grundtendenz ableitbar ist. Ebenfalls ist zu bedenken, dass einige der indizierten Tendenzen durchaus noch im Bereich natürlicher Klimaschwankungen liegen (können), mithin (noch) nicht durchgängig von signifikanten Änderungen gesprochen werden kann.

In Bezug auf die Häufigkeit und Intensität von Sturmereignissen, die wichtige Parameter für die küstenbezogene Klimafolgenforschung sind, wurde 1997 festgestellt:

„Während in den letzten zwei bis drei Jahrzehnten in der Tat die Häufigkeit und Stärke schwerer Stürme im Gebiet der Nordsee und Deutschen Bucht einen positiven Trend aufweist, so dass bei einer isolierten Betrachtung dieses Zeitraumes der Eindruck eines klimawandelbedingten Effektes entstehen könnte, relativiert sich dieses Ergebnis bei der

Betrachtung längerer Zeitskalen. Im Laufe des letzten Jahrhunderts sind Trends in der Größenordnung des neuerdings beobachteten durchaus bereits vorgekommen. Ein anthropogener Einfluss durch erhöhte Kohlendioxidkonzentrationen in der Atmosphäre lässt sich hier also zumindest nicht festmachen“ (Deutsches IDNDR-Komitee für Katastrophenvorbeugung 1997: 1).

Analysen der Beobachtungsdaten für den Nordatlantik zeigen, dass sich die Veränderungen des Sturmklimas wahrscheinlich noch im Rahmen der natürlichen Variabilität bewegen (v. Storch et al. 1998: 183). Trotzdem hat subjektiv und objektiv der Trend der letzten 20 – 30 Jahre erhöhte Besorgnis und Aktivität ausgelöst.

Der gemessene säkulare Anstieg des mittleren Hochwassers beträgt am Pegel Cuxhaven (stellvertretend für die Deutsche Bucht) 30 cm/Jh., wobei dieser Anstieg nicht nur auf Klimaschwankungen / -wandel zurückführbar ist, sondern z.T. auch auf lokale Faktoren wie Baumaßnahmen (Elbeindeichung) oder Landsenkung (ebd.: 186). Mit Hilfe von Modellrechnungen kann man den klimaänderungsbedingten Anteil hieran auf 10-20 cm/Jh. identifizieren (für die Deutsche Bucht insgesamt; Langenberg et al. 1997). Berechnet man – wiederum auf modelltheoretischer Basis – Szenarien für den 2xCO₂-Fall, so kann man Folgendes festhalten: Die Zunahme der Sturmtätigkeit im Winter ist eher gering, wobei die berechneten Änderungen auch hier noch im Bereich natürlicher Schwankungen zu liegen scheinen; ähnliche Einschätzungen ergeben sich auch für die Wind- und Seegangsverhältnisse (Wellenhöhen) (v. Storch et al. 1998: 187 ff.).

Siefert (1997: 16) geht nach einer Auswertung der Windverhältnisse davon aus, dass für den Bereich der Deutschen Bucht eine Zunahme der Dauer sowie eine Zunahme der hohen Windgeschwindigkeiten anzunehmen ist. Modellgestützte Berechnungen sogar für den 3xCO₂-Fall⁶ (!) lassen – ebenfalls für den Bereich der Deutschen Bucht – (noch) keine Aussagen zu über die Zu- bzw. Abnahme der Gefährdung der Küste durch Stürme (Nielinger 1997: 29). Wiederum andere, ebenfalls modellgestützte Untersuchungen zeigen für eine Verdoppelung bzw. Verdreifachung der CO₂-Konzentrationen eine Abnahme der Sturmweatherlagen mit der sog. „Großwetterlage NWZ (Nordwest-Zyklonal)“, die in dieser Region hauptsächlich für hohe Windgeschwindigkeiten verantwortlich ist (Busch 1997: 44). Auswertungen von Beobachtungsdaten an vier Pegeln in der Deutschen Bucht (Amrum, Helgoland, Cuxhaven und Norderney) mit Hilfe statistischer Methoden haben folgende Ergebnisse hervorgebracht (Gönnert u. Ferk 1996): Für den Zeitraum von 1850 bis 1995 ist nur ein geringer Trend in der Auftretenshäufigkeit von Sturmflutscheiteln (n größer/gleich 5) auszumachen; betrachtet man den Zeitraum 1950-1995, ist ein signifikant gehäuftes Auftreten erkennbar. Differenziert in verschiedene Sturmfluttypen, ist Folgendes für den Zeitraum 1950 bis 1995 beobachtbar (ebd.: 18):

- Deutliche Zunahme der Anzahl leichter Sturmfluten und
- kein Anstieg bei schweren und sehr schweren Sturmfluten (hierfür liegen allerdings nur relativ wenige Datenmengen vor).

Das heißt, es ist eine Zunahme der mittleren Starkwindwetterlagen auszumachen. Betrachtet man als weiteren Parameter den sog. „Windstau“ (hierfür sind Winddauer und –geschwindigkeit maßgeblich), ist festzuhalten, dass diejenigen Sturmfluten an Häufigkeit zugenommen haben, die mehrere Sturmflutscheitel umfassen

⁶ Hierbei wird angenommen, dass es bis zu einem bestimmten Zeitpunkt zu einer Verdreifachung des atmosphärischen CO₂-Gehaltes kommt; gemeinhin wird eine Verdopplung des CO₂-Gehaltes angenommen.

(ebd.: 20). Daraus ist abzuleiten, dass bei der Betrachtung einzelner Sturmereignisse die Dauer des Windes zugenommen hat. Konkret bedeutet dies, dass „Winde mit hohen Windgeschwindigkeiten und langer Dauer zugenommen haben“ (ebd.: 20). Analysiert man die Entwicklung der Scheitelwasserstände der Sturmtiden in der Nordsee für die letzten 200 Jahre, so ist kein signifikanter Anstieg zu erkennen (ebd.: 22).

Das alles bedeutet keineswegs „Entwarnung“, denn diese sehr stark relativierenden regionalen Untersuchungen können nicht darüber hinwegsehen helfen, dass der Ozean als „träges System“ zeitverzögert auf einen Klimawandel (Temperaturerhöhung) reagiert, was bedeutet: ein Meeresspiegelanstieg ist auch dann noch zu erwarten, wenn sich die atmosphärischen CO₂-Konzentrationen stabilisiert haben – was allerdings nur dann der Fall wäre, wenn sich die CO₂-Emissionen drastisch verringern. Von daher ist es sehr weitsichtig, wenn die Folgen eines Klimawandels trotz korrigierter Prognosen berücksichtigt werden, wie es z.B. im Generalplan Küstenschutz für Schleswig-Holstein, dessen Neufassung für das Jahr 2000 vorgesehen ist, geschehen soll (Probst 1998, 1998a).

Trotz der Möglichkeit, die Ergebnisse globaler Klimamodelle auch in regionale Szenarien einfließen zu lassen, zeigt sich insgesamt, dass die von dem Szenarioprojekt zur Verfügung gestellten Daten insbesondere als Input für die spezifischen Untersuchungen um Sylt (Kapitel 6 und 7) nur in unzureichender räumlicher und zeitlicher Auflösung vorliegen. In den genannten Teilvorhaben stehen geeignetere Daten für die Auswertung zur Verfügung. Für die sozialwissenschaftlichen Teilvorhaben sind darüber hinaus (a) die plausiblen Szenario-Annahmen hinreichend und (b) die detaillierten Aussagen der Teilvorhaben Geologie und Wasserbau von größerem Nutzen als die Daten bzw. Ergebnisse aus den im Verhältnis dazu „gröberen“ Informationen seitens des GKSS-Projektes (Shackley et al. 1998).

Somit muss konstatiert werden, dass die Daten, die von der GKSS zur Verfügung gestellt wurden, nur in gewissem Umfang den erwünschten Nutzen erbracht haben, zumal die Aufbereitung und Bearbeitung der Daten die Kapazitäten der Teilvorhaben der „Fallstudie Sylt“ überstieg. In Nachbetrachtung wäre es wünschenswert gewesen, wenn sich in der „Fallstudie Sylt“ ein Teilvorhaben ausschließlich mit dieser Thematik auseinandergesetzt hätte. Alternativ dazu hätte die Laufzeit des GKSS-Projektes länger bemessen sein müssen, um für die gesamte Dauer der „Fallstudie Sylt“ zur Verfügung zu stehen.

4.3 Konkretisierung der plausiblen Szenarien

Aus den vorherigen Kapiteln folgt, dass insbesondere die für die Teilvorhaben Wasserbau und Geologie (Kapitel 6 und 7) benötigten spezifischeren Daten nicht verfügbar waren. Weil die regionalisierten Modelle nicht die für die Berechnungen notwendigen Parameter in der gewünschten Auflösung bereit stellen konnten und keine hinreichend genauen Angaben zur Lokalisation sowie zum Bezugsniveau enthielten, wurden mögliche Entwicklungsvarianten in Konkretisierung der plausiblen Szenarien definiert. Die Windverhältnisse beispielsweise werden aus den Berechnungen der Klimamodelle für das Jahr 2050 durch die Windgeschwindigkeit abgebildet. Diese Informationen reichten allerdings für die durchzuführenden Berechnungen nicht aus, da auch die Windrichtung einen maßgeblichen Einfluss auf das Seegangs- und Sedimenttransportgeschehen hat. Eine differenzierte bzw. regionalisierte Analyse der notwendigen Parameter (Windgeschwindigkeit und –richtung sowie Wasserstand) für das Jahr 2050 liegt somit nicht vor. Daher musste ein eher pragmatisches Vorgehen im Sinne einer Parameterstudie gewählt werden, um die Einflüsse möglicher klimatischer Veränderungen untersuchen zu können. Es wurden einige Bedingungen für die genannten Vorhaben definiert.

Für die Windverhältnisse wurde angenommen, dass sich sowohl die Windgeschwindigkeiten als auch die Windrichtungen verändern können. Für die Untersuchungen wurden diejenigen Parameter verändert, die mit der höchsten Wahrscheinlichkeit für Veränderungen des Sedimenttransports sorgen können. Hier muss den Resultaten der hydro- und geomorphodynamischen Untersuchungen vorgegriffen werden (Kapitel 6 und 7), da die Ergebnisse der resultierenden Sedimenttransporte der Varianten A bis E (siehe unten Tabelle 4-3) keine signifikanten Veränderungen ergeben haben. Deshalb mussten für die geologischen Untersuchungen erweiterte Annahmen für den Seegang (Wellenhöhe und Wellenrichtung) und für den Küstenschutz getroffen werden. Schwerpunkt der Arbeiten im Bereich Wasserbau (Kapitel 7) stellten unter diesem Aspekt die Untersuchungen zum Einfluss steigender Wasserstände im Profil dar (Variante E). Diese Varianten machen deutlich, dass für das Wellenklima vor Sylt die Ansätze nach dem Shore Protection Manual (CERC 1984) nur eingeschränkt gelten, da für statistische Betrachtungen dieses Ansatzes nur Angaben zum ausgereiften Seegang verwendet werden können, d.h. keine weitere Modifizierungen des Seegangs durch veränderte Windwirklänge oder Windwirkdauer. Der Wasserstand wurde gemäß der anerkannten Untersuchungen zum globalen Meeresspiegelanstieg (hier: Sterr 1998a) variiert (siehe Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2: Meeresspiegelanstieg bis 2100 nach IPCC (Sterr 1998a: xxx)

	Aerosoleinfluss berücksichtigt	Ohne Aerosol (1990)
niedrige Schätzung	0,20 m	0,23 m
mittlere Schätzung	0,49 m	0,50 m
hohe Schätzung	0,86 m	0,96 m

In Spezifizierung dieser globalen Aussagen zum Meeresspiegelanstieg können für die Entwicklungen an den Sylter Pegeln List und Hörnum folgende Messungen zugrunde gelegt werden: Für das Tidemittelwasser ist ein säkularer Trend von + 19 cm und eine Zunahme des Tidenhubs von + 23 cm (List) bis + 45 cm (Hörnum) in hundert Jahren festzustellen (Hofstede 1999; Jensen et al. 1992).

Eine Übersicht zu den untersuchten Varianten gibt Tabelle 4-3.

Tabelle 4-3: Varianten der Veränderlichkeit des Windes und des Wasserstandes

Variante	Wind-		Wellen-		Wasserstands- änderung
	geschwindigkeit	richtung	Höhe	richtung	
A	+10% aus West bis Nord	-	-	-	-
B	+10% aus Süd bis West	-	-	-	-
C	+10% aus West bis Nord	verschwenken um +10° nach Nord	-	-	0,00 bis 0,50m
D	+10% aus Süd bis West	verschwenken um +10° nach Süd	-	-	0,00m bis 0,50m
E ⁷	-	-	-	-	0,00m bis 1,00m
E ₀	-	-	-	-	0,00m
E ₁	-	-	-	-	1,00m
F	-	-	10% Erhöhung der Wellenhöhen in den westlichen Sektoren	-	0,00m bis 0,50m
G	-	-	-	Änderung des Wellenklimas um 10° nach Nord	0,00m bis 0,50m
H	-	-	-	Änderung des Wellenklimas um 10° nach Süd	0,00m bis 0,50m
I	-	-	Erhöhung der Wellenhöhen um 10%	Änderung des Wellenklimas um 10° nach Nord	0,00m bis 0,50m
J	-	-	Erhöhung der Wellenhöhen um 10%	Änderung des Wellenklimas um 10° nach Süd	0,00m bis 0,50m

Die definierten Varianten weisen Eintrittswahrscheinlichkeiten auf, die durch bestehende Messzeiträume nicht quantifiziert werden können. Sie sind aber plausible klimatische Veränderungen, die in der Zukunft eintreten können und deren möglichen Auswirkungen auf dieser Grundlage schon zu diesem Zeitpunkt eingeschätzt werden können.

⁷ Die zwischen E₀ und E₁ liegenden Varianten wurden in Form von Parameterstudien des TV Wasserbau untersucht.

Literatur

- Bader, St. u. Kunz, P. (1998): Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz.- Zürich (Wissenschaftlicher Schlussbericht im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“, NFP 31)
- Bloetzer, W.; Egli, Th.; Petraschek, A.; Sauter, J. u. Stoffel, M. (1998): Klimaänderungen und Naturgefahren in der Raumplanung: methodische Ansätze und Fallbeispiele.- Zürich (Synthesebericht im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“, NFP 31)
- Blaschke, Th. (1997): Landschaftsanalyse und –bewertung mit GIS. Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayerischen Salzachauen.- Trier (Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 243)
- Blaschke, Th. (1997a): Map Algebra und Fuzzy Logic in Behörden? Potential und Akzeptanz von GIS-Analysen bei Einbeziehung von räumlicher Unschärfe.- In: GIS – Geo-Informationssysteme, Zeitschrift für raumbezogene Information und Entscheidungen 10 (6), S. 3-12
- Blaschke, Th. (Hrsg.) (1999): Umweltmonitoring und Umweltmodellierung. GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung.- Heidelberg
- Braun, H. (1996): Qualitätskontrollen im Wissenschafts- und Umweltjournalismus.- In: ZiF-Mitteilungen 1/96, S. 4-12
- Bruce, J.P.; Lee, H. u. Haites, E.F. (Eds.) (1996): Climate Change 1995. Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.- Cambridge
- Brückner, H. (1999): Küsten – sensible Geo- und Ökosysteme unter zunehmendem Stress.- Petermanns Geographische Mitteilungen 143 (1), S. 6-21
- Busch, U. (1997): Sturmfluten: 40 Jahre Hindcast versus Szenarien. Untersuchung von Sturmvetterlagen in der Deutschen Bucht.- In: Deutsches IDNDR-Komitee für Katastrophenvorbeugung (Hrsg.), S. 42-45
- CERC (1984): Shore Protection Manual.- Mississippi (U.S. Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Department of the Army, Vicksburg)
- Deutsches IDNDR-Komitee für Katastrophenvorbeugung e.V. (1997): Künftige Gefährdung durch Sturmfluten. Kurzfassung der Vorträge eines Workshops im Rahmen der IDNDR, 10.06.1997, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg. Organisation und Leitung: Prof. Dr. J. Sündermann u. Dr. H. Langenberg.- Bonn (Deutsche IDNDR-Reihe Nr. 7)
- Diekmann, A. u. Jaeger, C.C. (Hrsg.) (1996): Umweltsoziologie.- Opladen (Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Sonderheft 36)
- Ebenhöh, W. u. Sterr, H. (1994): Forschungsleitplan zum Bund-Länder-Vorhaben Klimaänderung und Küste.- Oldenburg
- Fischer, L. (Hrsg.) (1997): Kulturlandschaft Nordseemarschen.- Bräist/Bredstedt, Westerhever
- Fränze, O.; Müller, F. u. Schröder, W. (Hrsg.) (1997 ff.): Handbuch der Umweltwissenschaften. Grundlagen und Anwendungen in der Ökosystemforschung.- Landsberg am Lech (Loseblattsammlung)
- Gätje, Chr. u. Reise, K. (Hrsg.) (1998): Ökosystem Wattenmeer: Austausch-, Transport- und Stoffumwandlungsprozesse.- Berlin (u.a.)
- Gönnert, G. u. Ferk, U. (1996): Natürliche und anthropogen beeinflusste Entwicklung von Sturmfluten in der Deutschen Bucht und der Unterelbe.- In: Sterr, H. u. Preu, Chr. (Hrsg.), S. 13-31

- Graßl, H. (1998): Wandel ist die Norm im Watt.- In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer u. Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltatlas Wattenmeer. Band 1: Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer.- Stuttgart, S. 16-17
- Graßl, H. (1999): Wetterwende: Vision: Globaler Klimaschutz.- Frankfurt am Main, New York (Die Buchreihe der EXPO 2000, Band 3)
- Hamann, M. (1998): Sturmflutgefährdete Gebiete und potentielle Wertverluste an den Küsten Schleswig-Holsteins. Planungsgrundlagen für künftige Küstenschutzstrategien.- In: Higelke, B. (Hrsg.): Beiträge zur Küsten- und Meeresgeographie. Heinz Klug zum 65. Geburtstag gewidmet von Schülern, Freunden und Kollegen.- Kiel (Kieler Geographische Schriften, Band 97), S. 163-177
- Hofstede, J.L.A. (1999): Process-response analysis for Hörnum tidal inlet in the German sector of the Wadden Sea.- In: Quarternary International 60, pp 107-117
- Houghton, J.T.; Meira Filho, L.G.; Callandar, B.A.; Harris, N.; Kattenberg, A. u. Masekl, K. (Eds.) (1996): Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.- Cambridge
- Hupfer, P.; Baerens, Chr.; Kolax, M. u. Tinz, B. (1998): Zur Auswirkung von Klimaschwankungen auf die deutsche Ostseeküste.- Berlin (Spezialarbeiten aus der Arbeitsgruppe Klimaforschung des Meteorologischen Instituts der Humboldt-Universität zu Berlin, Nr. 12)
- Jensen, J.; Mügge, H.-E. u. Schönfeld, W. (1992): Analyse der Wasserstandsentwicklung und Tidedynamik in der Deutschen Bucht.- In: Die Küste 53, S. 211-275
- Kellermann, A.; Gätje, Chr. u. Schrey, E. (1998): Ökosystemforschung im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer.- In: Fränzle, O. et al. (Hrsg.), Kz. V-4.1.1, S. 1-16
- Kraemer, K. (1999): Globale Gefahrengemeinde? Zur Verteilungsrelevanz der globalen Umweltnutzung am Beispiel des Konfliktfelds Klimaschutz.- In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 22 (3), S. 321-348
- Krupp, Chr. (1995): Klimaänderungen und die Folgen. Eine exemplarische Fallstudie über die Möglichkeiten und Grenzen einer interdisziplinären Klimafolgenforschung.- Berlin
- Lohmann, G. (1999): Klimaveränderungen und Meeresspiegelanstieg. Eine Analyse vorliegender Beobachtungen und Modellergebnisse.- In: BWK (Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau) (Hrsg.) (1999): Küstenschutz an Nordsee und Ostsee.- Kiel, S. 1-15
- Lozan, J.L.; Graßl, H. u. Hupfer, P. unter Mitwirkung von H. Sterr (Hrsg.) (1998): Warnsignal Klima – Das Klima des 21. Jahrhunderts. Mehr Klimaschutz – weniger Risiken für die Zukunft.- Hamburg
- Meier, R. (1998): Sozioökonomische Aspekte von Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz.- Zürich
- MLR (Ministerium für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein) (Hrsg.) (1998): Küstenschutz in Schleswig-Holstein: Leitbild und Ziele für ein integriertes Küstenschutzmanagement.- Kiel
- Nielinger, J. (1997): Auswirkungen möglicher Klimaänderungen im Gebiet der Deutschen Bucht. Numerische Simulation von Sturmweatherlagen (Deterministische Regionalisierung).- In: Deutsches IDNDR-Komitee für Katastrophenvorbeugung (Hrsg.), S. 29-32
- OcCC (Organe consultatif en matière de recherche sur le climat et les changements climatiques / Beratendes Organ für Klimaforschungsfragen des EDI und UVEK) (1998): Klimaänderung Schweiz. Auswirkungen von extremen Niederschlagsereignissen – Wissensstandsbericht.- Bern

- Peters, H.P. u. Sippel, M. (1998): Der Treibhauseffekt als journalistische Herausforderung.- In: Borsch, P. u. Hake, J.-F. (Hrsg.): Klimaschutz.- Landsberg am Lech, S. 293-316
- Probst, B. (1998): Leitbild und Ziele des Küstenschutzes in Schleswig-Holstein oder: Wer das Ziel nicht kennt, kann nicht treffen.- In: MLR (Hrsg.), S. 3-11
- Probst, B. (1998a): Künftiger Küstenschutz.- In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer u. Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltatlas Wattenmeer. Band 1 – Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer.- Stuttgart, S. 156-157
- Rahman, A. u. Huq, S. (1998): Coastal zones and oceans.- In: Rayner, S. u. Malone, E.L. (Eds.): Human Choice and Climate Change. Vol 2: Resources and Technology.- Columbus/Ohio, pp 145-201
- Schirmer, M. u. Schuchardt, B. (Hrsg.) (1999): Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum. Eine querschnittsorientierte Zusammenfassung.- Bremen (Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, Heft 35)
- Schröder, M. u. Lingner, S. (Eds.) (1999): Modelling Climate Change and its Economic Consequences – A Review.- Bad Neuenahr-Ahrweiler (European Academy for the Study of Consequences of Scientific and Technological Advance, Graue Reihe 15)
- Shackley, S.; Young, P.; Parkinson, S. u. Wynne, B. (1998): Uncertainty, Complexity and Concepts of Good Science in Climate Change Modelling: Are GCM's the Best Tools?- In: Climate Change 38, pp 159-205
- Siefert, W. (1997): Sturmflut- und Windstauentwicklung im südlichen Nordseegebiet in den letzten 100 Jahren.- In: Deutsches IDNDR-Komitee für Katastrophenvorbeugung (Hrsg.), S. 12-19
- SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1998): Umweltschutz: Erreichtes sichern – Neue Wege gehen. Kurzfassung.- Stuttgart (i. Dr.; <http://www.umweltrat.de/gutach98.htm>)
- Sterr, H. (1998): Der Klimawandel und seine Folgen: Problematisch für die Küsten, aber hilfreich für die Forschung?.- In: Daschkeit, A. u. Schröder, W. (Hrsg.): Umweltforschung quergedacht. Perspektiven integrativer Umweltforschung und -lehre. Festschrift für Professor Dr. Otto Fränzle zum 65. Geburtstag. Mit einem Geleitwort von Dr. Angela Merkel, Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.- Berlin (u.a.); Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften UNS Band 1, S. 359-382
- Sterr, H. (1998a): Auswirkung auf den Meeresspiegel.- In: Lozan, J.L. et al. (Hrsg.), S. 201-206
- Sterr, H. u. Preu, Chr. (Hrsg.) (1996): Beiträge zur aktuellen Küstenforschung. Aspekte - Methoden - Perspektiven.- Vechta (Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft, Band 18; Beiträge der 14. Jahrestagung des Arbeitskreises "Geographie der Meere und Küsten" vom 16.-18. Mai in Oldenburg und Beiträge des Workshops im Programm "Klimaänderung und Küste" am 15. Mai 1996 in Oldenburg)
- Sterr, H. u. Simmering, F. (1997): Wissenschaftliches Sekretariat Klimaänderung und Küste – AFFORD: Endbericht.- Oldenburg
- Sterr, H.; Ittekkot, V. u. Klein, R.J.T. (1999): Weltmeere und Küsten im Wandel des Klimas.- In: Petermanns Geographische Mitteilungen 143 (1), S. 24-31
- v. Storch, H.; Güss, S. u. Heimann, M. (1999): Das Klimamodell und seine Modellierung. Berlin (u.a.)
- v. Storch, H.; Langenberg, H. u. Pohlmann, Th. (1998): Stürme, Seegang und Sturmfluten im Nordostatlantik.- In: Lozan, J.L. et al. (Hrsg.), S. 182-189
- v. Storch, H.; Schnur, R. u. Zorita, E. (1998a): Szenarien & Beratung. Anwenderorientierte Szenarien für den norddeutschen Küstenbereich.- Geesthacht (Abschlussbericht)

Watson, R.T.; Zinyowera, M.C.; Moss, R.H. u. Dokken, D.J. (Eds.) (1996): Climate Change 1995. Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.- Cambridge

Watson, R.T.; Zinyowera, M.C.; Moss, R.H. u. Dokken, D.J. (Eds.) (1998): The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability. A Special Report of IPCC Working Group II.- Cambridge: Cambridge University Press

Anschrift der Autoren:

Horst Sterr, Otto Fränze, Achim Daschkeit
Geographisches Institut der Universität Kiel
Ludewig-Meyn-Str. 14
241118 Kiel
<http://www.uni-kiel.de:8080/Geographie>

Kai Ahrendt
GEOMAR
Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Wischhofstrasse 1-3
D-24148 Kiel
<http://www.geomar.de>

Jan-Ole Witte
Institut für Wasserbau der Universität Rostock
Philipp-Müller-Str
23966 Wismar, Germany
http://www.bau.uni-rostock.de/lehrko/wb/wb_home.htm

Ergebnisse

Forschungsziele der Teilvorhaben und deren Vernetzung

In diesem Teil des Berichtes wird in fachspezifischer Hinsicht auf einzelne, für die Analyse und Bewertung von Folgen möglicher Klimaänderungen relevante Aspekte detailliert eingegangen. Diese Detailuntersuchungen betreffen zum einen die naturräumliche Situation (derzeit und zukünftig), zum anderen die sozioökonomischen und soziokulturellen Gegebenheiten. Nur eine Betrachtung beider Elemente lässt eine realistische Einschätzung der Folgen von Klimaänderungen für die Insel Sylt zu.

Vorangestellt ist eine Einführung in die Thematik "Geographische Informationssysteme (GIS)" (Kapitel 5), weil der Aufbau eines GIS eines der zentralen Elemente innerhalb der Fallstudie war – vor allem im Hinblick auf die Zusammenführung und zentrale Verwaltung der Daten: Auf dieser Grundlage wurden fragestellungsbezogene Analysen vorgenommen, deren Ergebnisse den einzelnen Teilvorhaben zugänglich gemacht werden konnten. Gleichzeitig wurde eine zentrale Metadatenbank aufgebaut, die Informationen über alle (GIS-)Daten der Fallstudie enthält. Mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Daten kann in erster Annäherung die naturräumliche und sozioökonomische Situation der Insel Sylt beschrieben werden. Schließlich wird der Frage nachgegangen, welche Auswirkungen eine vom Klimawandel verursachte Ostverlagerung der Küstenlinie im Hinblick auf Biotope und Infrastruktur haben kann.

Im Anschluss daran wird auf der Grundlage historischer Betrachtungen zur Entwicklung Sylts die rezente Geomorphodynamik analysiert, und auf der Basis modellgestützter Berechnungen werden Aussagen zu den künftigen Sedimentbewegungen (Menge und Richtung) abgeleitet, wenn die Szenarien bezüglich eines Klimawandels zugrunde gelegt werden (Kapitel 6).

In engem Zusammenhang hiermit stehen die hydro- und morphodynamischen Untersuchungen, in denen anschließend auf die seeseitigen Randbedingungen eingegangen wird. Diese Bedingungen sind im Hinblick auf den derzeitigen und den zukünftigen Energieeintrag unter der Annahme veränderter klimatischer Bedingungen maßgeblich. Von Bedeutung ist eine Bewertung der Optionen des Küstenschutzes (Kapitel 7).

Unter der Annahme eines möglichen Klimawandels ist nicht nur von Veränderungen in den abiotischen Komponenten auszugehen, sondern – damit verbunden – auch von Einflüssen auf ökologische Strukturen und Prozesse. Exemplarisch werden hierzu die Untersuchungen zur Entwicklung der Strandfauna am Sylter Weststrand sowie zu erosiven und akkumulativen Tendenzen an der Ostküste Sylts dargestellt (Kapitel 8). In diesem Zusammenhang wird das Augenmerk in küstenschutztechnischer als auch in tourismuspolitischer Hinsicht auf die – bislang unterrepräsentierte – Ostküste Sylts gelenkt. Zudem wird mittels eines räumlichen Vergleichs mit der französischen Nordatlantikküste ein Eindruck vermittelt, in welcher Form Änderungen im marinen Ökosystem unter veränderten klimatischen Bedingungen ausgeprägt sein können.

Parallel zu den naturraumbezogenen Untersuchungen wird die gesellschaftliche Seite eines möglichen Klimawandels untersucht und folgendermaßen differenziert:

Zunächst werden einige ökonomische Aspekte der Klimafolgenproblematik untersucht: Es handelt sich dabei um eine Kosten-Nutzen-Analyse zur Ermittlung der potentiellen, monetär zu bewertenden Schäden an Gebäuden und Infrastruktur Sylts sowie um die Ermittlung der Wertschätzung der Bevölkerung Deutschlands für Natur und Landschaft des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres (Kapitel 9).

In den beiden nachfolgenden Kapiteln werden Untersuchungen referiert, die unmittelbar bei den Sylter Bürgern ansetzen. Hier lassen sich verschiedene Gruppen von Akteuren identifizieren, die auf die Geschehnisse Sylts Einfluss nehmen, wie z.B. das Tourismusgewerbe oder Interessengruppen für Küsten- und Naturschutz. Ausgewählte Vertreter dieser Akteursgruppen, die als nichtrepräsentative, aber einflussreiche "Teilmenge" der Sylter Bürger anzusehen sind (so genannte "Schlüsselpersonen"), wurden detailliert zu vergangenen und möglichen zukünftigen Entwicklungen auf Sylt befragt, mit besonderem Augenmerk auf den Aspekt "Klimaänderungen". Aus aktuellem Anlass wurde zudem unmittelbar nach dem Orkan "Anatol" (Dezember 1999) eine zusätzliche Fragebogenerhebung durchgeführt (Kapitel 10).

Schließlich werden unter Nutzung verschiedener methodischer Zugangsweisen (standardisierte Befragung sowie sog. „Planungszelle“ als Verfahren der Bürgerbeteiligung) u.a. Betrachtungen zur „Zukunft Sylts“ aus Sicht der Sylter Bürger und zu Einstellungen bzw. „Vorstellungen“ Sylts aus Sylter Sicht vorgenommen (Kapitel 11).

In den Untersuchungen wird von den in Kapitel 4 genannten Annahmen bezüglich der künftigen klimatischen Entwicklung ausgegangen. Zum Teil müssen dabei spezifischere Annahmen, zum Teil aber auch generalisierende Annahmen getroffen werden. Die Verbindungen zwischen den Teilvorhaben bestehen u.a. darin, die jeweils zwischenzeitlich erzielten Ergebnisse in Perspektiven über das „System Sylt“ eingebracht zu haben, um so die Schnittstellen im System Mensch-Umwelt zu identifizieren (siehe Teil Synthese). Des Weiteren konnten nur unter Hinzuziehung des in der Fallstudie versammelten Expertenwissens Aussagen zu den möglichen Entwicklungen Sylts abgeleitet werden.

5 Aufbau und Führung eines Geographischen Informationssystems (Sylt-GIS)

PETER SCHOTTES, FRANK BARTELS, WINFRIED SCHRÖDER, FRANK SIMMERING & WOLFGANG EBENHÖH

Abstract

Geographische Informationssysteme sind von großer Bedeutung für die raumbezogene Analyse und Bewertung komplexer Sachverhalte, weil sie eine synoptische Sicht und Auswertung bislang separat vorliegender Daten ermöglichen. Es wird erläutert, mit welchen Daten das sog. GIS Sylt aufgebaut wurde und welche Struktur es hat. Anschließend wird auf Basis der im GIS vorliegenden Daten ein Überblick über die naturräumliche und sozioökonomische Situation der Insel Sylt gegeben. Es zeigt sich erwartungsgemäß, dass die Insel eine Sonderstellung im Bereich der Westküste Schleswig-Holsteins einnimmt: Sie ist – stärker als der übrige nordfriesische Raum – anthropogen geprägt, wobei hier der Tourismus von überragender Bedeutung ist. Daraus ergeben sich eine Reihe von Konflikten im ökologischen Bereich. Im Falle eines Klimawandels bestehen unter Zugrundelegung entsprechender Szenarien Risiken für den Naturraum (Flächenverluste) und nachfolgend für die wirtschaftliche Inwertsetzung der Insel. Als Teil eines Integrierten Küstenmanagements könnte die Landschaftsplanung ein stärkeres Gewicht bekommen und so einen Beitrag zur Abschätzung und zum Umgang mit Klimafolgen auf kommunaler Ebene leisten.

5.1 Einleitung

Raumbezogene Forschung kommt heute kaum noch ohne den Einsatz Geographischer Informationssysteme (kurz GIS) aus, weil diese eine erweiterte, synoptische Sicht auf einen Raum ermöglichen. Mit ihrer Hilfe können Informationen zusammengeführt, ausgewertet und nicht zuletzt visualisiert werden, die ansonsten separat vorliegen. Bislang analog vorgehaltene Daten lassen sich - nach erfolgter Digitalisierung - besser verwalten und auswerten.

Das Teilvorhaben Sylt-GIS diente zum einen als zentrale Datenschnittstelle für die gesamte Fallstudie. Gleichzeitig sollte aus den Daten aller Teilvorhaben ein Geographisches Informationssystem Sylt (GIS Sylt) aufgebaut und die darin vorgehaltenen Informationen für die einzelnen Arbeitsgruppen fragestellungsbezogen aufbereitet und analysiert werden. Darüber hinaus stand bei unseren Untersuchungen die Frage im Vordergrund, welchen Beitrag das Instrument der Landschaftsplanung bei der Berücksichtigung der Folgen eines möglichen Klimawandels leisten kann.

Im Folgenden wird zunächst dargestellt, aus welchen Komponenten ein Geographisches Informationssystem generell zusammengesetzt ist (Kapitel 5.2). Anschließend werden die im Rahmen der Fallstudie akquirierten und ins GIS integrierten Daten genannt und die Vorgehensweise bei der Metadatenerfassung, beim Aufbau des GIS-Sylt sowie bei der Datenauswertung erläutert (Kapitel 5.3 und 5.4). Im Ergebnisteil (Kapitel 5.5) wird zunächst die Struktur des GIS Sylt beschrieben. Es folgt die Darstellung der naturräumlichen und sozioökonomischen Situation der Insel sowie der derzeit bestehenden Konfliktlagen zwischen Naturschutz und (wirtschaftlicher) Nutzung, wie sie sich aus den uns zur Verfügung stehenden Daten ergeben. Schließlich wird auf Basis der möglichen Folgen eines Klimawandels für Sylt die Rolle der Landschaftsplanung kritisch diskutiert.

5.2 Geographische Informationssysteme

5.2.1 Definition und Bedeutung von GIS

Der Begriff „Geographic Information System“ wurde bereits 1963 von R.F. Tomlinson bei der Einrichtung eines rechnergestützten raumbezogenen Informationssystems in Kanada eingeführt (Tomlinson 1972). Hiermit war erstmals eine Bezeichnung für den Einsatz der EDV in der raumbezogenen Datenhaltung gefunden, der sich nach Einführung der Vektorgrafik aus Pilotanwendungen der digitalen Kartographie entwickelt hatte (Bill & Fritsch 1991).

In allgemeiner Form lässt sich ein Geographisches Informationssystem (auch: Geo-Informationssysteme oder nur GIS) wie folgt umschreiben (Bill u. Fritsch 1991, S. 5):

Ein Geo-Informationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“

Zu beachten ist, dass im Alltagssprachgebrauch der Begriff GIS auf zweierlei Art verwendet wird: Zum einen werden Programme – also Software in der obigen Definition – als Geo-Informationssysteme bezeichnet, zum anderen wird hierunter das Ergebnis der Arbeit mit solchen Programmen als Geo-Informationssystem verstanden.

Mittlerweile sind Geographische Informationssysteme weit verbreitet. Raumbezogene Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Verwaltung werden zunehmend mit GIS-Unterstützung getroffen (Stahl 1995; Gill et al. 1999). Die zunehmende Verfügbarkeit digitaler räumlicher Basisdaten wie ATKIS oder ALK sowie die Einführung von benutzerfreundlicher GIS-Software mit vertretbaren Hardwareanforderungen haben die Akzeptanz und auch den Bedarf in den letzten Jahren deutlich ansteigen lassen.

Das Anwendungsspektrum von GIS, das in früheren Jahren von den Hauptanwendungsgebieten Vermessungswesen und Umweltschutz geprägt war, ist heute sehr viel breiter. Es reicht mittlerweile von Leitungsdokumentationen (Kanalkataster) und Verkehrsmanagementsystemen über Funknetzplanung, Standortsuchen aller Art, Marketing, Raumplanung, Fremdenverkehr, Störfallmanagement und Lagerstättenuche bis hin zur Klimaforschung. Auch im Bereich des Küstenmanagements werden GIS als unverzichtbares Hilfsmittel angesehen (Simmering 1997).

GIS unterscheiden sich von verwandten Produkten wie Desktop Mapping Systemen, Bildverarbeitungsprogrammen oder CAD durch die Möglichkeit, Sach- und Geometriedaten in ihren komplexen, logisch-inhaltlichen und räumlichen Zusammenhängen zu erfassen und zu verwalten und außerdem über räumliche Analysemöglichkeiten neue Informationen zu generieren (Stahl 1997).

5.2.2 Datenmodelle und Datentypen in GIS

Daten als "Kern eines GIS" (Barthelme 1995, S. 16) stellen oftmals den teuersten aber auch langlebigsten Teil eines GIS-Projektes dar. Während Hard- und Software heutzutage binnen weniger Jahre veralten, wird in der Literatur für die Daten eine Gültigkeitsdauer von 25-70 Jahren angegeben (Bill & Fritsch 1991).

Da die reale Welt niemals vollständig abgebildet werden kann, muss zu ihrer digitalen Repräsentation eine Abstraktion vorgenommen werden. Man benutzt dazu zwei gegensätzliche Strategien: Einerseits zerlegt man Informationen in ihre Bestandteile und klassifiziert diese entsprechend (Analyse). Andererseits werden aber auch aus einzelnen Teilen komplexe Gebilde geformt (Synthese). Das Ergebnis ist dann ein computertaugliches Modell der Realität. Als Grundeinheit dienen dazu sog. Entitäten. Entitäten sind eindeutig identifizierbare Phänomene der realen Welt, die mit spezifischen Eigenschaften ausgestattet sind und sich dadurch unmissverständlich von anderen unterscheiden. Die digitale Repräsentation einer Entität nennt man ein (räumliches) Objekt. Informationen über die Form eines solchen Objektes und seine Lage im Raum werden als Geometriedaten bezeichnet, während die thematischen Eigenschaften als Sachdaten oder auch Attribute verwaltet werden. Die Sachdaten werden in einer Datenbank gespeichert. Bei der Ablage der Geometriedaten muss man sich zwischen zwei Grundkonzepten entscheiden, die beide spezifische Vor- und Nachteile haben: Die Daten können entweder als Rasterdaten oder als Vektordaten vorkommen (Neuer 2000; Abbildung 5-1).

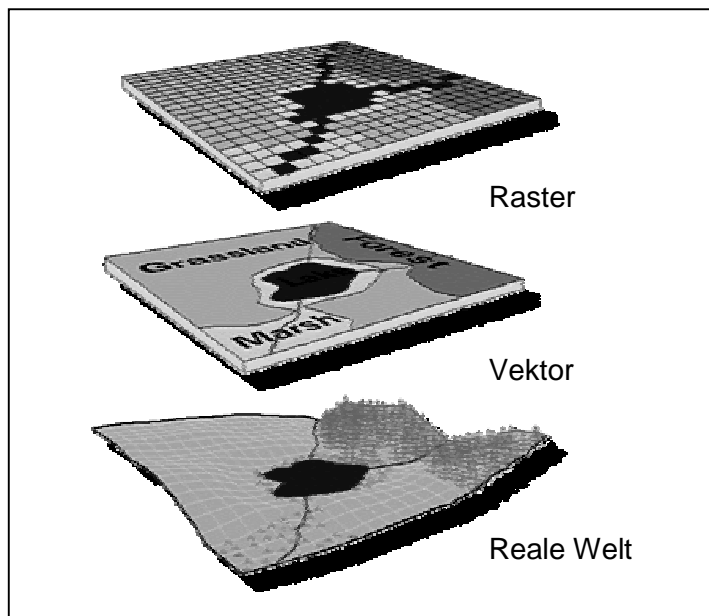


Abbildung 5-1: Repräsentation der realen Welt im Raster- und Vektorformat

Vektordaten basieren auf den Grundelementen Punkt, Linie und Polygon, wobei die beiden letzten Elemente aus der Verbindung charakteristischer Punkte hervorgehen. Punkte werden im Vektor-GIS als Koordinaten gespeichert. Zusätzlich werden topologische Informationen zu diesen Punkten bzw. den aus ihnen resultierenden Linien oder Polygonen angegeben. Vektordaten nehmen wenig Speicherplatz ein, was zu kurzen Rechenzeiten führt. Bestimmte Analyseoperationen, wie das Verschneiden von Informationsschichten oder das Ausweisen von

Schutzzonen, können allerdings nur über komplizierte Algorithmen ausgeführt werden. Vektor-GIS sind in vielen Anwendungs- und allen Maßstabsbereichen präsent.

Rasterdaten erhält man, wenn man ein Untersuchungsgebiet durch das Überlagern mit einem regulären Gitter (Raster) in einzelne Flächen (Pixel) einteilt. Durch die Größe der Pixel wird die Auflösung des Rasters vorgegeben. Vom Raster-GIS werden die Eigenschaften jedes einzelnen Pixels (Graustufen oder Farbwerte, Höhen, Strahlungswerte etc.) in einer Informationsschicht (Layer) gespeichert. Da jedoch in der Regel jedem Pixel nur ein Wert zugeordnet wird, müssen thematisch unterschiedliche Informationen in verschiedenen Layern abgelegt werden. Da beim Scannen von Objekten (z.B. der Erdoberfläche, wenn sie von einer satellitengetragenen Spezialkamera abgetastet wird) grundsätzlich Rasterdaten anfallen, liegt ein Hauptanwendungsbereich von Raster-GIS in der Fernerkundung. Bei modernen GIS-Systemen lässt sich die Trennung in Vektor-GIS und Raster-GIS nicht mehr aufrecht erhalten, da viele Systeme mittlerweile die hybride Verarbeitung von Raster- und Vektordaten ermöglichen.

5.3 Das Geographische Informationssystem Sylt (GIS Sylt)

5.3.1 Verwendete Daten

Das Teilvorhaben hatte die Funktion einer zentralen Datenschnittstelle für die gesamte Fallstudie. Daher wurden nicht nur solche Daten akquiriert, die einen eindeutigen Raumbezug aufweisen und damit auch im GIS verortet abgebildet werden können sondern auch solche, denen dieser Raumbezug fehlt.

In Tabelle 5-1 sind die verwendeten Daten stichwortartig beschrieben

Tabelle 5-1: Daten in Sylt-GIS

Daten	Bemerkungen
<i>ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem)</i>	Verwendung in der Fallstudie Sylt findet das Digitale Landschaftsmodell DLM 25/1 Grundlagen: Deutsche Grundkarte 1.5000 (DGK) sowie Color-Infrarot-Luftbilder. In der vorliegenden ersten Ausbaustufe DLM 25/1 sind nur etwa 1/3 aller im ATKIS-Objektartenkatalog aufgeführten Objekte und Attribute erfasst
<i>Karte der Gemeindegrenzen</i>	Abgeleitet aus ATKIS
<i>Straßenabschnittskarte</i>	Abgeleitet aus digitalen und analogen Quellen: ATKIS, DGK5 und Kompass-Wanderkarte Sylt
<i>Historische Karten</i>	Jahre 1240, 1652, 1796 und 1878; für Karten vor 1796 keine häufigkeitsstatistischen Auswertungen möglich

Daten	Bemerkungen
<i>Küstenlinien</i>	Jahre 1793, 1878, 1930 und 1952; als Vorlagen standen Karten in den Maßstäben 1:50.000 und 1:5.000 vom ALR Husum zur Verfügung
<i>Landschaftspläne der Sylter Gemeinden</i>	Entwurfss Fassungen aktueller Landschaftspläne auf Gemeindeebene; hohe Aktualität und hohe Auflösung der Nutzungs- und Biotopinfor-mationen; für jede Gemeinde Bestands- und Entwicklungskarten
<i>Digitales Höhenmodell Sylt</i>	Abgeleitet aus Punktdaten des ALR Husum; es umfasst die Küstenbe-reiche; Auflösung von 10x10 m
<i>Digitales Höhenmodell Nordfriesisches Wattenmeer</i>	Verbunden mit DGM Sylt; bereitgestellt durch Landesamt für Natur und Umwelt (LANU) in Schleswig-Holstein
<i>Uferkartierungen des TV Ökologie</i>	Biotoptypen im Bereich der MTHW-Linie, Uferabschluss im Bereich der MTHW-Linie, erosive und akkumulative Bereiche an der MTHW-Linie 1997 und 1998 durch TV Ökologie aufgenommen
<i>TK 25 / DGK5 für Sylt</i>	Für Darstellungszwecke, liegen als Graphikdateien (tiff) sowie als ArcInfo-Grid vor
<i>Daten der Amtlichen Landesstatistik</i>	Gemeindebezogen: Bevölkerungszahlen, Flächennutzung, Wohnfor-men usw.; Stand 1996; vom TV Soziologie erworben
<i>Daten der Fa. AZ Direct Marketing / regio Select</i>	Anzahl der Haushalte, Kaufkraft, Wohngebietstypen, Alters- und Bebauungsstruktur, Anzahl an Privat-Pkws und Anzahl von Bran-chenadressen nach 23 Branchengruppen; für Sylt auf Wahlbezirksebene; für Dithmarschen und Nordfriesland auf Gemeindeebene, Stand: 1997
<i>Daten des Sylter Archivs</i>	Tourismus: Gästezahlen; Bettenkapazitäten, Beförderungszahlen DB, Fähren, Flüge; verschiedene Jahrgänge

Die Daten lagen z.T. analog bzw. in sehr unterschiedlichen digitalen Formaten vor und wurden von Fall zu Fall für die Verwendung im GIS bzw. für sonstige Auswertungen aufbereitet. Im Falle von analogen Karten (Beispiel Landschaftspläne für Sylt) umfasste die digitale Aufbereitung die Arbeitsschritte

- Scannen der analogen Kartengrundlage,
- Georeferenzierung des Scanfiles,
- On-Screen-Digitalisierung,
- Abgleich mit den Basisgeometrien (ATKIS, s.Kapitel 5.5.3),
- Erzeugen der Topologie (Aufbau der Datenbank) und
- Eingabe zusätzlicher Sachdaten in die Datenbank.

5.3.2 Erfassung von Metadaten

Ein weiterer Arbeitsauftrag des Teilvorhabens Sylt-GIS bestand darin, die Datenintegration durch eine geeignete Dokumentation der Daten zu unterstützen. Wesentlich für ein effizientes Datenmanagement sind Metadaten. Der Aufbau von Metadaten-Systemen soll i.d.R. das Datenmanagement, die Datenrecherche, den Datenaustausch sowie die Datennutzung unterstützen (SEAGIS 1999).

Bis heute liegt keine genaue Definition des Begriffs Metadaten vor, vielmehr wird immer wieder darauf verwiesen, dass die Umschreibung "Daten über Daten" nicht weit genug greift (de Lange 1997). Je nach ihrem Einsatzgebiet stellen Metadaten Informationen über andere Informationsquellen bereit oder sind bereits in die Datenhaltung eines Informationssystems integriert. Wesentlich ist, dass sie letztlich dazu dienen sollen, komplexe Datensammlungen handhabbar zu machen und bei konkreten Fragestellungen das Zusammenstellen der notwendigen Informationen zu erleichtern (Krasemann 1996; de Lange 1997). Die Forderung nach umfassender Dokumentation der vorhandenen Daten ist gerade im Bereich der Umweltplanung nicht neu (Durwen 1991).

Nach der Sichtung internationaler Standards bei der Metadatenerfassung wie der des Federal Geographic Data Committee (FGDC 1998) wurde aus zwei Gründen entschieden, ein eigenes Software-Tool zu programmieren, um die Projektdaten zu erfassen. Zum einen verlangen Standards wie der des FGDC zum Teil mehr als einhundert Angaben für einen einzelnen Datensatz, zum anderen wurden die Metadaten auch zur Unterstützung der integrativen Arbeit im Projektverbund benötigt, was einen weiteren Programmteil erforderte (Kapitel 12.3.3).

Auf Grundlage dieser projektspezifischen Anforderungen wurde das Programm "MeBez - Metadaten und Beziehungsgeflecht" entwickelt. Es handelt sich um ein windows-basiertes, netzwerkfähiges Programm, welches bei allen Teilvorhaben installiert wurde. So können die Metadaten dezentral eingegeben werden, an das TV Sylt-GIS übermittelt und dort zu einer Projekt-Datenbank zusammengefügt werden, die dann wieder den einzelnen Teilvorhaben zugänglich gemacht werden kann. Abbildung 5-2 zeigt die Eingabemaske im Metadatenteil des Programms. Die Informationen des oben rechts schwarz unterlegten Datensatzes werden angezeigt. Neben den allgemeinen Informationen wie Name, Kurzbeschreibung und Standort werden eine Reihe weiter differenzierter Angaben erhoben, z.B. Informationen über Aktualität, Auflösung, Raumbezug, Datenfelder in Datenbanken usw. Links unten werden die Schlagwörter angezeigt, die aus einer vordefinierten Liste ausgewählt werden können.

MeBez - Metadaten - Sylt

Beziehungsgewebe Abfrage Drucken Metadatensatz Verwaltung

Abfrage:

Hinzu
Ändern
Löschen

Angezeigt:
283
Datensätze

Ort	Nr	Name	Projekt
Kiel-Geographie	289	TK 25: Höhenlinien Sylt	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	290	TK25: Grundriss Sylt und Schrift	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	291	Bestandskarten Sylt und der Gemei	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	292	Plotfile Hörnum Bestand	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	293	Plotfile Rantum Bestand	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	294	Plotfile Westerland Bestand	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	295	Plotfile Sylt-Ost Bestand	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	296	Plotfile Wenningstedt Bestand	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	297	Plotfile Kampen Bestand	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	298	Plotfile List Bestand	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	299	Bestandskarte List	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	300	Bestandskarte Rantum	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	301	Bestandskarte Kampen	Sylt-GIS
Kiel-Geographie	302	Bestandskarte Sylt	Sylt-GIS

Name:

Projekt: Kurzbeschreibung:

Ort: Veröffentlichen Zwischenschritt

Maschine:

Standort:

Alt Standort:

Datenart: falls GIS-Karte: Datenfelder:

falls Sonstige:

Xmin: Xmax: Ymin: Ymax:

Koordinatensystem: ---Zusatzinfo:-->

Auflösung/Maßstab:

Gültigkeit/Aktual.:

Quelle/Datengeber:

Datenschutz: Ansprechpartner für Datenfrei/-weitergabe:

Querbezüge:

Schlagwörter: Trendrelevanz:

Abbildung 5-2: Eingabemaske Metadatenerfassung

5.4 Vorgehensweise bei der Datenauswertung

Die historischen Karten der Insel wurden digitalisiert, visualisiert und bezüglich der Flächennutzungen häufigkeitsstatistisch ausgewertet, so weit dies unter Berücksichtigung der Qualität der Kartengrundlagen und den seinerzeit üblichen Vermessungs- und Aufnahmemethoden zulässig erschien. Aus den für die Verarbeitung im GIS ausgewählten Karten von 1240, 1648, 1796 und 1878 wurde zudem ein Film erstellt, der durch die Entwicklung der Inselform in den vergangenen 800 Jahren visualisiert. Dieser Film liegt dem Bericht auf CD bei. Eine ausführliche Rekonstruktion der Inselentwicklung in den vergangenen 6000 Jahre erfolgt in Kapitel 6, so daß in Kapitel 5.5 darauf verzichtet wird.

Zur Beschreibung der heutigen naturräumlichen Situation Sylts wurden die Informationen der Bestands- und Entwicklungskarten der Landschaftsplanung im GIS häufigkeitsstatistisch ausgewertet. Dadurch können die Anteile verschiedener Nutzungen und Biotoptypen an der Gesamtfläche der Insel dargestellt werden. Zur Beschreibung der sozioökonomischen Situation wurden die Daten des Statistischen Landesamtes Schleswig-Holstein in der vom Teilvorhaben Soziologie aufbereiteten Form herangezogen. Dargestellt werden jeweils nur die Ergebnisse für ganz Sylt. Darstellungen auf Ebene einzelner Gemeinden finden sich in Schröder et al. (2000).

Zur Abschätzung der Folgen eines Klimawandels wurden vom TV Geologie errechnete mögliche zukünftige Küstenlinien für die Jahre 2010, 2020, 2030, 2040 und 2050 verwendet, denen die Varianten E₀, I und J (vgl. Tabelle 4-2) zugrunde lagen. Berechnungen für den Fall, dass der Küstenschutz in seiner bisherigen Form fortgeführt wird (Sandvorspülungen) ergaben, dass - eine entsprechende Anpassung der Sandmengen vorausgesetzt - keine Flächenverluste zu erwarten sind. Daher wurden seitens der geologischen Arbeitsgruppe für diesen Fall keine neuen Küstenlinien berechnet.

Als Basis für die Rückverlagerung der Küstenlinie wurde die 3,75 m-Höhenlinie verwendet. Mit Hilfe der "neuen" Küstenlinien wurden im GIS Sylt die Bereiche aus den Bestandskarten der Landschaftspläne ausgestanzt, die bis zum jeweiligen Jahr verloren gehen würden. So entstanden insgesamt 15 Karten, die die Verlustflächen darstellen (2010-2050 für jede der drei Varianten). Diese Karten wurden anschließend häufigkeitsstatistisch ausgewertet, um Angaben darüber machen zu können, welche Biotope und Nutzungen vom Verlust bedroht wären. Diese Angaben dienen als Basis für die Diskussion der Rolle der Landschaftsplanung bei der Berücksichtigung der Folgen eines Klimawandels in Kapitel 5.5.4.

5.5 Ergebnisse

5.5.1 Das GIS Sylt

Die GIS-Struktur ist thematisch gegliedert und weist einen in drei, maximal vier Hierarchieebenen differenzierten Aufbau auf. Darüber hinaus ist eine Darstellung

der verfügbaren Karten im Internet realisiert, wobei auf die Daten selbst kein Zugriff möglich ist. Abbildung 5-3 verdeutlicht die Struktur des GIS Sylt.

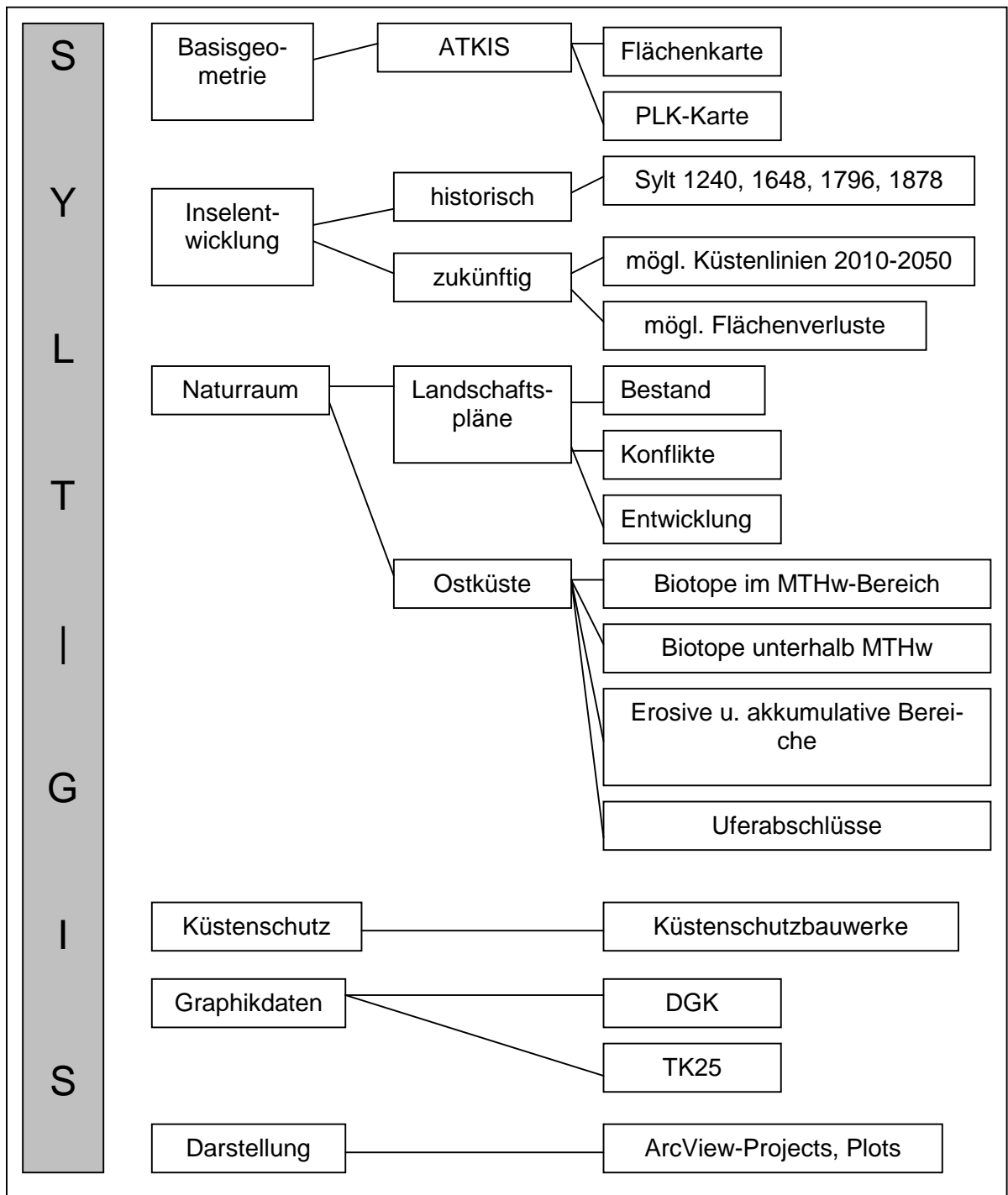


Abbildung 5-3: Struktur des Sylt-GIS (vereinfacht)

Der Bereich *Basisgeometrie* enthält die ATKIS-Karten. Diese dienen aufgrund ihrer flächendeckenden Verfügbarkeit und ihrer hohen Lagegenauigkeit von $\pm 3\text{m}$ als Basisgeometrie, an die die weiteren Daten bei Bedarf geometrisch angepasst wurden. Im Bereich *Inselentwicklung* sind die historische sowie die denkbare zukünftige Entwicklung der Gestalt und Fläche von Sylt dargestellt. Im Bereich *Naturraum* sind zum einen die Sylter Landschaftspläne abgelegt. Sie lassen sich unterteilen in die Bestandskarten, die Auskunft geben über Biotope und Nut-

zungsformen auf der Insel, die Konfliktkarten, in denen die konfliktträchtigen Bereiche visualisiert sind sowie die Entwicklungskarten, auf denen Vorschläge zur Entwicklung Sylts im Innen- und Außenbereich der Gemeinden dargestellt sind. Zum anderen befinden sich hier die Karten, die auf Basis der Kartierungen des TV Ökologie entstanden sind. Der Bereich *Küstenschutz* enthält Karten zu Art und Lage der verschiedenen Küstenschutzbauwerke auf bzw. vor Sylt.

Ebenfalls zum GIS gehören die Bereiche *Graphik*, in denen die nicht zur Auswertung sondern rein zur Visualisierung verwendeten DGK und TK25 abgelegt sind sowie *Darstellung*: Hier befinden sich die mit dem Programm ArcView erstellten thematischen Karten. Im Folgenden werden aus Darstellungsgründen nur wenige Karten in den Text eingebunden. Stattdessen sei auf die beiliegende CD verwiesen, die alle Karten in einer Internetbrowser-fähigen Version enthält.

5.5.2 Naturräumliche und sozioökonomische Situation

Sylts

Sylt ist mit einer Gesamtlänge von ca. 37 km und einer Fläche von fast 97 km² die größte der nordfriesischen Inseln. Während die Westküste der Brandung der Nordsee ausgesetzt ist, grenzt die Ostküste an das weltweit einzigartige Ökosystem Wattenmeer an, das seit 1985 per Gesetz als Nationalpark geschützt ist (Nationalparkgesetz 1985).

Nach einer wechselvollen Geschichte, die in der Vergangenheit vor allem durch die Anpassung an die sich verändernde Inselgestalt (Verkleinerung, Ostverlagerung) infolge der Brandungswirkung der Nordsee gekennzeichnet war, entwickelte sich Sylt seit Ende des 19. Jh. erst langsam, dann mit zunehmender Geschwindigkeit zu "der" deutschen Urlaubsinsel (zur Entwicklung der Insel vgl. Kapitel 6, Jägersberg 1998 und Schröder et al. 2000). Gleichzeitig begann eine rege Siedlungstätigkeit und die Festlegung der Westküstenlinie mit verschiedensten Mitteln des Küstenschutzes. Waren vorher Fischerei und Landwirtschaft die einzigen bedeutsamen Einnahmequellen für die Inselbewohner, so wurde nun der Fremdenverkehr zum dominierenden Wirtschaftsfaktor - und ist es bis heute geblieben.

Vergleicht man Sylt mit den anderen nordfriesischen Inseln bzw. den festländischen Gemeinden im Kreis Nordfriesland, wird die Sonderstellung der Insel deutlich: So liegt der Anteil der landwirtschaftlichen Fläche - bezogen auf ganz Sylt - bei knapp 28%, während er im Gemeindedurchschnitt für den Kreis Nordfriesland bei 77% liegt. Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gemeindefläche beträgt auf Sylt 19%, im Durchschnitt für den Kreis Nordfriesland nur 11%. Durch den Vergleich mit den Durchschnittswerten für den Kreis wird auch die intensive Bebauung der Insel deutlich (Abbildung 5-4).

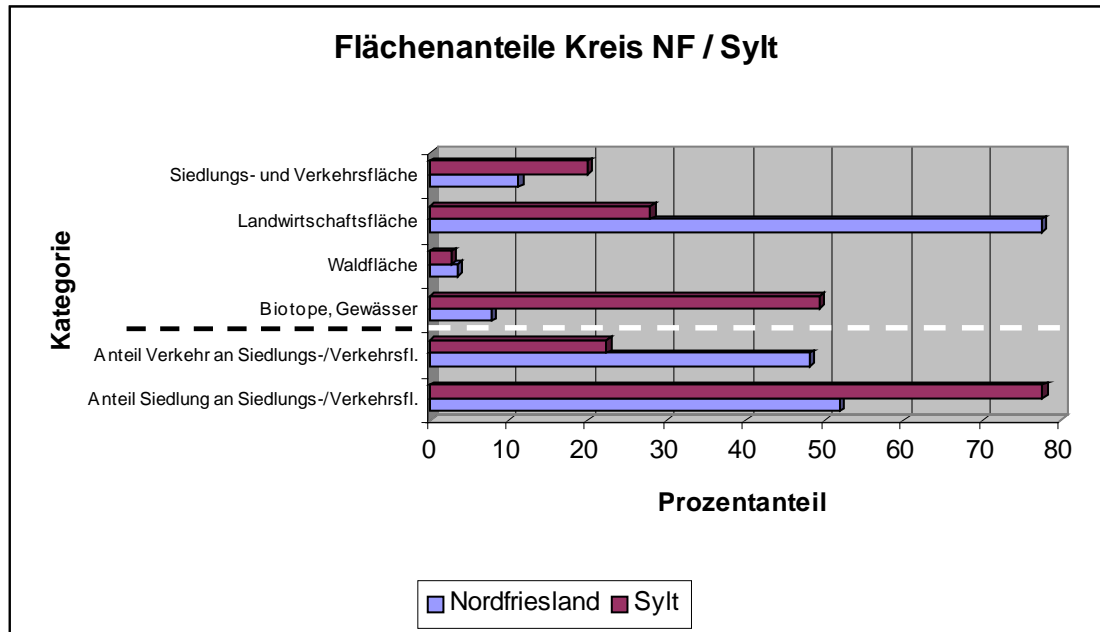


Abbildung 5-4: Prozentanteile ausgewählter Flächenkategorien für Nordfriesland und Sylt

Quellen: Statistisches Landesamt (1996), aufbereitet durch Streit (Kapitel 11), Landschaftspläne Sylt

Die Tatsache, dass der Anteil von Siedlungs- und Verkehrsfläche höher ist als im Durchschnitt des Kreises Nordfriesland, die landwirtschaftlich genutzte Fläche hingegen geringer, weist bereits auf eine intensivere Nutzung in anderen Wirtschaftsbereichen hin. Während für den Kreis die agrarisch geprägte Wirtschaftsstruktur zum Ausdruck kommt, ist es auf Sylt v.a. die sog. "unberührte Natur" in Form von ausgedehnten Strand- und Dünenlandschaften, die das Bild der Insel - neben der starken Siedlungstätigkeit - prägt und einen wesentlichen Faktor für die Anziehungskraft der Insel auf Touristen ausmacht.

Schaut man sich die Verteilung von genutzten (d.h. weitestgehend überbauten) Flächen und Freiflächen an, ergibt sich folgendes Bild:

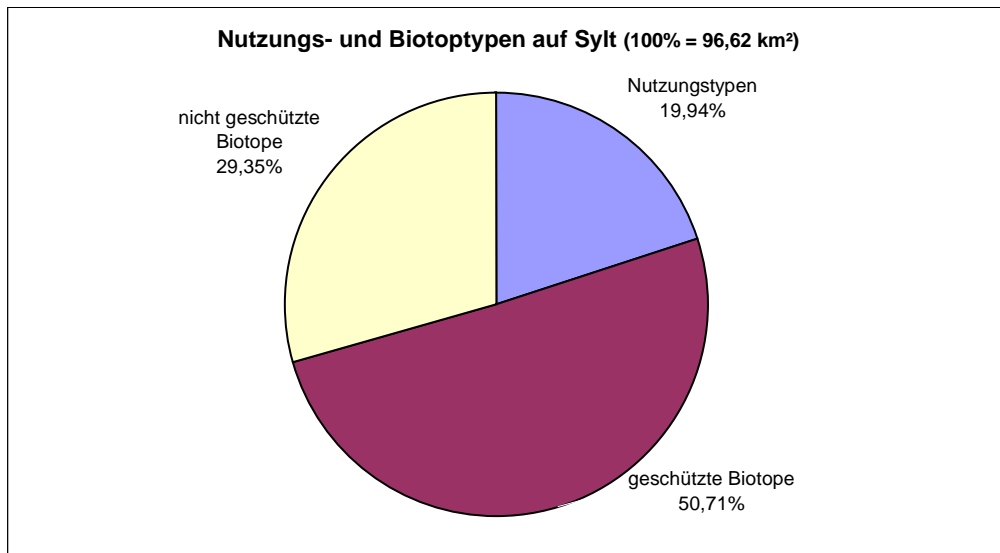


Abbildung 5-5: Flächenanteile von Nutzungs- und Biotoptypen auf Sylt (Quelle: Landschaftspläne Sylt)

Wenn in Abbildung 5-5 von "Nutzungstypen" die Rede ist, die rund 20% der Fläche ausmachen, so bedeutet dies nicht, dass die übrigen rund 80% nicht genutzt sind. In die Kategorie Nutzungstypen fallen vielmehr alle Flächen, die in irgendeiner Form erschlossen bzw. überbaut sind. Sie lassen sich durch die (Unter-)Kategorien Wohnbau- und Gewerbenutzung, Grünanlagen/Parks, Sport- und Freizeitnutzung, Ver- und Entsorgung und sonstige Nutzungen beschreiben (vgl. auch Abbildung 5-6 und Karte 5-1). Die übrigen rund 80% der Fläche sind allerdings nicht ungenutzt, im Gegenteil: Hierunter fallen sowohl der Strand und die Dünen als wesentliche "Nutzungsräume" des Tourismus als auch die landwirtschaftlich genutzten Flächen. Einen genaueren Blick auf die einzelnen Nutzungen und Biotoptypen erlauben die Abbildungen 5-6 und 5-7.

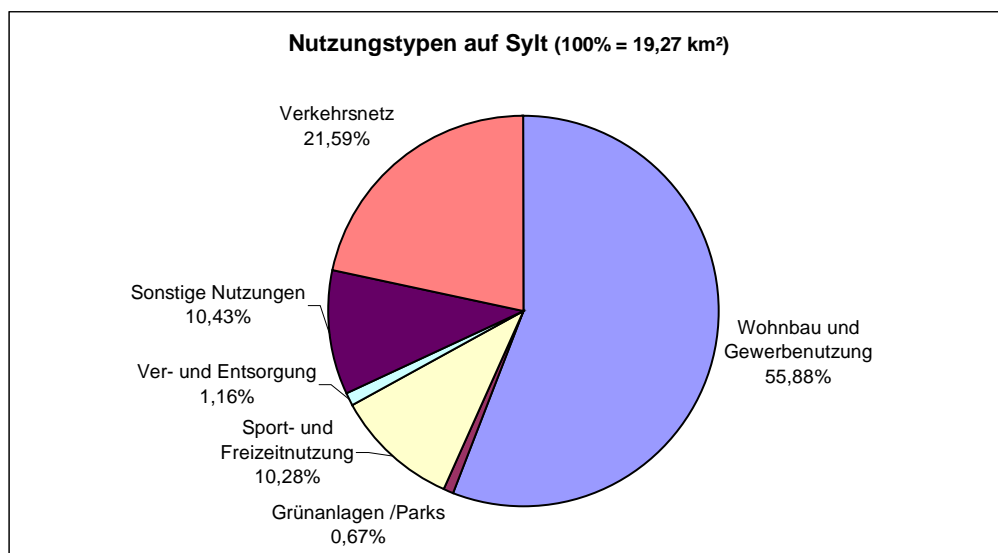


Abbildung 5-6: Flächenanteile der Nutzungstypen auf Sylt (Quelle: Landschaftspläne Sylt)

Die dominierenden Nutzungsarten sind Wohnen, Gewerbe und Verkehr. Sie machen zusammen rund 77% der gesamten Nutzungstypen aus. Ebenfalls einen großen Anteil haben Flächen zur Sport- und Freizeitnutzung. Sonstige Nutzungen

(hierunter fallen u.a. Sondernutzungen Bund, Häfen sowie Aufschüttungs- und Abgrabungsflächen und Deponien) belegen weitere 10% der Fläche.

Im Bereich der Biototypen ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 5-7): Dünen und küstennahe Biotope dominieren, gefolgt von landwirtschaftlicher Nutzung - wobei hier die Grünlandnutzung den größeren Flächenanteil gegenüber Ackernutzung hat. Die übrige Fläche verteilt sich auf Heide- und Feuchtvegetation, Wald, Gewässer und sonstige Biotope. In der Abbildung wird nicht zwischen geschützten und ungeschützten Biotopen unterschieden.

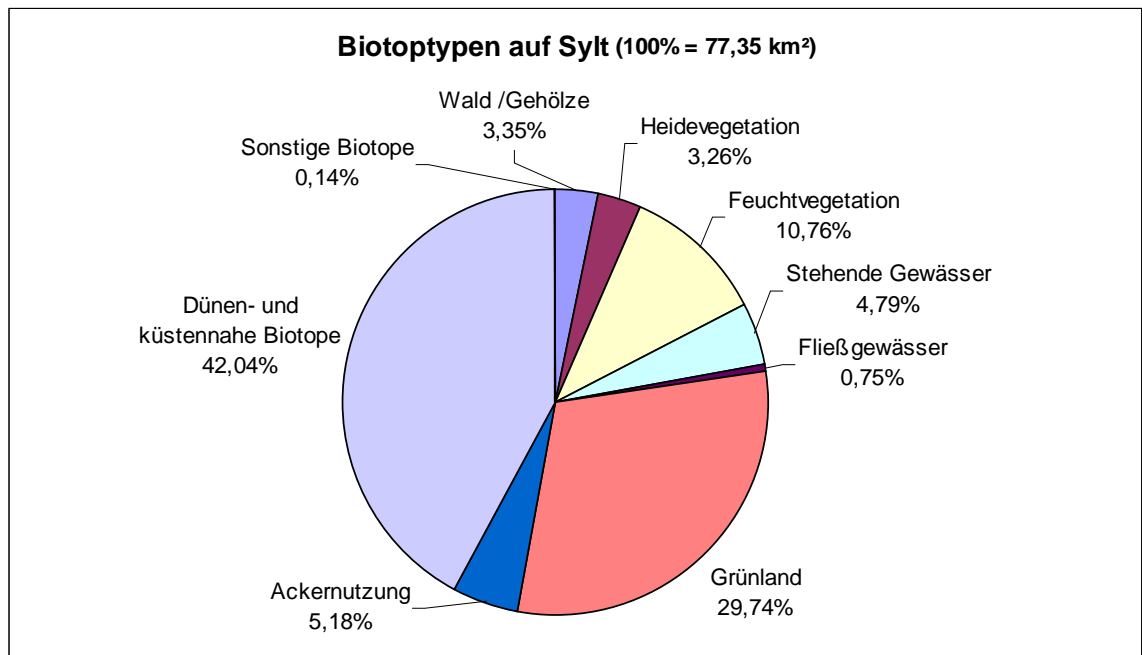


Abbildung 5-7: Flächenanteile der Biototypen auf Sylt (Quelle: Landschaftspläne Sylt)

Neben den aufgrund von §15a, b LNatSchG Schleswig-Holstein (gesetzlich geschützte Biotope) geschützten Einzelflächen gibt es eine ganze Reihe von Schutzgebieten auf Sylt, und zwar sowohl Landschaftsschutzgebiete als auch Naturschutzgebiete. Seitens der Landschaftsplanung sind zudem Flächen vorgeschlagen worden, die zukünftig als LSG, NSG oder als FFH-Gebiet geschützt werden könnten. Der Bestand an Schutzgebieten und die Vorschläge sind in Abbildung 5-8 dargestellt. Hier bei ist zu beachten, dass insbesondere die FFH-Gebiete überwiegend in bereits bestehenden Naturschutzgebieten liegen. Insofern ist eine Aufsummierung der einzelnen qkm-Angaben zu einer "Gesamtfläche" nicht zulässig. Tatsächlich sind insgesamt ca. 54 qkm der Inselfläche entweder bereits geschützt oder zur Unterschutzstellung vorgeschlagen. Die bestehenden und vorgeschlagenen Schutzgebiete sind in Abbildung 5-8 und Karte 5-2 dargestellt.

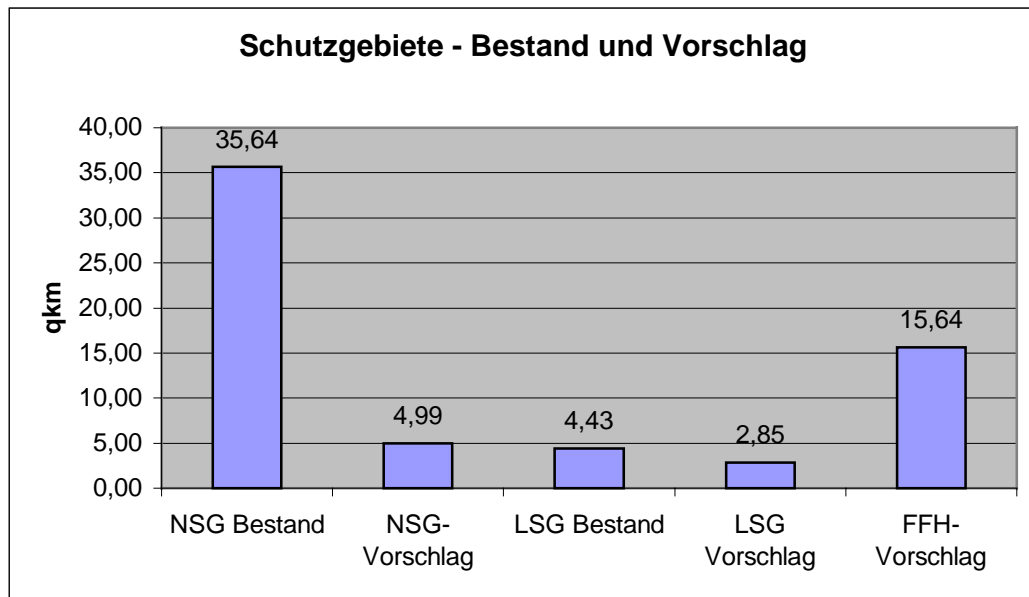


Abbildung 5-8: Bestehende und vorgeschlagene Schutzgebiete auf Sylt

Vergegenwärtigt man sich die Tatsache, dass der überwiegende Teil der Strand- und Dünenlandschaft touristisch genutzt wird - und sei es in Form von Trampelpfaden und Radwegen durch die Dünen - und rechnet dann noch die Anteile der Kategorie Sport- und Freizeitnutzung hinzu (Abbildung 5-6, hierunter fallen u.a. Golfplätze, Schwimmbäder, Sport- und Spielplatzanlagen aber auch Campingplätze), wird deutlich, dass der Fremdenverkehr im Vergleich zu allen anderen Wirtschaftsfaktoren einen sehr hohen Stellenwert für Sylt hat. Darüber hinaus handelt es sich bei zahlreichen in der Kategorie Wohnbau und Gewerbenutzung erfassten Gebäude um Ferienwohnungen bzw. Häuser, in denen Zimmer vermietet werden. Nach Angaben des Tourismus-Service Sylt standen 1997 rund 53.000 Gästebetten zur Verfügung, die Zahl der Übernachtungen betrug in diesem Jahr rund 1 Mio.

5.5.3 Konfliktlinien Küstenschutz - Naturschutz - Nutzung

Eine Aufgabe von Landschaftsplanung ist es, die bestehenden Konflikte zwischen Naturschutz und Naturnutzung zu benennen, um anschließend Vorschläge zu deren Lösung machen zu können (vgl. Kapitel 5.5.4). Im Folgenden betrachten wir daher syltspezifische Konflikte, nicht zuletzt im Hinblick auf die in Kapitel 12 angestrebte integrative Analyse und Synthese.

Die Konfliktlinien verlaufen im Wesentlichen zwischen der Nutzung der Insel als Lebens- und Erholungsraum auf der einen und dem Naturraum mit seinen vielen wertvollen und schützenswerten Biotopen auf der anderen Seite. Darüber hinaus haben Maßnahmen des Küstenschutzes in der Vergangenheit den Naturraum verändert. Hierbei sei auf die früher verwendeten sog. "starrten Bauwerke" verwiesen (Tetrapoden, Buhnen), die neben dem gewünschten Erfolg (Schutz der Küste vor weiterer Erosion) auch negative Auswirkungen hatten (Lee-Erosion an den Buhnen), zum anderen das Landschaftsbild bis heute prägen und teilweise auch beeinträchtigen. Die heute zum Schutz der Westküste vorgenommenen Sandvorspülungen können aus landschaftsplanerischer (bzw. ökologischer) Sicht nicht als unmittelbar konfliktträchtig betrachtet werden. So zeigen entsprechende Untersu-

chungen zur Sandlückenfauna (Kapitel 8), dass diese durch die Sandvorspülungen nicht beeinträchtigt wird bzw. nach kurzer Zeit die vorgespülten Flächen wieder in ursprünglicher Qualität und Quantität besiedelt.

Generell lassen sich die gegenwärtigen Konflikte verursacherbezogen in die Bereiche Landwirtschaft, Versiegelung, Siedlungswesen, Tourismus und Sonstige unterteilen (vgl. Matusek 1997).

Landwirtschaft

Die Beeinträchtigungen entstehen durch (intensive) landwirtschaftliche Nutzung, die zum Verlust an Saumstrukturen, zur Isolierung von Biotopen, zur Artenverarmung und zum Nährstoffeintrag in angrenzende, hochwertige Biotope beiträgt. Schafbeweidung auf naturnahen Flächen führt zu Schäden durch Verbiss und erhöhten Nährstoffeinträgen. Mit landwirtschaftlicher Nutzung geht an einigen Standorten eine Entwässerung grundwassernaher Standorte einher, was die Vernichtung von Feuchtbiotopen sowie Artenverschiebung und -verarmung zur Folge hat. Wie bereits erwähnt, spielt die Landwirtschaft auf der Insel quantitativ keine herausragende Rolle.

Versiegelung

Durch Versiegelung wird der Boden seiner natürlichen Funktionen (Lebensraum für Bodenlebewesen, Filterung, Pufferung und Transformation von Schadstoffen) beraubt. Außerdem führt Versiegelung zu einem erhöhten oberflächlichen Abfluss von Regenwasser, das dadurch zum einen nicht mehr der Grundwasserneubildung zur Verfügung steht, zum anderen zu einer Konzentration der abgespülten Schadstoffe in den Vorflutern führt. Auf Sylt sind Straßen, Siedlungen und auch alte Wehrmachtsanlagen (zum Teil im Bereich heutiger geschützter Trockenrasen) als versiegelte Bereiche zu nennen. Durch die Straßen werden zudem Lebensräume durchschnitten, separiert und verkleinert, und sie stellen Barrieren für viele Tierarten dar.

Siedlungswesen

Wesentliches Merkmal der Siedlungstätigkeit ist die bereits genannte Versiegelung mit ihren negativen Folgen. Zusätzlich zu diesem Problem tritt jedoch auf Sylt ein weiteres auf, nämlich die noch bis Ende der 80er-Jahre erfolgte Anpflanzung der Kamtschatkarose (*rosa rugosa*) in den Siedlungsbereichen (und besonders um Parkplätze in den Dünen herum, damit so das unkontrollierte Betreten der Dünen verhindert werden konnte). Die Ausbreitung dieser standortfremden Pflanzenart, die gegenüber den einheimischen eine Reihe von Standortvorteilen aufweist, ist kaum mehr zu stoppen und stellt nicht nur in den Siedlungen ein Problem dar. Ebenfalls zu nennen ist die Bebauung im Außenbereich, die Versiegelung und eine nicht standortgerechte Intensivnutzung der Flächen nach sich zieht. Auf Sylt nimmt die Siedlungstätigkeit im Vergleich zum Umland (Kreis NF, s.o.) breiten Raum ein. Unter allen genutzten Flächen machen jene für Wohnen und Gewerbe fast 56% aus (Abbildung 5-6).

Tourismus

Die Konflikte zwischen der touristischen Nutzung und dem Naturschutz bestehen im Wesentlichen in der Bebauung mit touristischer Infrastruktur (Straßen, Parkplätze, Jugendherbergen, Campingplätze, Erholungsheime etc.) sowie in von Touristen "angelegten" bzw. genutzten Trampelpfaden in den Dünen- und Heidebereichen, die den Windanriss fördern und damit diese geschützten Lebensräume

gefährden (vgl. auch Klug u. Klug 1998). Natürlich trägt der Tourismus auch zu dem vergleichsweise hohen Verkehrsaufkommen mit all seinen Folgen (Schadstoffeinträge in Luft, Wasser und Boden, Lärmbelastung) bei. Eine weitergehende Betrachtung zum Komplex Tourismus findet sich in Kapitel 12.4.3.

Sonstige

Neben den bereits genannten Konfliktfeldern sind noch militärische und historische Nutzungen zu nennen. Militärische Nutzungen verursachen Lärm (Schießanlage, Übungsplatz) und führen zur Betretung von geschützten Dünen (NSG); historische i.S.v. ehemaligen Nutzungen haben zu Beeinträchtigungen durch Versiegelung (Wehrmachtsanlagen) und Altablagerungen geführt. Auch im Bereich der Strandnutzung liegt ein - zumindest theoretisch bestehender - Konflikt vor: Strandwälle sind ab einer Länge von 25m laut Nationalparkgesetz geschützt. Und die Strände der Insel gehören zum Einflussbereich des Nationalparks Wattenmeer. Daher müssen für die touristische Nutzung der Strände Sondergenehmigungen beim Nationalparkamt Wattenmeer eingeholt werden. Allerdings ist festzuhalten, dass dieser "Konflikt" in der Realität ohne jede Beachtung bleibt und vermutlich auch bleiben wird.

5.5.4 Klimawandel und Landschaftsplanung

Unter der extremen Annahme, dass es zu einem Klimawandel kommt und kein Küstenschutz vorgenommen wird, muss mit Flächenverlusten gerechnet werden, deren Ausmaß in Tabelle 5-2 und in den Karten 5-3 - 5-17) dargestellt ist. Den Berechnungen liegen die in der Einleitung (Tabelle 4-2) vorgestellten Klimaszenarien zugrunde. Ausgewählt wurden die Varianten E₀, I und J. Eine Fortsetzung des Küstenschutzes - also in erster Linie der Sandvorspülungen incl. möglicher Mengenanpassungen- ermöglicht es, die Insel in ihrer heutigen Form und Ausprägung auch im Falle eines Klimawandels zu sichern. Alle drei Varianten gehen deshalb davon aus, dass kein weiterer Küstenschutz erfolgt. Diese Grundannahme musste getroffen werden, um zu untereinander vergleichbaren Aussagen über die möglichen Folgen eines Klimawandels gelangen zu können.

Die Flächenverluste liegen bis 2030 in ähnlichen Größenordnungen, wobei Variante I grundsätzlich zu den stärksten Verlusten führt. Da bei Variante J vor allem im Norden erodiert wird, im Süden z.T. jedoch sogar Akkumulationstendenzen verzeichnet werden, liegen die Verluste dieser Variante stets unter denen der Variante E₀, bei der die heutigen klimatischen Bedingungen bestehen bleiben. Für den Zeitpunkt 2040 sind bei allen Varianten sprunghafte Anstiege in den Verlustzahlen gegenüber 2030 zu verzeichnen. Dies hängt damit zusammen, dass in diesem (Modell-)Jahr überflutungsgefährdete Gebiete unterhalb von 4m NN von der ostwärts verlagerten Küstenlinie "angeschnitten" werden.

Tabelle 5-2: Potentielle Flächenverluste bei unterschiedlichen Varianten

	2010			2020			2030			2040			2050		
Variante:	E ₀	I	J	E ₀	I	J	E ₀	I	J	E ₀	I	J	E ₀	I	J
Kategorie:															
Bebauung	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,07	0,25	0,54	0,27	0,29	0,61	0,31
Verkehr	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	0,01	0,07	0,16	0,08	0,09	0,19	0,09
Freiflächen/Biotop	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,26	0,04	0,05	0,26	0,05
geschützte Biotop	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,18	0,04	0,04	0,19	0,05
Düne	0,01	0,02	0,02	0,12	0,25	0,15	0,33	0,75	0,37	0,73	1,53	0,77	1,05	2,30	1,10
Strand	2,77	2,83	2,76	3,08	3,17	3,02	3,27	3,33	3,14	3,37	3,42	3,16	3,43	3,47	3,12
gesamt	2,80	2,86	2,79	3,24	3,47	3,21	3,68	4,19	3,60	4,50	6,08	4,36	4,94	7,03	4,73
%-Anteil an Inselfläche	2,90	2,96	2,89	3,36	3,59	3,32	3,81	4,34	3,73	4,66	6,30	4,52	5,11	7,28	4,89

Angaben in km², unterste Zeile: Angaben in Prozent; Variante E₀: kein Klimawandel, kein Küstenschutz; Variante I: Verschwenkung Wellenanaufrichtung 10° nach Nord, Wellenhöhe + 10%, kein Küstenschutz; Variante J: Verschwenkung Wellenanaufrichtung 10° nach Süd, Wellenhöhe + 10%, kein Küstenschutz; Inselenden konnten modelltechnisch nicht erfasst werden

Die in Rede stehenden Auswirkungen eines Klimawandels werfen die Frage auf, ob und wie ihnen seitens der Landschaftsplanung angemessen begegnet werden könnte.

Landschaftsplanung ist Fachplanung für Naturschutz und Landschaftspflege auf kommunaler Ebene und enthält nach BNatSchG und LnatSchG-SH die Beschreibung des Zustandes von Natur und Landschaft und ihre Bewertung sowie den angestrebten Zustand und die erforderlichen Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen. Bei der Aufstellung eines Landschaftsplanes sind die Grundsätze und Ziele der übergeordneten Ebenen miteinzubeziehen. In Schleswig-Holstein allerdings war zum Zeitpunkt der Aufstellung der Syler Landschaftspläne weder ein Landschaftsprogramm noch ein Landschaftsrahmenplan für den Planungsraum V (Flensburg, Nordfriesland, Schleswig-Flensburg) verabschiedet.

Der Landschaftsplan steht auf einer Planungsebene mit dem Flächennutzungsplan und wird im Allgemeinen im Maßstab 1:5000 oder 1:10000 erstellt (Abbildung 5-9).

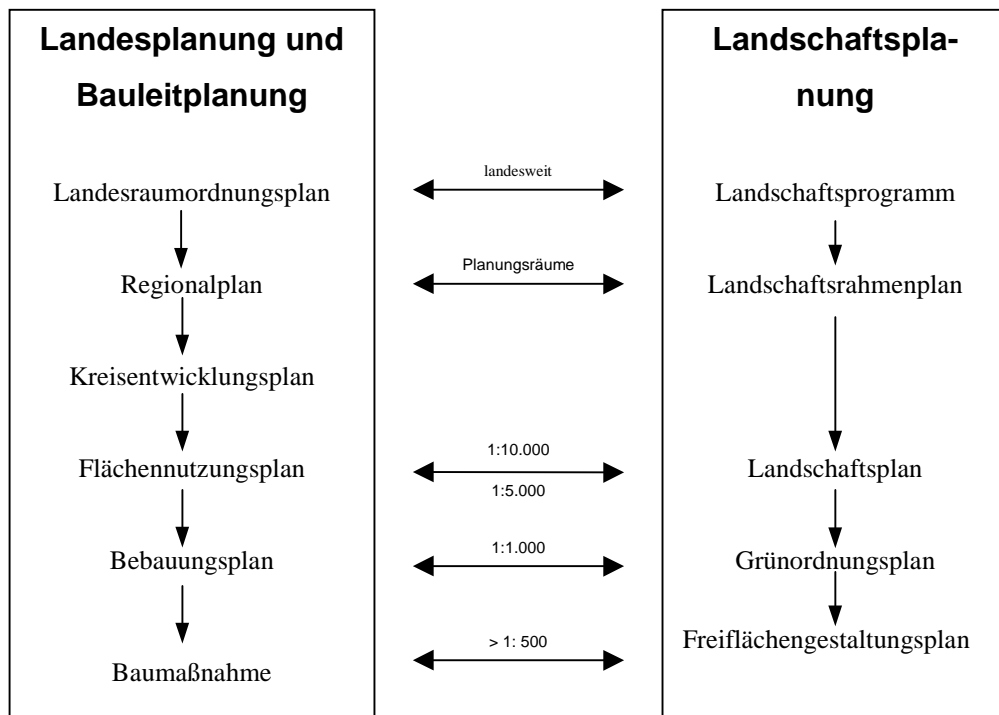


Abbildung 5-9: Planungsebenen in Schleswig-Holstein (nach BUND 1991, verändert)

In der Regel besteht ein Landschaftsplan neben dem Textteil aus drei Kartenwerken: Die Bestandskarte beschreibt die vorhandenen Nutzungs- und Biotoptypen im Gemeindegebiet flächenscharf, die Konfliktkarte visualisiert die sich v.a. aufgrund der Nutzungsstruktur ergebenden Konflikte mit dem Naturschutz, während die Entwicklungskarte Vorschläge zur Entwicklung der Flächen enthält. Diese können flächenhaft (z.B. Ausweisung von Ausgleichsflächen, Vorschläge für neue Schutzgebiete), linienhaft (z.B. Grenzen der Siedlungsentwicklung) oder punkthaft (z.B. ökologische Aufwertung von Spielplätzen) dargestellt sein.

Betrachtet man die naturräumliche und sozioökonomische Situation Sylts (Kapitel 5.5.2), die bereits bestehenden Konflikte (Kapitel 5.5.3) und die möglichen Auswirkungen eines Klimawandels, so steht die Landschaftsplanung vor dem Pro-

blem, auf einer ohnehin begrenzt verfügbaren und in Zukunft weiter abnehmenden Fläche die Erfordernisse des Naturschutzes zu erkennen und planerisch zu vertreten. Dabei hat sie mit den Schwierigkeiten zu kämpfen, die dieses Planungsinstrument ohnehin begleiten, denn: Landschaftsplanung als "Fachplanung des Naturschutzes" hat bereits heute - also unabhängig von lokal spürbaren Auswirkungen eines möglichen Klimawandels - ein Akzeptanzproblem. Vielfach wird ihr eine "Bremsfunktion" in Bezug auf die gesellschaftliche Entwicklung zugesprochen (Heidtmann 1996: 475). Mögliche Argumente gegen die Umsetzung vorgeschlagener Maßnahmen sind u.a. Verlust von Arbeitsplätzen, geringeres Wirtschaftswachstum oder sinkende bzw. ausbleibende Steuereinnahmen. In der Regel wird der Widerstand der "Betroffenen" stärker, je deutlicher und flächenbezogener Forderungen im Plan formuliert werden (Heidtmann 1996). Zudem finden viele Vorschläge der Planer keinen Eingang in die endgültige Fassung des Planes, da die Gemeinde als Träger der kommunalen Planung nicht nur die Belange des Naturschutzes, sondern auch alle anderen raumwirksamen (Nutzungs-)Ansprüche zu bedenken hat. Faktisch ist der Landschaftsplan daher bereits Ergebnis einer Abwägung, obwohl er eigentlich Ausdruck einer reinen Naturschutzfachplanung sein sollte, und die Abwägung erst bei der Übernahme von Inhalten des Landschaftsplanes in den Bauleitplan erfolgen sollte (Jordan 1996).

Für Sylt gelten die zuvor genannten Aspekte in gleicher Weise. So liegen in den Gemeindegebieten von List, Wenningstedt und Sylt-Ost Flächen, die als Schutzgebiete (Landschafts- und Naturschutzgebiete, Vorschläge zur Ausweisung von FFH-Gebieten) vorgeschlagen wurden (Matusek 1997). Diese Vorschläge wurden aber nur nachrichtlich in die Pläne übernommen, weil eine Schutzgebietsausweisung an zustimmungspflichtige Nutzungseinschränkungen gebunden sein kann. Meist wird in diesem Zusammenhang von Seiten der Gemeinden lediglich auf die Möglichkeit der freiwilligen Umsetzung der Vorschläge im Rahmen des Vertragsnaturschutzes hingewiesen.

Die "Schwächen" dieses Planungsinstrumentes sind eigentlich Schwächen der kommunalen Planungspraxis an sich. Wenngleich der Landschaftsplanung aus ökologischer Sicht eine rechtliche Stärkung im Planungsprozess gut tun würde (Gassner 1996), werden die heute bereits vorhandenen Möglichkeiten in der Praxis oft nicht ausgeschöpft. Dies zeigt sich auch in der mangelnden Umsetzung der in den Plänen vorgeschlagenen Maßnahmen. Der Hauptgrund dürfte wohl darin liegen, dass die Ergebnisse der Landschaftsplanung dem Einzelnen keine direkt spürbaren Vorteile bringen - Naturschutz und damit Landschaftsplanung fehlt eine starke Lobby, zumindest in den politischen Gremien, die mit der Planung betraut sind.

Landschaftsplanung soll Konflikte erkennen und - immer mit Blick auf die Interessen des Naturschutzes - zu ihrer Entschärfung beitragen. Ein Klimawandel würde jedoch nach den hier zugrunde gelegten Annahmen zunächst zu einer drastischen Verschärfung der Konflikte beitragen. Denkbar ist in diesem Zusammenhang z.B.:

- nach dem Verlust von Dünenbereichen werden Forderungen laut, bislang geschützte Gebiete zur Nutzung freizugeben,
- höher gelegene, bislang aber nicht genutzte Bereiche werden baulich überplant, um Alternativen für die vom Verlust bedrohten Flächen in den tiefer gelegenen

Bereichen zu schaffen,

- landwirtschaftlich genutzte Flächen geraten ins Visier der baulichen und sonstigen Fremdenverkehrsplanung,
- der Nutzungsdruck vor allem im Dünen-/Strandbereich erhöht sich.

Welche Möglichkeiten hat die Landschaftsplanung dennoch, zumindest einen Beitrag zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels zu leisten?

Zunächst gilt es, die potentiellen Verlustflächen zu identifizieren und eine Bestandsaufnahme der Biotope und Nutzungen in diesen Bereichen vorzunehmen wie in Tabelle 5-2 und den Karten 5-3 - 5-17 bereits geschehen. Diese Analyse zeigt, dass kurzfristig Strand und Dünen verloren gehen würden, mittel- bis langfristig auch Siedlungsbereiche. In einem zweiten Schritt gilt es, die Analyse dahingehend zu vertiefen, ob und welche dieser Bereiche für den Naturschutz von herausragender Bedeutung sind, z.B. geschützte oder schützenswerte Biotope, Brutflächen, Rückzugsgebiete usw.

Anschließend könnten neue Entwicklungskarten erarbeitet werden, in denen ein Schwerpunkt der Planung auf der Ausweisung von Flächen gelegt wird, die als Ausgleich für verloren gegangene Biotope und Habitats dienen können. Flankiert werden müssten diese Planungen durch unterstützende Empfehlungen. Dazu gehören sicher der völlige Verzicht auf jegliche Siedlungserweiterung bzw. Bauen im Außenbereich. In einem ohnehin begrenzten Raum, der darüber hinaus noch an Fläche verlieren wird, kann es aus Sicht des Naturschutzes nur darum gehen, die Anteile der Flächen(nutzungen), die dem Naturschutz dienen, gegenüber der nicht am Naturschutz orientierten Flächennutzung zu erhöhen.

Im Hinblick auf die Suche nach Ersatzflächen für die verloren gehenden Siedlungsflächen müsste die höchste Priorität auf die Ausnutzung von Baureserven in den übrigen besiedelten Bereichen gelegt werden. Neue Flächen zu erschließen kann aus naturschutzfachlicher Sicht nicht empfohlen werden.

5.6 Fazit

Mit Hilfe des Geographischen Informationssystems Sylt (GIS Sylt) konnte die Insel in ihrer historischen Entwicklung untersucht, ihre heutige Situation beschrieben und ihre mögliche zukünftige Entwicklung modelliert werden. Die Vorgehensweise, alle projektrelevanten Daten zentral vorzuhalten und - soweit möglich - in das GIS-Sylt zu integrieren, erwies sich als sinnvoll. So konnten mittels der GIS-Daten fachspezifische Untersuchungen und Auswertungen aller Arbeitsgruppen unterstützt werden. Die Schwierigkeiten beim Aufbau des GIS bestanden vor allem im Bereich der Datenintegration. Hier waren umfangreiche und zeitintensive Arbeiten notwendig, um die verschiedenen Informationen für das GIS aufzubereiten.

Durch die Entwicklung und Anwendung eines Metadateninformationssystems konnten die Datenmengen handhabbar gemacht werden. Insofern gehört es mit zu den wesentlichen Erkenntnissen der technischen Seite des Vorhabens, dass die umfassende und einheitliche Dokumentation von Daten unerlässlich für die wissenschaftliche Arbeit ist. Dies gilt in besonderem Maße für Verbundprojekte bzw.

interdisziplinäre Forschung. Die Vielzahl bereits heute existierender "Standards" und Systeme - denen wir ein weiteres hinzugefügt haben - zeigt, dass die Notwendigkeit der Datendokumentation zunehmend erkannt wird, wenngleich sie noch längst nicht selbstverständlich ist. Zudem konnte durch das von uns entwickelte Programm die synoptische Betrachtung von "gis-fähigen" (raumbezogenen) und nicht gis-geeigneten Daten realisiert werden, was den interdisziplinären Erkenntnisprozess entscheidend förderte (dazu Kapitel 12).

Bezüglich der Folgen eines Klimawandels konnte mit Hilfe des GIS-Sylt sowie der potentiellen Rückgangsraten die mögliche Entwicklung der Insel in den kommenden 50 Jahren modelliert werden. Dabei wurde (bei insgesamt drei Varianten) ganz bewusst von der Annahme ausgegangen, dass es zukünftig keinen Küstenschutz mehr für Sylt gibt. Diese Annahme ist zurzeit nicht realistisch, und wir schlagen auch nicht vor, den Küstenschutz einzustellen. Sie war jedoch notwendig, um Aussagen darüber treffen zu können, was schlimmstenfalls denkbar wäre - und wie es dann weitergehen kann.

In diesem Zusammenhang wurde die Rolle der Landschaftsplanung untersucht. Der große Vorteil von Landschaftsplanung besteht - zunächst - darin, dass im Rahmen dieses Planungsprozesses das gesamte Gemeindegebiet einer umfassenden Analyse und Bewertung unterzogen wird. Die dabei gewonnen umfangreichen Daten zur Nutzungsstruktur und zur naturräumlichen Situation münden jedoch in Pläne, die aktuell meist keine weitreichende planungspraktische Wirkung haben.

Zudem sind die Wechselbeziehungen zwischen Umwelt und Gesellschaft so komplex, dass fraglich ist, ob ein einzelnes der bekannten planerischen Instrumente auf kommunaler oder regionaler Ebene ausreicht, um einen bedrohten Raum nachhaltig zu managen. Der Verlust geschützter Biotope ist das eine - der Verlust von Siedlungsflächen ist das andere - und es darf vermutet werden, dass Letzterer als schwerwiegender empfunden und gewichtet wird.

Daher ist für einen (Küsten)Raum, in dem eine intensive Nutzung bzw. die wirtschaftliche Wertschöpfung entscheidend vom "Naturkapital" abhängig ist, ein übergreifendes Managementkonzept anzuraten, v.a. dann, wenn zukünftig mit Verlusten der ohnehin begrenzten Fläche zu rechnen ist. Für Sylt bietet sich daher ein Integriertes Küstenmanagement (IKM) an. Im Rahmen eines solchen Prozesses könnten die Beiträge verschiedener Planungen und Interessen(sgruppen) breit und angemessen diskutiert und vernetzt werden (Kapitel 12).

5.7 Literatur

Barthelme, N. (1995): Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen. – Berlin. Heidelberg

Bill, R. & Fritsch, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme Band 1. – Karlsruhe

Buhmann, E. & Wiesel, J. (1997) GIS-Report '97 – Software, Daten, Firmen. – Heidelberg

Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG, Fassung vom 21. September 1998 (BGBl. I 1998 S. 2994)

- Durwen, K.-J. (1991): Zum Informationsbedarf der Landschaftsplanung. In: *Natur und Landschaft* 66 (2), S.104-106.
- Federal Geographic Data Committee (1998): Content Standard for Digital Geo Spatial Metadata. Federal Geographic Data Committee, Washington, D.C.
- Gassner, E. (1996): Möglichkeiten und Grenzen einer rechtlichen Stärkung der Landschaftsplanung. In: *Natur und Landschaft* 71 (11), S. 469-473.
- Gill, S.; Higgs, G. & Nevitt, P. (1999): GIS in Planing Departments: Preliminary Results from a Survey of Local Planning Authorities in Wales. In: *Planning Practice & Research*, Vol. 14, Nr. 3, S. 341-361
- Hordaland County Council (1999): SEAGIS. GIS and Coastal Zone Management and Planing. Hordaland County Council Planing and Environment Section, Bergen/Norway.
- Heidtmann, E. (1996): Landschaftsplanung: Fachplanung des Naturschutzes. In: *Natur und Landschaft* 71 (11), S. 473-477.
- Jägersberg, B. (1998): Aufbereitung historischer Karten für ein Geographisches Informationssystem Sylt. Ein Beitrag zur Landschaftsgeschichte der Insel. Magisterarbeit, Geographisches Institut, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.
- Jordan, R. (1996): Anmerkungen zur Unabgewogenheit in der kommunalen Landschaftsplanung. In: *Natur und Landschaft* 71 (11), S. 533-535.
- Klug, A. u. Klug, H. (1998): Naturraumbelastung durch den Fremdenverkehr im Norden Sylts.- In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer u. Umweltbundesamt (Hrsg.): *Umweltatlas Wattenmeer. Band 1 – Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer.*- Stuttgart, S. 184-185.
- Krasemann, H.J. (1996): Meta-Information – Was ist das? In: Kremers, H. & Krasemann, H.L.: *Umweltdaten verstehen durch Metainformation.* Metropolis-Verlag, Marburg, S. 9-14.
- Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer u. Umweltbundesamt (Hrsg.): *Umweltatlas Wattenmeer. Band 1 – Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer.*- Stuttgart, S. 184-185
- Landesnaturenschutzgesetz (LNatSchG) (1993) Gesetz zur Neufassung des Landschaftspflegegesetzes (Gesetz zum Schutz der Natur - Landesnaturenschutzgesetz - LNatSchG -) und zur Anpassung anderer Rechtsvorschriften. Vom 16. Juni 1993 - GVOBL. Schl.-H. S. 215 -.
- Lange, N. de; Noetzel, U.; Slopianka, B. & Wigger, C. (1997): Grundlagen von Geo-Informationssystemen. Osnabrücker Studien zur Geographie (OSG) – Materialien 35, Osnabrück.
- Matusek, S. (1997): Landschaftspläne Sylt. Textteile der Landschaftspläne für die sieben Sylter Gemeinden. Entwurfsstadium. Umweltplanungs- und Audit GmbH (UAG), Kiel.
- Nationalparkgesetz (NPG, Gesetz zum Schutz des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres (GS Schl.-H. II, Gl. Nr. 791-6) vom 22. Juli 1985 (GVOBl. Schl.-H., S. 202), zuletzt geändert durch Verordnung vom 24. Oktober 1996 (GVOBl. Schl.-H., S. 652)
- Neuer, B. (2000): Expedition ins Datenreich. Geographische Informationssysteme verknüpfen Daten mit Karten. In: *c't* 4/2000 S. 288-299
- Schröder, W., Ebenhöf, W., Bartels, F., Simmering, F. & Schottes, P. (2000): Fallstudie Sylt - Aufbau und Führung eines Geographischen Informationssystems (Sylt-GIS).- Kiel (Abschlussbericht BMBF-Vorhaben Kz. 01 LK 95213)
- Simmering, F. (1997) Anforderungen an die Datenhaltung aus Sicht interdisziplinärer Coastal-Zone-Mangement Projekte. In: *DGM-Mitteilungen* 1-2/1997 S. 48-51

Stahl, R. (1995): Moderne Landkarten. Grundlagen geographischer Informationssysteme. In: iX 9/95 S. 42-50

Stahl, R. (1997): GIS-Tutor. (<http://www.gis-tutor.de>)

Tomlinson, R. F. (1972): Geographical Data Handling (Symposium Edition). UNESCO/IGU Second Symposium Geographical Information Systems, Ottawa

Anschrift der Autoren:

Winfried Schröder*, Frank Bartels, Peter Schottes:
Geographisches Institut der Universität Kiel
Ludewig-Meyn-Straße 14
24118 Kiel
www.uni-kiel.de:8080/Geographie

Wolfgang Ebenhö, Frank Simmering:
Insitut für Chemie und Biologie der Meere ICBM
Universität Oldenburg
Postfach 2503
26111 Oldenburg
<http://www.icbm.uni-oldenburg.de>

* ab 1.4. 1998:
Hochschule Vechta, IUW
Schwerpunkt Landschaftsökologie
Postfach 1553
49364 Vechta
<http://www.iuw.uni-vechta.de>

Unser Dank gilt dem BMBF für die finanzielle Förderung der Untersuchungen, dem Projektträger DLR, insbesondere Herrn Dr. G.-H. Klein, für die konstruktive Begleitung des Projekts sowie den studentischen Hilfskräften Eric Ahrens, Thorsten Eckstein, Jörg Horenczuk, Birte Jacoby, Bianca Jägersberg, Gunilla Kaiser, Mamun Natour, Stefan Parlitz, Björn Schmidt und Thorsten Ventzke für die engagierte Unterstützung.

6 Naturräumliche Entwicklung Sylts - Vergangenheit und Zukunft

KAI AHRENDT & JÖRN THIEDE

Abstract

Sylt unterliegt seit jeher einem permanenten Wandel der Inselgestalt. Die heutige Inselgestalt stellt dabei nur eine Momentaufnahme dar. In historischen Zeiten hat es Bedingungen gegeben, die weitaus stärkere Umwandlungsprozesse nach sich zogen, als dies heute augenscheinlich wird. Hierzu zählt z. B. ein Meeresspiegelanstieg von über 2 m/100 Jahre. Es gab aber auch Zeiten, in denen es zur Anlandung kam. In den letzten 4.000 Jahre kann der Meeresspiegel als relativ stabil angesehen werden. Trotzdem unterlag vor allem die Westküste einem durchschnittlichen Rückgang von ca. 1,25 m/Jahr in den letzten 7.500 Jahren. Zwischen 1870 und 1997 liegt die Rückgangsrate bei ca. 1,75 m/Jahr, unter Berücksichtigung der Sandvorspülungen. Zurzeit gehen der Küste jährlich ca. 1,1 Millionen m³ Sediment verloren, die durch Sandvorspülungen mehr oder minder ersetzt werden. Unter Annahme der unten beschriebenen Szenarien könnten sich unter den schlechtesten Bedingungen die Verluste im Jahre 2050 ca. verdoppelt haben. Ein Ausgleich über Sandvorspülungen wäre somit denkbar, d. h., dass die Auswirkungen der Klimaänderungen beherrschbar sind.

6.1 Einleitung

Aufgrund der geologischen, geomorphologischen und anthropogenen Rahmenbedingungen von Sylt kam es in der Vergangenheit örtlich und zeitlich zu unterschiedlichen Rückgangsraten an West- und Ostküste. Die zukünftige Entwicklung des Erscheinungsbildes der Insel hängt jedoch entscheidend, neben der Veränderung hydrodynamischer Parameter, von diesen Rahmenbedingungen ab. Daher gilt es zu klären, wie sich die Gestalt der Küste an der West- und Ostseite in Abhängigkeit der hydrodynamischen, geologischen und küstenschutztechnischen Rahmenbedingungen in der Vergangenheit entwickelt hat und wie sich die Insel unter angenommenen klimatischen Szenarien und potentiellen anthropogenen Maßnahmen entwickeln könnte (bis zum Jahre 2050). Ziel dieser Studie ist es, die Entwicklung der Insel unter Berücksichtigung unterschiedlicher Impaktszenarien für die Zukunft zu prognostizieren. Aus den komplexen klimatisch bedingten Impakts ergibt sich eine hochsensible Wechselbeziehung zwischen der Veränderung der Küstenlinie und den geologischen, geomorphologischen und anthropogenen Steuerungsparametern, welche als Resultat eine neue Flächenverteilung der Nutzungsmöglichkeiten der Insel nach sich zieht. Die Spezifizierung von räumlichen und zeitlichen Entwicklungen der Inselgenese aufgrund von Szenario-Bedingungen sowie die Analyse der Stabilitätsbedingungen des Systems Sylt, i. e. Sedimentverfügbarkeit und Sedimentmobilisierung, und deren Sensibilitätskriterien werden eingehend analysiert.

6.2 Geologischer Untergrund

Die Geologie der Insel stellt die natürliche Grundlage für die Form der Insel aber auch für die Besiedlung und Landnutzung dar. Die Geestkerne nehmen dabei eine hervorgehobene Stellung ein.

Während der vorletzten Vereisung, der Saale-Eiszeit, wurden die grundlegenden Bedingungen für die Genese der Insel geschaffen. Durch den enormen Eisdruck der Gletschermassen wurden die tertiären Ablagerungen des Glimmertons und des Kaolinsandes im Morsumer Geestkern aufgeschuppt (STREMME & MENKE

1980). Nach Abschmelzen der Eismassen blieben großflächig Geschiebeablagerungen übrig wie z. B. der Westerländer-, der Archsumer- und der Morsumer-Geestkern. Diese Ablagerungen waren früher jedoch wesentlich weiter verbreitet (Abbildung 6-1). Der Westerländer Geestkern reichte ursprünglich ca. 10 km weiter nach Westen. Ebenso waren Geschiebeablagerungen bis Amrum und Föhr (AHRENDT 1992, 1994) sowie wahrscheinlich bis zum Salzsand westlich List vorhanden. Westlich und südwestlich hiervon lagen die „Pisa“ Moräne und die „Amrum Bank“ Moräne, die auch als Sedimentlieferanten angesehen werden können.

Während der vorletzten Zwischeneiszeit, dem Eem-Interglazial (-4 m NN), wurde der Sylter Moränenkomplex im Westen und im Osten vom Meer umschlossen. Über das Lister Tief und zwischen dem Salzsand und dem Westerländer-Morsumer Geestkern hatte die nordfriesische Rinne Kontakt zum offenen Meer. Die Geestkerne waren zu diesem Zeitpunkt bereits im Abbruch begriffen.

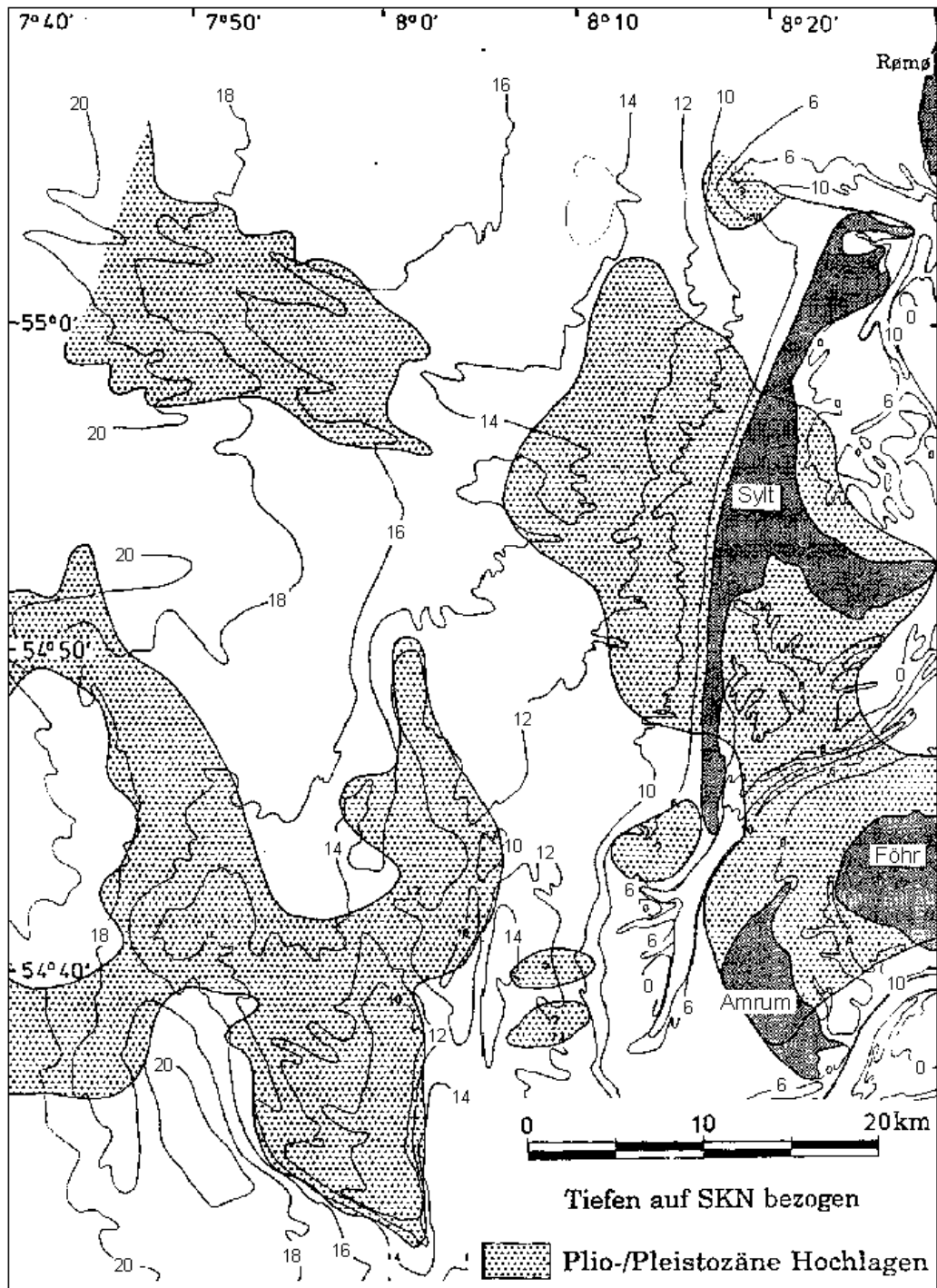


Abbildung 6-1 : Geologische Ausgangslage zu Beginn der holozänen Transgression (aus AH-RENDT 1994)

Während der nachfolgenden Weichselvereisung lag der Sylter Moränenkomplex trocken. In der Zeit der Abschmelzphase der skandinavischen Gletscher flossen Teile der Schmelzwässer durch das Elbe-Urstromtal und durch die nordfriesische Rinne der offenen Nordsee zu (Doggerbank) und Schmelzwassersande blieben als Ablagerungen zurück. Die Ablagerungen des Eem-Meeres zwischen Salzsand und Westerländer Geestkern sowie im Bereich um Hörnum wurden teilweise wieder ausgeräumt und durch Schmelzwassersande ersetzt (s. w. u.).

Anschließend kam es zu einem steilen Meeresspiegelanstieg von ca. -45 m NN auf ca. -10 m NN in der Zeit zwischen 8600 und 7100 B.P. (vor heute, durch-

schnittlicher Meeresspiegelanstieg von über 2 m/100 Jahre). Bis ca. 2000 vor unserer Zeitrechnung ließ die Transgressionsgeschwindigkeit dann merklich nach. So konnten sich ausgedehnte Wattflächen und Basistorfe in den geschützten Bereichen zwischen den Geestkörpern und im Schutze von Nehrungen oder Sandhaken bilden, während an der Westseite die Erosion fortschritt. Aus der durch Sedimentkartierung belegten Ausdehnung des Westerländer Geestkernes und der heutigen Lage der Küste schließt KÖSTER (1979) auf einen langfristigen mittleren Rückgang der Küstenlinie von ca. 1.25 m/Jahr.

6.2.1 Nord-Sylt/Listland

Der Westerländer Geestkern taucht in Kampen gegen Norden steil ab. Der Geschiebelehm ist schon 500 m nördlich von Kliffende nicht mehr vorhanden. Die Oberkante des Kaolinsandes ist 2 km nördlich von Kliffende erst bei -26.5 m NN erreicht und 500 m weiter nördlich bei -38.5 m NN nicht mehr erreicht worden. Überlagert wird dieser Horizont durch eine Lage aus Grobsand mit Steinbeimengungen unbekannter Alters. Hierüber folgen die Ablagerungen des Eem-Meeres in Tiefen von ca. 35 m. Hierbei handelt es sich um ca. 5 m mächtige Sande mit überlagernden ca. 5 m mächtigen Tonen. Im Mannemorsumtal sind diese Eem Ablagerungen durch die Schmelzwässer der Weichseleiszeit ausgeräumt und die Rinne ist mit marinen Sande aufgefüllt.

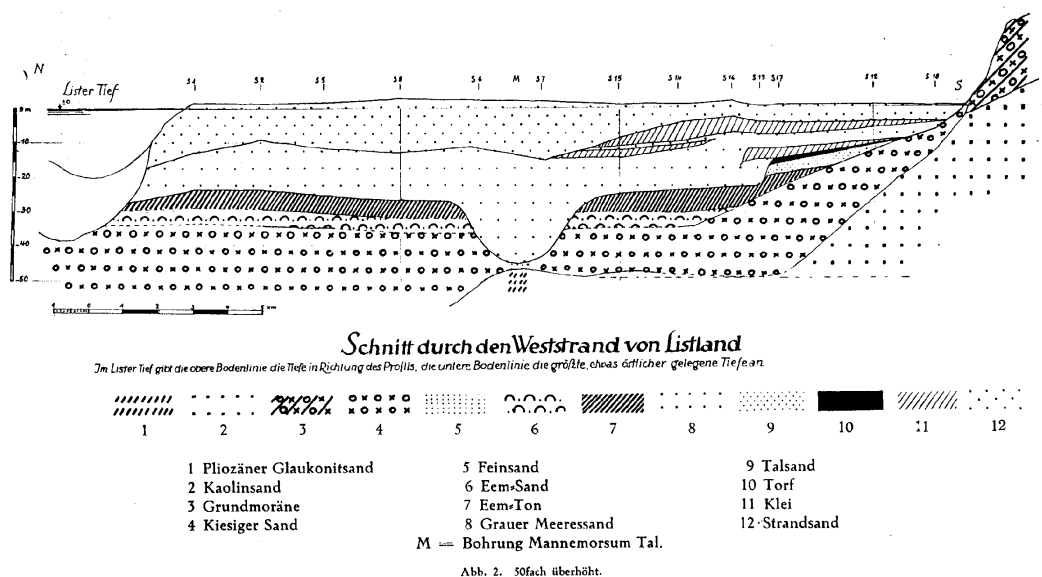


Abbildung 6-2 : Profilschnitt List-Kampen/Kliffende (aus GRIPP & SIMON 1940)

In dieses Gebiet drang dann die nacheiszeitliche Nordsee ein und hinterließ einen Basistorf, der ursprünglich weit verbreitet war. Dieser Torf wird noch nördlich von Kliffende angetroffen. Nur 300 m nördlicher wird dieser Torf jedoch durch grauen Meeressand ersetzt. In diesem Bereich schuf die eindringende Nordsee ein bis zu 8 m hohes Kliff. Hierüber wiederum folgen gelbliche Meeressande bis zur Oberfläche. Nur am Nordrand des Westerländer Geestkernes treten noch unterschiedliche Torf- und Kleischichten auf. Der gesamte nördlich von Kliffende gelegene Bereich, der für die Küstenentwicklungsprozesse relevant ist (bis ca. -10 m), besteht somit fast ausschließlich aus leicht erodierbaren Sanden unterschiedlichster Korngrößenverteilung. Eine Ausnahme bildet der Geschiebemergelkern unter dem Salzsand.

6.2.2 Mittel- und Ost-Sylt

Die drei bzw. vier Geestkerne stellen das Rückgrat der Insel dar. Durch die teilweise Abtragung dieser plio- und pleistozänen Sedimente sowie durch die bereits abgetragenen weiter westlich gelegenen Geestkerne konnten die Nachbarbereiche Hörnum und Lister Halbinsel erst aufgebaut werden. Das größte Geeststück der Insel, der Westerländer Geestkern, verläuft von Kampen-Kliffende über Wenningstedt-Westerland-Tinnum nach Keitum. Im Westen zwischen Kampen und Westerland, im eigentlichen roten Kliff, ragt dieser Geestkern bis zu 26 m über NN auf. Von Wenningstedt nimmt die Kliffhöhe nach Süden langsam ab (Abbildung 6-3). Der saaleiszeitliche Geschiebelehm wird immer geringmächtiger und die Schichten tauchen allmählich unter den Strandsand ab. Überlagert werden diese Sedimente von postglazialen Dünenstrandsanden, die mit der Uwe-Düne in Kampen eine Höhe bis zu 25 m erreichen. Am nördlichen Ende des Uferdeckwerkes ist der Geschiebemergel kaum noch, bis gar nicht mehr vorhanden.

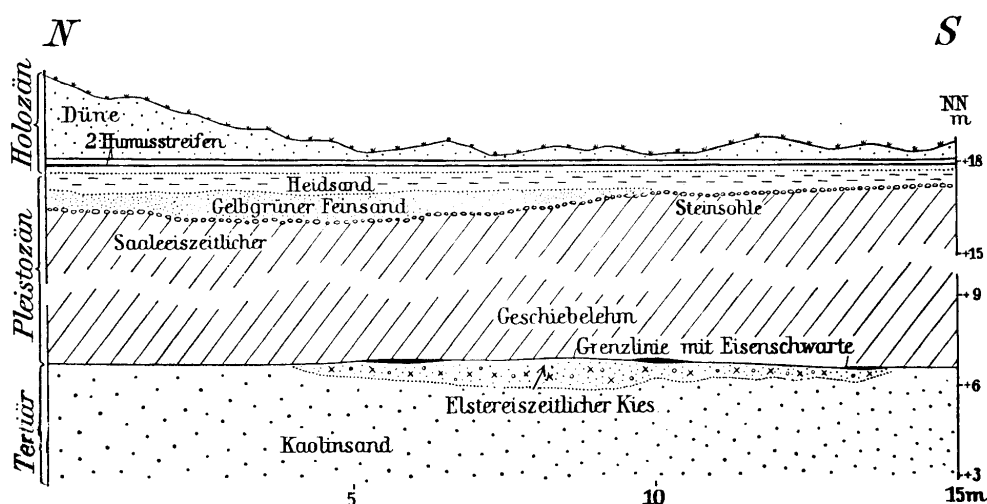


Abbildung 6-3: Schnitt aus dem Roten Kliff (aus DIETZ & HECK 1952)

Rein äußerlich ist an den Geestkernen festzustellen, dass sie in südlicher und östlicher Richtung flach zur Marsch hin abfallen. Im Norden werden sie durch unterschiedlich hohe Kliffs begrenzt, inaktive am Westerländer und Archsumer und ein aktives beim Morsumer Geestkern.

Zwischen Tipkenhügel, Archsumer Kliff und Morsum Kliff greifen postglaziale Meeresablagerungen tief ins Land ein. Von Süden her reicht ein ehemaliger jetzt verschlickter Meeresarm bis nach Westerland (ehemaliger Hafen von Westerland, s. w. u.) zum Bahnhofsgebäude. Diese Marschenaufgabe hat eine Mächtigkeit von teilweise nur wenigen Dezimetern bis zu 2 m.

Das Morsum Kliff weist eine überschobene, geschuppte Wechsellagerung aus Glimmerton, Limonitsandstein und Kaolinsand auf und setzt sich auch im Watt fort. Bedeckt werden diese Sedimente von typischen holozänen Wattablagerungen, die charakteristisch für Buchtenlagen sind. Eine Besonderheit stellt ein schichtenweise mit Seegrass durchsetzter, stark tonig-schluffiger Horizont in der inneren Keitumer Bucht dar (BAYERL, 1992). Dadurch das er stellenweise bis an die Wattoberfläche reicht oder nur von einer geringmächtigen Sandlage bedeckt ist, stellt er einen Erosionswiderstand dar. Altersbestimmungen ergaben in den oberen Schichten ein Alter von ca. 3.000 Jahren. Das Watt in der Keitumer Bucht wäre demnach in den letzten 3.000 Jahren für Wattgebiete außerordentlich stabil gewesen. Abgetragen wurden durch die Sturmfluten des Mittelalters nur einige Dezimeter, eventuell besiedelter (nach Karte von MEJER in DANCKWERTH 1652) Marschenfläche.

Die eigentliche Ostspitze der Insel Sylt wird von dem niedrigen Marschland Nöse gebildet, das aus tiefgründigem Klei besteht. Diesem Klei sind lange Sandhaken aufgesetzt die ihren Ausgangspunkt am Ostende des Morsum Kliffes haben. Im südlichen Teil der Morsumer Geest bilden saaleiszeitliche Ablagerungen den Untergrund.

Wie schon oben erwähnt wurden kleinere Marschflächen im Schutze der Geestkerne aufgeschlickt. In der Südermarsch, also am Südeende der Westerländer, Archsumer und Morsumer Geest existiert ein zusammenhängendes Marschland, die Südermarsch. Durch den allmählichen Abfall des Geestbodens nach Süden nimmt die Mächtigkeit dieser Ablagerungen allmählich zu. Die pleistozänen Ablagerungen an der Basis des Holozäns bestehen vorwiegend aus Geschiebelehm. Die Ablagerung mariner Sedimente begann im tiefsten der vier Becken östlich von Keitum. Über dem Basistorf bildete sich zunächst humoser Ton. Die Oberkante dieses basalen Torfes, der bis zu 2 m Mächtigkeit erreichen kann, reicht heute von + 0.5m NN nahe der Tinnum-Burg bis unter -6 m NN an verschiedenen Stellen in der Norderinge und im Watt. Diese Schichten sind besonders widerstandsfähig gegen Abtragung. Auf dem Höhepunkt der folgenden Transgression wurden die tonigen Sedimente bis dicht an die Geest zurückgedrängt und in den weiter seewärts gelegenen Gebieten Wattsand abgelagert. Schließlich ging der Meereseinfluss wieder zurück, so dass in den geestnahen Bereichen Torf und in den größeren Entfernungen wieder stark humoser Ton entstand. Diese Schichten gehen allmählich in eine Kleidecke über (¹⁴C-Alter ca. 4.000 vor heute). Der Höhepunkt dieser folgenden Transgression wird durch eine tonig-schluffige Sedimentdecke gekennzeichnet. Im oberen Teil der Sedimentdecke deuten tonige Ablagerungen eine Regression an. Den Abschluss bildet eine humose Lage, die den fast völligen Rückgang des Meeres dokumentiert. Um Christi Geburt muss die Marsch so trocken gewesen sein, dass auf ihr gesiedelt werden konnte. Diese Sedimentdecke ist maximal 3 m mächtig. Die jüngste Sedimentdecke ist sehr differenziert aufgebaut, besteht aus tonig-sandigen Sedimenten. Der Beginn der Ablagerungen wird wahrscheinlich mit Beginn der schweren Sturmfluten zu Beginn des 14. Jahrhunderts eingesetzt haben. Diese obere Sedimentschicht ist 50-60 cm mächtig.

6.2.3 Süd-Sylt

An der Westerländer Geest setzt bei Westerland-Süderende ein ca. 19 km langer Sandhaken, die Hörnum-Halbinsel, an. Der Westerländer Geestkern fällt bis Rantum auf ca. -1 m NN ab. In Rantum-Inge wird noch eine Erhebung dieses Geestkernes bis auf NN beobachtet (HOFFMANN 1980). Im mittleren Teil der Hörnum-Halbinsel reicht der von einer rund 1 m mächtigen Geschiebelehm-schicht abgedeckte alte Inselkern noch bis -4 m NN herauf, wo er mit einer nahezu ebenen Grenzfläche von nacheiszeitlichen marinen Sanden überlagert wird. Unter der Ortschaft Hörnum taucht der unterlagernde tertiäre Kaolinsand mit sehr welliger Schichtoberfläche tief ab. In den Senken kamen Schmelzwassersande sowie glazigene Beckenschluffe zum Absatz (Abbildung 6-4). Auch die holozänen Schichten erreichen in den Senkengebieten noch überdurchschnittliche Mächtigkeiten.

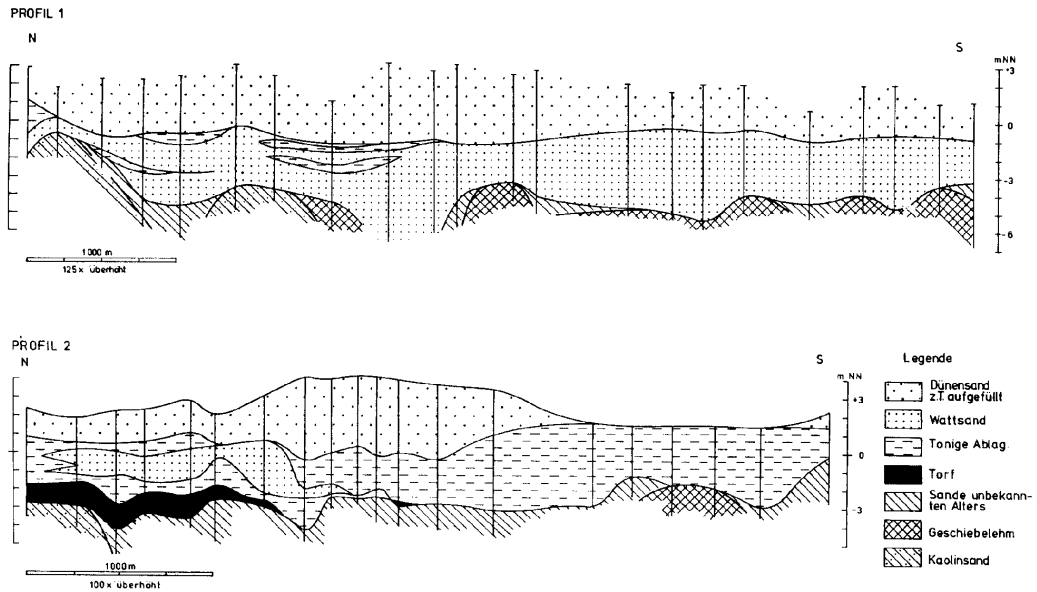


Abbildung 6-4: Profile durch die Hörnum-Halbinsel (aus HOFFMAN 1974)

Im nördlichen Ortsbereich von Hörnum kamen über einen langen Zeitraum des Holozäns, vermutlich im Schutze einer damals im Westen vorgelagerten Insel/Barre bis in den Tiefenbereich von NN -1.5 m typische Wattsedimente zum Absatz, deren ehemalige Verbreitung in die Nordsee hinaus bis zu einer Entfernung von 900 m vom heutigen Weststrand nachgewiesen werden konnte (TEMMLER 1990). Solche bindigen Ablagerungen konnten auch am Weststrand von Rantum durch JESSEL (1986) belegt werden. Bei starker Ausräumung des Weststrandes von Rantum lassen sich diese Ablagerungen auch heute noch beobachten. Im südlichen Ortsgebiet von Hörnum fehlen solche bindigen Ablagerungen. Die holozänen Sande reichen mit außerordentlich welliger Grenzfläche bis auf Tiefen zwischen NN -6 und -19 m herunter. Die großen Tiefen liegen nahe dem Weststrand. Nach Süden hin reicht der Bereich der hochliegenden Pleistozänoberfläche (NN -10 m) – unterbrochen von einer etwas tieferen Rinne – bis zur Mitte der Hörnum-Odde, wo über der tief liegenden Tertiäroberfläche eine mächtige Serie pleistozäner Sande mit Beckenschluff- und Geschiebemergelablagerungen bis in mehr als 30 m Tiefe erbohrt wurde. Erst im südlichen Oddedrittel fällt die Holozänbasis steil auf unter NN -27 m ab. Obwohl das Gebiet der heutigen Odde-Spitze erst nach 1928 landfest geworden ist, beweist das Vorkommen einer dünnen, unter Süßwasserbedingungen entstandenen Mudde im Tiefenniveau von -0.85 m NN inmitten einer Serie mariner schillführender Sande, dass das Inselende in der Vergangenheit schon einmal bis über die heutige Oddesüdspitze hinausgeragt hat.

Der Geschiebemergel der südlichen Halbinsel von Sylt weist somit nur eine geringe Mächtigkeit von wenigen Dezimetern bis zu wenigen Metern auf. Im Zusammenspiel mit den bindigen Watt- und Kleiablagerungen des Holozäns bilden diese bindigen Schichten, zu mal diese gerade im Brandungsniveau des Strandes auftreten, einen gewissen Erosionswiderstand. Nach Abtrag dieser Schichten folgen dann allerdings fast ausschließlich sandige Sedimente, die leicht erodierbar sind. Besonders südlich der Orstlage Hörnum werden bindige Sedimente nicht angetroffen.

6.3 Historischer Abriss

Die archäologische Kartierung Sylts (z. B. KERSTEN & La BAUME 1958, HARCK 1972) hat gezeigt, dass Sylt seit dem Neolithikum ein bevorzugtes Sied-

lungsgebiet des Menschen war. Seit ca. 6000 Jahren wurde hier die nacheiszeitliche Meerestransgression erlebt. Die Megalithgräber im Watt, die etwa -0.1 m NN liegen, wurden erbaut, lange bevor der Meeresspiegel (MThw) diese Höhe erreicht hatte. Um 4.500 B.P. griff das Meer auf die Marsch über und Teile wurden unbewohnbar. Zu diesem Zeitpunkt wird die Westküste mehrere Kilometer weiter im Westen gelegen haben. Um 3.700 Jahre B.P. kam es zu einer zweiten Transgression, die wiederum weite Teile der Marschen überflutete. Auf ihren Höhepunkt reichte das Wattenmeer bis dicht an die Geest. Die durch den südlichen Hörnum Strandhaken geschützten Gebiete südlich Westerland blieben jedoch ständig höher als MThw. Mit dem anschließenden relativen Meeresspiegelrückgang wurde der Raum wieder bewohnbar. Zu diesem Zeitpunkt war die Insel anscheinend relativ dicht besiedelt. Die Bronzezeit war eine Hochblüte der Kultur und die Bevölkerung war relativ wohlhabend, was sich aus den prunkvollen Grabbeigaben ableiten lässt.

Um Christi Geburt war jedoch das gesamte heutige Marschengebiet wieder verlandet. Auf der etwa $+1$ m NN hohen Marsch hatte sich ein Boden gebildet, der in der frühen römischen Kaiserzeit besiedelt war. Unklar ist, wie groß die Marsch zu diesem Zeitpunkt war und wie weit die Westküste Richtung Westen verschoben war. Mit Sicherheit war die Marsch wesentlich größer und die Küste lag weiter westlich (Abbildung 6-5). Die günstige hohe Lage der Marschoberfläche gestattete offenbar neben der Nutzung als Wirtschaftsraum die Anlage von Siedlungen. Durch den anschließenden relativen Meeresspiegelanstieg wurden die Siedlungsräume wieder kleiner. Um 400 n. Chr. war der Siedlungsraum so verkleinert, dass Teile der Bevölkerung abwanderten. Um 800 n. Chr. stieg die Zahl der Bewohner dann wieder an, vor allem durch friesische Einwanderer.

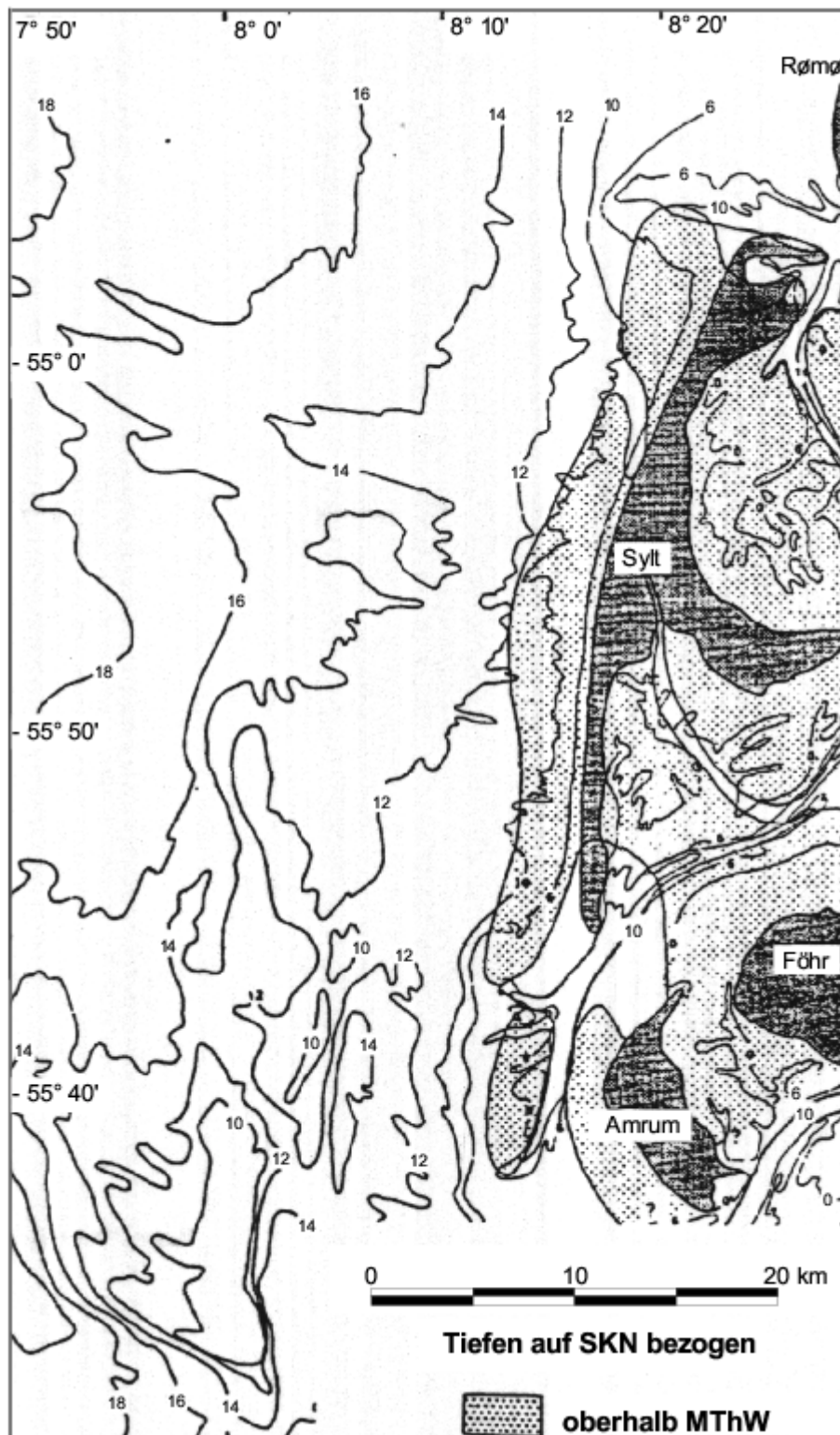


Abbildung 6-5: Vermutetes Landschaftsbild um Chr. Geb.

Ab wann der Meeresspiegel dann so weit angestiegen war, dass Sylt zu einer Insel wurde, ist nicht genau bekannt. Obwohl das älteste Dokument, das Sylt als Insel ausweist, aus dem Jahre 1141 stammt, ist Sylt zu dem Zeitpunkt wahrscheinlich noch mit den Nachbarinsel Föhr und Amrum zumindest während Niedrigwasser verbunden gewesen (AHRENDT 1992). In dem erwähnten Dokument spricht König Erich III. von der „Insula Sild“. 1020 wurde die Kirche von Keitum erbaut, ebenso wie die von Föhr und Pellworm. Der Baumeister konnte diese Orte angeblich an einem Tage zu Pferd erreichen und wieder nach Keitum zurückkehren. Dies ist nur möglich, wenn es einen Weg durch das heutige Wattenmeer gegeben

hat. An der Westküste gab es zwei größere Einbuchtungen mit den Friesenhafen Wendingstadt und Wester Wyk. Nach Beendigung der Seeräuberei und der Einführung des Christentums wurden Ackerbau und Viehzucht auf den Marschflächen betrieben und die ersten Sommerdeiche wurden erbaut. Die Karte von MEJER (DANCKWERTH 1652) aus dem Jahre 1240 (Abbildung 6-6), vielfach als reines Phantasieprodukt bewertet, stimmt zwar nicht unbedingt in den angegebenen Details, vom Grundsatz her scheint die Karte aus neuerer Sicht jedoch realistisch (AHRENDT 1994, BAYERL & HIGELKE 1994).



Abbildung 6-6: Der Sylter Raum vor 1362 (Verändert nach DANCKWERTH 1652)

Nach alten Chroniken (MÜLLER & FISCHER 1938) wurde Sylt im 14. Jahrhundert von See aus und zu Fuß von Land her durch dänische Truppen erobert. KIELHOLT (MÜLLER & FISCHER 1938) schreibt, dass man gemächlich bei Niedrigwasser zu Fuß oder mit Pferd und Wagen von Sylt nach Hoyer gelangen könne. Nach HEIMREICH (MÜLLER & FISCHER 1938) ist der Friesenhafen Wendingstadt um 1360 untergegangen. Auch HANSEN (1895) berichtet von diesem Orte weit vor der heutigen Küste. Ferner fielen auch die Orte Alt-Rantum, Eidum (beide um 1300, HANSEN 1859) und Wardum (1436) den Fluten des Mittelalters zum Opfer. Die überlebenden Eidumer gründeten dann den Ort Westerland. Die großen Sturmfluten des Mittelalters brachten große Landverluste mit sich. Die Flut von 1362 (die große Mandränke) brachte den entscheidenden Wandel im Wattgebiet östlich Sylts. Hier kam es zu hohen Landverlusten. Die Chroniken gehen überwiegend auf die Verluste an der Ostseite ein. Das Vorrücken der Dünen und vor allem die Landverluste an der Westseite wurden kaum erwähnt (Ausnahme der Hafen von Wendingstadt, Ackerflächen an der Westseite bei

Rantum und der Verlust der Eidumer Kirche durch Sandflug). Die Menschen siedelten im Osten und nicht wie heute möglichst nahe an der Westküste. Die Insel unterlag völlig anderen Nutzungsstrukturen.

Die alten noch vorhandenen Seekarten aus dem Mittelalter (ZAUSIG 1939, LANG 1976) lassen kaum Schlüsse auf die wirkliche Küstenkonfiguration zu. Vielmehr sind die Namen von Ortschaften und Segelanweisungen mit Tiefenangaben der Fahrinnen als die Umrisse der alten Karten von Nutzen. Erstmals wird das Hörnum-Tief, damals noch Silter Tief genannt, 1585 von HAEYEN (ZAUSIG 1939) beschrieben. Bis 1620 war es noch durch eine Untiefe zum heutigen östlichen Hörnum-Tief gesperrt. Erst 1672 (Karte von BLAEUW) soll es schiffbar gewesen sein. Nach HAEYEN, WAGHENAER, JANZON und BLAEUW (ZAUSIG 1939) befindet sich um 1600 das „Silter Riff“ oder „Amerenborn“ an der Nordflanke des Vortrappiefes. Die Hauptentwässerung des Hinterlandes erfolgte zu diesem Zeitpunkt östlich Sylts durch die Wester Ley. Erst durch das Einschneiden des Vortrappiefes sowie den Durchbruch einer sicherlich vorhandenen Untiefe (wahrscheinlich durch die Sturmflut von 1634) zwischen Föhr und Sylt und der damit verbundenen Vergrößerung des Gezeitenraumes kam es auch zu erhöhten Gezeitenströmungen im gesamten Vortrappief. Die MEJERSche Landkarte von 1648 (Abbildung 6-7) gibt dann wohl die Umrisse der Insel mit vorgelegerten Flachwasserbereichen in groben Zügen richtig wieder.



Abbildung 6-7: Sylt um 1648 (verändert nach DANCKWERTH 1652)

Eine noch in historischer Zeit wesentlich weiter nach Westen reichende Ausdehnung Sylts ist unbestritten. So ist z. B. der Hafen Wendingsstade unter den heutigen Brandungsbedingungen an der Sylter Westküste nicht denkbar, so dass davon ausgegangen werden muss, dass dieser Hafen im Schutze einer vorgelagerten Erhebung oder in einer Bucht gelegen haben muss (in der Fortsetzung des Ost-West verlaufenden Wenningstedter Trockentales). SALCHOW (1828) schreibt dass „die beiden äußersten Spitzen im Norden und Süden, List und Hörnum, Felsenriff-

fe in ihrem Untergrund, an denen die Macht der See gebrochen wird“, gehabt hätten. Ob es sich hierbei wirklich um eine Felsenbrandung, als vielmehr um eine Barrenbrandung gehandelt hat, sei dahingestellt. So liegt unter dem Salzsand z. B. Geschiebemergel, der in früheren Zeiten durch höheres Aufragen eine stärkere Brandung verursacht haben könnte. Auch der Geologe FORCHHAMMER (1841) äußert Vermutungen über das Vorhandensein eines ehemaligen derartigen Schutzwalles: „ein solches Gestein (Limonitsandstein) . . . findet sich noch anstehend auf der Ostseite der Insel, und Bruchstücke desselben werden noch immer vom West-Meere an das Ufer von Sylt geworfen“. HANSEN (1845) und BAU-DISSIN (1867) vermerken ebenso das Vorhandensein von anstehenden oder angespülten Limonitsandstein an der Westküste Sylts.

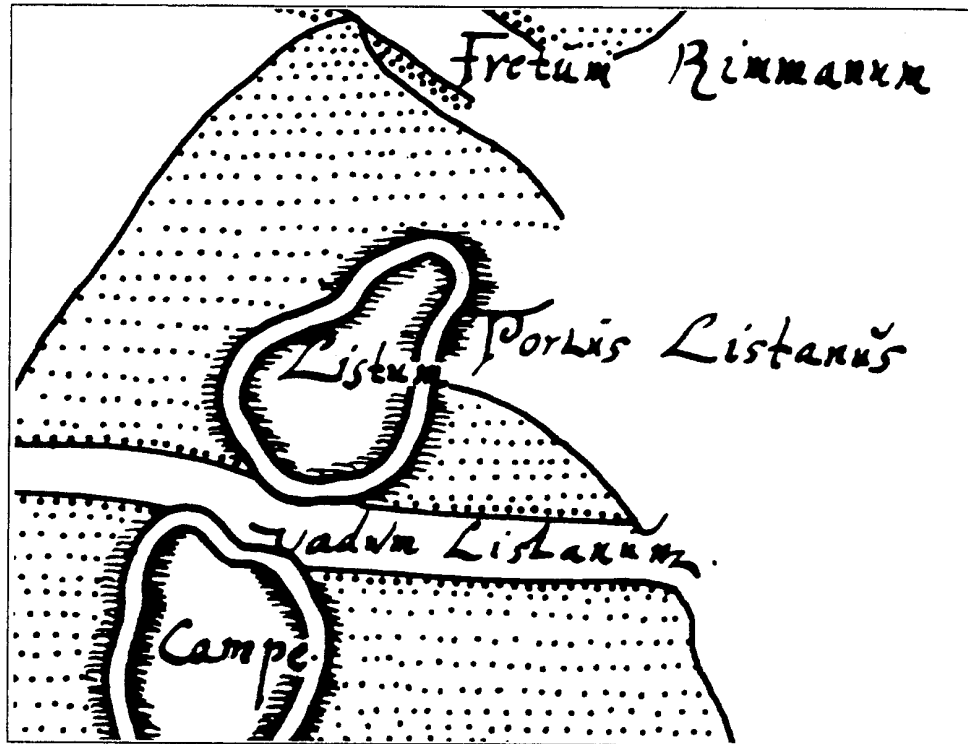
In der SÖFRENSEN'schen Karte von 1695 ist das alte „Silter Riff“ vor Hörnum dann durch mehrere Tiefes zerteilt bei gleichzeitiger relativer Erhöhung der Sände, die auch bei Hochwasser nicht überflutet worden. Um 1780 (WOHLER'sche Karte 1782) ist das Vortrapptief vollständig zur See hin abgesperrt und der Kniepsand bildet ein geschlossenes System. MEYN (1876), MÜLLER-FISCHER (1938) und JESSEN (1914) sprechen davon, dass es zu Anfang des 19 Jahrhunderts grüne Marschwiesen westlich von Amrum gegeben haben soll, auf denen Schafe weiden konnten. Der Gezeitenstrom musste damals wahrscheinlich durch das Landtief (direkt an der Hörnum Odde) geflossen sein. Ein Vergleich mit heutigen Karten ist aber kaum möglich, da die kartographische Aufnahme durch MEJER nicht maßstabsgetreu erfolgte.

Die Entwicklung der Mündung des Vortrapptiefes nach 1782 ist dann wieder rückläufig. Sie geht aus der westlichen wieder in die südliche über und legt das alte Sylter Tief wieder frei. Das Hörnum Tief verlagert sich nordwärts und schneidet sich zwischen die Hörnumer- und die Nösse-Halbinsel in die Bucht ein. MAGER (1927) berichtet von starken Landverlusten auf der Ostseite Hörnums zwischen 1821 und 1851.

Nach DANCKWERTH (1652) war der Königshafen in List der wichtigste Hafen zwischen der Elbe und Skagen. 1644 fand hier eine wichtige Seeschlacht zwischen Dänemark und der Holländisch/Schwedischen Flotte statt. BOOYSEN (1828) erwähnt, dass der Königshafen durch Sandflug in der Folgezeit für größere Schiffe unbenutzbar wurde. MAGER (1927) und ZAUSIG (1939) kommen aufgrund von Kartenvergleichen zu dem Schluss, dass der heutige Ellenbogen erst nach der Seeschlacht entstanden ist. Auch HANSEN (1845) kommt zu dem Schluss, dass der Ellenbogen zwischen 1740 und 1850 kaum weiter nach Norden, dafür aber wesentlich weiter nach Osten gewachsen ist. Nach BAYERL & HIGELKE (1994) ist der Ellenbogen wahrscheinlich in einem sehr kurzen Zeitraum von ca. 50 Jahren entstanden.

BAYERL & HIGELKE (1994) unternahmen den Versuch, die Entwicklung von Nord-Sylt (i. e. List/Ellenbogen) von 1585 bis 1993 nachzuvollziehen. Hiernach lag z. B. List um 1600 an der Westseite der Insel Meelhörn und wurde durch einen Priel vor den Wanderdünen geschützt. Erst als der Priel durch die Wanderdünen verschüttet wurde, wurde auch List von dem Sandpflug bedroht und unbewohnbar. Alt-List lag im 13. und 14. Jahrhundert im Bereich der heutigen Wanderdünen. NEWIG (1980) vermutet, dass Alt-List an der Westseite des Röddings (Priel zwischen Meelhörn und Listland) als Hafenplatz gelegen hat.

Im Mittelalter (SAX 1638) war das Listland wahrscheinlich zeitweise von der restlichen Insel Sylt durch das Blidseltief getrennt.



Quelle: SAX (1638).

Abbildung 6-8: Abtrennung des Listlandes von der Insel Sylt im 14. Jahrhundert (aus NEWIG 1980)

Als erste „exakte“ trigonometrische Vermessung gilt die Aufnahme der Königlich Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften aus dem Jahre 1793 (veröffentlicht von Bugge und Wilster 1805).

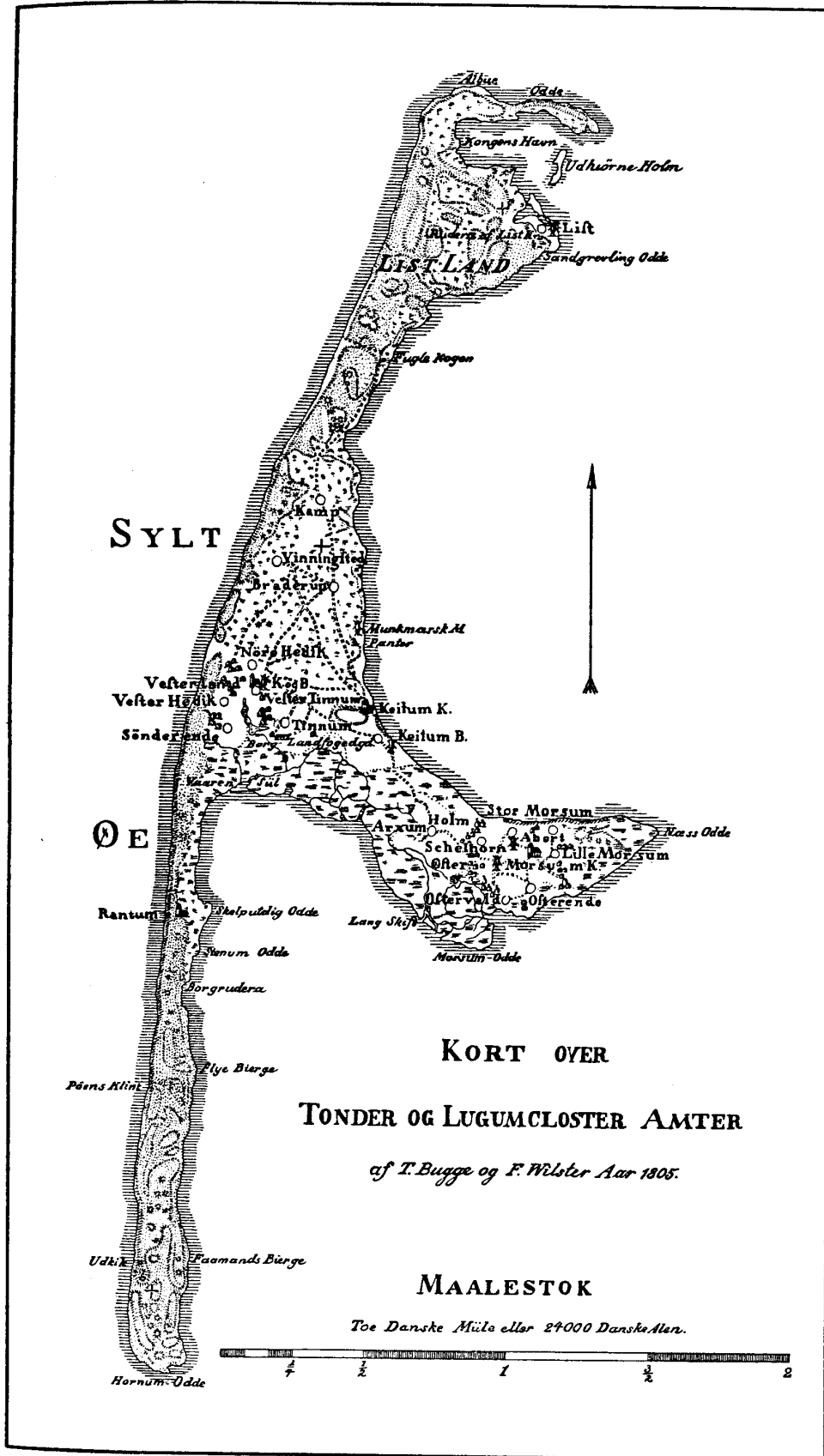


Abbildung 6-9: Sylt im Jahre 1793

Die nächsten maßstäblich genauen Karten sind die Messtischblätter aus den Jahren 1878 und 1928/30. Seit der Aufnahme der Deutschen Grundkarte von 1952 wird die Küste regelmäßig vermessen.

In der Gesamtzeitreihe von 1793 bis 1928/30 zeigt sich eine Umgestaltung des Ellenbogens, in dem die westliche Hälfte stark nach Norden verbreitert ist, teilweise bis zu 500 m, während die östliche Hälfte sich etwas umgebogen und ca. 600 m nach Osten verlängert hat. Die Veränderung der Westhälfte hat sich in dem betrachteten Zeitraum gleichmäßig vollzogen, dagegen fällt die Verlängerung der Osthälfte in die Zeitreihe 1793/1878. Relativ hohe Rückgangsraten treten vom Ostindienfahrerhuk bis zur heutigen Strandhalle auf (bis zu 600 m). Südlich davon geht der Rückgang auf 180 m zurück. Seit dem Jahre 1878 zeigt sich ein auffallender Wechsel, in dem der starke Abbruch sich auf die nördlichen rd. 2,5 km Abschnitt beschränkt, wo er bis auf 290 m ansteigt. Südlich davon bis zur Lister Gemeindegrenze nimmt er rasch ab.

Das Rote Kliff ist in der Zeitreihe 1793-1928/30 etwas stärker zurückgegangen als die nördlich anschließende Küstenstrecke, im Mittel um rd. 280 m gegenüber 220 m. Dieses Bild verschiebt sich in der Zeitreihe 1878-1928/30, in dem der Abbruch im Ganzen abnimmt und im Kliff kleiner ist als nördlich davon. Im nördlichen Abschnitt der Gemeinde Westerland erreicht der Abbruch in der Gesamtzeitreihe durchschnittlich etwa 200 m. Im südlichen Bereich erreicht der Rückgang nur 120 m. In der Jahresreihe 1878-1928/30 verlangsamt sich der Rückgang beträchtlich und nimmt von 60 m im nördlichen auf 20 m im mittleren Teil ab. Im südlichen Teil kommt es kaum noch zum Rückgang.

Während sich der Bereich vor Rantum von 1793 bis 1928/30 kaum verändert hat, ist die südlich davon gelegene Strecke beträchtlich zurückgegangen. Der größte Abbruch beträgt rd. 470 m wovon nur ca. 80 m auf die Jahresreihe 1878-1928/30 entfallen. Von Möskental bis Hörnum ist ein erheblicher Küstenrückgang eingetreten und beträgt ca. 370 m. Der Rückgang im Süden fällt überwiegend auf die Zeitreihe von 1878-1928/30. Damit ergibt sich im Vergleich mit der nördlichen Strecke eine Umkehr in der zeitlichen Abfolge. Damit hat sich der Ausgleich der Küstenlinie auf beiden Strecken allmählich von Norden nach Süden vollzogen. Bemerkenswert ist der Wachstum der Hörnum-Odde um ca. 900 m nach Süden während des betrachteten Zeitraumes.

Zusammenfassend ergibt sich aus dem Vergleich der Umriss für die Sylter Westküste, dass die Veränderungen in der Jahreszeitreihe 1793/1878 wesentlich größer gewesen sind als in der Zeitreihe 1878-1928/30 (unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Längen der beiden Zeitreihen). Eine Ausnahme bilden nur die Nord- und Südspitze. Hier hat sich der Küstenversatz nahezu gleichmäßig über die gesamte Zeit vollzogen. Nach 1950 waren die Abbrüche im Bereich Westerland-Kampen stets größer als im Bereich Westerland-Rantum. Insgesamt hat sich der Abbruch von Rantum bis Kampen nach 1950 gegenüber der Zeit davor verdoppelt.

6.4 Klima/Sturmfluten

Die heutige atmosphärische Zirkulation stellt nur einen kleinen Ausschnitt aus möglichen Verteilungsmustern dar, und ist nicht die Regel. Es existiert ein Wechsel mit Zeiten, deren Dynamik etwa um den Faktor 100 kleiner gewesen sein muss und daher als sturmflutfrei angesehen werden kann (LINKE 1981). Ein Wechsel dieser Dynamik vollzieht sich in Größenordnungen von 100 bis 1000 Jahren. Als ruhige Phase wird der Zeitraum zwischen 4500 – 2500 v. H. – mit Unterbrechung zwischen 3500 – 3300 v.H. – angesehen. Geringe Sturmfluthäufigkeit und langsam ansteigender Meeresspiegel fördert dabei die Sedimentation in Watten und Vorländern, so dass große Marschgebiete entstehen konnten. Stark steigender Meeresspiegel und eine Zunahme der Sturmflutintensität hingegen ziehen Erosionsprozesse nach sich. Klimatische Veränderungen in der Vergangenheit haben, neben dem Sedimentangebot, einen entscheidenden Einfluss auf die Landschaftsentwicklung des Küstenraumes gehabt. Die Landschaftsentwicklung wiederum

hat noch bis zum Beginn der modernen Küstenschutzanlagen einen entscheidenden Einfluss auf die Siedlungs- und Nutzungsstruktur der Region gehabt.

Durch die Zunahme der Sturmfluthäufigkeit von ca. 400 – 100 v. Chr. und den dadurch verbundenen Überflutungen des Landes verließen z. B. die Cimbern und Teutonen die Küstenregion und drangen weit nach Süden vor. Bis ca. 400 n. Chr. wurde es dann allmählich wieder wärmer und trockener und der Meeresspiegel begann zu steigen. In der folgenden Zeit nahm die Sturmfluthäufigkeit allmählich wieder zu (vor allem um 600 und 900 n. Chr.) und es wurde nasser und kälter. Der Meeresspiegel stieg weiter mit ca. 23 cm/Jahrhundert (HOFSTEDÉ 1991). Von 900 bis 1300 n. Chr. ist dann eine Wärmeperiode zu verzeichnen (Klimaoptimum). Von 1284 bis 1311 wird von Weingärten in England berichtet. In diesen Zeitraum fallen die ersten schriftlichen Überlieferungen von Sturmflutopfern und Schäden, wie z. B. von der Julianen Flut (17.2.1164), Marcellusflut (16.1.1219, 10.000 Tote an der s.-h. Westküste) und die Luciaflut (14.12.1287 mit 50.000 Toten an der Nordseeküste). Die Sturmflut vom 16.1.1300 zerstörte die Kirchen von List und Eidum auf Sylt. Die Kirche von Wenningstedt ist ebenfalls während dieser Sturmflut oder aber auch erst 1362 zerstört worden.

Im 11. und 13. sowie im 20. Jahrhundert ist eine Zunahme der Sturmfluthäufigkeit festzustellen. LAMB (1982) gibt als Gründe hierfür an, dass der mittlere Meeresspiegel nach Wärmeperioden ansteigt oder eine Verschiebung der Zyklonzugbahnen durch Abkühlung in der Arctik eintritt. Die Periode von 1150 bis 1300 war die wärmste der letzten 1200 Jahre.

Die folgende Kälteperiode, Vorbote der „Kleinen Eiszeit“, trat sehr schnell ein, zwischen 1313 und 1317. Es kam zu Hungersnöten und Kannibalismus, da das Korn nicht rechtzeitig reifte und die Ernte ausfiel (1315). Es gab aber auch warme Sommer, z. B. 1320, 1330 und 1380. Die sechziger Jahre des 14. Jahrhunderts waren in Nordwest-Europa sehr nass, in Ost-Europa herrschte hingegen Hitze und Trockenheit. Von 1350 bis 1400 kam es zu großen Epidemien. Es herrschte allgemeines großes Elend. Dies schlug sich besonders in der Küstenregion nieder, da die Deiche nicht mehr unterhalten werden konnten. So traf die Flut vom 16.1.1362, die berühmt gewordene „Große Mandränke“, die Küstenregion besonders schwer. Bis zu 100.000 Tote waren an der Nordseeküste zu beklagen. Große bleibende Landverluste waren die Folge. Das Meer drang weit ins Hinterland bis an die Geest vor. Wahrscheinlich war dies die folgenschwerste Flut an der Nordseeküste. Auf Sylt gab es große Verluste an West- und Ostseite, z. B. Morsum, Stedum, Keitum, Rantum, List und Wenningstedt. Diese Klimavariabilität setzte sich ins 15. Jahrhundert fort. Sehr harte Winter wurden in den Jahren 1433 bis 1437 verzeichnet. Am 1.11.1436 kam es dann wieder zu einer verheerenden Flutkatastrophe. Auf Sylt wurde die Westerseekirche (Alt Rantum) zerstört und Eidum verschwand gänzlich. Nur die Kirche blieb stehen und musste wegen Sandflug später abgerissen werden. Auf der Ostseite kam es zu großen Verlusten an Marschflächen nach dem Durchbruch eines höheren schützenden Uferwalles. Zwischen 1500 und 1550 ist ein etwas wärmerer Abschnitt zu verzeichnen, welcher auf andere Zugbahnen der Zyklone zurückzuführen ist. Der Meeresspiegel ist mehr oder minder stabil. In diesen Zeitraum fällt die bedeutendste Sturmflut des 16. Jahrhunderts (2.11.1532). Weite Flächen in Nordfriesland wurden überflutet.

Der folgende Abschnitt von 1550 bis 1850 wird als „Kleine Eiszeit“ bezeichnet, da die Temperaturen stark absanken. Von 1560 bis 1593 lag die Temperatur um 1.3 °C niedriger als vorher und es traten mehr östliche Winde auf. Vorallem die Winter zwischen 1540 und 1590 waren sehr kalt (-1.5 °C). Von 1590 bis 1620 stieg die mittlere Temperatur dann wieder leicht an. Anschließend fällt die Temperatur bis zum Extremwinter 1690 wieder ab. Im Winter 1683/84 bildete sich im Kanal von Calais ein 3-5 km breiter Festeisgürtel und ein 25 km breiter vor den Küsten Hollands und Flanderns. Im letzten Jahrtausend hat die Dekade 1690 die meisten kalten Winter hervorgebracht. Es war allerdings relativ trocken.

Am 11./12.1634 kam es zu einer sehr schweren Katastrophenflut, in der das heutige Landschaftsbild Nordfrieslands geprägt wurde. Es kam zu großen Verwü-

stungen an der Ostseite von Sylt, Deiche wurden zerstört, die nicht wieder aufgebaut werden konnten, so dass der Verlust der Marsch fortschritt. Die wirtschaftlichen Verhältnisse, vor allem die Getreideernte, waren zum Ende des 17. Jahrhunderts sehr schlecht und es kam zu Hungersnöten in Nordeuropa. Die Bevölkerungszahlen waren teilweise um 30% bis 40 % rückläufig.

Nach 1700 ist ein scharfer Übergang zu wärmerem Klima zu verzeichnen. Bis 1800 ist die mittlere Temperatur leicht schwankend. Es gab aber auch sehr warme Einzeljahre, so wie kalte Sommer und Winter. Die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts ist durch warme Sommer und kalte Winter gekennzeichnet.

Am 24.12.1717 kam es zur größten Flutkatastrophe des 18. Jahrhunderts mit insgesamt 12.000 Toten. Die Klimavariabilität war viel größer als heute. Dies ist ein Zeichen für das Vorherrschen meridionaler Zirkulationsformen (Winde aus Nord und Süd gegenüber aus West). Der Winter 1795/96 war der mildeste europäische Winter der letzten 200 Jahre (neben 1974/75). 1807 gab es einen extrem heißen Sommer. Die kälteste Sommer-Serie der letzten 500 Jahre trat zwischen 1812 und 1817 auf. Der Höhepunkt dieser kalten Sommer lag im Jahre 1816 und fällt mit dem größten historischen Vulkanausbruch in Indonesien zusammen. Nach zeitweiliger geringer Abkühlung kam es 1820/30 zu einer weiteren Erwärmung. 1826 war der wärmste Sommer in England der letzten 300 Jahre. Ab 1880 kam es wieder zu einer leichten Abkühlung. Von 1895 bis 1905 tritt eine leichte Erwärmung ein. Ab 1910 ist dann ein deutlicher Anstieg der Temperaturen bis ca. 1940 zu verzeichnen. Von 1940 bis 1980 sinkt die mittlere Temperatur dann wieder leicht ab. Seit 1980 ist dann aber endgültig eine Trend zu höheren Temperaturen vorhanden und die Variabilität steigt.

Tabelle 6-1: Sturmflutübersicht;

Jahr	
16.1.1219	10.000 Tote in Nordfriesland, 36.000 Tote in Westfriesland, "Marcellusflut"
14.12.1287	50.000 Tote, große Schäden an der gesamten Nordseeküste, "Luciaflut"
16.1.1300	Kirchen in List und Eidum, und Wenningstedt (evtl. aber auch erst 1362) untergegangen
16.1.1362	Große Verluste an West- und Ostseite in Morsum, Stedum, Keitum, Rantum, List und Wenningstedt, wahrscheinlich die folgenschwerste Flut an der deutschen Nordseeküste, große bleibende Landverluste, die Flut drang bis an die Geest vor, 100.000 Tote, "Große Mandränke"
1.11.1436	Untergang Westerseekirche (Alt Rantum) und von Marschflächen nach Durchbruch eines höheren schützenden Uferwalles, Eidum verschwand gänzlich, nur die Kirche blieb stehen und musste wegen Sandflug später abgerissen werden, "1. Allerheiligenflut"
2.11.1532	bedeutendste Sturmflut des 16. Jahrh., weite Flächen überflutet, in Klixbüll (Festland) wurde eine Scheitelhöhe von NN +4,16 m gemessen, "Große Flut" oder "2. Allerheiligenflut" oder "grausame Flut St. Galli"
11./12.10.1634	sehr schwere Katastrophenflut mit großen Verwüstungen an der Ostseite, Deiche zerstört, die nicht wieder aufgebaut werden konnten, und so der Verlust der Marsch fortschritt, Scheitelwasserstand in Klixbüll NN +4,3 m, "Zweite Mandränke"
24.12.1717	größte Katastrophenflut des 18. Jahrh., insgesamt 12.000 Tote, NN +4,6 m in Büsum, Viehverlust auf Sylt, "Weihnachtsflut"
Dez. 1792	11,5 bis 14 m Dünenrückgang
3.-4.2.1825	sehr schwere Sturmflut

Jahr	
Herbst 1862	Abbruch am Roten Kliff, Westerland ca. 11,5 m, Rantum 10 bis 12 m
Herbst 1881	beträchtliche Abbrüche, Westerland - Rotes Kliff 2 bis 3 m
1894/98	Sturmflutreihe, beträchtliche Schäden an Westküste, 21 bis 23 m Rückgang
16.2.1916	höchste Sturmflut einer Reihe vorangegangener Sturmfluten, Durchbruch von Randdünen in Hörnum und List, zeitweilige Verbindung mit dem Wattenmeer, "Katharinenflut"
24.11.1928	Dünenrückgang bis zu 20 m, Rotes Kliff 8 bis 10 m, Durchbruch Ellenbogen, ganze Sylter Osten unter Wasser
16./17.2.1962	sehr schwere Sturmflut 6 bis 10 m Abbruch an Westküste, "Hamburg Sturmflut"
3./21.1.1976	sämtliche Vordünen weg, Randdünen durchweg stark bis sehr stark beschädigt, bis zu 30 m Dünenrückgang, "Jahrhundertflut"
24./25.11.1981	starke bis sehr starke Abbrüche an Randdünen, sehr hoher Wasserstand, "Nordfrieslandflut"
Jan./Feb. 1990	Orkankette, starke Abbrüche an Spülkörpern und den Inselenden, Randdünen durchbrüche in Puan Klent
1999/2000	Starke Verluste der Vordünen, Abbruch am Roten Kliff

6.5 Prognostische Entwicklung der zukünftig möglichen Inselgestalt

6.5.1 Grundlagen

Entlang der Sylter Westküste werden seitens des Amt für Ländliche Räume (ALR) in Husum alle 500 m küstennormale Profile von ca. 100 m landseitig des Dünenfußes bis zur ca. 8 m Tiefenlinie aufgenommen. Eine synoptische Aufnahme der gesamten Westküste wurde im Jahre 1992 durchgeführt. Diese Vermessungsdaten bilden die topographische Ausgangslage für die Küstenentwicklung. Auf Grundlage weiterer zahlreicher Vermessungen und intensiver Untersuchungen in vorangegangenen Projekten konnte die Küste in sieben unterschiedliche morphodynamische Einheiten eingeteilt werden. Aufgrund der guten Kenntnisse der Westküstenmorphologie wurde für jede Einheit, bzw. für jeden Küstenabschnitt ein "charakteristisches" Profil aus der Westküstenvermessung von 1992 ausgewählt. Die korrespondierenden Korngrößen wurden aus den Daten des Projektes "Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt" (1986-1993) gewonnen.

Seegangs- und Wasserstandsdaten werden seit dem 1.10.1986 am Messpfahl Westerland aufgezeichnet. Diese Daten wurden nach Aufbereiten durch das Institut für Wasserbau der Universität Rostock in entsprechender digitaler Form zur Verfügung gestellt.

Aus den vom ALR zur Verfügung gestellten topographischen Daten (Westküstenvermessung 1992, Ostküstenvermessung 1994, Vermessung des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie, 1994 und 1996, Königshafenvermessung 1996) sowie der digitalen Erfassung der Deutschen Grundkarte konnte ein digitales Geländemodell (DGM) von Sylt erstellt werden (Auflösung 10 x 10 m), welches erstmalig die aktuelle Gesamtopographie in hochauflösender Form beinhaltet.

Aus diesem extrem hochauflösenden DGM wurde auf Grundlage der Rückgangsraten des ALR die Masse ermittelt, die in 100 Jahren aus der Düne erodiert wurde. Vorausgesetzt wurde, dass die mittlere Dünenhöhe der vergangenen 100 Jahren der mittleren Dünenhöhe von heute entspricht und erodiert werden würde. Auf Grundlage der Rückgangsraten im 500 m Abstand ergab sich eine Menge von 405.470 m³ Sand/Jahr für die Westküste zwischen dem Ellenbogen und der Hörnum Odde. Der Verlust der Hörnum-Odde und der Anwachs des Ellenbogens sind hierbei nicht berücksichtigt. Der Verlust des Vorstrandes konnte mit 700.000 m³ anhand der kritischen Tiefe ermittelt werden (durchschnittlicher Küstenrückgang von 1,75 m/Jahr, Küstenlänge 40 km, kritische Tiefe -10 m), so dass ein Sedimentverlust von 1,14 Millionen m³ Sand/Jahr zu erwarten ist.

1992 und 1999 konnten durch das ALR synoptische Vermessungen der gesamten Westküste von Sylt durchgeführt werden. Der Vergleich ergab einen Sedimentverlust von 1,078 Millionen m³/Jahr unter Berücksichtigung der Sandvorspülungen. Interessant ist die Verteilung der Sandverluste im Vergleich der Ergebnisse des ALR und der Auswertung aus dem DGM. Obwohl die Gesamtmenge nahezu identisch ist, sind die Verlustzonen doch stark unterschiedlich. In der ALR-Auswertung liegen die Verluste überwiegend oberhalb der MTNW-Linie, wohingegen bei der Analyse aus dem DGM die Verluste überwiegend im Vorstrand liegen. Anscheinend wird die in die Küste durch Wellen eingetragene Energie durch einen Sedimentverlust von ca. 1,1 Millionen m³ Sediment umgesetzt. Gesah dies früher durch Energiedissipation überwiegend im Vorstrand, so finden die Prozesse heute anscheinend auf dem Strand bzw. in den Spülkörpern statt. Durch den jetzt schon beobachteten Meeresspiegelanstieg (seit Anfang der sechziger Jahre) wurde die Energiedissipation vom Vorstrand teilweise auf den Strand verlagert. Hier wird jetzt ein Ungleichgewichtsprofil durch die relativ steilen Vorspülkörper angetroffen und die Energiedissipation wird flächig begrenzt. Ohne Vorspülkörper wären somit die Dünenabbrüche gegenüber früher angestiegen. Dies zeigt einmal mehr, dass eine Kombination aus Sandvorspülung und Riffverstärkung eine sehr effektive Maßnahme zur Umsetzung der Wellenenergie darstellt.

6.5.2 Numerische Modellierung

Numerische Modelle können unter gewissen Umständen helfen, mögliche Entwicklungen aufzuzeigen. Hierfür ist es jedoch notwendig, dass genügend Naturdaten und Verifizierungsmöglichkeiten vorhanden sind. Unter der Voraussetzung, dass sich die physikalischen Gesetze nicht ändern, sind nach einer entsprechenden Kalibrierung und Verifizierung des Modelles Entwicklungsaussagen möglich. Da die Natur aber derart komplex ist, können die heutigen Modelle, und auch die in naher Zukunft, nicht alle Naturphänomene berücksichtigen, so dass, je nachdem wie komplex ein System ist, die Aussagen dementsprechend bewertet werden müssen. Hochdynamische Systeme, wie z. B. die an den Enden offene Sylter Westküste, lassen daher nur bedingt die Anwendung numerischer Lösungen zu. Nach dem Stand der Modelltechnik liegen jedoch für Sylt optimale Rahmenbedingungen in Form von einer breiten und weit zurückreichenden Datenbasis vor, die zumindest die Richtung und Größenordnung von zukünftigen Entwicklungen aufzeigen kann. Wo keine numerische Modellierung möglich ist, wie z. B. an der Ostseite von Sylt, muss auf andere Möglichkeiten der Prognose zurückgegriffen werden. Dies geschieht überwiegend mit morphodynamischen Studien.

Eine Vielzahl mehr oder minder komplexer numerischer Modelle wird heute in der Ingenieurspraxis angewandt. Die beiden weltweit führenden sind dabei das Modell des Delft Hydraulic Institute und das des Danish Hydraulic Institute. LIT-PACK, das Modell des Danish Hydraulic Institute, konnte schon in der Vergangenheit erfolgreich an der Westküste von Sylt angewandt werden, und kam daher in dieser Studie ebenfalls zur Anwendung.

Bevor mit einer numerischen Modellierung begonnen werden kann, sollten folgende Rahmenbedingungen geklärt werden:

- welches Gebiet eignet sich für eine Modellierung; für Sylt ist dies der Bereich zwischen dem Querwerk Hörnum und dem Deckwerk am Lister Ellenbogen. Die Inselenden lassen sich aufgrund der komplexen Verhältnisse aus Überlagerung von Tideströmung, Welle und Wind mit diesem Modell nicht bearbeiten;
- Datenverfügbarkeit; die Datenverfügbarkeit von der Sylter Westküste dürfte wohl einmalig im Nordseeküstenraum sein, so dass hier gute Voraussetzungen für das Betreiben des Modelles gegeben sind;
- ist eine Kalibrierung und Verifizierung des Modelles möglich; Aufgrund langer Zeitreihen und guter Datenbasis ist eine Kalibrierung und Verifizierung für Sylt möglich;

LITPACK ist modular aufgebaut. Das Grundmodul STP berechnet den Sedimenttransport nach dem Grenzschichtmodell von ENGELUND & FREDSOE (1976) in jedem beliebigen Punkt auf einem küstennormalen Profil. Der Sedimenttransport wird mit dem lokalem Wellenklima, den Strömungsverhältnissen, der Korngrößenverteilung, der küstenparallelen und küstennormalen Profilneigung etc. ermittelt. STP ist ein hochauflösendes intra-Wellen-Perioden-Modell welches die zeitabhängige Verteilung von suspendierter Fracht und Sohlentransport berücksichtigt.

Als Ergebniss liefert LITDRIFT eine deterministische Beschreibung der küstennormalen Verteilung des küstenparallelen Sedimenttransportes für ein nicht gleichförmiges küstennormales Profil ebenso wie eine Beschreibung des Sedimenthaushaltes. LITDRIFT ist ein deterministisches numerisches Modell welches aus einem hydrodynamischen und dem STP Teil besteht. Der hydrodynamische Teil beinhaltet eine Beschreibung des Fortschreitens, shoaling und Brechen der Wellen, die Berechnung des radiation-stress Gradienten, Gleichgewichtsbedingungen für küstennormale und küstenparallele Richtungen mit einem Wellen set up und der Strömungsgeschwindigkeit (DEIGAARD et al 1988).

LITLINE beschreibt die Küstenlinienveränderung in Abhängigkeit vom Wellenklima als Zeitserie. Die küstenparallele Sedimenttransportrate an einem definierten Punkt stellt dabei eine Funktion vom Wellenklima, Strömungsgeschwindigkeit, küstennormalem Profil (Neigung), Sedimenteigenschaften und Küstenlinienorientierung dar. Das Model basiert auf einer so genannten "One-Line-Theorie", wobei davon ausgegangen wird, dass das küstennormale Profil während Erosion/Sedimentationsphasen konstant bleibt. Dies bedeutet, dass die Küstenmorphologie über die Küstenlinie und den Abstand eines definierten Punktes im Profil beschrieben wird. Für Einzelereignisse trifft diese Annahme mit Sicherheit nicht zu. Mittel- und längerfristig wird sich aber ein mittleres Profil einstellen, welches auch als Grundlage für die Modellierung diene.

Für die praktische Umsetzung der Modellierung zukünftiger möglicher Küstenentwicklungen wurde eine Basislinie parallel zur Dünenkante definiert. Alle 500 m wurde hierauf senkrecht das zugehörige Profil eingegeben. Das Profil reicht von ca. 100 m landwärts des Dünenfußes (+3,75 m Linie) bis ca. -8 m Wassertiefe. Der Punktabstand auf dem Profil beträgt 10 m. Zu jedem Punkt wurde die zugehörige Korngröße eingegeben. Desweiteren wurden Bodenformparameter, wie Rippelhöhe und -abstand, Rauigkeit etc. berücksichtigt. Aus programmtechnischen Gründen wurde die Westküste in einen nördlichen und einen südlichen Bereich eingeteilt. Die Grenze liegt in Westerland vor der Ufermauer. Die Ufermauer selbst wurde als einziges Küstenschutzbauwerk berücksichtigt, da die Bühnen an der Westküste keine Wirkung zeigen. Das Tetrapodenquerwerk in Hörnum und das Deckwerk in List liegen außerhalb des Modellgebietes. Die Tiefenlinien werden als Winkel zwischen küstennormalem Profil und Tiefenlinie im Modell berücksichtigt.

Als Wellenklima wurde die Zeitreihe von 1986 bis 1997 des Messpfahles und der Wellenmessboje vor Westerland verwandt. Die Wellen wurden als rayleigh-verteilt angenommen. Der Sedimenttransport in brechenden Wellen wurde nach der Stokeschen Theorie erster Ordnung berechnet.

6.5.2.1 Kalibrierung

Die Westküste wurde in sieben morphodynamische Einheiten eingeteilt, wie sie aus dem Projekt "Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt" definiert worden waren. Diese Einheiten stimmen auch mit denen in der Fortschreibung des Fachplanes Sylt des ALR vorgenommenen Einteilung überein. Für jede Einheit wurde ein charakteristisches Profil aus den Vermessungsdaten ermittelt und als Eingangsbedingung für die Modellierung verwandt. Mit den oben genannten Parametern ergab LITDRIFT schon nach den ersten Testläufen ein Sedimentbudget von 1,1 Millionen m³ Verlust je Jahr, so dass hier keine weitere Kalibrierung notwendig wurde.

Die Kalibrierung des Modules LITLINE erfolgte aufgrund der Rückgangsraten, die vom ALR aus der Vermessungszeitreihe 1878 bis 1996 gewonnen wurden. Dieser relativ lange Zeitraum wurde gewählt, um kurzfristige Schwankungen in den Rückgangsraten herauszumitteln. Wie oben schon erwähnt, wurde die Westküste in einen nördlichen und einen südlichen Bereich eingeteilt. Die Sedimentübergabe von einem Teil in den anderen erfolgte als einmalige Sedimenteingabe in den entsprechenden anderen Teil des Modellgebietes. Bezugspunkt für die Küstenlinie ist die +3,75 m Linie, die seitens des ALR als Uferlinie definiert ist. Diese entspricht in etwa dem höchsten Tidehochwasser. Der Hauptkalibrierungsparameter ist die aktive Tiefe des Profils, über die der Sedimenttransport gesteuert werden konnte. Dieser Parameter musste für jedes der 40 Profile individuell ermittelt werden. Das Kalibrierungsergebnis ist in Abbildung 6-10 exemplarisch für den nördlichen Küstenabschnitt dargestellt. Ebenso konnte eine ausreichende Kalibrierung für den Südteil erfolgreich durchgeführt werden.

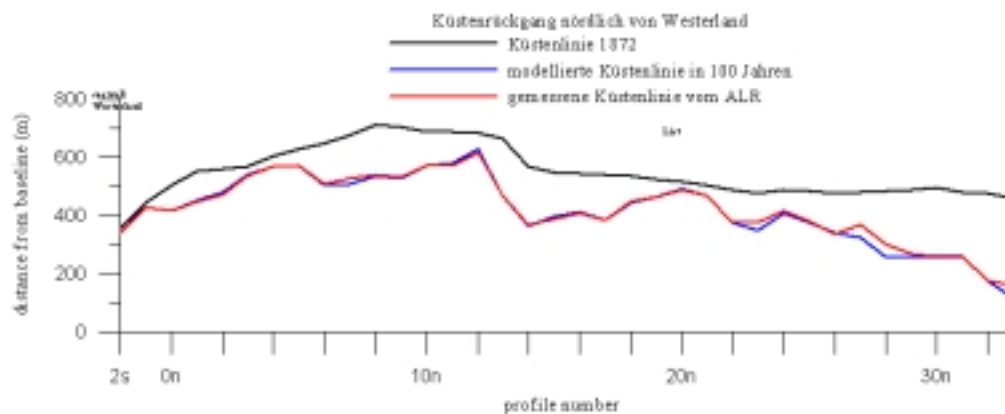


Abbildung 6-10: Verifizierung des Modelles für den Küstenabschnitt nördlich Westerland; die Daten des ALR stammen aus einer ca. 120 jährigen Zeitreihe (1876 - 1997)

Eine Klimaveränderung findet nicht sprunghaft statt. Daher musste ein Weg gewählt werden, der die Szenarienbedingungen erst im Jahre 2050 erreicht. LITPACK lässt es zwar zu, das Zeitfenster beliebig lang zu wählen, es wird aber mit dem selben Wellenklima über die gesamte angegebene Zeitspanne gerechnet. So war es notwendig, dass Modell jeweils in Jahresritten neu mit veränderten Inputdaten zu betreiben. Da dies ein sehr zeitaufwendiger Iterationsprozess ist, wurde exemplarisch an einem Teilabschnitt eine Sensitivitätsanalyse vorgenommen. Hierbei ergab sich, dass eine Modellierung in 10 Jahresschritten nur eine Abweichung von weniger als 2% gegenüber der jährlichen Modellierung ergaben. Diese Abweichung wurde als vertretbar angesehen. Die Veränderung der Szenarien

wurde dabei als linearer Natur angenommen, d. h., dass nach 10 Jahren ein Fünftel der Veränderung eingetreten ist. Ein Aufsummieren der 10 Jahresergebnisse ergab dann den Rückgang im betrachteten Zeitfenster.

6.5.2.2 Parameterstudien

Über eine Vielzahl von Parametern lassen sich die Ergebnisse von numerischen Modellen beeinflussen. Um nun einen Eindruck bzw. ein Gefühl für die Signifikanz eines Parameters auf das Resultat zu bekommen, ist es sinnvoll einzelne Parameter in realistischen Größenordnungen zu verändern. Hierzu gehören z. B. Korngröße, Wassertemperatur, Bodenformen, Tideströmung, Profilform, Wasserstand, Wellenparameter etc.

Hierbei zeigte sich, dass eine Veränderung der Korngrößen im Rahmen des vorkommenden Spektrums (0,1 bis 1 mm) kaum Einfluss auf das Resultat haben. Die Sinkgeschwindigkeit des Sedimentes ist u. a. von der Temperatur des Wassers abhängig. Temperaturwerte zwischen 4° und 18° ergaben ebenfalls keine signifikante Veränderung der Resultate. Die Bodenform, d. h. Rippelkonstanten, Rauigkeitswerte etc. hatte ebenfalls kaum Auswirkungen auf das Ergebnis. Die Tideströmung von 0.3 m/sec wird durch die Turbulenz der brechenden Welle so stark überlagert, dass dieser Parameter ebenfalls kaum Veränderungen in der Sedimenttransportkapazität zeigte.

Der mittlere Wasserstand wurde auf Grundlage der oben angegebenen Szenarien um 0.25 m angehoben. Die Sedimenttransportkapazität verändert sich in diesem Fall hierbei nur geringfügig. Ausschlaggebend für die Erosionsprozesse ist aber die Verschiebung der Bereiche der maximalen Sedimenttransporte. Diese verlagern sich strandwärts. Die Riffbrandung nimmt ab und die Strandbrandung erhöht sich. Dies bedeutet für die Küstenentwicklung verstärkte Ausräumung des Strandes. Bei Erhöhung des bathymetrischen Profiles, das heißt bei einem Mitwachsen des Vorstrandes, finden verständlicher Weise keine Veränderungen statt. Für das Mitwachsen des Vorstrandes fehlen jedoch die entsprechenden Sedimentmengen. Ebenso wenig hat es in der Vergangenheit ein Mitwachsen des Seegrundes mit steigendem Meeresspiegel gegeben. Sonst müsste der flache Seegrund vor Sylt sich mehrere Kilometer nach Westen erstrecken. So ist nicht anzunehmen, dass sich das Vorstrandprofil dementsprechend erhöhen wird.

Absolut ausschlaggebend waren die Wellenparameter sowie die Geländeform, hier vor allem die Wellenanlaufrichtung und die Profilform. Daher wurde auch besonderes Augenmerk auf die möglichst exakte Ermittlung dieser Parameter gelegt. Aus der Wellenstatistik wurden folgende Werte in das Modell übertragen:

- *Häufigkeit des Ereignisses,*
- *dazugehörige Periode,*
- *dazugehörige Wellenhöhe,*
- *dazugehörige Wellenanlaufrichtung und*
- *dazugehöriger Wasserstand.*

Die bathymetrischen Profile wurden der Vermessung von 1992 entnommen und mit vorliegenden langjährigen Profilaufnahmen vorangegangener Vermessungen verglichen und entsprechend der Charakterisierung eines Küstenabschnittes ausgewählt.

6.5.2.3 Ergebnisse der numerischen Modellierung

Als erster Schritt wurde eine Prognose unter der Vorraussetzung durchgeführt, dass sich die Erosionsprozesse der Vergangenheit, d. h. der letzten 120 Jahre bis zum Jahre 2050 genauso weiter fortsetzen würden wie bisher. Die mittleren Rück-

gangsraten der einzelnen Profile der durch das ALR zur Verfügung gestellten Zeitreihe wurden bis zum Jahre 2050 extrapoliert. Das Ergebnis ist auf Abbildung 6-11 dargestellt. Die am stärksten betroffenen Gebiete sind die Bereiche List (südlich Strandhalle bis Deckwerk), Kliffende, Wenningstedt und Hörnum.

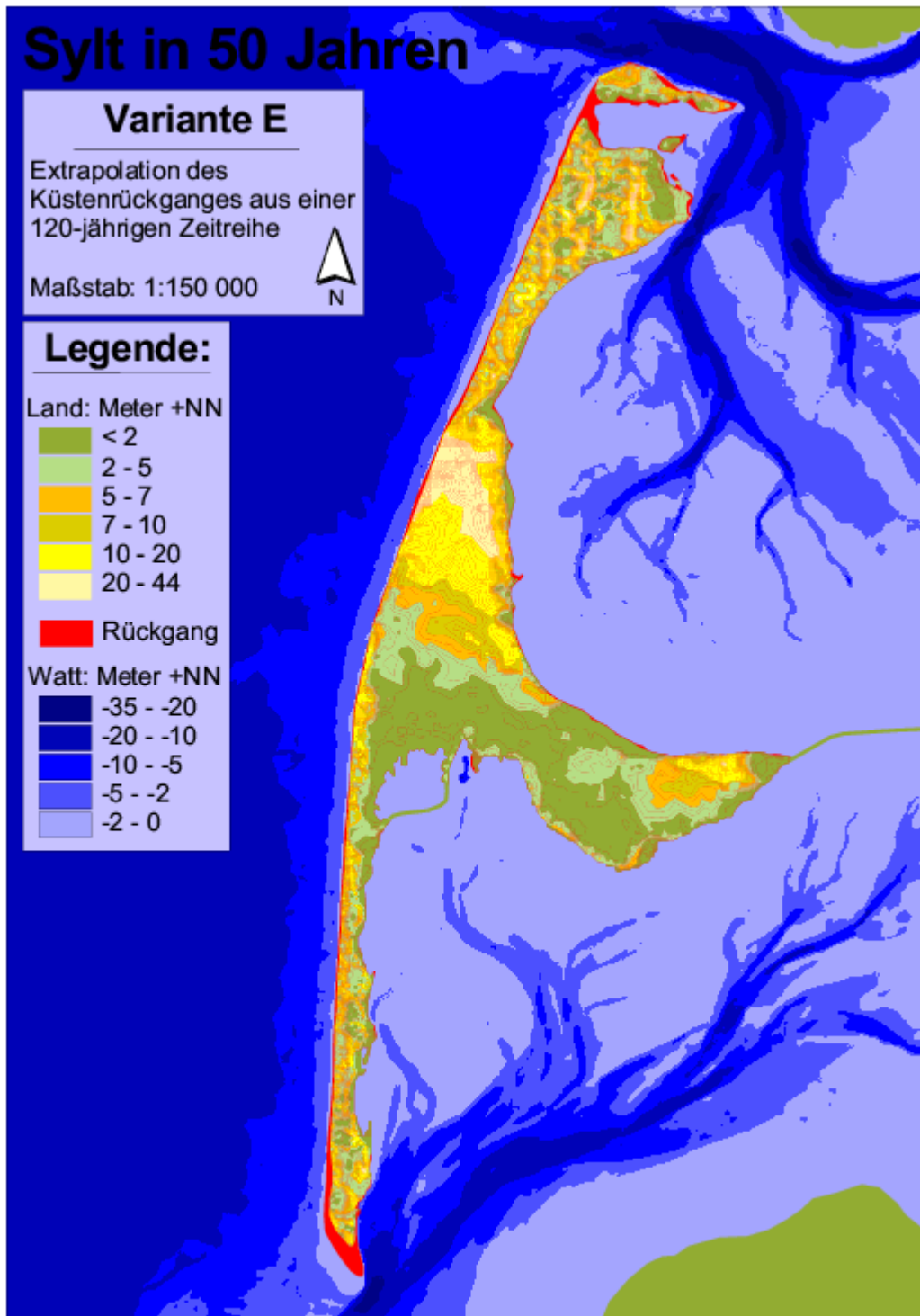


Abbildung 6-11: Küstenlinienrückgang extrapoliert aus den Rückgangsraten der letzten 120 Jahre bis zum Jahre 2050 (ohne Küstenschutzmaßnahmen)

Insgesamt wurden 5 Szenarien gerechnet (s. Kap. 5). Diese sind:

- F) 10% Erhöhung der Wellenhöhen in den westlichen Sektoren ohne Veränderung der Windrichtung
- G) Änderung des Wellenklimas um 10° nach Nord
- H) Änderung des Wellenklimas um 10° nach Süd
- I) Änderung des Wellenklimas um 10° nach Nord und Erhöhung der Wellenhöhen um 10%

J) Änderung des Wellenklimas um 10° nach Süd und Erhöhung der Wellenhöhen um 10%.

Das Modul LITDRIFT ermittelt unter den oben angegebenen Szenarienbedingungen folgende Sedimentverluste im Jahre 2050:

Tabelle 6-2: Übersicht über die Varianten

Variante	Nordteil	Südteil	Gesamt
Aktueller Sedimentverlust	800.000	-300.000	1.100.000
Änderung des Wellenklimas um 10° nach Nord, G	195.000	-705.000	900.000
Änderung des Wellenklimas um 10° nach Süd, H	1.430.000	45.000	1.475.000
10% Erhöhung der Wellenhöhen in den westlichen Sektoren ohne Veränderung der Richtung, F	1.480.000	-470.000	1.950.000
Änderung des Wellenklimas um 10° nach Nord und Erhöhung der Wellenhöhen um 10%, I	370.000	-1.000.000	1.370.000
Änderung des Wellenklimas um 10° nach Süd und Erhöhung der Wellenhöhen um 10%, J	2.450.000	80.000	2.530.000

Die Verluste sind in m³/Jahr angegeben. Negativwerte bedeuten einen Sedimentverlust in südliche und positive Werte einen Sedimentverlust in nördliche Richtung. Der Nordteil umfasst den Bereich vom Hotel Miramar bis zum Ellenbogen und der Südteil den Bereich vom Hotel Miramar bis zum Querwerk an der Hörnum Odde. Deutlich wird in dieser Tabelle, welchen entscheidenden Einfluss die Windrichtung auf das Sedimenttransportgeschehen hat. Eine alleinige Erhöhung der Wellenhöhen um 10% führt zwar zu einer Erhöhung der Verluste von ca. 850.000 m³/Jahr, die zusätzlichen Verluste verteilen sich aber gleichmäßig proportional auf den Nord- und Südteil. Eine Verschwenkung des Wellenklimas um 10° nach Norden, reduziert zwar den Sedimentverlust, der Bereich südlich Westerlandes aber hat mehr als doppelt so hohe Verluste wie heute. Bei einer Drehung des Wellenklimas um 10° nach Süden, erfolgt der Sedimentverlust ausschließlich in nördliche Richtung. Obwohl Sediment aus dem Südteil in den Nordteil verfrachtet wird, nimmt hier der Sedimentverlust von 800.000m³ auf 1.480.000 m³/Jahr zu.

Bei einer Drehung des Wellenklimas um 10° nach Norden und einer 10%igen Erhöhung der Wellenhöhen steigen die Verluste im Südteil auf 1.000.000 m³/Jahr an. Nach Norden verlassen die Insel nur 370.000 m³. Die gravierensten Auswirkungen hat eine Drehung des Wellenklimas nach Süden mit einer gleichzeitigen Erhöhung der Wellenhöhen. Dann kommt es besonders im Norden zu erheblichen Verlusten von 2.450.000 m³/Jahr. Die Verluste im Süden hingegen sind nur gering. Dies würde aber bedeuten, dass die Hörnum-Odde keinen Sedimentnachschub mehr bekommt und der Ellenbogen massiv anwachsen würde.

Die Veränderung der Küstenlinie wurde anschließend mit dem Modul LITLINE ermittelt. Als Endschritt wurde das Jahr 2050 gewählt. Die Szenarienbedingungen wurden ebenfalls erst im Jahre 2050 erreicht. Es wurde davon ausgegangen, dass die Entwicklung linearer Natur ist. Aus programmtechnischen Gründen war es nicht möglich, fünfzig Teilschritte, also eine Rechnung pro Jahr, durchzuführen, sondern es wurde in 10 Jahresschritten gerechnet. Dies erwies sich anhand von Testläufen mit Jahresschritten, als ausreichend genau, da die Unterschiede nur wenige Dezimeter bis Meter ausmachten. Auf den Abbildungen 6-12 bis 6-16 sind

die Küstenlinienentwicklungen bis zum Jahre 2050 für die einzelnen Varianten dargestellt.

Die Küstenlinienentwicklung spiegelt dabei in hochauflösender Form die Sedimentverluste aus der obigen Tabelle wieder.

Variante F

Die Variante F wirkt sich überwiegend auf den Südtail von Sylt aus. Vom Tetrapodenquerwerk bis Puan Klent kommt es teilweise zu zusätzlichen Rückgängen von bis zu 2,5 m/Jahr (im Jahre 2050), so dass Rückgangsraten bis zu 4 m/Jahr auftreten. In Rantum Nord erhöhen sich die Rückgangsraten um ca. 1,7 m/Jahr und liegen hier im Jahre 2050 bei ca. 3 m/Jahr. Alle anderen Bereiche im Südtail, auch in Rantum, weisen nur eine geringfügige Erhöhung der Rückgangsraten von max. 0,6 m/Jahr auf.

Im Nordteil treten die größten Erhöhungen der Rückgangsraten von Wenningstedt Nord bis ca. einen Kilometer nördlich Kliffende auf. Hier erreichen die Rückgangsraten im Jahre 2050 bis zu 4 m/Jahr, was einer maximalen zusätzlichen Erhöhung von 2,5 m/Jahr entspricht. In List Süd und nördlich der Strandhalle erhöhen sich die Rückgangsraten ebenfalls, hier aber nur zwischen 1 und 2 m/Jahr. Am geringsten ist der Bereich Westerland betroffen, wo die Erhöhung der Rückgangsraten unter 0,5 m/Jahr liegt.

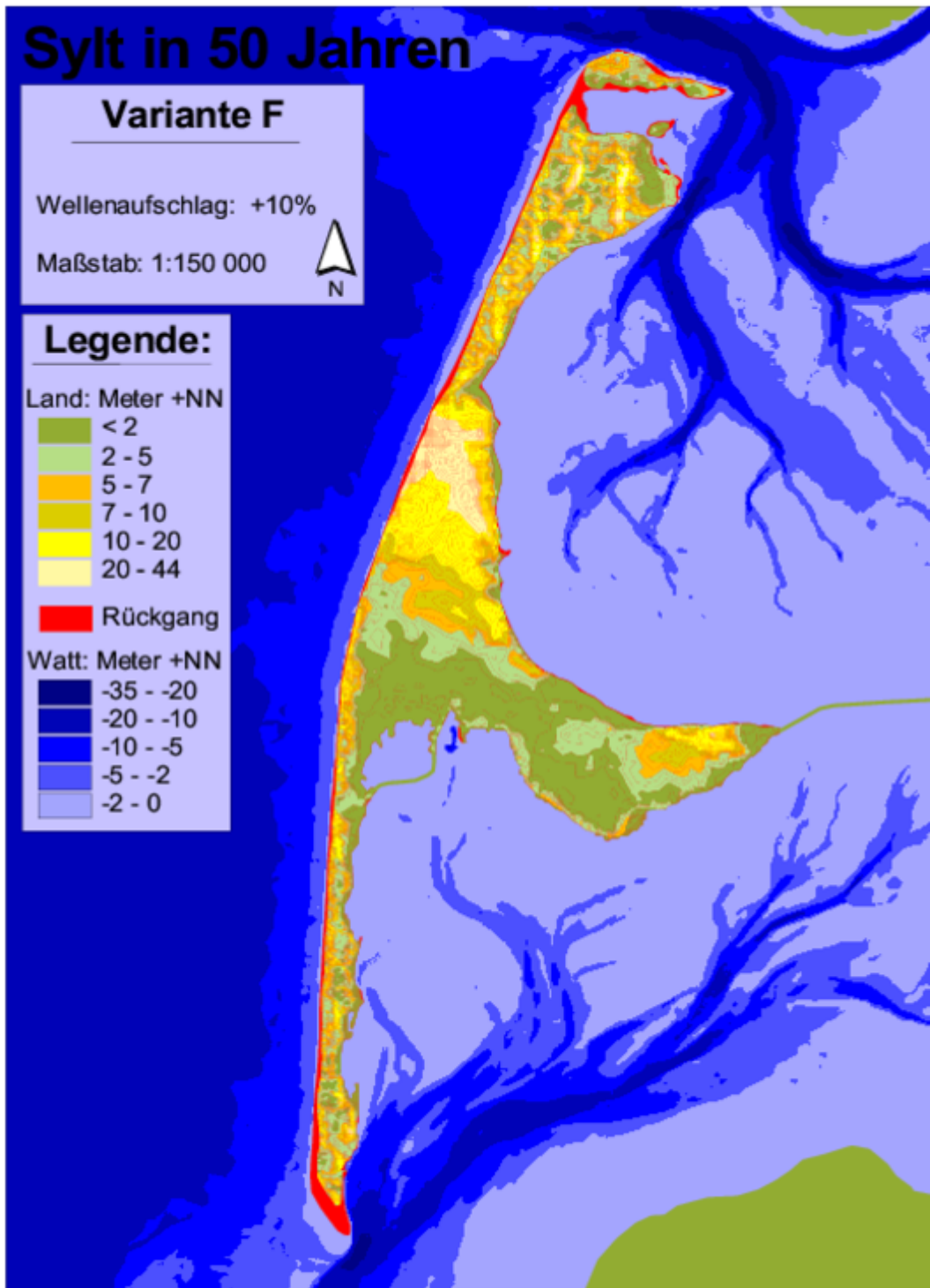


Abbildung 6-12: Küstenlinienrückgang Szenario F bis zum Jahre 2050 (ohne Küstenschutzmaßnahmen)

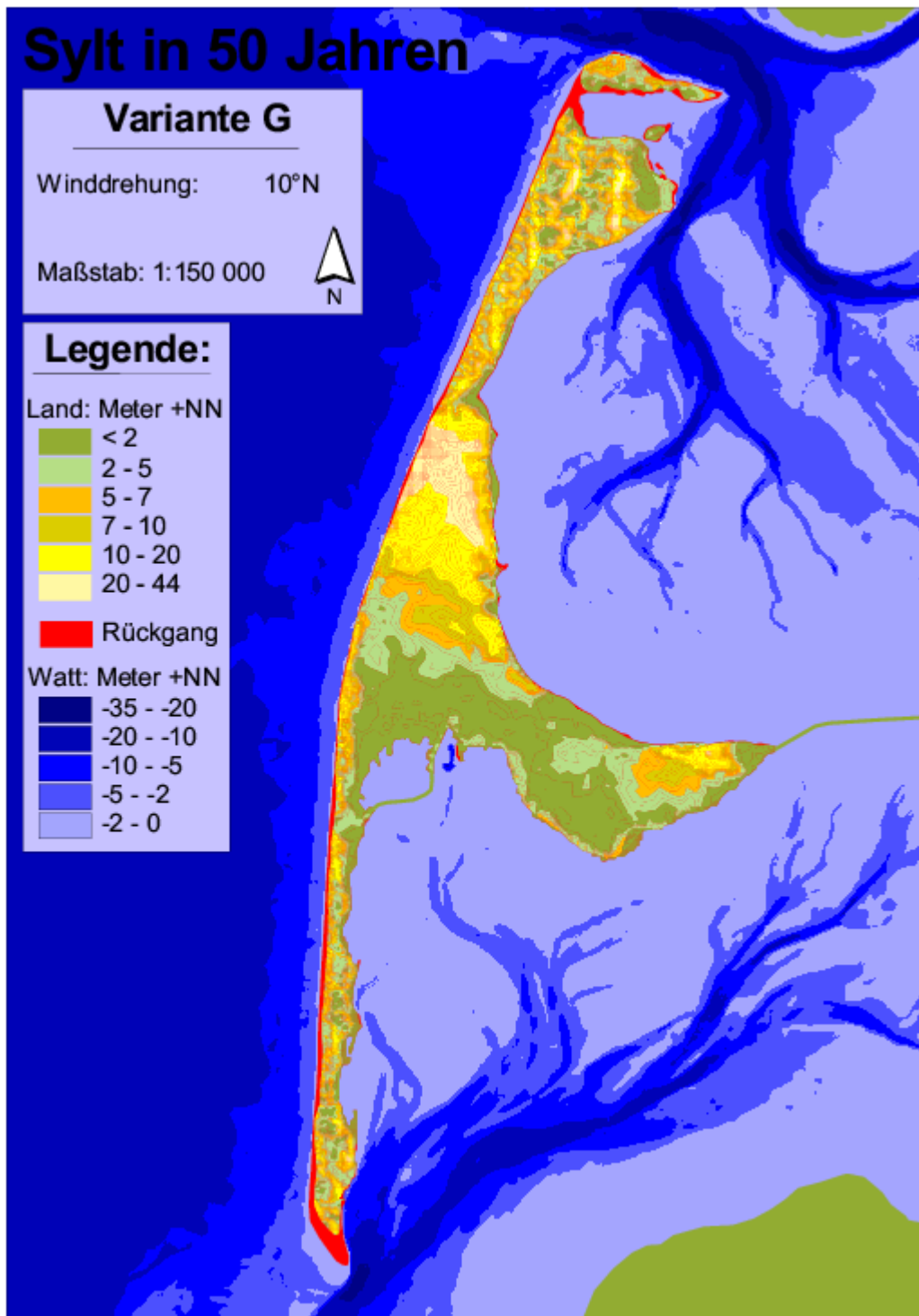


Abbildung 6-13: Küstenlinienrückgang Szenario G bis zum Jahre 2050 (ohne Küstenschutzmaßnahmen)

Variante G

Eine Drehung des Wellenklimas um 10° nach Norden führt im Nordteil der Insel zu einer Abnahme der Rückgangsraten zwischen 0,1 und 0,8 m/Jahr im Jahre 2050. Eine Ausnahme bildet nur der Bereich zwischen Sturmhaube und Kliffende sowie nördlich der Strandhalle wo es zu einer leichten Erhöhung der Rückgangsraten kommt.

Im Südtteil hingegen nehmen die Rückgangsraten um bis zu 3,7 m/Jahr zu. Dies betrifft vor allem die Bereiche Rantum Nord, zwei Kilometer südlich Rantum und Puan Klent. Südlich des Campingplatzes in Hörnum kommt es zu einer Abnahme der Rückgangsraten von bis zu einem Meter pro Jahr im Jahre 2050.

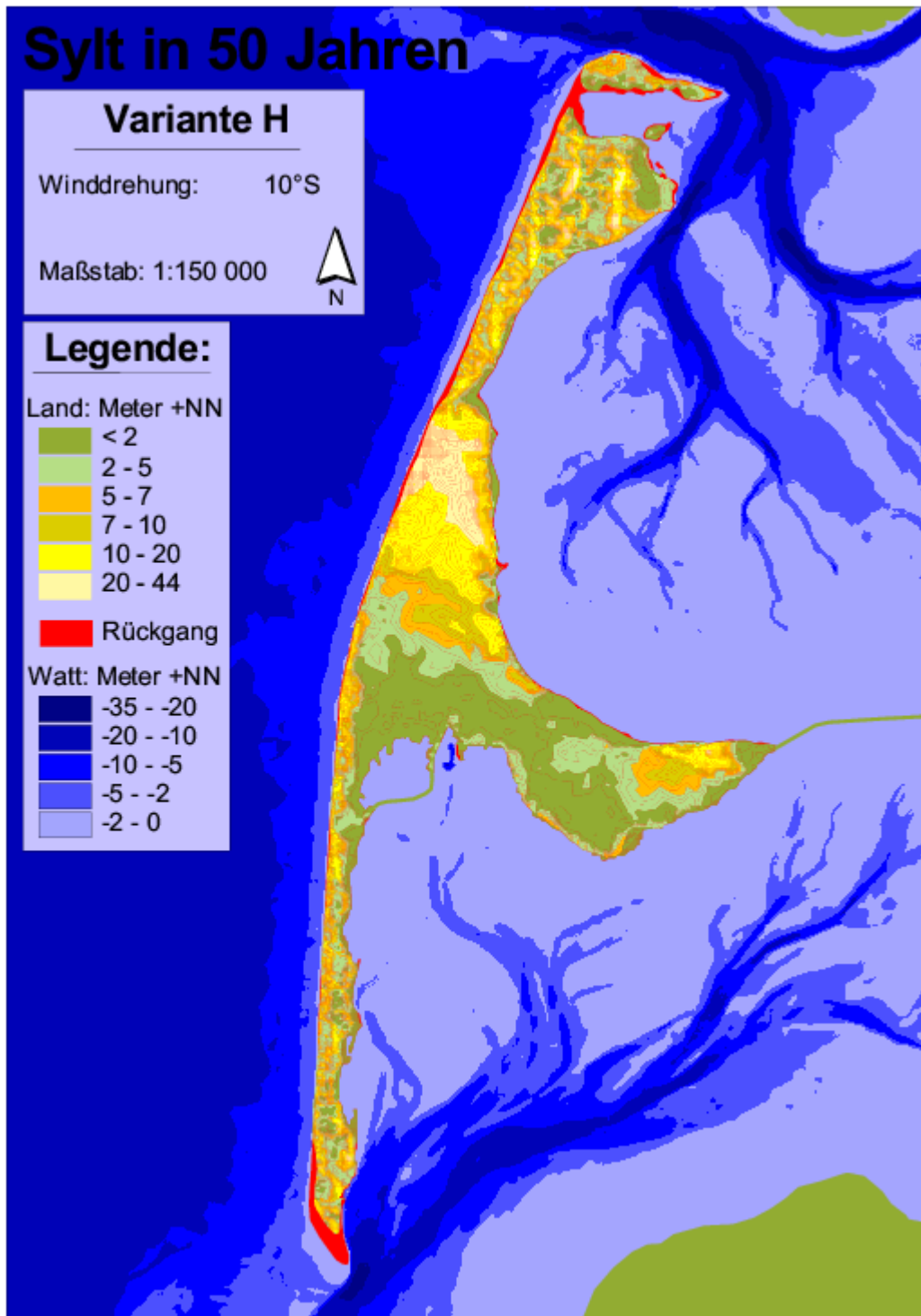


Abbildung 6-14: Küstenlinienrückgang Szenario H bis zum Jahre 2050 (ohne Küstenschutzmaßnahmen)

Variante H

Eine Drehung des Wellenklimas um 10° nach Süden hat zur Folge, dass die Rückgangsraten sich im Norden nur leicht erhöhen und durchschnittlich nur einige Dezimeter betragen. Eine Ausnahme bildet nur der Bereich nördlich der Strandhalle in List (1,5 bis 3 m/Jahr) und Wenningstedt/Kliffende (2 m/Jahr).

Im Südtteil nehmen die Rückgangsraten teilweise stark ab. Am Ende des betrachteten Zeitfenster von 50 Jahren findet in Hörnum, Puan Klent und Rantum Nord sogar leichte Anlandung statt.

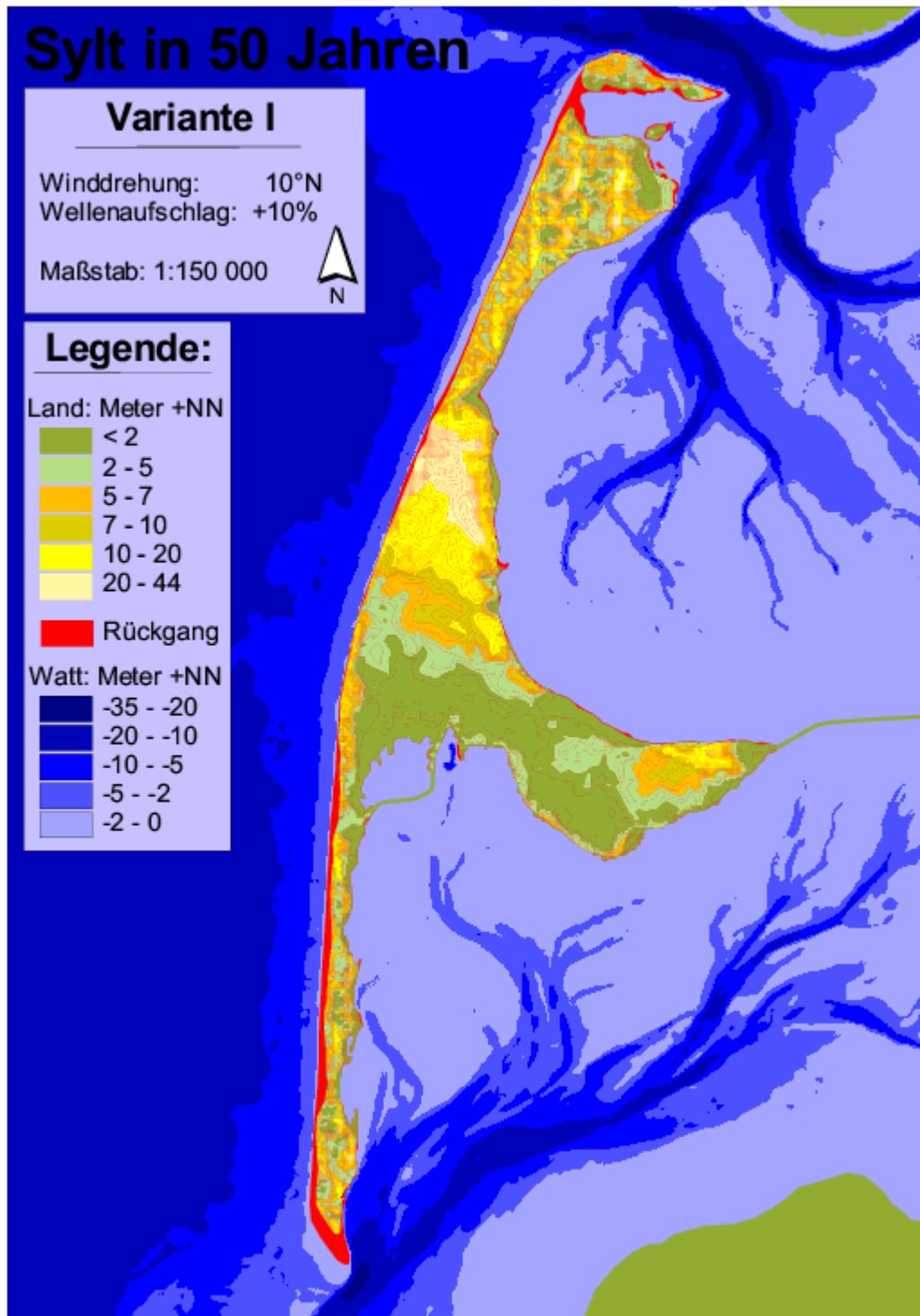


Abbildung 6-15: Küstenlinienrückgang Szenario I bis zum Jahre 2050 (ohne Küstenschutzmaßnahmen)

Variante I

Die Variante I führt zu ähnlichen Ergebnissen wie die Variante G, allerdings mit höheren Rückgangsraten. Die Veränderung der Rückgangsraten im Nordteil liegen mit Ausnahme Wenningstedt-Nord und dem Bereich nördlich der Strandhalle in List (Zunahme bis zu 3 m/Jahr im Jahre 2050) nur im Dezimeterbereich.

Der Südteil hingegen weist eine drastische Erhöhung der Rückgangsraten auf. Teilweise liegt die Erhöhung zwischen 6 und 9 Metern/Jahr. Diese hohen Werte treten z. B. nördlich Rantum, nördlich Puan Klent und nördlich des Campingplatzes in Hörnum auf. In den dazwischen liegenden Bereichen liegt die Zunahme

zwischen 3 und 4 Metern/Jahr. Zwischen Rantum und Westerland fällt die Zunahme mit nur einigen Dezimetern geringer aus. Auf Höhe des Campingplatzes in Hörnum ist sogar eine Abnahme zu verzeichnen.

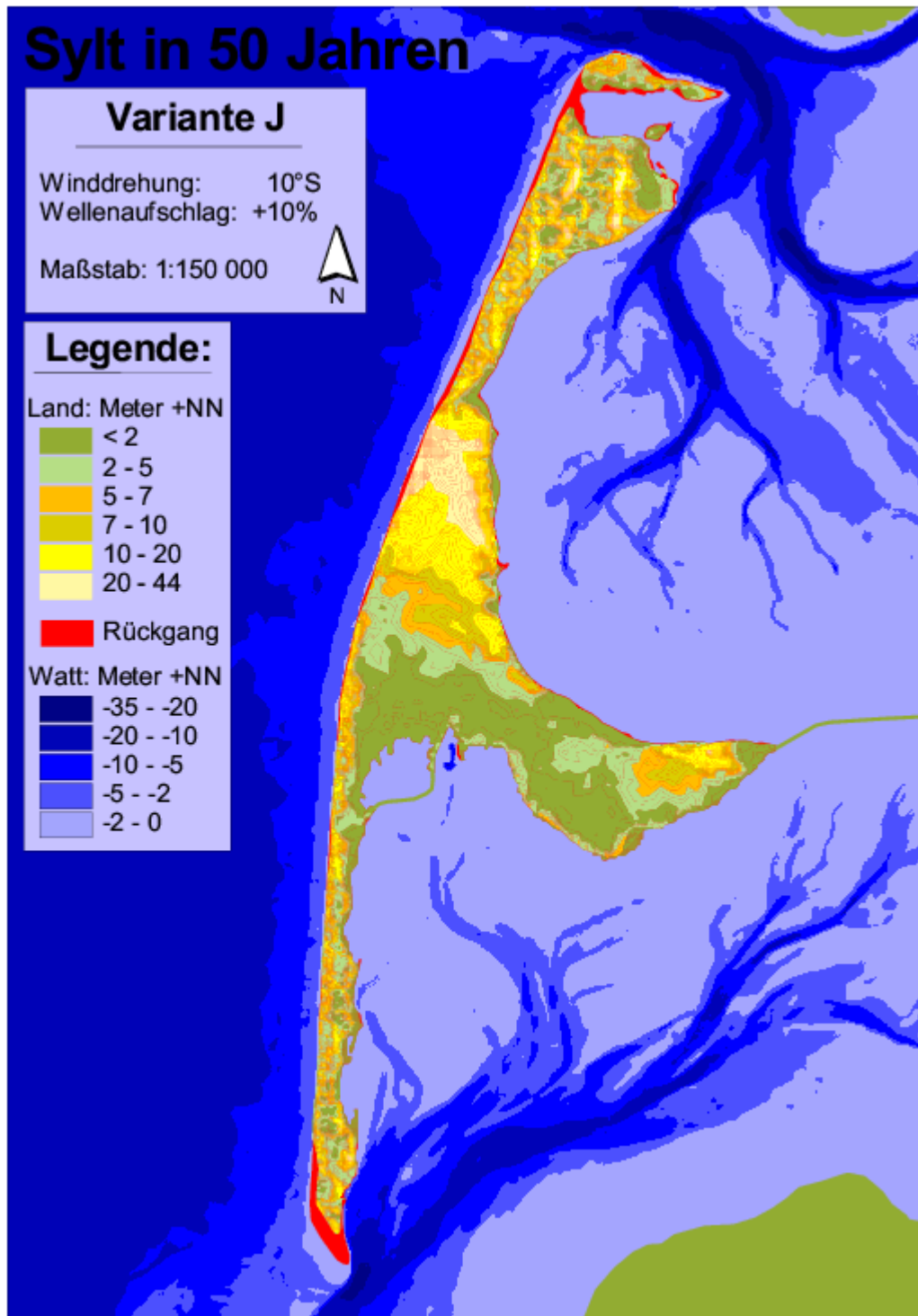


Abbildung 6-16: Küstenlinienrückgang Szenario J bis zum Jahre 2050 (ohne Küstenschutzmaßnahmen)

Variante J

Bei dieser Variante kommt es im Nordteil der Insel besonders zwischen Wenningstedt-Nord und Klappholtal zu erhöhten Rückgängen. Die Erhöhung der Rückgangsraten liegt hier teilweise über 2 m/Jahr. In den Bereichen Westerland, Wenningstedt und List fällt die Zunahme moderater aus und beträgt hier größtenteils weniger als 1 m/Jahr.

Der Südteil hingegen zeigt geringere Rückgangsraten gegenüber den aktuellen Werten. So kommt es teilweise im Jahre 2050 zu geringem Anwachs in Puan Klent und nördlich des Campingplatzes in Hörnum.

6.5.3 Die Ostseite Sylts

Für die Ostseite von Sylt wurden keine eigenständigen Untersuchungen durchgeführt, da die Problematik der Ostseite ein eigenständiges Teilprojekt erfordert hätte. Die Ostseite kann aber keinesfalls außer Betracht gelassen werden, da hier mittelfristig nachhaltige Veränderungen aufgrund eines möglichen Klimawandels zu erwarten sind. Spektakulären kurzfristigen Küstenabbrüchen an der Westseite stehen längerandauernde „schleichende“ negative Veränderungen an der Ostseite und im Wattenmeer gegenüber. Da keine eigenständigen Untersuchungen durchgeführt werden konnten, muss an dieser Stelle auf bereits vorliegende Erkenntnisse zurückgegriffen werden. Forschungserkenntnisse die nicht direkt den Sylter Raum betreffen werden für Sylt adaptiert, soweit dies möglich ist.

Das heutige Lister Tidebecken umfasst eine Fläche von 401,4 km² unterhalb der Tidehochwasserlinie. Davon entfallen 40% auf das Eulitoral oberhalb der Springtide-Niedrigwasserlinie und 60% auf das Sublitoral. Die Watten auf der Festlandküste steigen kontinuierlich bis zum Hochwasserniveau an, während die obere Grenze der Watten auf der Leeseite der Insel im Mittel fast 0,5 m darunter liegt. Das Hochwasser erreicht hier die Küstenlinie direkt an einer natürlichen Abbruchkante oder an einem Küstenschutzbauwerk.

Kartenauswertungen von HIGELKE (1998a) über die letzten 100 Jahre des Lister Tidebeckens belegen, dass die Wattstromrinnen breiter wurden und die Flächen der eulitoralischen Watten entsprechend abnahmen. Der Flächenanteil oberhalb Springtide-Niedrigwasser betrug um 1900 noch 66% und 1992 nur noch 40%. Die aus den Seekarten berechnete Bilanz der sublitoralischen Wasserräume ergibt für dieses Jahrhundert eine Zunahme von 37%. Bezogen auf die heutige Fläche vertiefte sich das Sublitoral durchschnittlich um einen Meter (HIGELKE 1998b). Eine allgemeine Vertiefung der Priele konnte nicht belegt werden, vielmehr trat die Erosion oberhalb -5 m auf und die Wattstromrinnen wurden nach Süden länger. Dies bedeutet, dass der Energieeintrag durch Wellen weiter in das innere der Bucht gelangen kann, da sich die wellendämpfende Wirkung verringert hat. Die Umlagerungsintensität im Sylter Watt ist nach BAYERL (1992) sehr gering und beträgt nur wenige Zentimeter. Bei stärkeren Winden mit höherem Seegang und besonders nach Stürmen und Orkanen wurden die Durchschnittswerte stellenweise deutlich überschritten.

Schwebstoffmodellierungen haben gezeigt, dass der Seegangsanteil an der Bodenschubspannung den Strömungsanteil insbesondere in Flachwassergebieten um ein mehrfaches übersteigen kann. Durch zunehmende Wellenhöhen wird der Energieeintrag somit noch steigen. Dies trifft auch für die Annahme eines Meeresspiegelanstieges zu. Für die direkten Uferbereiche bedeutet dies ebenfalls eine höhere Energiebelastung. So läuft das mittlere Hochwasser zwischen Keitum und Morsum bis fast an die Abbruchkante der Salzwiese auf. Durch den Meeresspiegelanstieg und durch den höheren Energieeintrag durch Wellen wird diese Kante in Zukunft immer öfter belastet und erodiert werden. Nur ein Teil des Materials wird bei hoher Flut weit ins Hinterland transportiert und kommt dort zur Ablagerung. Insgesamt betrachtet wird somit die Salzwiese schmaler und höher.

Das Morsum Kliff würde durch verstärkte Sturmtätigkeit und bei einem Anstieg des mittleren Meeresspiegels wesentlich öfter in den Bereich der Hochwasserlinie kommen und dementsprechend ausgeräumt werden, wie schon im vergangenen Winter 1999/2000.

Die Fußsicherung des Uferweges in Keitum liegt jetzt schon relativ tief und wird bei höheren Wasserständen überflutet. Die Sturmfluten im Winter 1999/2000 erreichten das zurzeit stark bewachsene Kliff in Höhen von 1,5 bis 2 m über NN.

Bei Häufung dieser Wasserstände könnte das Kliff wieder aktiviert werden. Diese Annahme gilt ebenso für die anderen natürlichen Uferabschnitte, die nicht mit Küstenschutzbauwerken versehen sind. Im Bereich des Deckwerkes an der Lister Ostseite werden keine wesentlichen Veränderungen erwartet.

Mit Ausnahme des Hörnum Tiefs (AHRENDT 1994) liegen für den südlichen Teil von Sylt keine Untersuchungen vor. Die Mechanismen werden aber die gleichen wie im Lister Tidebecken sein, so dass es zur Ausbildung von Kliffs und Abbrüchen in den Salzwiesen zwischen Rantum und Hörnum kommen wird. Der Bereich zwischen Rantum und dem Hindenburgdamm ist mit einem Deich versehen, der auch den vermuteten Veränderungen standhalten wird. Die Deichfußsicherung müsste evtl. verstärkt werden.

Eine andere Betrachtungsweise beruht auf der Annahme, dass es gewisse Regeln zwischen Seegatquerschnitt, Tideprisma und Einzugsgebietsgröße eines Wateinzugsgebietes gibt (MISDORP et al. (1990), das heißt, das morphologische Fließgleichgewichtszustände herrschen. Dieser Ansatz wurde von SPIEGEL (1997) auf das Lister und Hörnum Tidebecken angewandt. Als Fazit resümiert SPIEGEL : "Ein steigender Meeresspiegel, ausgedrückt in Form eines erhöhten MTHW-Niveaus und eines größeren mittleren Tidenhubes, zieht für das Schleswig-Holsteinische Wattenmeer einen Sedimentbedarf nach sich. Er ist allerdings geringer als das Produkt aus Flächengröße und Meeresspiegelanstieg. Wenn dieser Bedarf nicht durch Materialimport und anschließende Sedimentation gedeckt werden kann, so muss eine morphologische Anpassung durch innere Umformung der Tidebecken stattfinden." Besonders das Hörnum-Tief besitzt schon im Ist-Zustand eine ungünstige Ausgangslage mit einer sehr ausgehöhlten Beckenform und damit hohem Energieeintrag.

Über lange Zeiträume der holozänen Entwicklung standen durch die Erosion der weiträumig vorhandenen Geschiebelmergelablagerungen große Mengen an Sediment zur Verfügung. Durch die Erosion eiszeitlicher Ablagerungen konnte erst das Wattenmeer aufgebaut werden. Während schwerer Sturmfluten wurden die Ablagerungen dann teilweise wieder erodiert und anderweitig abgelagert. Heute stehen eiszeitliche Ablagerungen so gut wie gar nicht mehr als Sedimentquelle zur Verfügung. Durch die Eindeichungen wird ein weiterer Teil der Sedimente dem Sedimenthaushalt des Wattenmeeres entzogen. Ein nennenswerter Eintrag von Sediment ins das Wattenmeer aus der offenen Nordsee ist bisher nicht belegt und eher unwahrscheinlich. Sedimenttransportmessungen durch HENTSCHKE (1999) ergaben keinen Nachweis von nennenswerten Mengen an Sedimenteintrag ins Wattenmeer. BAYERL & KÖSTER 1998 betonen vielmehr, dass es im Lister Tidebecken z. B. hauptsächlich zu interner Umlagerung der sandig-siltigen Sedimente kommt. Schwebstoffe werden zwar noch umfangreich ins Wattenmeer eingetragen, stellen aber nur für die Salzwiesen ein Sedimentangebot dar, da die Korngrößen anderweitig kaum zur Ablagerung kommen. Durch häufigeres Überfluten der Salzwiesen können diese zwar schneller mitwachsen, aber für die notwendige Erhöhung der vorgelagerten Watten fehlen die entsprechenden Sedimente in Qualität und Quantität.

6.6 Schlussfolgerungen

Unter der Annahme der obigen Szenarien lässt sich die Entwicklung der Sylter Küstenlinie überschlägig abschätzen. Die ermittelten Rückgänge und Sedimentverluste bis zum Jahre 2050 liegen in einer Größenordnung, die nach dem heutigen Stand der Technik eine beherrschbare Entwicklung darstellen. Der Tenor bei dem heutigen Wissensstand über mögliche Veränderungen der Windfelder focussiert auf eine Zunahme der Windgeschwindigkeiten und eine evtl. Verlagerung der Windrichtung nach Norden. Dies führt nur bei der Variante F zu einer signifikanten Erhöhung der Sedimentmengen um ca. 70% im Jahre 2050. Vorspülsande liegen in genügender Quali- und Quantität vor, so dass der Sedimentverlust ausge-

glichen werden kann. Je nach Änderung der Windrichtung und der Zunahme der Wellenhöhen ergeben sich aus den Untersuchungen die gefährdeten Bereiche, so dass hier gezielt eingegriffen werden kann.

Die Untersuchungen wasserbautechnisch begleitender Maßnahmen, die die Verweildauer des Sedimentes erhöhen könnten, waren nicht Gegenstand dieses Teilprojektes. Es lassen sich aber z. B. Einbauten von Geotextilien in den Spülkörper oder aber auch Riffverstärkungen als denkbare Maßnahmen ansprechen. Die Riffverstärkungen könnten z. B. die Verschiebung der Sedimenttransportzonen vom Riff zum Strand bei einer Meeresspiegelerhöhung rückgängig machen. Eine andere Profilierung des Spülkörpers könnte evtl. die Anfangsverluste und die Verluste des Sedimentes aus dem Strand während einer Sturmflut verringern und damit die Verweildauer etwas erhöhen.

Die Entwicklung an der Ostseite ist augenscheinlich nicht von so hohem Interesse wie die Abbrüche an der Westseite. Mittelfristig gesehen ist die mögliche Entwicklung jedoch bedrohlicher, da der Ausräumung der Wattprielsysteme nicht begegnet werden kann. Die direkte Ufersicherung ist heute zwar Stand der Technik und problemlos durchführbar, hat jedoch ökologisch gesehen schwerwiegende Nachteile im Gegensatz zu den Sandvorspülungen an der Westseite. In Teilbereichen wären auch an der Ostseite Sandauffüllungen denkbar, die nicht nur küstenschutztechnisch sondern auch touristisch interessant wären, z. B. als Bademöglichkeiten für Kinder und bei Starkwindlagen.

6.7 Literatur

AHRENDT, K. (1992) : Entwicklung und Sedimenthabitus des Hörnum- und Vortrapptiefs. - Meyniana, 44: 53-65

AHRENDT, K. (1994) : Geologie und Küstenschutz am Beispiel Sylt. – Ber. Forsch.- u. Techn. Zentr, 4, 135 S., Büsum

BAUDISSIN, A. (1867) : Blick in die Zukunft der nordfriesischen Inseln und der schleswigschen Festlandsküste. - Schleswig

BAYERL, K.-A. (1992) : Zur jahreszeitlichen Variabilität der Oberflächensedimente im Sylter Watt nördlich des Hindenburgdammes. - Berichte Forschungs- und Technologie-zentrum Westküste, 2, Büsum.

BAYERL, K.-A. & HIGELKE, B. (1994) : The development of northern Sylt during the latest holocene. - Helgoländer Meeresuntersuchungen, 48: 145-162.

BAYERL, K. & KÖSTER, R. (1998) : Morphogenese des Lister Tidebeckens. - In :GÄTHJE, C. & REISE, K. (eds.) : Ökosystem Wattenmeer - Austausch-, Transport- und Stoffumwandlungsprozesse, 25-30, Berlin

BOOYSEN, I. (1827) : Beschreibung der Insel Sylt in geographischer, statistischer und historischer Sicht. - Schleswig

DANCKWERTH, D. (1652) : Die Landkarten des Johannes Mejer, Husum, aus der neuen Landschaftsbeschreibung der zwei Herzogtümer Schleswig und Holstein von Caspar David Danckwerth 1652, Hamburg-Bergedorf 1963 (Reprint)

DEIGAARD, R.; FREDSE, J. & BROKER HEDEGAARD, I. (1988) : Mathematical model for littoral drift. - J. Waterway, port, coastal and ocean eng., ASCE, 112, S. 351-369

DIETZ, C. & HECK, H. L. (1952) : Geologische Karte von Deutschland 1:25000, Land Schlesw.-Holst.. – Erläuterungen zu den Blättern Sylt-Nord und Sylt-Süd

ENGELUND, F. & FREDSE, J. (1976) : A sediment transport model for straight alluvial channels. - Nordic Hydrology, 7, S. 296-306

FORCHHAMMER, G. (1841) : Geognostische Studien an Meeresufern. – N. Jb. Min. Geogn., Geol. u. Petrefaktenkunde, 1-38, Schleswig

- GRIPP, K. & SIMON, G. (1940) : Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt - 1. Nord Sylt. - Westküste, 2(H 2/3): 24-70.
- HANSEN, C. P. (1845) : Die Insel Sylt in geschichtlicher und statistischer Sicht. – Archiv f. Gesch., Kiel
- HANSEN, C. P. (1859) : Die nordfriesische Insel Sylt, wie sie war und wie sie ist. Ein Handbuch für Badende und Reisende. – Leipzig
- HANSEN, C. P. (1895) : Sagen und Erzählungen der Sylter Friesen. - Garding
- HARCK, O. (1972) : Steinzeitfunde im Listland und auf der Hörnummer Halbinsel auf Sylt. – Offa - Berichte und Mitteilungen, 29: 5-20.
- HENTSCHKE, U. (1999) : Quantitative Mikrostrukturanalyse maringeologischer Massentransporte, Kiel, unveröff.
- HIGELKE, B. (1998a) : Morphodynamik des Lister Tidebeckens. - In : GÄTHJE, C. & REISE, K. (eds.) : Ökosystem Wattenmeer - Austausch-, Transport- und Stoffumwandlungsprozesse, 103-126, Berlin
- HIGELKE, B. (1998b) : Die Entwicklung des Nordsylter Wattenmeeres. - In : Umweltatlas Wattenmeer, Bd. 1 Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer, S. 32-33
- HOFFMANN, D. (1980) : Das Küstenholzän zwischen Sylt und Föhr. – in : Archsum auf Sylt, Teil I, 85-130
- HOFSTEDTE, J. L. A. (1991) : Sea Level Rise in the Inner German Bight (Germany) Since AD 600 and its Implications Upon Tidal Flats Geomorphology. – Kölner Geographische Arbeiten, Von der Nordsee bis zum Indischen Ozean, 63, 11-27
- JESSEL, H., (1986) : Studien zur holozänen Landschaftsentwicklung der Insel Sylt im Strand- und Dünenbereich der Gemeinden Rantum und Hörnum. Diplomarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, 80 pp. (unveröff.)
- JESSEN, O. (1914) : Morphologische Beobachtungen an den Dünen von Amrum, Sylt und Röm. – Landeskundliche Forschungen, 21, hrsg v. d. Geogr. Ges. München
- KERSTEN, K. & LA Baume, P. (1958) : Vorgeschichte der nordfriesischen Inseln. – Neumünster
- KÖSTER, R. (1979) : Dreidimensionale Kartierung des Seegrundes vor den Nordfriesischen Inseln - DfG Forschungsbericht: "Sandbewegung im Küstenraum", S. 146-168, DfG, Boppard.
- LAMP, H. H. (1982) : Climate, History and the Modern World. – 387 p.
- LANG, A. W. (1969ff) : Historisches Seekartenwerk der Deutschen Bucht. – Neumünster
- LINKE, G. (1981) : Ergebnisse und Aspekte zur Klimaentwicklung im Holozän. – Geologische Rundschau, 70 (H 2): 774-783.
- MAGER, F. R. (1927) : Der Abbruch der Insel Sylt durch die Nordsee, Schrift. der baltischen Kommission zu Kiel, Bd VI (Veröff. Schlesw.-Holst. Universitätsgesellschaft, 8)
- MISDORP, R.; STEYAERT, F.; HALLIE, F. & RONDE, J. de (1990) : Climate change sea level rise and morphological developments in the Dutch Waddensea, a marine wetland. - In : BEUKEMA, J.J. et al. (Hrsg.): Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems, 123-131
- NEWIG, J. (1980) : Zur Entwicklung des Listlandes auf Sylt in den letzten drei Jahrhunderten - ein historisch-kartographischer Vergleich. - Nordfriesisches Jahrbuch, Neue Folge, 16: 69-74.
- MEYN, L. (1876) : Geognostische Beschreibung der Insel Sylt und ihrerer Umgebung. – Abh. Z. geolog. Spezialkarte v. Preußen, I (4), Berlin
- MÜLLER, G. & FISCHER, O. (1938) : Das Wasserwesen an der schlesw.-holst. Nordseeküste, Teil II – Die Inseln, Bd. 7, Berlin
- SAX, P. (1638) : Sammlung Frisia Minor mit Handschriften auf Pergament (Reprint)
- SALCHOW, C. F. G. J. (1828) : Über die Dünen überhaupt, besonders über die Dünen Sylts. – Staatsbürgerliches Magazin, 8: 376-398, Schleswig
- SPIEGEL, F. (1997) : Die Tidebecken des schleswig-holsteinschen Wattenmeeres: Morphologische Strukturen und Anpassungsbedarf bei weiter steigendem Meeresspiegel. - Ber. Forsch. u. Techn. Zentr. Westküste, Büsum, 4, 255 S.

STREMME, H. E. & MENKE, B. (1980) : Quartär-Excursion in Schlesw. Holst., GLA-Kiel

TEMMLER, H. (1990) : Bericht des Geol. Landesamtes Schleswig-Holsteins zum geologischen Aufbau der südlichen Hörnum-Halbinsel von Sylt. – GLA-Kiel (unveröff.)

ZAUSIG, F. (1939) : Veränderungen der Küsten, Sände, Tiefs und Watten der Gewässer um Sylt (Nordsee) nach alten Seekarten, Seehandbüchern und Landkarten seit 1585, Geologie der Meere und Binnengewässer. Gebrüder Bornträger, Berlin, pp. 401-505.

Anschrift der Autoren:

GEOMAR
Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Wischhofstrasse 1-3
D-24148 Kiel
<http://www.geomar.de>

7 Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt

JAN-OLE WITTE, SÖREN KOHLHASE, PETER FRÖHLE & JÖRG RADOMSKI

Abstract:

Die Insel Sylt ist ein offenes System mit negativer Sedimentbilanz. Daher wird seit rd. 130 Jahren versucht, die Westküste der Insel durch Bauwerke zu stabilisieren. Da alle derartigen Versuche letztlich fehlgeschlagen sind, wurden in den 70er-Jahren erste Versuche mit Strandersatzmaßnahmen durchgeführt eine Technik, die auch heute noch angewendet wird. Dadurch konnte ein Rückgang der Küste weitestgehend verhindert werden. Für die Ermittlung der zu ersetzenden Sedimentmengen müssen die den Strand formenden Prozesse bekannt sein. Dazu zählen der Wind, der Wasserstand und vor allem der Seegang, die die treibenden Kräfte für den Sedimenttransport sind. Die Berechnungen und die Vermessungen haben ergeben, dass die Insel jährlich etwa 1,0 Mio. m³ Sediment verliert. Die Auswirkungen möglicher klimatischer Veränderungen auf die Sedimentverluste sind nicht signifikant wie die auf der Basis von Klimaimpaktzenarien durchgeführten Berechnungen ergeben haben. Akuter Handlungsbedarf als Folge von Klimaänderungen ergibt sich daher nicht, es sollten zur Minimierung der Verluste und Verringerung der Kosten für den Strandersatz jedoch stützende Maßnahmen vor allem am Riff und im Offshore-Bereich sowie an den Inselenden erwogen werden. Diese technischen Maßnahmen sollten noch intensiver untersucht werden. Aus Sicht der Projektbearbeiter sind stützende Bauwerke, aber auch als Objektschutz Bauweisen aus Geotextilien gegenüber starren Bauwerken zu bevorzugen. Strandersatz, als aktive Küstenschutzmaßnahme, bleibt unabhängig hiervon für den flächendeckenden Küstenschutz der Westküste der Insel Sylt unverzichtbar.

7.1 Ausgangssituation

Die Insel Sylt ist nach Westen der Nordsee zugewandt. Über eine Länge von ca. 42 km greift der Seegang die sandige Brandungsküste an, und die Insel verliert durch Erosion von Strand und Dünen seit Jahren an Substanz. Für den Schutz und Erhalt der Insel wurden von den zuständigen Fachbehörden und mit wissenschaftlicher Begleitung in mehreren Forschungsvorhaben verschiedene Varianten untersucht (ALW 1985; Kohlhase et al. 1994; ALW 1997). Danach haben sich Strandersatzmaßnahmen als die derzeit wirksamste und kostengünstigste Maßnahme für den Küstenschutz herausgestellt, da nur durch sie Materialdefizite großräumig ausgeglichen werden können. Nach früheren Untersuchungen erscheint es sinnvoll, Strandersatzmaßnahmen mit konventionellen Küstenschutzbauwerken zu kombinieren, um die Verweilzeiten des aufgespülten Sandes zu verlängern und damit möglicherweise Kosten für den Erhalt und die Sicherung von Sylt einzusparen.

Die Prognosen zur zukünftigen Entwicklung zeigen, dass als Folge des globalen Klimawandels und der resultierenden Reaktion der Umwelt u.a. Veränderungen der Winde und des Meeresspiegels zu erwarten sind (siehe Kapitel A). Dieser Prozess vollzieht sich nur sehr langsam, und die Auswirkungen dieses Wandels sind im Einzelnen nicht signifikant messbar.

Ein Einfluss möglicher klimatischer Veränderungen auf das bestehende meteorologische, hydrodynamische und morphologische System vor Sylt ist nicht auszuschließen, und es gilt daher im Sinne eines vorbeugenden Schutzes, diese potentiellen Gefahren zu erkennen und Strategien und Optionen für den zukünftigen Küstenschutz zu erarbeiten.

7.2 Zielsetzung

Die Ziele des Teilprojekts „Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt“ sind:

- die Untersuchung der großräumigen Seegangsbedingungen, als wichtigste Einflussgröße auf die küstenmorphologischen Prozesse,
- die Charakterisierung der Auswirkungen veränderter Wind- und Wasserstandsbedingungen auf den Seegang,
- die daraus resultierenden Einflüsse auf den Sedimenttransport und
- die Bewertung ausgewählter Bauwerke aus wasserbaulicher Sicht unter dem Aspekt veränderter klimatischer Randbedingungen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bilden eine wesentliche Grundlage für die integrative Bewertung künftiger Küstenschutzmaßnahmen für die Insel Sylt innerhalb des Verbundvorhabens "Fallstudie Sylt".

7.3 Methodik der Untersuchungen

Die morphologische Entwicklung der Insel Sylt wird maßgeblich von den folgenden Faktoren beeinflusst:

- meteorologische Verhältnisse:
Windgeschwindigkeit, -dauer und -richtung,
- hydrodynamische Verhältnisse:
insbesondere Seegang und Wasserstand,
- Eigenschaften der Sedimente und Verfügbarkeit.

Diese Faktoren müssen unter dem Einfluss von Küstenschutzbauwerken bewertet werden.

Die Ursache-, Wirkung- und Wechselwirkungskette sowie mögliche Schutzmaßnahmen sind in Abbildung 7-1 dargestellt.

Hydrodynamische Einflüsse auf die Küstenerosion

Schutz- maßnahmen

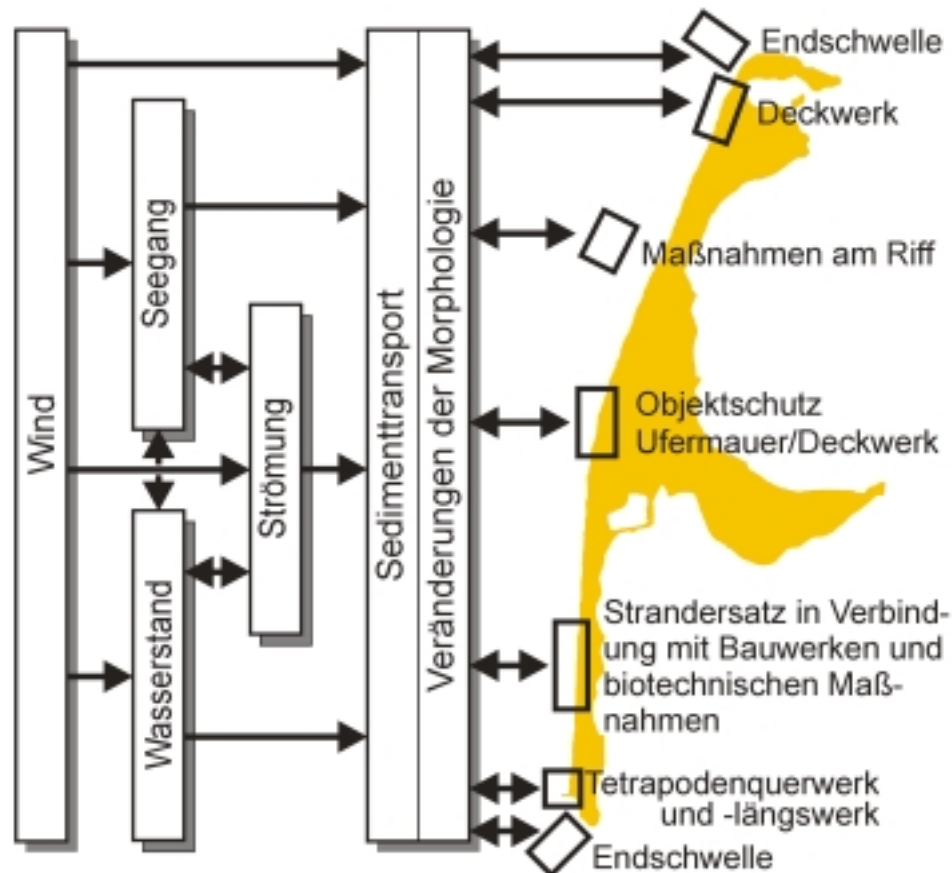


Abbildung 7-1: Ursachen, Wirkungen und Wechselwirkungen der äußeren Beanspruchungen der Küste und für Sylt denkbare Schutzmaßnahmen (schematisch, ohne lokale Zuordnung)

Abbildung 7-1 macht deutlich, dass der Wind die treibende Kraft in diesem Geschehen ist und dieser direkt den Seegang, den Wasserstand und den Sedimenttransport beeinflusst.

In Verbindung mit Strandersatzmaßnahmen, die auch in Zukunft die wichtigste Komponente zum Ausgleich der Erosionsverluste und damit für den technischen Küstenschutz auf Sylt darstellen werden, kommen als stützende Maßnahmen vor allem in Betracht:

- Bauwerke an den Inselenden
- Bauwerke, die die Belastung der Insel vermindern.

In die langfristigen Schutzmaßnahmen sind ferner Bauwerke für den Objektschutz, insbesondere Längswerke zur Sicherung erosionsgefährdeter Küstenabschnitte oder Gebäude, zu diskutieren. Endschwellen wurden bereits im BMFT-Verbundforschungsvorhaben "Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt" (Kohlhase et al. 1994) eingehend untersucht. Sie wurden auch in die "Fortanschreibung Fachplan Küstenschutz Sylt" (ALW 1997) übernommen. Von den Maßnahmen am Riff wurde bisher eine Riffverstärkung bei Kampen/Kliffende (1990) realisiert (ALW 1997). Vorhandene Bauwerke für den Objektschutz, etwa Deckwerke oder das Tetrapodenquerwerk bei Hörnum müssen in eine künftige Bewertung einbezogen werden.

Die Seegangsbedingungen als treibende Kraft des Sedimenttransports wurde im Projekt sowohl auf der Basis von Messungen als auch unter Verwendung von Seegangsvorhersageansätzen untersucht. Sie bauen auf dem vorgenannten Pro-

gramm "Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt" auf. Insbesondere stehen seit Oktober 1986 Messungen des Seegangs (im wesentlichen Bojendaten) sowie Wind- und Wasserstandsmessungen an einem Messpfahl des Amt für Ländliche Räume Husum (ALR) zur Verfügung.

Eine langzeitstatistische Bewertung der Daten unter der Vorgabe veränderter klimatischer Bedingungen setzt voraus, dass die Beziehungen zwischen Seegangs-, Wasserstands- und Winddaten bekannt sind, um den Einfluss der äußeren Beanspruchungen auf den Sedimenttransport berechnen und Einflüsse von Bauwerken quantifizieren zu können.

Da nicht von vornherein von homogenen Datensätzen ausgegangen werden kann, eine langzeitstatistische Auswertung jedoch eine kontinuierliche Aufzeichnung von Seegangsdaten zwingend notwendig macht (Fröhle 2000), müssen zunächst Datenlücken der Seegangszeitreihe geschlossen werden. Diese Wind-Wellen-Korrelation bildet die Grundlage für eine Extrapolation der Seegangsdaten auf Zustände mit entsprechend den Szenarien geänderten Randbedingungen, d.h. veränderten Wind und Wasserstandssituationen.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen des Teilprojekts „Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt“ steht die Berechnung des Energieeintrags des Seegangs, da dieser ursächlich für die Sedimentbewegungen an einer Brandungsküste ist.

Die Berechnung von Flachwassereinflüssen, die die Seegangsparameter beim Einlaufen der Wellen verändern, wird auf er Basis von linearen Verfahren vorgenommen. Der Energieeintrag wird als Energiefluss (Produkt aus Wellenenergie und Gruppengeschwindigkeit) dargestellt, wobei auf verschiedene Ansätze aus dem Schrifttum zurückgegriffen werden kann.

Der Sedimenttransport, der letzten Endes die erforderlichen technischen Maßnahmen bestimmt, wird als Sedimenttransportkapazität ausgedrückt. Dieser Begriff beinhaltet das Vermögen der Wellen, Sediment aufzunehmen und küstenparallel zu verfrachten. Die Transportkapazität wird auf der Grundlage von theoretischen Ansätzen berechnet. Er dient dazu, Küstenveränderungen zu ermitteln und die Einflüsse von Bauwerken abzuschätzen.

Als Werkzeug zur Berechnung

- der Wind- und Seegangsstatistiken,
- des Energieflusses und
- der Sedimenttransportkapazitäten

wurde das Programmpaket WinSylt (siehe Kapitel 4.4) entwickelt, das den Projektpartnern und den Fachbehörden zur Verfügung steht.

7.4 Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse zu den Arbeitsschwerpunkten im Detail vorgestellt und erläutert.

7.4.1 Wind-Wellen-Korrelation

Der Wind wird durch die Parameter Geschwindigkeit und Richtung charakterisiert; der Seegang wird auf die Parameter aus dem Richtungsspektrum Wellenhöhe (H_{m0}), Wellenanlaufrichtung (θ_m), und Wellenperiode (T_{02}) reduziert. Die Messungen haben gezeigt, dass die Instrumente zur Messung des Seegangs (Richtungswellenbojen) häufiger ausfallen; die Messeinrichtungen für den Wasserstand

und die Windverhältnisse weisen im Vergleich dazu deutlich geringere Ausfälle auf.

Wie vorher ausgeführt wurde, ist es im Rahmen der Projektarbeit somit eine vorrangige Aufgabe, die Datenlücken der Seegangszeitreihen zu schließen. Für die Verhältnisse vor Sylt wurde auf der Basis früherer Untersuchungen eine Wind-Wellen-Korrelation aufgestellt (Kohlhase et al. 1994), die es ermöglicht, fehlende Daten auf der Basis statistisch-empirischer Gesetzmäßigkeiten zu berechnen.

Die Korrelation berücksichtigt den Einfluss des Tidewasserstands und berechnet durch nicht-lineare Funktionen aus den Windparametern sowie den in den Funktionen implizit enthaltenen Einflüssen (Fetch, Flachwassereffekte etc.) den Seegang. Eine schematische Darstellung dieser Zusammenhänge kann Abbildung 7-2 entnommen werden (Witte 1999).

Wind - Wellen - Korrelation

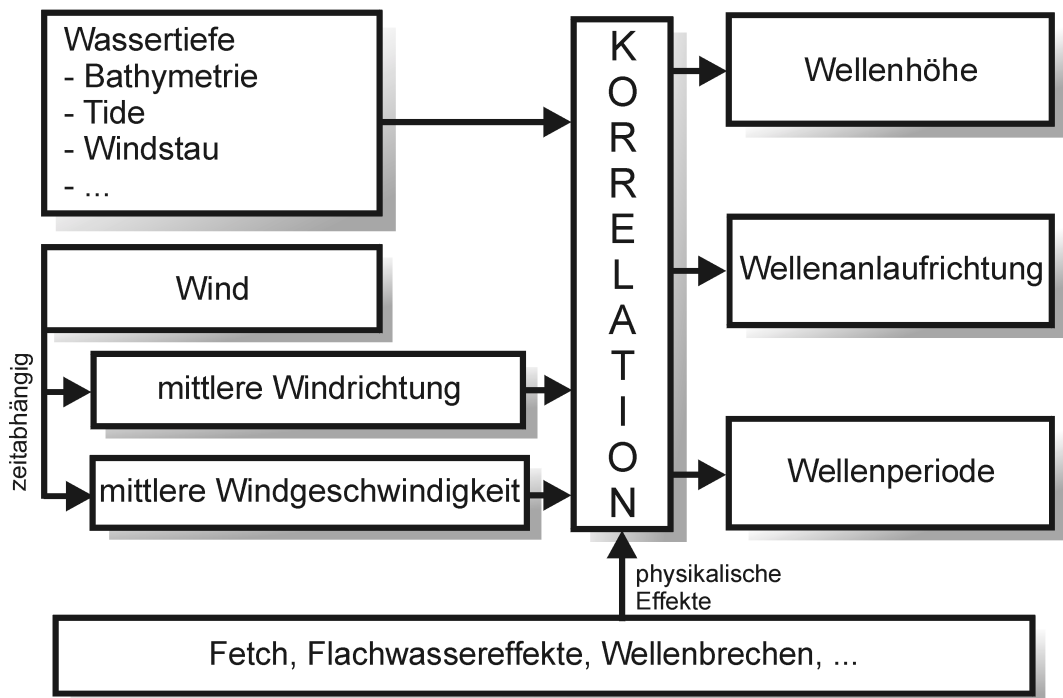


Abbildung 7-2: Schematische Darstellung der Wind-Wellen-Korrelation (Witte 1999)

Die Untersuchungen im Projekt haben ergeben, dass die Korrelation zwischen Wellenhöhe und Windgeschwindigkeit nach folgendem Ansatz durchgeführt werden kann:

$$H_i(\bar{\Theta}_U, \bar{U}, d) = (a(\bar{\Theta}_U) + b(\bar{\Theta}_U) * \bar{U}^2) * \sqrt{1 - \exp\left(-\left(\frac{\zeta * d}{a(\bar{\Theta}_U) + b(\bar{\Theta}_U) * \bar{U}^2}\right)^2\right)} \quad (\text{GL. 1})$$

In Gl. (1) sind:

H_i : signifikante Wellenhöhe. Die Bezugswassertiefe beträgt 13m, da frühere Messungen an der 13m Tiefenlinie [m] durchgeführt wurden.

$\bar{\Theta}_U$: mittlere Windrichtung der letzten vier Stunden vor der Seegangsmessung, gemessen am Messpfahl Westerland des ALR [°]

\bar{U} : mittlere Windgeschwindigkeit der letzten vier Stunden am Messpfahl [$\frac{m}{s}$]

- d : tideabhängige Wassertiefe an der vorher definierten Lokation [m]
 $a(\bar{\Theta}_U)$: richtungsabhängiger Regressionskoeffizient [m] (y-Achsenabschnitt)
 $b(\bar{\Theta}_U)$: richtungsabhängiger Regressionskoeffizient $[s^2/m]$
 ζ : iterativ ermittelter Koeffizient

Die Wellenhöhen H_i entsprechen aus dem Spektrum berechneten signifikanten Wellenhöhe H_{m0} . Für die Regressionskoeffizienten a und b wird folgender Ansatz verwendet:

$$a(\bar{\Theta}_U) = a_0 + a_1 \sin 2\bar{\Theta}_U + a_2 \cos 2\bar{\Theta}_U$$

$$\text{und: } b(\bar{\Theta}_U) = b_0 + b_1(\pm) \sin 2\bar{\Theta}_U + b_2(\pm) \cos 2\bar{\Theta}_U$$

Durch die Wind-Wellen-Korrelation werden die Lücken in einer Datenreihe geschlossen. Die Korrelationsrechnungen aus Zeitreihen der Windinformationen zeigen einen sehr guten Zusammenhang zwischen den gemessenen und nach Gl. 1 berechneten Daten wie Abbildung 7-3 verdeutlicht.

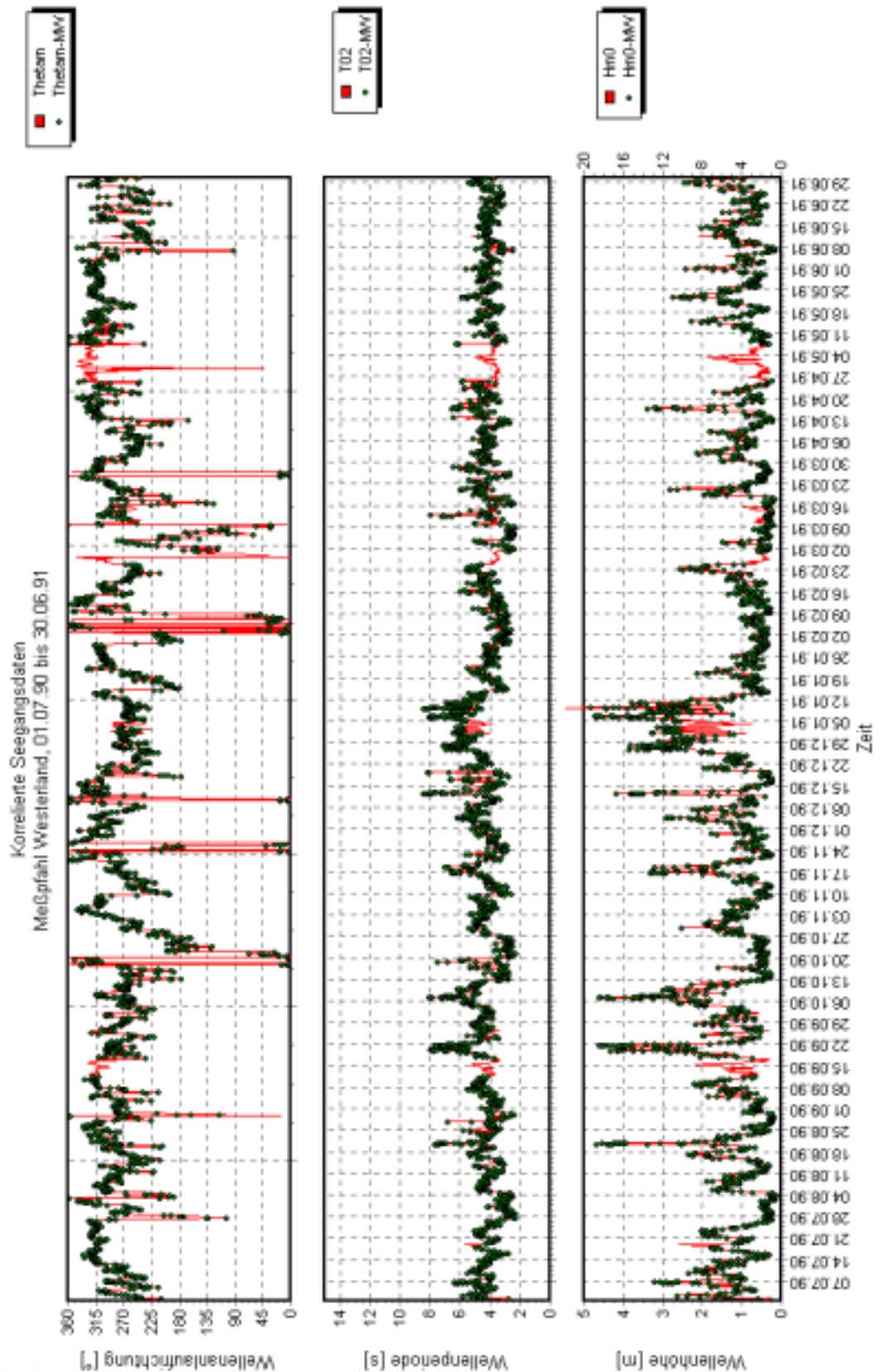


Abbildung 7-3: Zeitreihen gemessener und berechneter Seegangparameter 07/1990 bis 06/1991

Die Varianten (vgl. Kapitel A) gehen davon aus, dass sich die Windgeschwindigkeiten teilweise um bis zu 10% erhöhen und der Wind um bis zu 10° drehen kann. Diese Veränderungen können in einer Zeitreihe nicht berücksichtigt werden, da eine partielle prozentuale Anhebung von Daten in einer Zeitreihe nur sehr schwer

oder gar nicht realisiert werden kann und die modifizierte Zeitreihe dann möglicherweise keinen Zusammenhang mehr zur Physik haben kann.

Diese Überlegungen haben dazu geführt, die Wind-Wellen-Korrelation für Zeitreihen auf Seegangs- und Windstatistiken zu übertragen. Es wird somit eine verallgemeinerte Form der funktionalen Zusammenhänge zwischen Wind- und Seegangsdaten speziell für die Berechnung der Richtungsseegangsstatistik direkt aus der Windstatistik ermöglicht.

Da jedoch hierbei der zeitliche Bezug zwischen den Datensätzen nicht mehr gegeben ist, müssen die aus der Tidebewegung resultierenden zeitlichen Wasserstandsänderungen vernachlässigt werden. Der Wasserstand wird entsprechend durch einen mittleren Wasserstand wiedergegeben. Die Änderungen des Wasserstandes infolge von Windstau werden berechnet und somit direkt berücksichtigt (Witte et al. 1998a).

Das Vorgehen der Korrelation zwischen Wind- und Seegangsstatistiken ist in Abbildung 7-4 zu erkennen. Für alle Klassenmitten, gebildet aus Windgeschwindigkeit und Windrichtung, wird mittels Wind-Wellen-Korrelation die zugehörige Seegangsklasse, die die Wellenhöhe und Wellenrichtung umfasst, ermittelt. Der prozentuale Wert aus der Windstatistik wird an die zugehörige Zelle der Seegangsstatistik übergeben. So wird eine Seegangsstatistik aufgebaut, die zu 100% alle Ereignisse berücksichtigt. Vergleichsrechnungen mit Seegangsstatistiken aus Zeitreihen und aus korrelierten Windstatistiken haben ergeben, dass Abweichungen zwischen den Berechnungsarten unter 10% liegen.

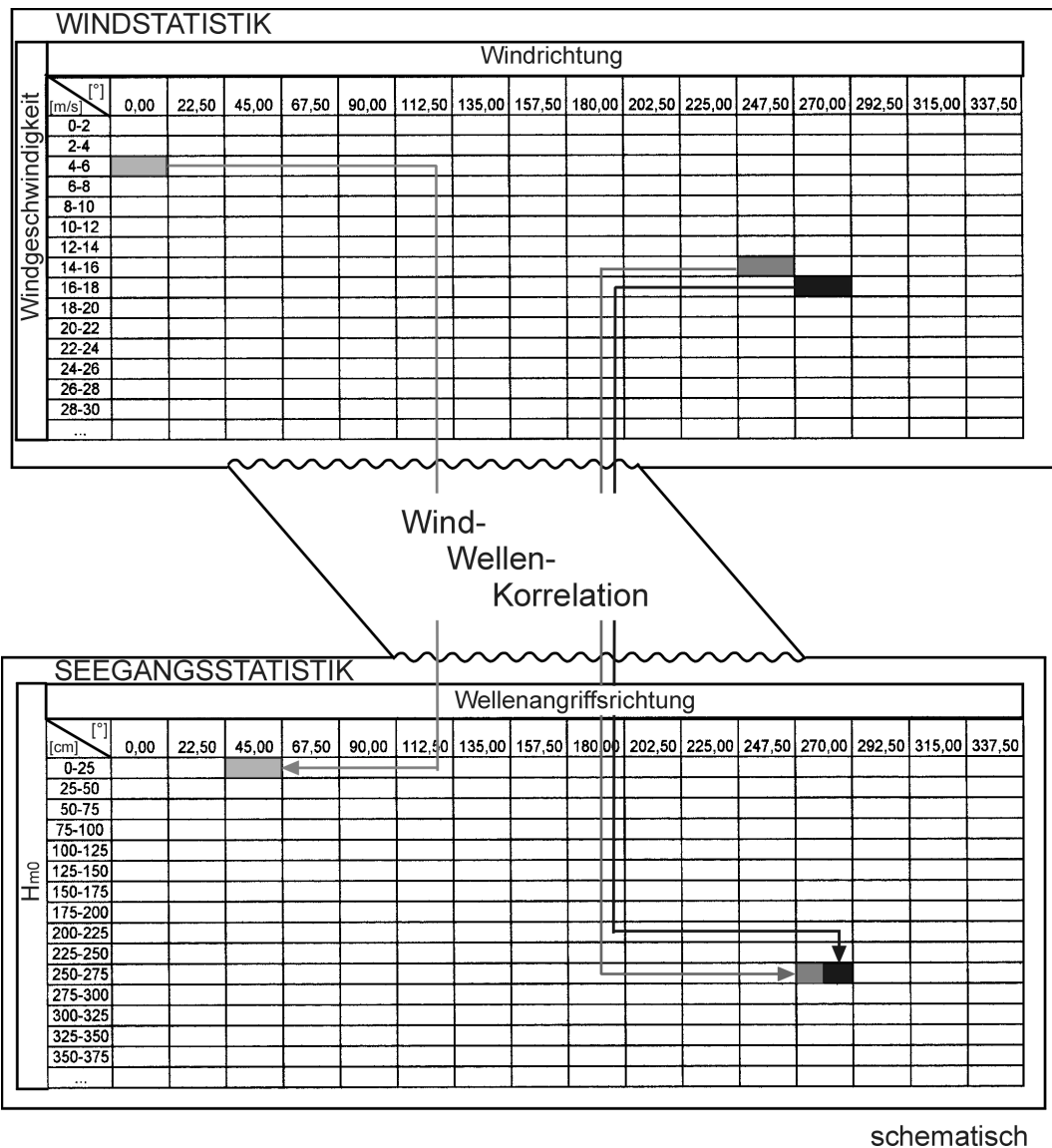
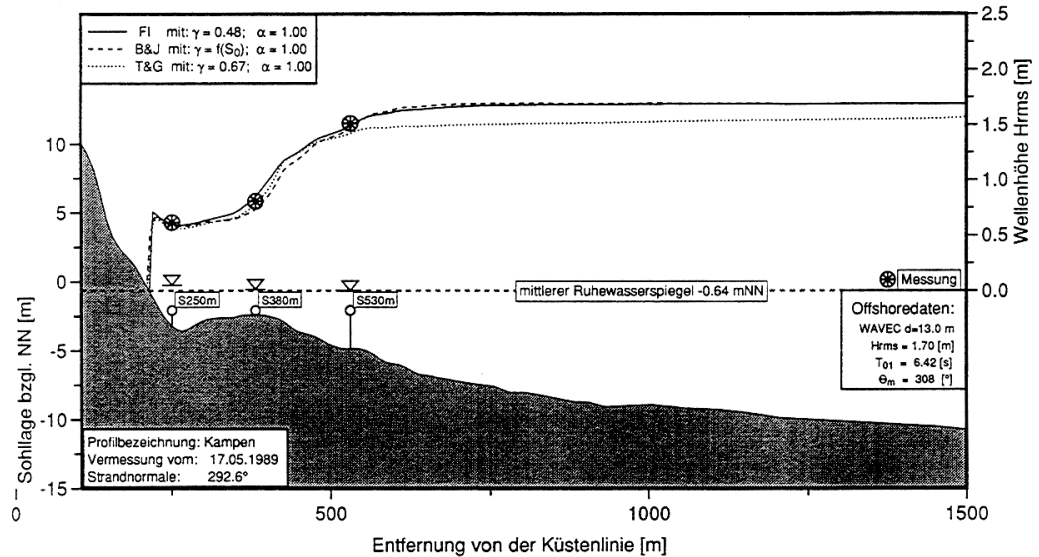


Abbildung 7-4: Schematische Darstellung des Zusammenhanges zwischen Wind- und Seegangsstatistiken

7.4.2 Energieflussberechnungen

Es existieren viele Modelle für die Simulation der Wellentransformation an geeigneten, unprofilierten Küsten, von denen die Ansätze von BATTJES & JANSSEN, THORNTON & GUZA, DALLY und TUCKER ET AL. am bekanntesten sind. Einige der Modelle zur Berechnung des Energieflusses wurden von Partenscky et al. (1988) und Kohlhase et al. (1994) analysiert und weiterentwickelt.

Energieflussmodelle basieren auf dem Gesetz der Energieerhaltung. Das bedeutet, dass die Energie im System durch Wellenbrechen, Bodenreibung oder Windschub an der Wasseroberfläche nur verändert wird. Dabei sind die Anteile der dissipierenden Terme aus Wellenbrechen und Bodenreibung am wichtigsten. Die Veränderung der Energie, d.h. die zeitlich gemittelte Energiedissipation ϵ_d pro Flächeneinheit, muss durch geeignete mathematische Formulierungen beschrieben werden. Die Formulierung der Differentialgleichung für den Energiefluss lautet in allgemeiner Form:



$$\frac{\partial F}{\partial s} + \varepsilon_d = 0 \quad (\text{GL. 2})$$

Abbildung 7-5: Vergleich der Wellenhöhen aus den Messungen und den Berechnungen mit verschiedenen Energieflussansätzen (Kohlhase et al. 1994)

In Gl. (2) sind:

F : Zeitlich gemittelter vertikal integrierter Energiefluss in Fortschrittsrichtung s der Wellen

ε_d : zeitlich gemittelte Energiedissipation pro Flächeneinheit

Die Energieflusskomponente F_x (in Profilrichtung x) wird durch die lineare Wellentheorie berechnet. Danach ist:

$$F_x = E \cdot c_g \cdot \cos \alpha \quad (\text{GL. 3})$$

worin: α = Winkel zwischen der Strandnormalen und der Wellenanlauffrichtung

Die Energie des unregelmäßigen Seegangs ist definiert durch:

$$E = \frac{1}{8} \rho \cdot g \cdot H_{\text{rms}}^2 \quad (\text{GL. 4})$$

mit:

ρ : Dichte von Wasser [kg/m^3]

g : Erdbeschleunigung [m/s^2]

H_{rms} : Wellenhöhe (root mean square) [m]

Die seeseitigen Randbedingungen F_{x0} , und $H_{\text{rms}0}$, und die Perioden- und Richtungsparameter des Seegangs T_{02} und θ_{m0} an der Position x_0 sind durch die Messungen und aus Wind-Wellen-Korrelation bekannt. Die Wassertiefe d an der Messstelle beträgt $d = 13\text{m NN}$. Die entsprechenden Seegangsdaten werden an der Modellgrenze eingesteuert und sind mit dem Index 0 bezeichnet. Durch schrittweise Berechnung der Dissipation zwischen zwei benachbarten Punkten im Profil kann die Veränderung des Energieflusses wie folgt beschrieben werden:

$$F_{x(i)} = F_{x(i-1)} - \Delta x \cdot \varepsilon_{d(i-1) \rightarrow (i)} \quad (\text{GL. 5})$$

Der Dissipationsterm beinhaltet zum einen das Wellenbrechen und zum anderen die Bodenreibung, wobei der Anteil durch das Wellenbrechen höher ist als der der Bodenreibung. Die vorgenannten theoretischen Modelle basieren auf den o.a. Grundlagen, sind aber teilweise komplexer, da sie auch die Veränderung der Wellenhöhenverteilung nach dem Wellenbrechen berücksichtigen.

Zur Verifikation des Ansatzes wurden gemessene und berechnete Wellenhöhen entlang eines Profils miteinander verglichen. Im Berechnungsbeispiel Abbildung 7-5 zeigt sich, dass der erweiterte Ansatz nach Tucker (ausgezogene Linie in Abbildung 7-5, FI) die vergleichsweise besten Ergebnisse liefert.

Ein Beispiel für den aus der Wellenhöhenabnahme berechneten Energiefluss ist in Abbildung 7-6 aufgeführt. Die Abbildung zeigt die kumulierten Energieflusskomponenten nach dem modifizierten Ansatz von TUCKER entlang eines ausgewählten Profils vor Sylt. Die Berechnungen wurden mit einer Statistik durchgeführt, die den Zeitraum von 07/1990 bis 06/1991 umfasst.

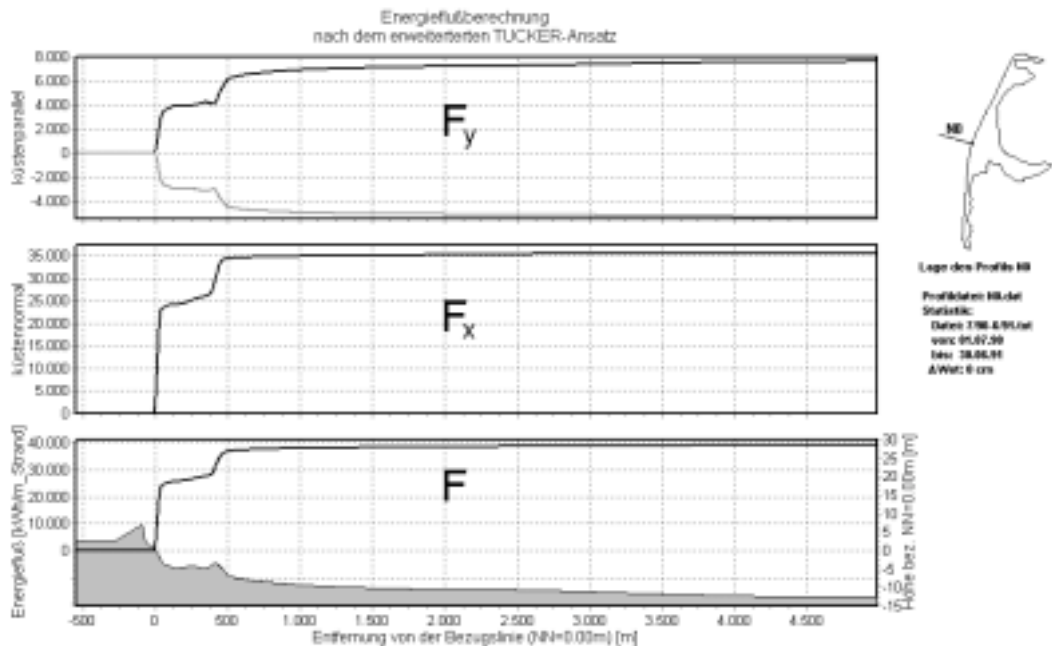


Abbildung 7-6: Küstenparalleler und küstennormaler Energiefluss des Profils N0, Insel Sylt für den Zeitraum 1990 bis 1991, berechnet nach einem erweiterten Tucker-Ansatz (nach Witte 1999)

Es ist gut zu erkennen, dass die Energiedissipation in der Brandungszone deutlich zunimmt. Die Energie wird im Wesentlichen über dem Riff und direkt am Strand umgewandelt. Die Anteile der Energiedissipation über dem Riff und am Strand hängen im Wesentlichen vom Gesamtenergieeintrag und vom aktuellen Wasserstand ab (Witte et al. 1998b).

7.4.3 Berechnung der Sedimenttransportkapazitäten

Aus dem küstenparallelen Energiefluss entlang eines Profils kann die zugehörige Sedimenttransportkapazität abgeleitet werden. Für die Berechnung der Morphodynamik wird ein Sedimenttransportansatz verwendet, der auf der im Shore Protection Manual (CERC 1984) vorgeschlagenen Transportbeziehung für den Küstenlängstransport basiert. Die in der CERC-Formulierung verwendete parallel zur Küste gerichtete Energiedissipation D_y entspricht der Differenz der resultierenden Energieflüsse F zwischen zwei Stützstellen. Die Energiedissipation erfolgt abhängig vom Winkel α zwischen der Wellenanlaufriichtung und der Strandnormalen des Profils:

$$D_y = -\frac{\partial F}{\partial s} \sin \alpha \quad \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (\text{GL. 6})$$

Unter Berücksichtigung der Dissipation D_y , der Lagerungsdichte a' , der Dichte für das Sediment ρ_s und das Wasser ρ sowie eines empirischen Koeffizienten K , der an Naturmessungen geeicht werden muss, kann das küstenlängs gerichtete Sedimenttransportvermögen ΔQ_y nach Gl. (7) abgeschätzt werden.

$$\Delta Q_y(x) = -\frac{K}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot a'} D_y \Delta x \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (\text{GL. 7})$$

Für diese Formulierung wurden für die Verhältnisse im Bereich der Insel Sylt folgende Kenngrößen ermittelt:

- a' : 0,6 [-]
- ρ_s : 2.560 [kg / m³]
- ρ : 1.025 [kg / m³]

Der Beiwert K wird entsprechend der CERC-Empfehlungen (CERC 1984) zu $K = 0,78$ angenommen. Gleichung 7 lässt sich für die Bedingungen vor Sylt somit wie folgt reduzieren:

$$\Delta Q_y(x) = -0,3047 \cdot D_y \Delta x \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (\text{GL. 8})$$

Beispielhaft für das schon vorher angegebene Profil N0 im Mittelteil der Insel Sylt sind in Abbildung 7-7 die nach Norden und Süden gerichteten Energieflusskomponenten und die zugehörige Sedimenttransportkapazitäten dargestellt. Der direkte Zusammenhang zwischen der Energiedissipation und den Sedimenttransportkapazitäten ist deutlich zu erkennen. Ist die Energiedissipation, d.h. sind die Veränderungen im Energiefluss groß, sind auch hohe Transportkapazitäten zu verzeichnen (Witte et al. 1999b).

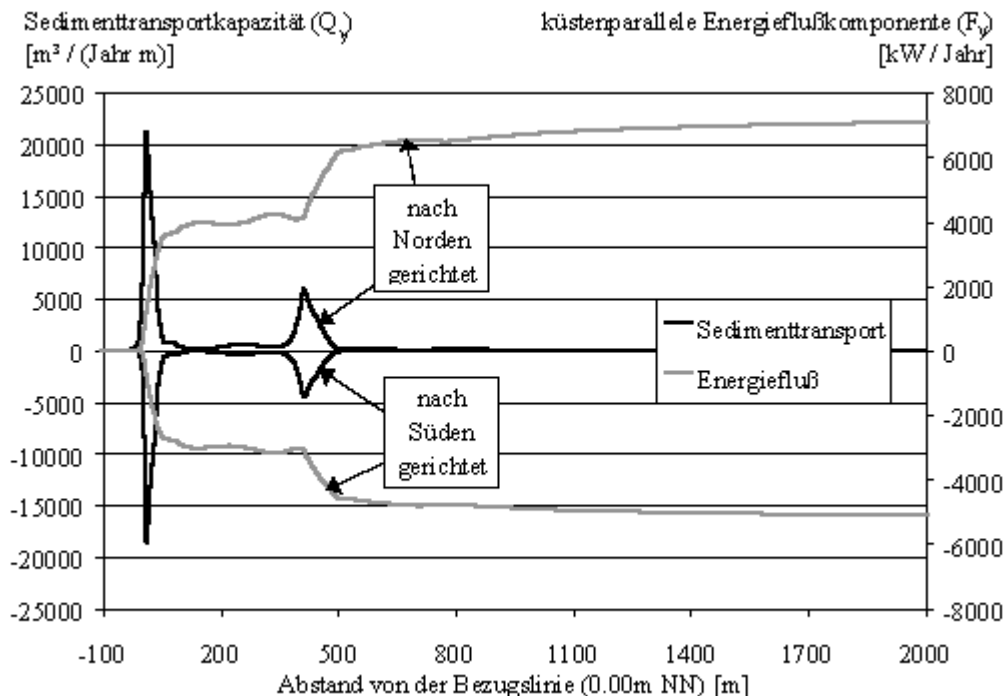


Abbildung 7-7: Küstenparallele Energieflusskomponenten im Profil N0 und zugehörige Sedimenttransportkapazitäten im Zeitraum 07/1990 - 06/1991

Für das gleiche Berechnungsbeispiel sind in Abbildung 7-8 nur die Verteilung der Sedimenttransportkapazitäten entlang eines Profils dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich zwei Kernzonen des Sedimenttransports ausweisen lassen.

Der eine Bereich liegt über dem Riff, und der andere befindet sich im Bereich des Strandes.

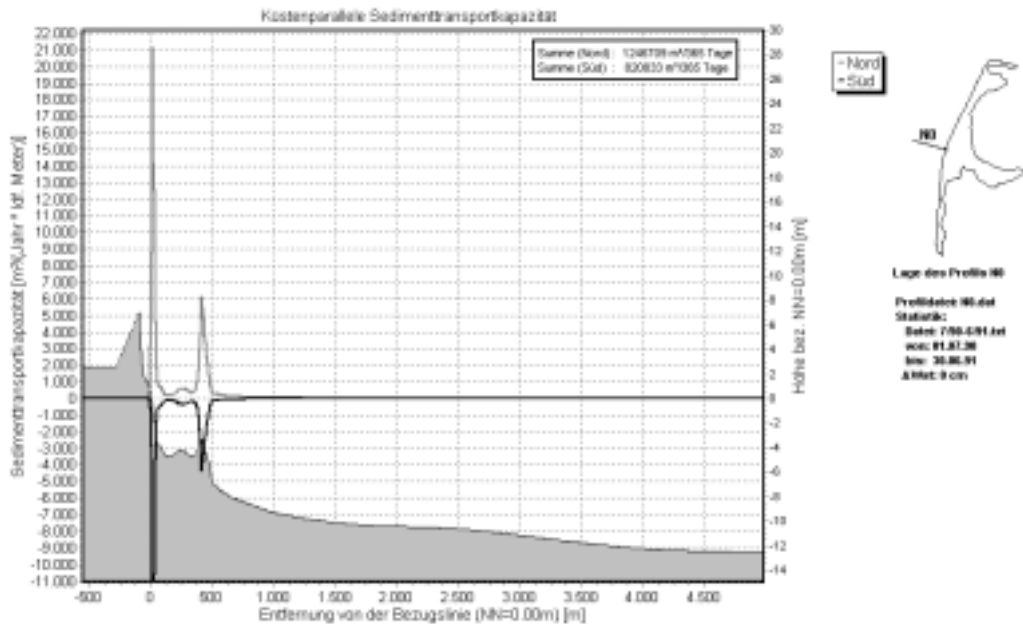


Abbildung 7-8: Küstenparallele (nach Norden und Süden) Sedimenttransportkapazitäten entlang eines Profils für den Zeitraum 07/1990 bis 06/1991

Die Berechnungen haben gezeigt, dass abhängig von den hydrodynamischen Bedingungen (Wasserstand und Energieeintrag) ca. 30 - 50% des Sedimenttransportes über dem Riff stattfinden.

Ein direkter Zusammenhang zwischen Sedimenttransport und örtlicher Akkumulation oder Erosion von Sedimenten kann aus Gründen des Sedimenthaushalts nicht angegeben werden (siehe hierzu Kohlhasse 1991), da ein hoher Sedimentdurchsatz nicht zwangsläufig zu morphologischen Änderungen führt. Erosion und Akkumulation aus dem Längstransport von Sedimenten werden vielmehr durch den Gradienten der Transportkapazitäten bestimmt. Dabei sind durch das örtlich verfügbare Sediment Grenzen gegeben. Eine Abschätzung der erodierten bzw. akkumulierten Sedimentmengen erfordert daher die Einbeziehung der Transportkapazitäten der jeweils benachbarten Abschnitte. Abbildung 7-9 zeigt die Methodik zur Bilanzierung der Sedimenttransportkapazitäten.

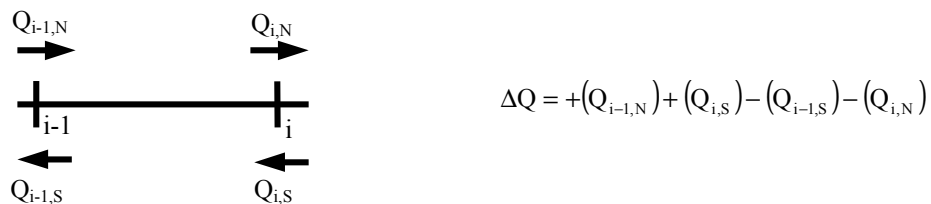


Abbildung 7-9: Bilanzierung der Sedimenttransportkapazitäten der Abschnitte i-1 und i

Die Berechnungen werden zwischen zwei Elementen (i-1 und i) der Küste, getrennt für die Transporte in nördliche ($Q_{i,N}$) und südliche Richtung ($Q_{i,S}$) durchgeführt. Die bilanzierte Sedimenttransportkapazität ΔQ wird jeweils dem Bereich zwischen den beiden Elementen i-1 und i zugeordnet. Bei der Bilanzierung muss davon ausgegangen werden, dass in diesen beiden Abschnitten ausreichend Sediment für den Transport zur Verfügung gestellt werden kann.

Aus der Bilanz der Sedimenttransportkapazitäten können nun die Gebiete bestimmt werden, in denen Erosion ($\Delta Q < 0$) oder Akkumulation ($\Delta Q > 0$) auftritt. Für die Gesamtbilanzierung von Sedimenterosion und Sedimentakkumulation für die Insel Sylt werden die Sedimenttransportkapazitäten an allen Profilen berech-

net (Abbildung 7-10). Für die Bewertung der Berechnungsergebnisse müssen die vorgenannten Einschränkungen und Voraussetzungen berücksichtigt werden.

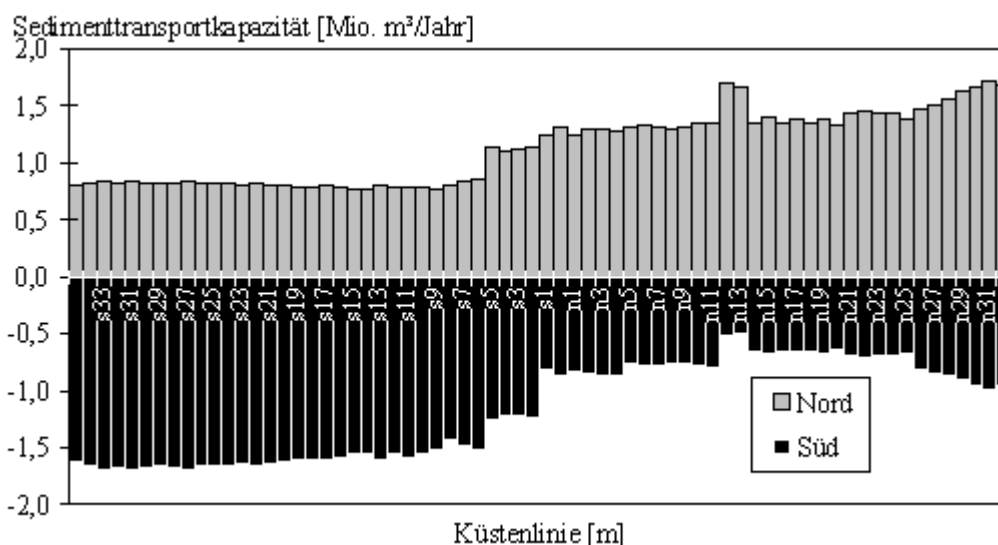


Abbildung 7-10: Sedimenttransportkapazitäten nach Norden und Süden für alle Profile entlang der Westküste

Die Bilanzierung der Sedimenttransportkapazitäten entlang der Küste zeigt einen rechnerischen Sedimentverlust von ca. 1,02 Mio. m³ (Witte et al. 1999c). Die natürliche Variabilität, d.h. die Unterschiede zwischen verschiedenen Jahren (90-91, 92 und 88-98), des resultierenden Sedimenttransportes liegt nach den durchgeführten Berechnungen bei rd. 0,9 - 1,1 Mio. m³ pro Jahr (vgl. Abbildung 7-11).

Die berechneten Verluste sind damit in guter Übereinstimmung mit den Verlustberechnungen des ALR aus den synoptischen Vermessungen der Jahre 06/1992 und 05/1999. Diese Analysen ergaben (ALR 2000) einen Sedimentverlust von 1,078 Mio. m³.

7.4.4 Variationsrechnungen zu definierten Szenarien

Im Rahmen der Fallstudie Sylt wurden in der Projektgruppe Szenarien definiert (vgl. Kapitel A), die die klimatische Variabilität der maßgebenden Einflussfaktoren beschreiben. Die am Institut für Wasserbau der Universität Rostock durchgeführten Untersuchungen berücksichtigen den Einfluss der Veränderlichkeit des Windes und des Wasserstandes auf den Energiefluss und die damit verbundenen Sedimenttransportkapazitäten. Die Veränderlichkeit des Windes wurde definiert als maximale Erhöhung der Windgeschwindigkeiten um 10% und Verdrehung der Windrichtungen um bis zu 10° nach Norden und Süden.

Tabelle 7-1: Varianten der Veränderlichkeit des Windes (nach Kap. A)

Variante	Windgeschwindigkeit	Windrichtung
A	+10% aus 292,5° bis 337,5°	keine Veränderungen
B	+10% aus 202,5° bis 247,5°	keine Veränderungen
C	+10% aus 292,5° bis 337,5°	verschwenken um +10° nach Nord
D	+10% aus 202,5° bis 247,5°	verschwenken um +10° nach Süd

Die in den Varianten A bis D angegebenen Windsituationen wurden zusätzlich mit um 0,50m erhöhten Wasserständen untersucht. Die Szenarienrechnungen wurden für die Statistik der Jahre 1988 – 1998 durchgeführt, damit sichergestellt ist, dass alle relevanten Klassen der Statistik mit hoher Wahrscheinlichkeit belegt

sind. Beispielhaft sind Ergebnisse der Berechnungen in Abbildung 7-11 im Vergleich mit Berechnungen zur natürlichen Variabilität der Wellen dargestellt (vgl. Abschnitt 4.3.).

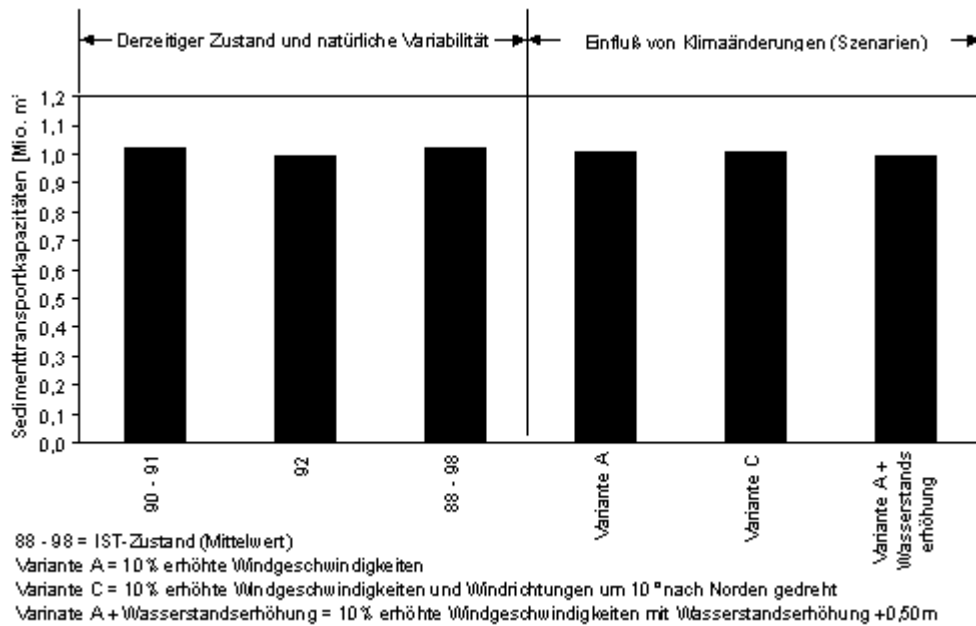


Abbildung 7-11: Variabilität der Sedimenttransportkapazitäten

Es ist zu erkennen, dass die berechneten Ergebnisse gemäß Abbildung 7-11 keine signifikanten Unterschiede in der Gesamtbilanz der Sedimenttransportkapazitäten aufweisen. Die Untersuchungen zu den Windszenarien zeigen, auch in Kombination mit erhöhten Wasserständen, keine wesentlichen Veränderungen in der Gesamtbilanz der Transportkapazitäten im Vergleich zu der "natürlichen" Variabilität.

Signifikante Unterschiede ergeben sich bei steigenden Wasserständen jedoch in Hinblick auf lokale Effekte im Profil. Abbildung 7-12 zeigt deutlich, dass der Sedimenttransport im Profil im Wesentlichen über dem Riff und im Bereich des Strandes stattfindet.

Mit steigendem Wasserstand nimmt der Transport über dem Riff ab und im Strandbereich zu. Bei den Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass sich die Morphologie der Küstenprofile nicht verändert, so dass dieses Ergebnis nicht überrascht. Es ist aber davon auszugehen, dass sich die Wassertiefen zumindest teilweise an die veränderten Wasserstandsverhältnisse anpassen werden, da sich der Prozess der Wasserstandserhöhung nur sehr langsam vollziehen wird. Die Untersuchungen stellen somit den ungünstigsten Fall der Kombination aus veränderter Morphologie und Wasserstandserhöhung dar.

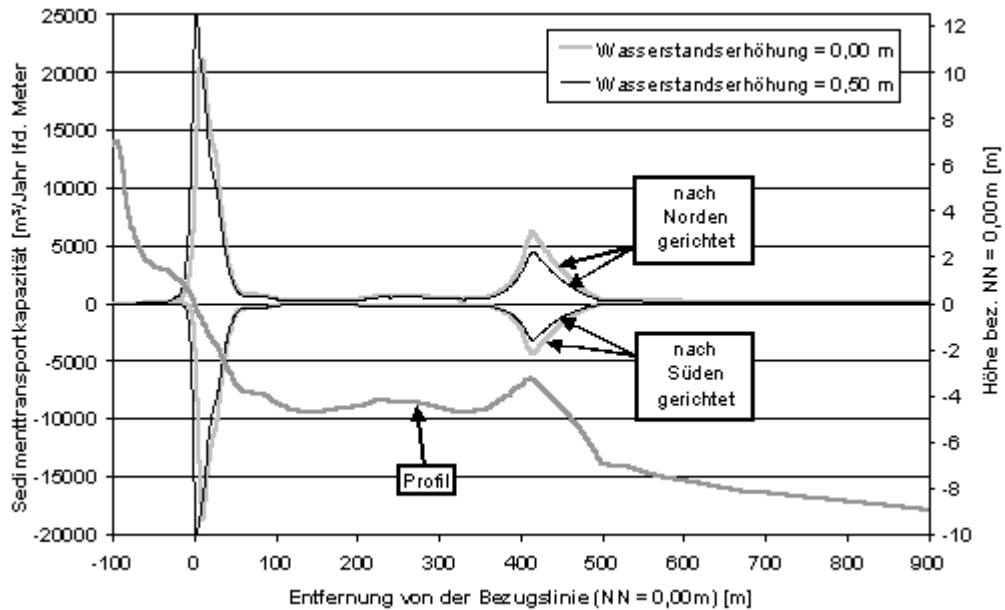


Abbildung 7-12: Veränderlichkeit der Sedimenttransportkapazitäten entlang eines Profils aufgrund steigender Wasserstände

Es ist aus Abbildung 7-12 auch gut zu erkennen, dass sich die Sedimenttransportkapazitäten mit steigendem Wasserstand (im Beispiel +0,50m) zum Strand verschieben. Diese Tendenz wird sich mit noch größeren Wasserstandserhöhungen noch weiter verstärken, ohne dass daraus aber direkt auf einen höheren Küstenrückgang geschlossen werden könnte.

Für die Diskussionen möglicher Optionen der Küstenschutzplanung wurden ferner Vergleichsrechnungen zum Einfluss steigender Wasserstände und einer veränderlichen Morphologie auf die seegangsdämpfende Wirkung des Riffes und somit auf den Sedimenttransport durchgeführt (Witte et al. 1999a). Dabei wurden Querprofile im Strandbereich, auf dem Riff und seeseitig des Riffs wie am Beispiel des Profils N0 in Abbildung 7-13 und Tabelle 7-2 angegeben ist, wie folgt verändert:

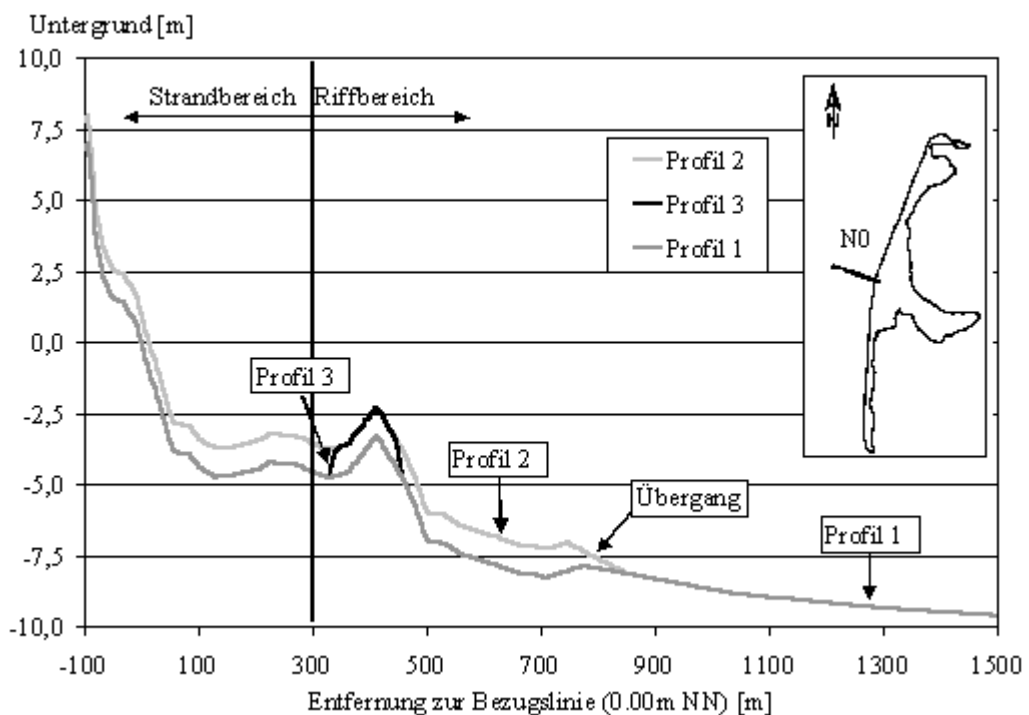


Abbildung 7-13: Variation eines Referenzprofils, Beispiel Profil N0

Neben dem Referenzprofil (Profil 1), das den heutigen Zustand (hier Profil N0) repräsentiert, wurden zwei Varianten (Profil 2 und 3) untersucht, die in Tabelle 7-2 charakterisiert sind.

Tabelle 7-2: untersuchte Varianten des Profils

Profil 1	Referenzprofil \equiv N0
Profil 2	Profil folgt der Wasserstandserhöhung, ist also - unabhängig vom Ort - um das Maß des Wasserstandsanstiegs (hier = 1m) angehoben. Außerhalb des angehobenen Bereichs (-500 bis +850m) wurde ein linearer Übergang zum Referenzprofil, wie aus Abbildung 7-15 erkenntlich ist, vorgenommen.
Profil 3	Rifferhöhung: Der Riffbereich +300m bis +450m wurde um einen Meter angehoben.

Der untersuchte Einfluss steigender Wasserstände auf die küstenparallelen Sedimenttransportkapazitäten ist in Abbildung 7-14 für das Berechnungsbeispiel (Profil N0) dargestellt. In den in Abbildung 7-14 dargestellten Ergebnissen wurde das Profil in seiner Form nicht variiert. Der Einfluss erhöhter Wasserstände auf die Transportkapazitäten wurde getrennt für den Strand- und den Riffbereich entsprechend Abbildung 7-13 unterteilt.

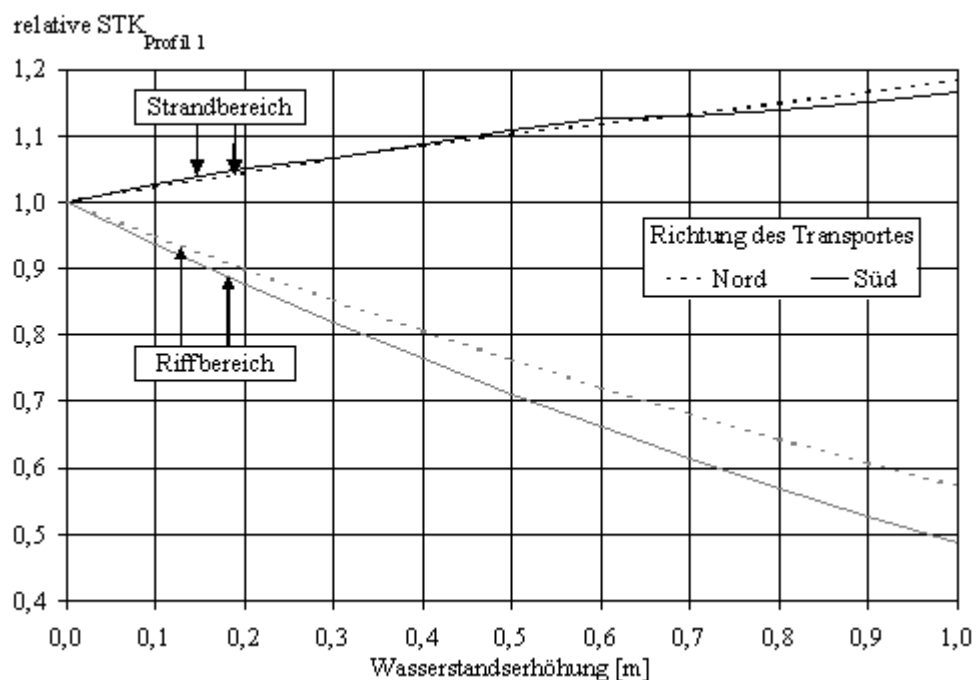


Abbildung 7-14: Einfluss steigender Wasserstände auf die Sedimenttransportkapazitäten (Profil 1) im Strand- und Riffbereich

Die küstenparallele Sedimenttransportkapazität (STK) wird auf den Zustand ohne Wasserstandserhöhung normiert. Es ist zu erkennen, dass mit steigendem Wasserstand die Sedimenttransportkapazitäten im Strandbereich zunehmen, während im Riffbereich die Sedimenttransportkapazitäten abnehmen.

Die Ergebnisse der berechneten Sedimenttransportkapazitäten, die mit einem erhöhten Profil (Profil 3) in Bezug auf das Referenzprofil (Profil 1) durchgeführt

wurden, sind in Abbildung 7-15 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Sedimenttransportkapazitäten im Strandbereich für alle Wasserstände geringer und im Riffbereich größer als im Referenzzustand sind. Die Sedimenttransportkapazitäten sind auch ohne Wasserstandserhöhung im Riffbereich signifikant höher und im Strandbereich deutlich geringer als im Referenzzustand. Das bedeutet, dass bei einem erhöhten Riff auch ohne Wasserstandserhöhung mehr Transport über dem Riff stattfindet.

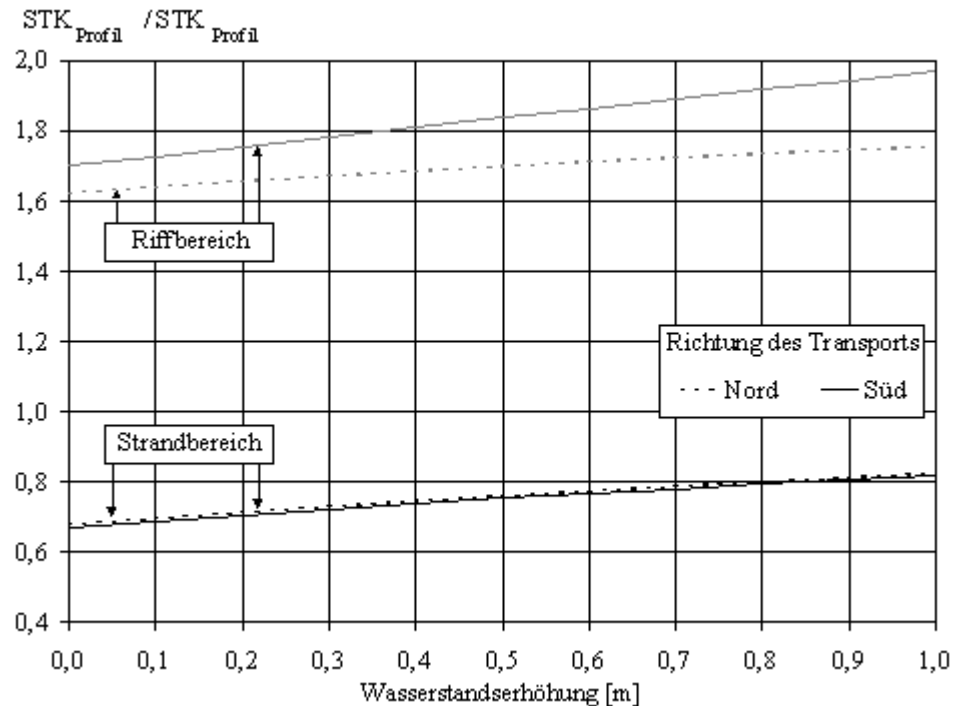


Abbildung 7-15: Einfluss eines gegenüber dem Referenzprofil (Profil 1) erhöhten Riffs (Profil 3) auf die Sedimenttransportkapazitäten als Funktion der Wasserstandserhöhung

Es zeigt sich weiter, dass auch mit steigendem Wasserstand die Sedimenttransportkapazitäten bei einem Profil mit einem erhöhten Riff höher sind als im Referenzzustand, d.h. dass die seegangsdämpfende Wirkung eines erhöhten Riffs immer höher ist als der Referenzfall. Im Allgemeinen nimmt die Wirkung des Riffs aber mit steigendem Wasserstand dennoch ab. Diese Ergebnisse stehen in sehr guter Übereinstimmung mit den Untersuchungen zur wellendämpfenden Wirkung eines Riffs (Partensky et al. 1988).

7.4.5 Entwicklung eines Programmpakets für die Datenverarbeitung und Simulation

Die Untersuchungen im Teilprojekt „Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt“ sind eingebunden in die sehr unterschiedlich ausgerichteten Arbeitszielen der anderen Projektpartner. Ein Schwerpunkt der Arbeiten war daher die Entwicklung eines Programmpakets „WinSylt“ für die Datenverarbeitung und Simulation, mit dem ein Zugriff anderer Nutzer gegeben ist und Wünsche der Projektpartner gezielt bearbeitet werden können. Das Programm enthält eine Zusammenstellung von Funktionalitäten zur Unterstützung des Anwenders (Projektbearbeiter, Mitarbeiter in Fachbehörden, etc.) bei der täglichen Arbeit. Das Programm WinSylt besteht aus zwei Kernfunktionen:

- Werkzeug zur Auswertung, Präsentation und Bewertung von Seegangs-, Wind- und Wasserstandsdaten
- Simulation des Energieflusses und der Sedimenttransportkapazitäten.

Das Programm erlaubt einen flexiblen und komfortablen Zugriff auf beliebig lange Zeitreihen. Diese Funktion ermöglicht die


- Darstellung beliebig langer Zeitreihen aus Seegangs-, Wind- und Wasserstandsmessungen als Diagramme und Tabellen
- Statistische Auswertung beliebiger Zeitabschnitte der Seegangs-, Wind- und Wasserstandsinformationen in Form von Häufigkeitsverteilungen
- Wind-Wellen-Korrelation zur:
 - Berechnung von Seegangszeitreihen aus Wind- und Wasserstandszeitreihen
 - Berechnung von Seegangsstatistiken aus Wind- und Wasserstandsstatistiken

Die in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellte Modellkette aus Energieflussberechnungen und Sedimenttransportberechnungen zur Sedimentbilanzierung entlang der Westküste der Insel Sylt wurde in das Programm implementiert.

Dabei sind folgende Funktionen für die Simulationen möglich:

- numerische Berechnung des Energieflusses aus Zeitreihen und Statistiken nach unterschiedlichen Ansätzen entlang ausgewählter Strandprofile
- numerische Berechnung der Sedimenttransportkapazitäten aus Zeitreihen und Statistiken entlang ausgewählter Strandprofile
- numerische Sedimentbilanzierung der küstenparallelen Sedimenttransportkapazitäten entlang der Westküste der Insel Sylt

Das Programm  WinSylt ermöglicht sowohl das direkte Erstellen von Tabellen und Diagrammen zu den durchgeführten Rechnungen im Programm als auch das Exportieren der Ergebnisdaten zur Weiterbearbeitung in anderen Anwendungen.

 WinSylt ist mit der Programmierumgebung *Delphi* für die 32-Bit-Betriebssysteme Windows 95, 98 und NT entwickelt worden. Durch die konsequente Nutzung der Windows-Funktionalitäten ist eine benutzerfreundliche Arbeitsoberfläche geschaffen worden, die den Anwender durch die Struktur leitet.

7.4.6 Bewertung ausgewählter Bauwerke

Die im Teilprojekt „Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt“ erzielten Ergebnisse haben das überraschende Ergebnis gezeigt, dass sich die jährlich zu erwartenden Sedimentverluste an der Westküste der Insel Sylt - unter den angenommenen Klimaimpaktsszenarien (Kap. A) - nicht signifikant verändern werden. Dieses wurde in Kap. 4.4 im Einzelnen dargestellt. Es besteht daher zunächst kein Grund, die Aussagen des Fachplans, dass Strandersatzmaßnahmen die technisch sinnvollste und kostenmäßig günstigste Maßnahme für die Insel Sylt darstellen, in Zweifel zu ziehen.

Diese für den künftigen Küstenschutz wichtige Aussage wird dadurch gestützt, dass der Fachplan (ALW 1985) und dessen Fortschreibung (ALW 1997), unter wissenschaftlicher Begleitung aller damals wichtigen Hochschulinstitute (Universität Hannover, Universität Kiel, Technische Universität Braunschweig) aufgestellt wurde. Das für den Küstenschutz zuständige AMT FÜR LAND- UND WASSERWIRTSCHAFT (ALW) Husum (heute AMT FÜR LÄNDLICHE RÄUME, ALR) hatte zusätzlich einen renommierten wissenschaftlichen Koordinator eingeschaltet.

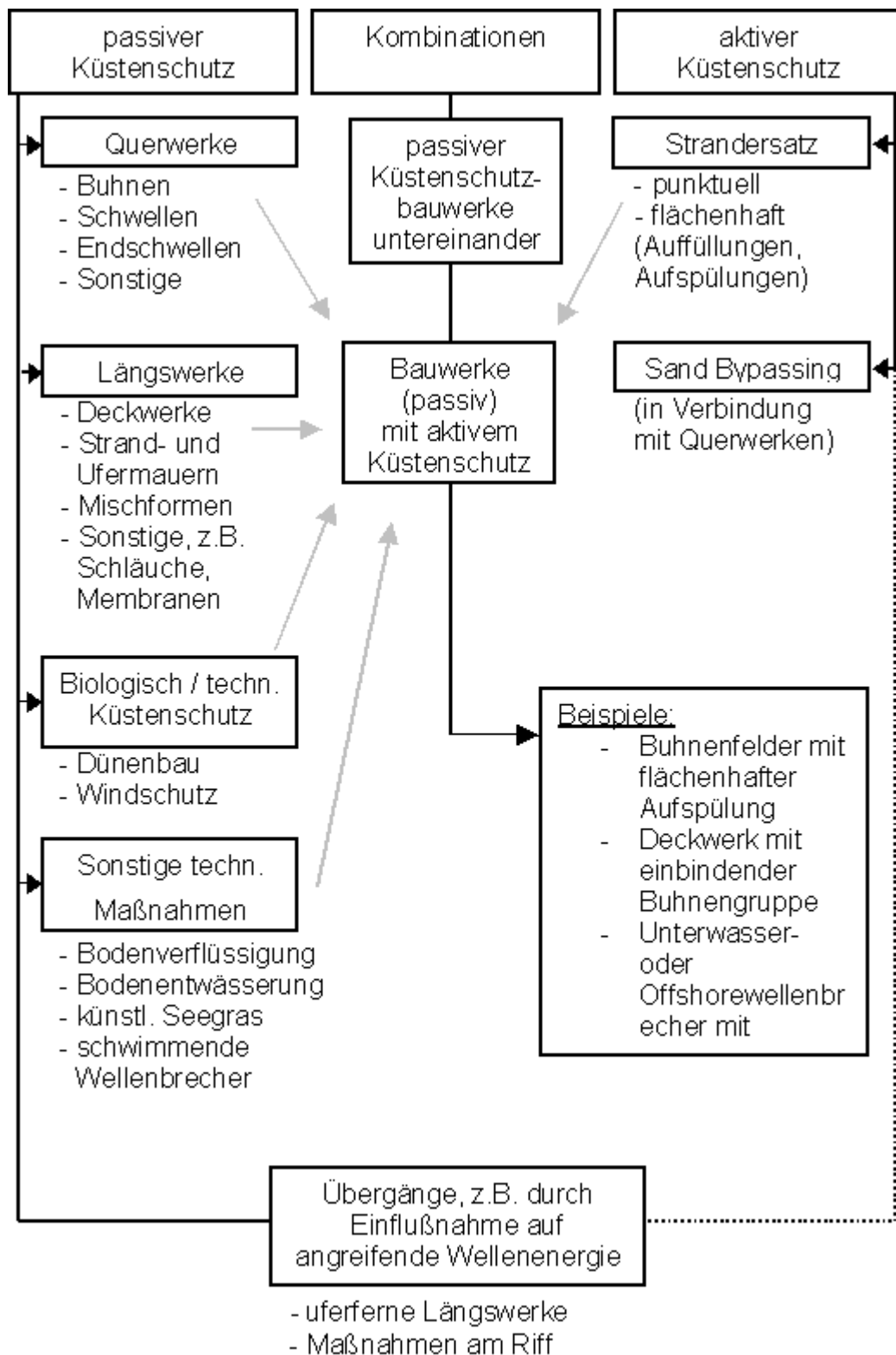


Abbildung 7-16: Überblick über die technischen Maßnahmen zum Schutz sandiger Küsten (Kohlhase 1999)

In die Untersuchungen sind also vielfältige Erfahrungen zum Küstenschutz der Insel Sylt eingeflossen. Es ist festzuhalten, dass alle in Frage kommenden technischen Möglichkeiten eingehend bewertet wurden. Mögliche Optionen für den Küstenschutz müssen daher auf der Grundlage des Fachplans und seiner Fortschreibung diskutiert werden.

Gleichwohl sollen die technischen Möglichkeiten hier nochmals angeschnitten werden, da die Fülle früherer Untersuchungen nicht allgemein bekannt ist. In Ab-

Abbildung 7-16 sind Maßnahmen für den Schutz einer sandigen Brandungsküste in schematischer Form wiedergegeben. Sie umfassen Baumaßnahmen des aktiven und passiven Küstenschutzes und vielfältige Kombinationen. Es ist bekannt, dass alle Versuche, die Westküste durch passive Bauwerke zu stabilisieren (Beispiele sind vor allem die Ufermauer Westerland, die Tetrapodenlängswerke und das Querwerk bei Hörnum, Schade 1991) letztlich fehlgeschlagen sind.

In den 70er-Jahren wurden aus diesem Grund erste Versuche mit Strandersatzmaßnahmen durchgeführt. Der Begriff zeigt schon, dass die entstandenen Sedimentverluste ersetzt werden müssen. Strandersatzmaßnahmen die, wie Abbildung 7-16 zeigt, in verschiedener Weise ausgeführt werden können, werden in der ganzen Welt erfolgreich angewendet, und Sylt stellt somit keinen Einzelfall dar.

Passive Bauwerke kommen aus Gründen des Sedimenthaushalts primär als stützende Maßnahmen in Verbindung mit Strandersatzmaßnahmen in Betracht mit dem Ziel, die Verweilzeiten des künstlichen Strandes zu verlängern und durch Verlängerung der Vorspülintervalle die Kosten für den Strandersatz zu verringern. Anwendungen für passive Küstenschutzwerke ergeben sich ferner aus Aufgaben des (lokalen) Objektschutzes.

Die sehr differenzierten Untersuchungen zu technischen Alternativen für den künftigen Schutz der Westküste der Insel Sylt, wie sie in der damaligen Projektgruppe und vom ALR durchgeführt wurden, sind von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

- weitestgehender Erhalt der Küstenlinie.
- Vermeidung negativer Einflüsse auf die Nachbarbereiche.
- Minimierung von Beeinträchtigungen der Umwelt.
- Erhalt des Erscheinungsbildes der Insel.
- Akzeptanz für den Tourismus.

Diese Rahmenbedingungen sind noch heute gültig. Unter den genannten Vorgaben wurden seinerzeit im Verbundforschungsvorhaben „Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt“ (BMFT 1994) vor allem die folgenden technischen Maßnahmen in einer Projektgruppe diskutiert:

- Maßnahmen am Riff,
- Bühnen oder Rauheitselemente zwischen dem Riff und dem Strand (Riff – Rinne – System),
- Strandersatzmaßnahmen in verschiedener Ausführungsformen,
- Biotechnische Maßnahmen,
- Geotextilien als Objektschutz oder als Membran im Vorspülkörper,
- Endschwellen in unterschiedlicher konstruktiver Ausführung und Anordnung.

Hieraus lässt sich eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten ableiten.

Die in der damaligen Projektgruppe gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass eine Bewertung von Küstenschutzalternativen durch z.B. eine Kosten / Nutzen - Untersuchung schwierig ist, weil aufgrund der großräumigen Einflüsse und Effekte (insbesondere Lee-Erosion) noch nicht einmal die Kosten exakt ermittelt werden können. Selbst die viel einfacheren Bewertungen im Sinne einer Nutzwertanalyse führten zu großen Schwierigkeiten und durchaus sehr unterschiedlichen Ergebnissen innerhalb der Gruppe. Gleichwohl ergab die Auswertung eindeutig, dass für den künftigen Küstenschutz die Vorteile weicher Lösungen gegenüber starren Bauweisen überwiegen und, vor allem, dass Strandersatzmaßnahmen unverzichtbar sind, da die Insel Sylt ein offenes System ist.

Lokale Sicherheiten, im Sinne eines Objektschutzes, müssen jedoch unabhängig hiervon gegeben sein. Küstenlängstransport und Küstenquertransport sind dabei in gleicher Weise von Bedeutung.

Zum besseren Verständnis der Zusammenhänge soll hier auf die Grundlagen der Transportvorgänge einer sandigen Brandungsküste noch einmal kurz eingegangen werden.

Der Sedimenthaushalt wird durch die zeitliche und räumliche Veränderlichkeit der angreifenden Kräfte beeinflusst. Dazu gehören:

- der Seegang,
- die Wasserstände, Tide und Sturmfluten,
- die Strömungen und
- der Wind

sowie deren Wechselwirkungen mit den Sedimenten.

Für die Berechnung des Sedimenttransportes ist die formale Trennung in Küstenlängstransport und Küstenquertransport praktikabel, wenngleich diese Komponenten in der Natur nur überlagert auftreten.

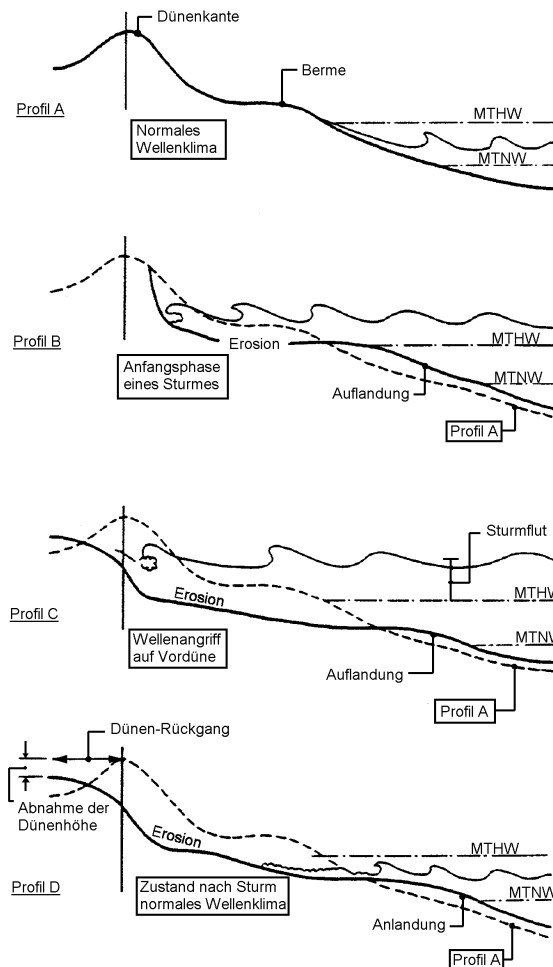
Betrachtet man den Quertransport, d.h. eine Belastungssituation des Strandes durch normal zum Strand anlaufende Wellen, werden sich in Abhängigkeit von den Sedimenteigenschaften und der Art und Dauer der Beanspruchung, Strandprofile wie in Abbildung 7-17 schematisch dargestellt einstellen.

Wegen der Veränderlichkeit der äußeren Belastungen kann aus Abbildung 7-17 gefolgert werden, dass sich unter den angenommen Bedingungen ein stabiles Profil (Gleichgewichtsprofil) nicht ausbilden wird. (Dieser Zustand kann allenfalls in einem Modell bei ausreichend langer Versuchsdauer erzeugt werden.) Da die Natur einer stetigen Veränderung unterliegt, wird sich vielmehr ein „dynamisches“ Gleichgewichtsprofil einstellen, da die küstenlängsgerichteten Transporte gedanklich ausgeschlossen werden. Bereiche mit Erosion und Akkumulation innerhalb eines Profils werden sich langfristig ausgleichen. Wichtig ist die Aussage, dass auch bei extremen Seegangsbedingungen mit hohen Wasserständen z.B. Sturmfluten der Sand im Profil bleibt.

Vorstellung:

normal auf den Strand anlaufende Wellen erzeugen ein stabiles Profil

→ Gleichgewichtsprofil



Natur:

Veränderlichkeit der äußeren Kräfte

→ dynamisches Gleichgewicht

Abbildung 7-17: Sedimenthaushalt einer Brandungsküste – Quertransport (Onshore / Offshore) – (Kohlhase 1991a nach CERC 1984)

Aus der Sicht dynamischer Querprofile sind die Winterstürme 1999 / 2000 und deren Folgen zu bewerten. Bei den im Wesentlichen küstennormal anlaufenden Wellen resultieren aus Abbrüchen keine Verluste. Die Schäden an Dünen und am Kliff sind zwar besonders deutlich, aber der Sand verbleibt grundsätzlich im Profil, solange man eine Längsströmung und Transport ausschließt.

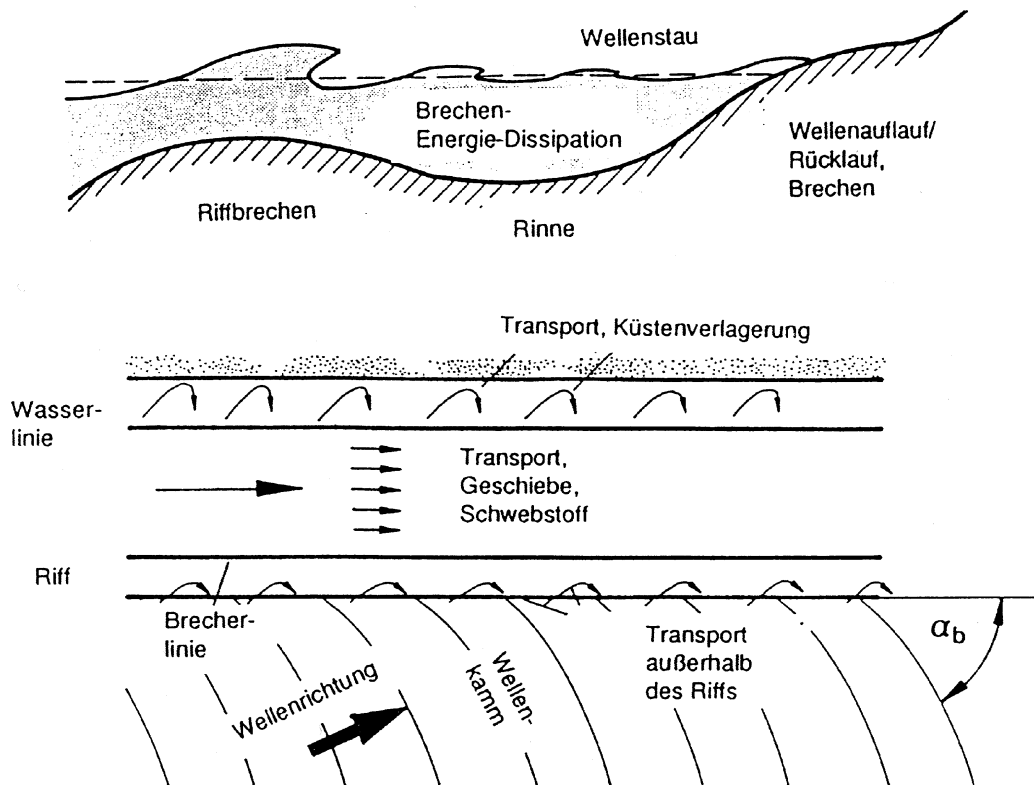


Abbildung 7-18: Sedimenthaushalt einer Brandungsküste – Längstransport – (Kohlhase 1991b nach CERC 1984)

Trotz der auffälligen, sichtbaren Schäden, wie sie nach einem Sturmereignis auftreten, können durch die Küstenquertransporte allein also keine Aussagen zu tendenzieller Erosion oder Akkumulation abgeleitet werden. Diese können nur durch die Überlagerung des Quertransportes mit dem Küstenlängstransport abgeleitet werden.

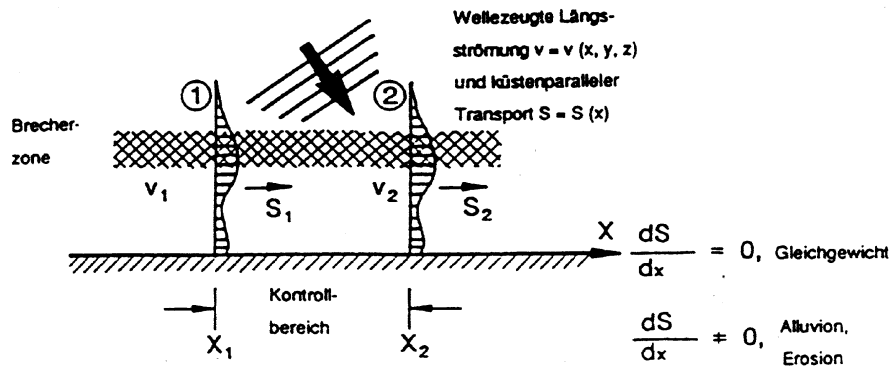
Der Längstransport entsteht (vgl. Abbildung 7-18) durch welleninduzierte Längsströmungen, verbunden mit Tideströmungen und großräumigen Küstenströmungen. Vor allem in der Brecherzone werden Sedimente aufgewirbelt und durch die resultierende Strömung küstenparallel verfrachtet. Diese Transportrichtung wirkt also dem Aufbau eines dynamischen Gleichgewichts im Profil entgegen.

Vor Sylt dominiert der welleninduzierte Strömungsanteil. Die Vergleiche zwischen Messungen in der Natur und Berechnungen innerhalb des Projekts haben ergeben, dass die verwendeten Ansätze in der Lage sind, die Wellenhöhen entlang eines Profils zu berechnen und die küstenlängsgerichteten Sedimenttransporte mit guter Genauigkeit zu quantifizieren. Die Transporte müssen aber als Transportkapazitäten ausgedrückt werden. Der Begriff Kapazität deutet an, dass die mathematische Formulierung die tatsächliche Verfügbarkeit der Sedimente unberücksichtigt lässt. Dennoch lässt sich eine generelle Aussage zum Sedimenttransport aus diesem Ansatz ableiten, solange die Grenzen und Vereinfachungen berücksichtigt werden.

Aus den berechneten Längstransporten kann der Sedimentdurchsatz ermittelt werden, woraus allerdings keine direkten Rückschlüsse auf Erosion oder Akkumulation der Küstenlinie gezogen werden können. (Dies wird vielfach bei der Ermittlung von Erosions- und Akkumulationsbereichen auf der Basis von Vermessungen übersehen.) Küstenveränderungen können vielmehr nur aus dem Gradienten der Transporte zwischen zwei Profilen ermittelt werden. Dies macht deutlich, dass der Gradient und nicht der absolute Betrag der Sedimenttransporte für Küstenrückgänge oder -zuwächse verantwortlich ist.

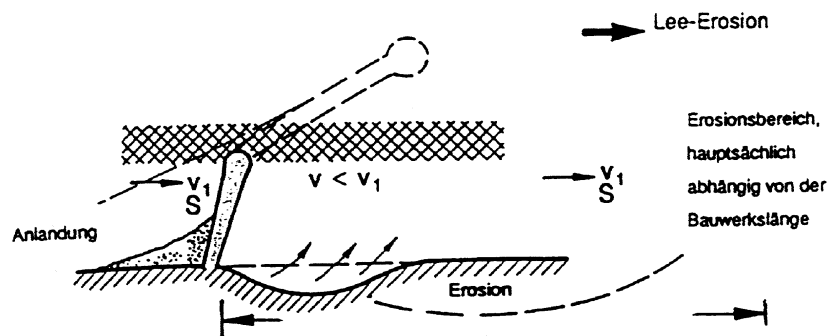
Abbildung 7-19 verdeutlicht, dass der Einsatz von starren Bauwerken, selbst bei geringen Längstransporten, schwerwiegende Folgen für das dynamische Gleichgewicht haben kann. Besonders deutlich werden die durch Bauwerke hervorgerufenen Veränderungen des Sedimenttransports an Querwerken, deren Sinn es ja ist, Sedimente zurückzuhalten. Das im Wellenschatten entstehende Defizit an Sedimenten, die Lee-Erosion, zeigt sich aber nicht nur an Querwerken, sondern auch an Deckwerken oder an uferfernen Wellenbrechern (Offshore-Wellenbrechern), da sich infolge der Schwächung der küstenparallelen, durch Seegang induzierten Strömungen im Bereich des Wellenschattens Sedimente ablagern. Das Maß der Ablagerungen, die sich als Salient (Höft) oder als vollständiger Tombolo zeigen, ist abhängig von der Geometrie des Offshore-Wellenbrechers und der Transmission der Wellen.

Natürliche Bedingungen:



Bauwerkseinflüsse:

Lee-Erosion (Beispiel Buhne, Wellenbrecher)



Tombolo-Effekt (Offshore-Wellenbrecher, Künstliches Riff)

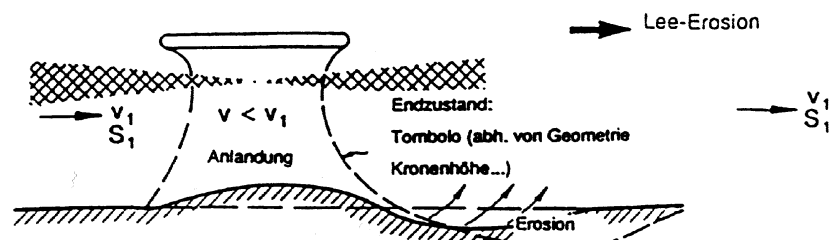


Abbildung 7-19: Sedimenthaushalt einer Brandungsküste – Einflüsse von Bauwerken – (Kohlhase 1991b nach CERC 1984)

Wenn Bauwerke konventioneller Art (s. Abbildung 7-16, passiver Küstenschutz) als ergänzende Maßnahmen in Betracht gezogen werden, ist also dafür Sorge zu tragen, dass die grundsätzlich unvermeidliche Lee-Erosion so weit beherrscht wird, dass der angestrebte positive Effekt eines Bauwerks nicht durch eine Belastung der Nachbarabschnitte wieder zunichte gemacht wird.

Wie schwierig dieses ist, zeigen vor allem die Erfahrungen mit dem Tetrapodenquerwerk in Hörnum, das den nördlich gelegenen Strandbereich der Westküste Sylts zwar ganz unstrittig stabilisiert, auf den Bereich der Hörnum-Odde aber negativ gewirkt hat. Schon während des Projekts „Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt“ wurde darüber diskutiert, ob es nicht besser sei, dass Querwerk zumindest zu verkürzen, um den Einfluss der Lee-Erosion zu verringern.

Es kann hieraus aber nicht gefolgert werden, dass starre Bauwerke in offenen Systemen überhaupt nicht zum Einsatz kommen können. Als so genannte „Terminal groynes“ (Buhnen, die einen Küstenabschnitt begrenzen) haben sie z.B. den Zweck, den Sedimentaustritt an den Rändern eines offenen Systems zu vermindern und damit die Verweilzeiten der Sedimente zu erhöhen. Weiterhin können Bauwerke als Objektschutz lokal Sicherheiten für gefährdete Abschnitte gewährleisten.

Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts haben die früheren, im ALR Husum laufenden Untersuchungen, bestätigt, dass Strandersatzmaßnahmen die wirkungsvollste Küstenschutzkomponente für die Insel Sylt darstellen.

Als stützende Maßnahmen kommen, aus Sicht der Projektbearbeiter, primär Maßnahmen am Riff oder im Offshore - Bereich sowie an den Inselenden als wirkungsvolle Ergänzung zu den Strandersatzmaßnahmen in Betracht. Aber die Erfahrungen mit den jüngsten Sturmfluten zeigen auch, dass lokal Objektschutzmaßnahmen sinnvoll sein können.

7.4.6.1 Maßnahmen am Riff bzw. im Offshore-Bereich

Das Riff hat im Gesamtsystem eine besondere Bedeutung. Es beeinflusst maßgeblich das Brechen der Wellen. Die Schwächung der Wellenenergie schon vor Erreichen des Strandes hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Belastung der Dünen und Kliffs.

Es hat sich gezeigt, dass der Wasserstand der maßgebende Einflussfaktor auf die Energiedissipation über dem Riff ist. Mit steigendem Wasserstand nimmt dessen seegangsdämpfende Wirkung zwar ab (und die Belastungen des Strandes durch Seegang entsprechend zu), im zeitlichen Mittel gesehen ist der Einfluss des Riffs auf die aus dem Energieeintrag resultierende Sedimentbewegung aber beträchtlich.

Hierauf wurde bereits in der Riffstudie (Partensky et al. 1988) hingewiesen, auch wurden erste, später modifizierte Ansätze entwickelt, mit denen die Energiedissipation der Wellen für das Brandungsgeschehen der Insel Sylt berechnet werden kann.

Natürlich liegt es auf der Hand, die Brandungsvorgänge auf der Insel Sylt mit denen einer Südseeinsel, die durch natürliche Korallenriffe geschützt ist, zu vergleichen. Eine direkte Übertragung der Situation einer Südseeinsel auf die Verhältnisse vor Sylt ist aber aus folgenden Gründen nicht möglich:

- das Brandungsriff vor Sylt entsteht vor allem aus Sedimentumlagerungen innerhalb eines Profils in einem dynamischen Regelkreis zwischen Seegang, Strömungen und vorhandenem geologischen Substrat.
- ein Korallenriff ist im Gegensatz zu einem Brandungsriff lagestabil. Die weißen Strände im Schutzbereich der Riffe werden größtenteils durch Korallenbruch gebildet, wodurch durch Strömungen verloren gehendes Strandmaterial ständig ergänzt wird.

Auf der Grundlage unseres heutigen Wissensstandes sind wir weit davon entfernt, die Wechselwirkungen zwischen einem Brandungsriff und der äußeren Beanspruchung rechnerisch zu erfassen und die Veränderungen des Riffs in ihrem zeitlichen Verlauf mit theoretischen Ansätzen zu simulieren. Nach den Vermessungen, die für die Westküste Sylts durchgeführt wurden (ALR 2000), sind die räumlich / zeitlichen Umlagerungen beträchtlich.

Wenngleich also die wellendämpfende Wirkung eines Riffs überzeugt, ist äußerste Vorsicht geboten, die Lage des Riffs durch starre Bauwerke zu fixieren, d.h. in einen dynamischen Prozess einzugreifen, den man nicht beherrscht.

Es waren keineswegs allein Kostengründe, dass die Anfang der 60er-Jahre am Franzius-Institut der Technischen Universität Hannover durchgeführten Modellversuche zu Unterwasser-Wellenbrechern vor Sylt nicht in die Küstenschutzpraxis umgesetzt wurden.

Die seinerzeit im Auftrag einer namhaften Baufirma untersuchten Betonelemente waren im Übrigen in ihrer Geometrie ähnlich wie in den letzten Jahren immer wieder diskutierte Elemente des sog. „Henkelriffs“.

Das Henkelriff scheint zunächst eine Variante für denkbare Maßnahmen am Riff zu sein, ist vom Grundsatz her aber ein konventioneller Unterwasserwellenbrecher (und keineswegs ein „Strömungselement“, dessen Wirkung auf eine optimierte Form zurückzuführen sei, wie in Firmenprospekten ausgeführt wird). Wie an dieser Stelle nicht im Einzelnen nachgewiesen werden kann, ist die Form des künstlichen Riffelements für die eigentliche Wirkungsweise eines Unterwasserwellenbrechers in Bezug auf die Energiedissipation und auf den Sedimenttransport im Vergleich zu anderen Parametern von untergeordneter Rolle.

Das Henkelriff ist auch nicht als dauerhafte Lösung zur Stabilisierung der Westküste Sylts zu sehen, da, abgesehen von den Risiken, ein alleiniger Küstenschutz ohne zusätzliche Materialzufuhr in das offene System der Insel mit einem starren Bauwerk an einer Brandungsküste mit negativer Sedimentbilanz aufgrund der physikalischen Grundlagen nicht möglich ist. Eine positive Einflussnahme auf die Sedimentdynamik ist lediglich lokal möglich (vgl. hierzu Kohlhasse et al. 1999).

Ein Brandungriff, wie vor der Insel Sylt, ist ein dynamisches Gebilde, das sowohl in der Lage als auch in der Höhe variiert. Eine Fixierung der Lage des Riffs durch Betonelemente wird zu ernstesten Folgen, z.B. durch flächenhafte Erosionen und Rinnenbildung führen, die derzeit nicht abzuschätzen sind.

Zu erwartende negative Wirkungen durch das Henkelriff würden gegebenenfalls auch Kosten für die Beseitigung der 20t schweren Betonelemente nach sich ziehen.

Unter diesen Umständen sind weiche Lösungen aus Geotextilien für eine Riffverstärkung zu favorisieren. Für die erfolgreiche Erstellung eines künstlichen Riffs mit geotextilen Baustoffen gibt es bereits einige gute Beispiele. So wurde vor Sylt für eine Riffverstärkung bei Kampen geotextile Großsäcke eingesetzt (Kohlhasse 1997). In Australien wurde an der Goldcoast aus Küstenschutzgründen und für die Verbesserung der Surfbedingungen ein Riff aus geotextilen Megacontainern erstellt (GCCC 2000).

Verpackte Baustoffe haben in der Anwendung im Küstenschutz eindeutige Vorteile gegenüber konventionellen Bauweisen. Es ist möglich, örtlich anstehenden Sand bei Schonung anderer Ressourcen wie Steine, Beton oder Stahl in Geotextilien zu verpacken (Kohlhasse 1997; Kohlhasse 1999). Geotextile Containerlösungen können inzwischen, wie erst kürzlich beim Bau des vorgenannten Artificial reef in Australien unter Beweis gestellt wurde (GCCC 2000), mit einer Größe von bis zu 25m und einer Breite von 5,6m mit einem Gesamtgewicht von 500t gefertigt und verlegt werden.

Ein großer Vorteil verpackter Baustoffe gegenüber starren Konstruktionen aus Beton und Stahl ist deren Flexibilität. Auch lassen sich geotextile Elemente vergleichsweise einfach durch Zerstörung entfernen. Treten im Bereich des Bauwerks unerwünschte Sedimentumlagerungen durch Kolkbildung auf, so kann das Bauwerk diese Veränderungen durch Verformung zerstörungsarm ausgleichen. Diese Eigenschaften sind auch der Grund dafür, dass das geotextile Deckwerk, das als Objektschutz für das Haus Kliffende geplant wurde (Nickels u. Heerten 2000), in seiner Funktion während der Winterstürme 1999 / 2000 nicht versagt hat.

7.4.6.2 Geotextiles Deckwerk

Die jüngsten schweren Sturmfluten haben gezeigt, dass geotextile Bauweisen in der Lage sind, auch extremen Beanspruchungen zu widerstehen, wenngleich an dem in Abbildung 7-20 gezeigten Bauwerk auch Schäden erkennbar sind. Die Schäden zeigen, dass die Membranbauweise technisch noch verbessert werden kann. Bei „geotextilen Verbundbaustoffen“ muss insbesondere der flächige Verbund der einzelnen Komponenten verbessert werden. Treibgut z.B. Kantholz etc. kann Schäden am geotextilen Hüllstoff verursachen, die eine nicht unbedingt einfache Reparatur zwingend notwendig machen. Es müssen künftig noch bessere Lösungen angeboten werden, die diese Schadstellen innerhalb kurzer Zeit schließen, um das mögliche Versagen des Bauwerks zu verhindern.



Abbildung 7-20: Geotextiles Deckwerk vor dem Haus Kliffende / Kampen (Zustand: Feb. 2000)

Bewähren sich Bauwerk aus Geotextilien langfristig, können diese auch noch nachträglich in ein konventionelles Bauwerk überführt werden und mit Schuttsteinen bedeckt werden (Kohlhase 1997). Damit werden Risiken aus planerischen Unsicherheiten (z.B. Folgen für das Umfeld) vermieden.

Mögliche Nachteile gegenüber konventionellen Bauweisen liegen in der mangelnden Akzeptanz insbesondere in Hinblick auf den Umweltschutz, im traditionellen, stark konstruktiv ausgerichteten Denken und Handeln der planenden Ingenieure und damit einhergehend in der Ansicht, dass diese Maßnahmen häufig zu wenig technisch sind.

7.4.6.3 Stranddrainage

Als Variante für die heute auf Sylt praktizierten Strandersatzmaßnahmen wird, durch die Medien unterstützt, zunehmend das Prinzip der Strandentwässerung diskutiert. Das Wirkungsprinzip der Stranddrainage entspricht dem eines Querwerks (Bühne) mit den Vorteilen, dass eine optimale Anpassung an das Natur- und Landschaftsbild möglich ist. Ebenso können durch eine On-line Steuerung die negativen Lee-Effekte minimiert werden.

Das Funktionsprinzip einer Stranddrainage basiert auf der Entwässerung des Bodens. Die Erosivität des Strandes wird herabgesetzt; küstenparallel verdriftete

Sedimente können im entwässerten Bereich örtlich zurückgehalten werden. Das physikalische Prinzip einer Stranddrainage ist schon seit 1948 bekannt und wurde von verschiedenen Firmen nahezu weltweit, also auch für Sylt, patentiert. Beispiele zeigen, dass die Systemlängen auf einige hundert Meter begrenzt werden müssen. Damit sind Stranddrainagen denkbare Maßnahmen vornehmlich für den Objektschutz. Trotz einiger guter Referenzobjekte aus dem Ausland (BMS 1992) ist zu beachten, dass die Funktion einer Stranddrainage unter den gegebenen See- gang- und Wasserstandsverhältnissen vor Sylt oder vergleichbaren Bedingungen noch nicht getestet wurde und die Wirkungsweise und vor allem die Wirtschaftlichkeit unter den Randbedingungen einer Hochenergieküste nicht nachgewiesen ist. Bei näherer Betrachtung der nicht immer umfassenden Schrifttumshinweise, ist davon auszugehen, dass das Vorspülen von Strandmaterial derzeit wirtschaftlicher und räumlich flexibler ist.

7.4.6.4 Maßnahmen an den Inselenden

Schon die Untersuchungen in der Projektgruppe des Vorläuferprojekts des BMFT „Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt“ (BMFT 1994) haben gezeigt, dass „Terminal groynes“ bzw. sog. Endschwellen im Norden und Süden von Sylt in eine Planung stützender Maßnahmen mit einbezogen werden sollten. Die Endschwellen sollen die Verweilzeiten der Sedimente im System erhöhen, indem der Austrag von Sedimenten in die Tiefs bei Hörnum und List und damit die „echten“ Verluste vermindert werden. Da diese Maßnahme ebenfalls nur einen stützenden Charakter hat, sind auch mit dieser Variante Strandersatzmaßnahmen unumgänglich, da im System weiterhin „echte“ Verluste auftreten. Die Verlustmengen können aber zum Teil reduziert und somit auch die Vorspülmengen verringert werden.

Die Auswirkungen von Endschwellen auf die großräumige Hydro- und Morphodynamik sind über numerische und hydraulische Simulationsmodelle nur sehr eingeschränkt abzubilden, so dass ein Versuch im Naturmaßstab unternommen werden sollte. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und in Übereinstimmung mit den Planungen des ALR Husum bietet es sich an, die Auswirkungen einer Endschwelle ggf. zunächst am nördlichen Inselende zu untersuchen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass der Einfluss der Endschwelle auf die Strömungsverhältnisse und damit auf den Sedimenttransport kontinuierlich beobachtet werden muss. Die Erfahrungen könnten dann für den technisch schwierigeren Bereich im Süden der Insel genutzt werden.

Die Projektbearbeiter schlagen vor, die Endschwellen als geotextile Bauwerke in Kombination mit Vorspülungen im Unterwasserbereich des Strandes zu errichten. Negative Auswirkungen, die von den Schwellen verursacht werden können, sind wegen der zumindest teilweisen Unterbrechung der Sedimentbewegungen nicht auszuschließen aber nur schwer oder gar nicht abschätzbar. Für eine Testphase sollte eine technisch einfache geotextile Lösung aus Säcken und Großcontainern gewählt werden. Die Schwellen sollten bewusst als Versuchsbauwerke konzipiert werden mit der Option, sie im Falle von ungewünschten Nebeneffekte auf den Sedimenthaushalt, außerhalb des Schutzbereiches wieder zu entfernen.

7.4.6.5 Fazit

Die Sedimentverluste von rd. 2,0 Mio. m³ während der Wintermonate 1999 / 2000, machen, obwohl sie nicht vollständig „echte“ Verluste sind, deutlich, dass unter den vorher angegebenen Vorgaben des Fachplans enorme Sedimentmengen (jährlich ca. 1,0 Mio. m³) benötigt werden, um die entstandenen Defizite auch in Zukunft auszugleichen. Dabei stellt sich natürlich auch die Frage, ob auch in Zukunft Vorspülmateriale (vgl. NOURTEC 1997) für Strandersatzmaßnahmen in ausreichender Menge und zu akzeptablen Kosten zur Verfügung stehen wird.

Umso wichtiger wird es sein, stützende Baumaßnahmen in eine Planung einzubeziehen.

Strandersatzmaßnahmen an der Westküste der Insel Sylt sind auch in Zukunft unverzichtbar. Im Rahmen der vorgenommenen Analysen ist deutlich geworden, dass insbesondere für die Bewertung von Maßnahmen am Riff bzw. im Offshore – Bereich und an den Inselenden weiterführende Untersuchungen und teilweise auch wissenschaftlich begleitete Versuche in der Natur notwendig sind. Diese Untersuchungen sollten auf die Minimierung der Gesamtkosten für den Küstenschutz der Insel Sylt gerichtet sein und unter den Aspekten der räumlichen Anordnung und der Ausführung dieser Baumaßnahmen diskutiert werden.

7.5 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchungen zu

- der Charakterisierung des großräumigen Seegangsklimas,
- den Untersuchung der Auswirkungen möglicher veränderter Randbedingungen auf das Seegangsklima,
- der Abschätzung der daraus resultierenden Veränderungen des Sedimenttransports
- der Bewertung ausgewählter Bauwerke aus wasserbaulicher Sicht unter dem Aspekt veränderter klimatischer Randbedingungen

bilden eine wesentliche Grundlage für die integrative Bewertung künftiger Küstenschutzmaßnahmen für die Insel Sylt innerhalb des Verbundvorhabens "Fallstudie Sylt".

Für die Charakterisierung des großräumigen Seegangsklimas sind lange Zeiträume signifikanter Seegangsdaten notwendig. Dazu werden seit Oktober 1986 Messungen des Seegangs bzw. der signifikanten Seegangparameter und seit Dezember 1987 Messungen des Windes vor Westerland durchgeführt. Die langzeitstatische Auswertung und Bewertung der Seegangsdaten erfordert ferner kontinuierliche Zeitreihen, bei denen keine Datenlücken auftreten.

Da kontinuierliche Zeitreihen der Seegangsdaten in der Regel nicht vorliegen, muss zur Schließung dieser Datenlücken eine Wind-Wellen-Korrelation auf der Basis empirischer Gesetzmäßigkeiten aufgestellt werden. Die Verbesserung der Datenlage ermöglicht nun die großräumige und langfristige Charakterisierung des Seegangs vor Sylt. Die geschlossene Seegangszeitreihe und die daraus abgeleitete Seegangsstatistik stellen die Grundlage zur Kalibrierung der Simulationsmodelle für den Sedimenttransport dar.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens "Fallstudie Sylt" aufgestellten Szenarien und Varianten wurden in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern aus den vorhandenen regionalisierten Klimamodellen und dem Schrifttum hergeleitet (vgl. Kap. A).

Die klimatischen Veränderungen, die sich u.a. in veränderten Windverhältnissen zeigen, können nicht direkt in der Windzeitreihe sondern nur in einer Windstatistik berücksichtigt werden. Die Wind-Wellen-Korrelation für Zeitreihen wurde deshalb auf Statistiken übertragen, so dass die Windszenarien in modifizierten Windstatistiken berücksichtigt und anschließend die zugehörigen Seegangsstatistiken berechnet werden konnten. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die empirisch ermittelten Zusammenhänge zwischen Wind, Wasserstand und Seegang unter den angenommenen klimatischen Veränderungen gültig bleiben. Vergleichende Berechnungen zwischen Zeitreihen und Statistiken haben ergeben, dass der maximale Fehler zwischen den Berechnungsverfahren (Zeitreihe und Statistik) bei rd. 10% liegt.

Aus den vorhandenen Seegangsparemtern kann der Energiefluss entlang eines Profils über verschiedene Ansätze berechnet werden. Hierzu haben Vergleiche zwischen gemessenen und aus Energieflussmodellen berechneten Wellenhöhen an verschiedenen Positionen eines Profils sehr gute Übereinstimmungen ergeben.

Aus dem berechneten Energiefluss entlang eines Profils kann die Energiedissipation und die daran gekoppelte Sedimenttransportkapazität direkt berechnet und anschließend in die küstenparallelen Komponenten (nach Norden und nach Süden) des Sedimenttransports zerlegt werden. Auf der Basis der küstenparallelen Sedimenttransportkapazitäten aller Profile entlang der Küste kann eine Gesamtbilanz des Sedimenttransports berechnet werden. Die Bilanzierung zeigte, dass der jährliche Sedimentverlust bei rd. 1,0 Mio. m³ liegt. Die natürliche Variabilität des Sedimenttransports weist keine signifikanten Schwankungen auf. In guter Übereinstimmung mit den berechneten Transporten steht die Bilanzierung aus zwei synoptischen Vermessungen (1992 – 1999), die einen Verlust von 1,078 Mio. m³ ergeben hat.

Unter Verwendung der entwickelten Modellkette konnten die Auswirkungen unterschiedlicher Windszenarien und Szenarien mit veränderlichem (mittleren) Wasserstand auf den Sedimenttransport untersucht werden. Dabei wurden aus den modifizierten Windstatistiken unter Berücksichtigung des mittleren Wasserstands die zugehörigen Seegangsstatistiken und die korrespondierenden küstenparallelen Sedimenttransportkapazitäten berechnet. Die Bilanzierungen dieser Transporte entlang der Westküste der Insel Sylt zeigten ebenfalls keine signifikanten Veränderungen im Vergleich zur natürlichen Variabilität.

Aus diesen Ergebnissen kann aber nicht gefolgert werden, dass die bestehenden Schutzmaßnahmen nicht an mögliche veränderte Randbedingungen angepasst werden müssen. Vielmehr weisen die Untersuchungen zum Einfluss steigender Wasserstände auf signifikante Veränderungen der Verteilung der Transporte im Querschnitt hin. Dabei nehmen mit steigendem Wasserstand die Transporte über dem Riff ab und im Strandbereich zu. Die Untersuchungen zeigen auch, dass mit steigendem Wasserstand der seegangsdämpfende Einfluss des Riffs – unter den getroffenen Annahmen - deutlich abnimmt.

Für alle vorgenannten Berechnungen wurde das entwickelte Programmpaket WinSylt verwendet. Das Programmpaket ermöglicht zum einen den Datenzugriff und die Visualisierung der Seegangs-, Wind- und Wasserstandsdaten sowie die daran gekoppelte Wind-Wellen-Korrelation und zum anderen die Berechnung des Energieflusses und des Sedimenttransports auf der Basis von Zeitreihen und Statistiken.

Mit den erarbeiteten Grundlagen können nun mögliche Optionen für die Küstenschutzplanung bewertet werden. Dabei ist nochmals festzuhalten, dass Veränderungen des Winds und des Wasserstands (Klimaszenarien, vgl. Kap. A) keine signifikanten Veränderungen der resultierenden Sedimenttransporte innerhalb der nächsten 50 Jahre erwarten lassen. Es besteht daher zunächst kein Grund, die Aussagen des Fachplan Küstenschutz Sylt und dessen Fortschreibung (ALW 1985; ALW 1997), dass Strandersatzmaßnahmen die technisch sinnvollste und kostenmäßig günstigste Maßnahme für den Schutz der Westküste der Insel Sylt darstellen, in Zweifel zu ziehen.

Die Insel Sylt ist ein offenes System mit negativer Sedimentbilanz. Es hat sich gezeigt, dass alle Versuche, die Hochenergieküste durch passive bzw. starre Bauwerke zu stabilisieren, letztlich fehlgeschlagen sind, da die Sedimentverluste durch Bauwerke allein nicht ausgeglichen werden können. Daher wurden in den 70er-Jahren erste Versuche mit Strandersatzmaßnahmen durchgeführt, die, wie der Begriff schon zeigt, die entstandenen Sedimentverluste ersetzen.

Passive Bauwerke kommen aus Gründen des Sedimenthaushalts nur als stützende Maßnahmen in Betracht, um die Verweilzeiten der Sedimente zu erhöhen und damit die Vorspülintervalle zu verringern. Weitere Anwendungen ergeben sich im Zusammenhang mit den Aufgaben des (lokalen) Objektschutzes.

Schon früher wurden sehr differenzierte Untersuchungen unter klar definierten Rahmenbedingungen (vgl. Kap. 4.6.) zu technischen Alternativen für den künftigen Schutz der Insel Sylt durchgeführt, in denen verschiedene Möglichkeiten des aktiven und passiven Küstenschutzes verglichen und bewertet wurden. Die Anwendung von volkswirtschaftlichen Entscheidungsmethoden gestaltet sich für Küstenschutzmaßnahmen als extrem schwierig wie die Untersuchungen im BMFT-Projekt „Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt“ gezeigt haben. Konsens besteht in der Fachwelt darin, dass die Vorteile weicher Lösungen für den Küstenschutz gegenüber starren Bauweisen überwiegen und, vor allem, dass Strandersatzmaßnahmen unverzichtbar sind.

Da ein Austritt von Sedimenten aus dem offenen System Sylt nicht verhindert werden kann, werden stützende Bauwerke sowohl im Riff- bzw. Offshore-Bereich als auch an den Inselenden empfohlen. Zumal die Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen äußeren Beanspruchungen, Bauwerken und den Sedimenten als unvollkommen angesehen werden müssen und Prognosen schwierig sind, sollten diese Maßnahmen zumindest innerhalb einer Testphase als geotextile Lösung aus Säcken oder Großcontainern konzipiert werden, vor allem, da Geotextilien Veränderungen in der Morphologie durch Verformungen zerstörungsarm ausgleichen können. Für den Fall, dass sich aufgrund von planerischen Unsicherheiten, wider Erwarten doch signifikante negative Veränderungen im Umfeld des Bauwerks einstellen, so kann dieses vergleichsweise einfach durch Zerstörung entfernt werden. Andererseits kann das Bauwerk, wenn es sich bewährt hat, später durch Bedeckung mit Schuttsteinen in eine konventionelle Maßnahme überführt werden.

Die jüngsten Sturmfluten 1999 / 2000 haben gezeigt, dass geotextile Bauwerke als lokaler Objektschutz geeignet sind. Ein flächendeckender Küstenschutz der Westküste Sylts ist aber nur durch Ersatz des verloren gegangenen Strandes möglich.

7.6 Literatur

Amt für Land- und Wasserwirtschaft Husum, ALW (1985): Fachplan Küstenschutz Sylt

Amt für Land- und Wasserwirtschaft Husum, ALW (1997): Fortschreibung Fachplan Küstenschutz Sylt

Amt für Ländliche Räume, ALR (2000): Morphologische Entwicklung der Sylter Westküste, unveröffentlicht

Beach Management System (BMS) Ovesen, N. K.Schuldt, J. Ch. (1992): Beach Management System, Documentation, Danish Geotechnical Institute

BMFT (1994): Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt – Phase II, Hrsg.: Der Bundesminister für Forschung und Technologie

CERC (1984): Shore Protection Manual, U.S. Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Department of the Army, Vicksburg, Mississippi

Fröhle, P. (2000): Messung und statistische Analyse von Seegang als Eingangsgröße für den Entwurf und die Bemessung von Bauwerken des Küstenwasserbaus, Rostocker Berichte aus dem Fachbereich Bauingenieurwesen, Rostock

Gold Coast City Concl, GCCC (2000): <http://www.goldcoast.qld.gov.au/narrowneck.html>

Kohlhase, S. (1991a): The Concept of Sediment Budget in the Nearshore Area, Seminar on Causes of Coastal Erosion in Sri Lanka, Colombo

Kohlhase, S. (1991b): The need to monitor the coastal response to structural interventions, Seminar on Causes of Coastal Erosion in Sri Lanka, Colombo, Sri Lanka

Kohlhase, S.; Strotmann, Th.; Fröhle, P. (1994): Seegang und Wasserstand vor der Insel Sylt, in: Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt – Phase II, Hrsg.: Der Bundesminister für Forschung und Technologie

Kohlhase, S. (1997): Some Aspects of the use of geotextiles in the field of coastal engineering, First German-Chinese Joint Seminar on Recent Developments in Coastal Engineering, Hasenwinkel

- Kohlhase, S. (1999): Light Revetments, Requirements and Realisation. Examples from Coastal Areas in Germany, Proceedings of Second German-Chinese Joint Seminar on Recent Developments in Coastal Engineering, Tainan
- Kohlhase, S.; Fröhle, P.; Koppe, B. (1999): Coastal Protection of the Isle of Usedom – Conceptional Design of an Offshore Breakwater System at the Streckelsberg Baltic Sea, *Limnologica* No.29, pp. 325 - 331
- Nickels, H.; Heerten, G. (2000): Objektschutz Haus Kliffende, *HANSA*, 137. Jahrgang, Nr. 3, pp. 72 - 75
- NOURTEC (1997): Innovative Nourishment Techniques Evaluation, Final Report
- Partensky, H.-W.; Kohlhase, S.; Daemrich, K.-F.; Scheffer, H.-J.; Schwarze, H. (1988): Theoretische Vorstudie zur wellendämpfenden Wirkung des Riffs und zum seegangserzeugten Feststofftransport an der Westküste der Insel Sylt, *Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover*, Heft 67
- Schade, D. (1991): Untersuchungen über das Wellenklima an einer Brandungsküste unter Einschluss der Richtungsstruktur des Seegangs, dargestellt am Beispiel der Insel Sylt, *Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover*, Heft 71
- Witte, J.-O.; Fröhle, P.; Kohlhase, S. (1998a): Zwischenbericht "Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt" (unveröffentlicht)
- Witte, J.-O.; Kohlhase, S. (1998b): Parametric Study on Hydrographic Influences on Wave Climate Inshore of a Barred Sandy Beach, 3rd International Conference on Hydro-Science and -Engineering, Cottbus/Berlin, Germany
- Witte, J.-O. (1999): Wind-Wellen Korrelation und die Berechnung des Energieflusses am Beispiel der Insel Sylt, *Rostocker Berichte aus dem Fachbereich Bauingenieurwesen*, Heft 1, S. 183 ff, Rostock
- Witte, J.-O.; Fröhle, P.; Fittschen, Th.; Kohlhase, S. (1999a): Assessment of Long-term Directional Wave Conditions Based on Nearshore Wind-Wave Correlations, Proceedings of the International MEDCOAST Conference, Antalya, Turkey
- Witte, J.-O.; Radomski, J.; Fröhle, P.; Kohlhase, S. (1999b): 2. Zwischenbericht "Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die Insel Sylt" (unveröffentlicht)
- Witte, J.-O.; Kohlhase, S. (1999c): Parametric Study on Influences of Hydrographic changes on the Sediment transport Capacity of a barred sandy beach, 5th International conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (COPEDEC), Cape Town, South Africa

Anschrift der Autoren:

Institut für Wasserbau der Universität Rostock
 Philipp-Müller-Str
 23966 Wismar, Germany
http://www.bau.uni-rostock.de/lehrko/wb/wb_home.htm

8 Das marine Ökosystem um Sylt unter veränderten Klimabedingungen

DAGMAR LACKSCHEWITZ, IRIS MENN UND KARSTEN REISE

Abstract

Bei einer Klimaerwärmung um 1,5 bis 2,5 °C wird der direkte Einfluss höherer Wassertemperatur das biologische Artenspektrum im Sylter Gezeitenbereich nicht wesentlich verändern. Dies ergibt ein Vergleich mit Watten der französischen Atlantikküste. Bedeutender sind voraussichtlich Auswirkungen höherer Wasserstände und einer zunehmenden Hydrodynamik. Seegraswiesen und Muschelbänke werden dadurch im Wattbereich abnehmen. In Ufernähe werden schlackige von sandigen Watten verdrängt. Einer verstärkten Erosion an ungeschützten Wattufern wird voraussichtlich mit weiteren Befestigungen begegnet. Dadurch werden natürliche Uferbiotope mit ihren charakteristischen Lebensgemeinschaften auf der Sylter Wattseite selten. Bei solchen Veränderungen nimmt der Erlebniswert der Watten ab und es leidet die Landschaftsästhetik. Dem könnte durch künstliche Sedimentversorgung auf der Wattseite von Sylt entgegengewirkt werden. Der für die Erholung attraktive Sylter Brandungsstrand ist durch eine äußerst vielfältige Fauna des Sandlückengefüges gekennzeichnet. Sie kann als Indikator für eine hohe Qualität des Badestrandes gelten. Nach Sandvorspülungen zum Ausgleich von Erosionsverlusten stellt sich diese Fauna schon nach drei Monaten weitgehend unverändert wieder ein. Die partielle Umwandlung von Erosionsstränden in Depositionsstrände durch eventuelle Baumaßnahmen des Küstenschutzes würde die Biodiversität der Sandlückenfauna verringern.

8.1 Einleitung

Ein Klimawandel könnte ökologische Veränderungen im Wattenmeer und an den Brandungsstränden der Insel Sylt verursachen. Unter dem Aspekt einer möglichen Erwärmung, verbunden mit einem schneller steigenden Meeresspiegel und höheren Wellen, werden Prognosen zur künftigen Entwicklung von Watt- und Uferbiotopen erstellt. Dies erfolgt auf der Grundlage einer aktuellen Beschreibung und Kartierung der Lebensgemeinschaften, eines Vergleiches mit der wärmeren Atlantikküste Frankreichs und durch Extrapolation gegenwärtiger Prozesse. Die Fauna der Sandstrände wird besonders in Hinblick auf Sandvorspülungen betrachtet. Erörtert werden die Implikationen für Sylt als Erholungsinsel.

Bei klimatischen Änderungen sind an den Meeresküsten komplexe ökologische Folgen zu erwarten (Beukema et al. 1990; Diel-Christiansen u. Christiansen 1999; Lozán et al. 1998; Pernetta et al. 1994; Schellnhuber u. Sterr 1993). Detaillierte Prognosen über einen künftigen, regionalen Klimaverlauf sind gegenwärtig noch nicht möglich (Mahlman 1997). Entsprechend kann die Ökologie nur allgemeine Veränderungsrichtungen aufzeigen (Reise 1993, 1996 a, b), die hier für den Inselbereich auf der Basis der historisch gewachsenen Naturlausstattung spezifiziert werden.

Ökologische Forschung im Sylter Wattenmeer begann schon 1869 und erlaubt heute einen guten Einblick in langfristige Veränderungen (Reise 1998). Der aktuelle Zustand dieses Ökosystems ist in Gätje u. Reise (1998) umfassend dargestellt und soll hier um voraussehbare, künftige Entwicklungen erweitert werden. Zur Ökologie der Sylter Brandungsstrände liegen nur wenige Bearbeitungen vor (Armonies u. Hellwig-Armonies 1987; Schmidt 1968, 1969). Sie werden aktualisiert und auf Strandveränderungen durch den Küstenschutz bezogen.

8.2 Methodik

8.2.1 Biotope der Wattseite von Sylt

Die Kartierungen der Wattenbiotope basieren auf umfangreichen Geländebegehungen und einer Kartierung aus der Luft. Die Bestandsaufnahme für den Bereich nördlich des Hindenburgdammes erfolgte 1992-94 (Reise u. Lackschewitz 1998). Den südlich des Hindenburgdammes gelegenen Flächen liegt eine vollständige Neukartierung von 1998-99 zugrunde. Als Grenzen wurden die Uferlinien der Insel Sylt sowie die mittlere Niedrigwasserlinie westlich von Lister Ley/ Westerley und Hörnumtief festgelegt. Östlich begrenzten die direkt nördlich und südlich der Morsum Nösse gelegenen Wattflächen den bearbeiteten Bereich. In diesen Gebieten wurde die Verteilung der Sedimente sowie Lage und Ausdehnung von strukturbildenden Elementen wie Muschelbänken und Seegrasswiesen kartiert. Die Kategorisierung der Sedimente erfolgte aufgrund von Feldkriterien wie Oberflächenbeschaffenheit, Bindigkeit, Sedimentstrukturen und Besiedlung durch benthische Organismen.

Für die Kartierung der Uferbiotope wurde im Gebiet nördlich des Hindenburgdammes auf frühere Untersuchungen (Rink 1997) zurückgegriffen, die ergänzt und überarbeitet wurden. Im südlichen Bereich der Insel erfolgte 1998 eine Begehung des Ufers in gesamter Länge, wobei sowohl biologische als auch physikalische Parameter auf einem Streifen von 50 m oberhalb bis 100 m unterhalb der mittleren Hochwasserlinie erfasst wurden. Ufer, in denen Abbruchkanten an Dünen oder Salzwiesen auftraten, die freigespültes Wurzelwerk o. ä. Merkmale von Sedimentabtrag aufwiesen, wurden als erosive Küstenabschnitte kartiert. Dieses Kriterium wurde gewählt, weil es eine landwärtige Verlagerung des Inselufers anzeigt. Dies schließt nicht aus, dass parallel dazu landseitig durch Flutablagerungen eine Erhöhung von Strandwall oder Salzwiese erfolgen kann oder seeseitig zeitweise eine Übergangsv egetation in den Wattbereich vordringt (Abbildung 8-1).



Abbildung 8-1: Abbruchkante einer Salzwiese bei Rantum, im Watt mit Pioniervegetation im Schutz der Lahnungen

8.2.2 Wattvergleich zur französischen Atlantikküste

Um die biologische Besiedlung der Sylter Watten unter wärmerem Klima vorauszusagen, wurden Vergleichsuntersuchungen auf Watten der französischen Atlantikküste im Juni 1998 durchgeführt, ca. 500 bis 900 km (47° bis 50°N) südlicher als Sylt (55°N). Ausgewählt wurden sechs Lokalitäten aufgrund der dort sehr ausgedehnten Watten (Desprez et al. 1986; Ducrotoy u. Sylvand 1991; Larsonneur 1994; Verger 1968): Baie de la Somme und de L'Authie, Baie des Veys, Baie du Mont Saint-Michel, die Halbinsel Quiberon und die Insel Noirmoutier. Zwischen Hoch- und Niedrigwasserlinie wurde je Habitat das Artenspektrum aller im Freien erkennbaren bzw. von 1-mm Siebmaschen zurückgehaltenen Organismen ermittelt und die dominanten Arten pro Flächeneinheit quantifiziert. Insgesamt wurde in Frankreich eine Wattstrecke von 22,4 km Länge und bei Sylt eine Vergleichsstrecke von 11 km bearbeitet.

8.2.3 Ökologie der Sylter Brandungsstrände

Um Veränderungen der Strandfauna bei Änderungen in der Küstenmorphologie zu prognostizieren, wurden Vergleichsuntersuchungen am Erosionsstrand der Insel Sylt und am Depositionsstrand der dänischen Nachbarinsel Rømø durchgeführt. Dabei wurde die Benthosgemeinschaft auf vier Tidenniveaus (mittlerer Sandhang, mittlere Niedrigwasserlinie sowie in Tiefen von 0,5 und 7 m unterhalb Springtidenniedrigwasser) untersucht, indem Sedimentproben mit Stechrohren entnommen wurden (Rohrquerschnitt für Meiofauna 10 cm² und bis 30 cm tief; für Makrofauna 50 cm² und bis 20 cm tief). Jede Position wurde auf einem Strandabschnitt von 1 km Länge sechsfach beprobt im April, Juli und Oktober 1998 sowie Januar 1999. Im Labor wurde die Fauna extrahiert, gezählt und identifiziert, wobei die gesamte Makrofauna und innerhalb der Meiofauna die Plathelminthen und Polychaeten bis zur Art bestimmt wurden. Ein Vergleich der mobilen Epifauna an beiden Stränden wurde mit einer traditionellen Austerndregde (Breite 1 m, Maschenweite 1 cm) durchgeführt. Dazu wurden aus einer Fangstrecke von 12 x 500 m in der 3-8 m Tiefenzone alle Organismen gezählt und bis zur Art bestimmt. Auch die Nutzungsintensität der Strände durch Sanderlinge (*Calidris alba*) wurde ermittelt. Dabei wurden während des Frühjahrszuges 1999 über sechs Tiden alle 10 Minuten diese Vögel in einem definierten Strandabschnitt gezählt.

Um die ökologischen Auswirkungen künstlicher Sandvorspülungen auf die Strandfauna zu bewerten, wurde eine Vergleichsuntersuchung der Benthosgemeinschaft des Vorspülbereichs vor (April) und drei Monate nach der Vorspülung (Oktober 1999) durchgeführt. Dabei erfolgten Probenahme und Bearbeitung des Benthos wie oben dargestellt. Um saisonale Effekte berücksichtigen zu können, wurde ein Referenzabschnitt parallel beprobt. Während der Vorspülung wurden Proben aus dem frisch aufgespülten Material entnommen.

Bei quantitativen Angaben wird Mittelwert (arithmetisches Mittel) ± Standardabweichung als Mass der Streuung angegeben.

8.3 Ergebnisse

8.3.1 Biotope der Wattseite von Sylt

Überblick zu den Lebensräumen der Sylter Wattenmeerküste

Beim Übergang vom Land zum Wattenmeer kommt es zu einer charakteristischen Abfolge von vorwiegend terrestrischen über amphibische bis hin zu rein marinen Biotopen (Abbildung 8-2). Durch natürliche Gegebenheiten oder anthropogene Eingriffe wie z.B. Küstenschutzmaßnahmen kann diese Zonierung unterbrochen oder verändert sein.

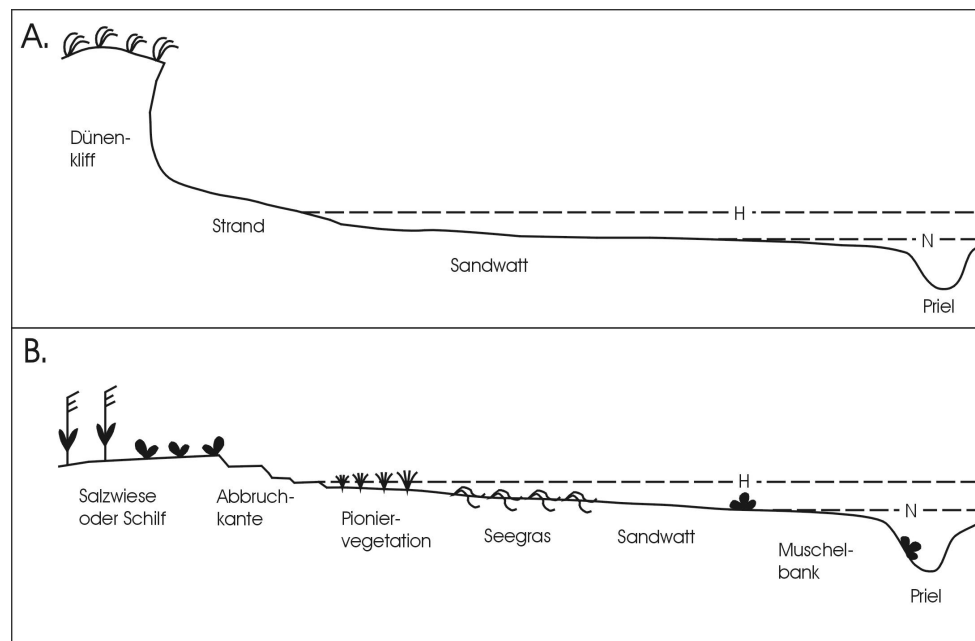


Abbildung 8-2: Häufige Biotopsequenzen der Sylter Wattenmeerküste

A. Dünen, Strand und Watt, B. Salzwiese und Watt

H = mittlere Hochwasserlinie, N = mittlere Niedrigwasserlinie

Auf der Ostseite von Sylt bilden Dünen oder Salzwiesen die natürlichen terrestrischen Biotope. Den Dünen ist in der Regel ein Strand vorgelagert. Dieser setzt sich in ein Sandwatt fort, das an der Niedrigwasserlinie in ein flaches sandiges Sublitoral und schließlich in die tiefen Priele und Rinnen wie Lister Ley oder Rantum Lohe übergeht. Diese Formation herrscht von der Nordspitze bis zur Blidsehbucht und von Puan Klent bis zur Südspitze vor.

Im mittleren Bereich der Insel sind dagegen oft Salzwiesen ausgebildet, auf denen die Zonierung der Vegetation durch die Salztoleranz der Pflanzen bestimmt wird. Salzwiesen mit ihrer charakteristischen Flora findet man bei Kampen, Morsum, Rantum oder nördlich von Hörnum. Den Salzwiesen schließt sich eine artenarme Übergangszone an, die von den Pionierpflanzen Queller (*Salicornia* spp.) und Schlickgras (*Spartina anglica*) beherrscht wird. In Küstenabschnitten mit hohem Grundwasserspiegel können sich unter dem Einfluss des Süßwassers anstelle oder landwärts der Salzwiesen Schilfgürtel (*Phragmites australis*) ausbilden, die bei Rantum oder südlich der Kampener Vogelkoje eine beträchtliche Ausdehnung erreichen. Gelegentlich finden sich oberhalb der mittleren Hochwasserlinie schmale, sandige Strandwälle, auf denen sich Dünenvegetation ansiedelt.

Das Sediment der an die Salzwiesen angrenzenden Watten ist oft durch Ablagerung von Feinpartikeln mehr oder weniger schlickig, und bildet sog. ‚Brutwatten‘. Hier konzentrieren sich die Jugendstadien der Wattbodenfauna, wie z.B. vom Wattwurm *Arenicola marina* und der Plattmuschel *Macoma balthica*. Queller und Schlickgras können weit in diesen Lebensraum hineinreichen und dringen bis an die sich im Schutz der Insel ausbreitenden Seegraswiesen vor. Besonders vor Keitum und Rantum sowie südlich Archsum bedecken Seegraswiesen großflächig die eulitoralen Wattflächen. Die Blätter des Seegrases (*Zostera noltii* und *Z. marina*) werden massenhaft von kleinen Wattschnecken (*Hydrobia ulvae*) besiedelt, während im Herbst Schwärme von Ringelgänsen und Pfeifenten die Seegraswiesen als Weideplätze nutzen. Je weiter man sich der Niedrigwasserlinie nähert, desto sandiger wird das Sediment. Die Oberfläche der Sandwatten wird vom typischen Muster aus Kotschnurhaufen des Wattwurms *Arenicola marina* bestimmt. Diese *Arenicola*-Sandwatten gehen an der Niedrigwasserlinie oft in stark gerippte, bewegte Sände über, stellenweise unterbrochen durch die aufragenden Strukturen der Miesmuschelbänke. Im Gegensatz zur relativ strukturarmen Umgebung bieten die Muscheln Schutz und Nahrung für eine Vielzahl invertebrater Wattenorganismen sowie einen festen Halt für Makroalgen. Daher sind viele Bänke dicht mit dem Blasentang *Fucus* sp. und anderen Algen bewachsen. Da sich in den Bänken die höchsten Artenzahlen benthischer Organismen und die weitaus größten Biomassewerte konzentrieren, spielen Miesmuschelbänke eine zentrale Rolle im Nahrungsangebot von Vögeln und Wirbellosen (Dankers et al. 1999).

Im flachen Dauerflutungsbereich liegen Miesmuschelbänke, die teils natürlichen, teils künstlichen Ursprungs sind. Letztere werden von der Muschelindustrie auf ausgewiesenen Kulturflächen angelegt, wobei die Miesmuscheln durch die ständige Wasserbedeckung schneller wachsen als im Gezeitenbereich.

In den Prielen und tiefen Rinnen des Sylter Wattenmeeres wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch Seegraswiesen, Rotalgen, Austernbänke und Sandriffe des Polychaeten *Sabellaria spinulosa* gefunden. Diese sind durch Epidemien, höhere Wassertrübung und fischereiliche Nutzung verschwunden. Vermutlich hat dies einer Erosion in den Wattstromrinnen Vorschub geleistet (Reise et al. 1998).

Wattbiotop

Auf den Wattflächen des Gezeitenbereiches östlich der Insel Sylt dominieren sandige Sedimente (Abbildung 8-3). Misch- und Schlickwatten beschränken sich weitgehend auf die ufernahen Bereiche am Rande der Buchten von Lister Ley und Hörnumtief, wo die herabgesetzte Dynamik des Wattwassers die Sedimentation von Feinpartikeln zulässt. Die generelle Verteilung und Besiedlung der Biotop des nördlichen und südlichen Sylter Wattes entspricht der im gesamten Wattenmeer, allerdings mit erhöhtem Sandwattanteil und deutlich mehr Seegraswiesen (Reise u. Lackschewitz 1998). Die Gesamtfläche des Sylter Wattenmeeres in den in 8.2.1 angegebenen Grenzen beläuft sich auf 93,1 km², wovon 38,7 km² nördlich und 54,5 km² südlich des Hindenburgdammes liegen. Von dieser Gesamtfläche nehmen die Sandwatten 79% ein (Abbildung 8-4). Ihre gerippte Oberfläche wird durch die Kotschnurhaufen des Wattwurms *Arenicola marina* geprägt, der zusammen mit der Herzmuschel *Cerastoderma edule* fast drei Viertel der tierischen Biomasse in diesem Lebensraum ausmacht.

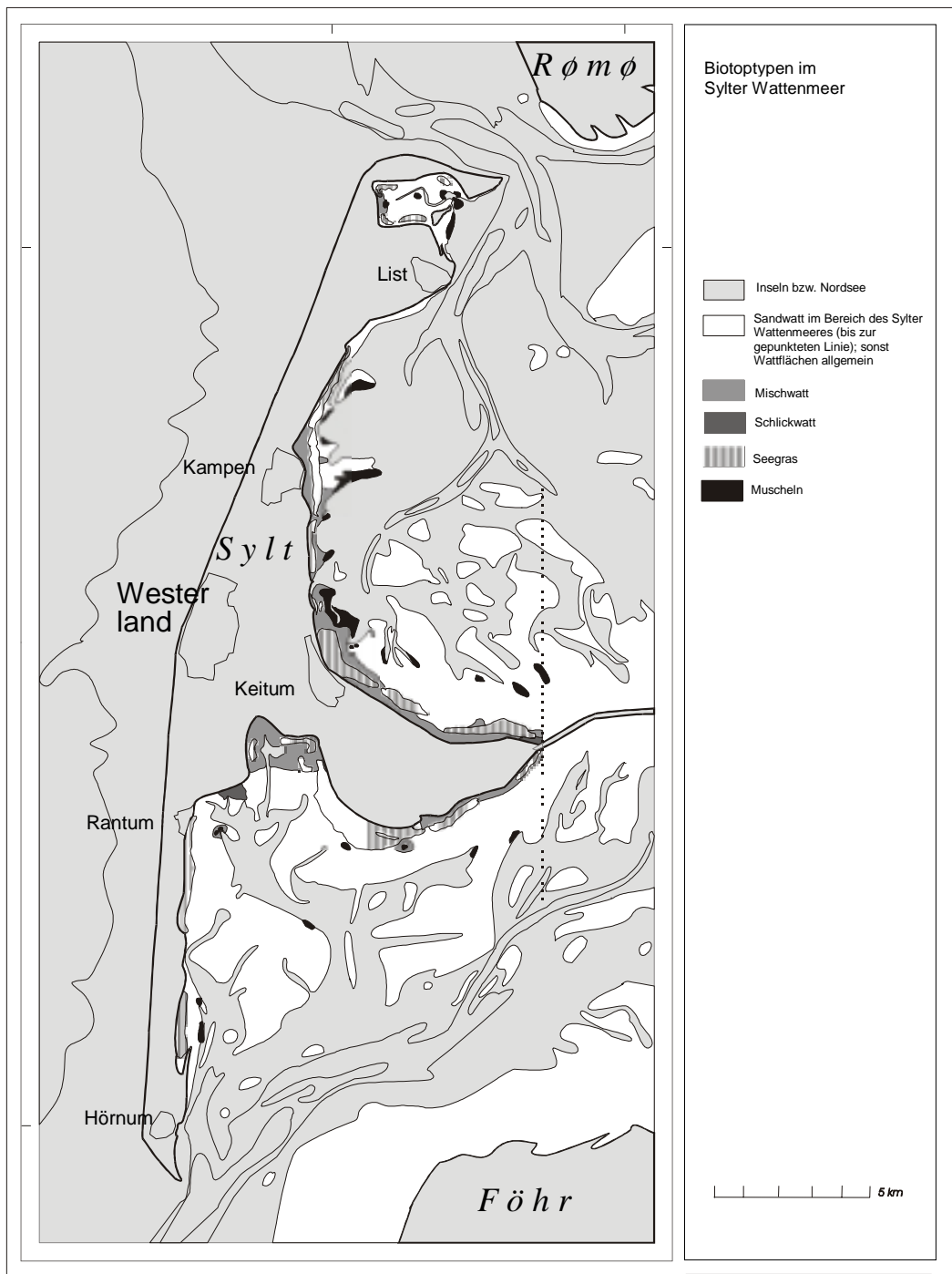


Abbildung 8-3: Biotope im Gezeitenbereich des Sylter Wattenmeeres.

Die Miesmuschelbänke und Seegraswiesen befinden sich vorwiegend auf Misch- und Sandwatt. Kartierungen im nördlichen Sylter Wattenmeer von 1992–94, im südlichen Bereich von 1998–99.

Die 8% der Mischwatten erstrecken sich entlang des geschützten Uferstreifens. Auf diesen Wattflächen kann es zu Massenvorkommen des Schlickkrebse *Corophium volutator* kommen, der mit einer Siedlungsdichte von stellenweise über 30 000 Tieren pro m² besonders für Garnelen, Fische und Watvögel eine bedeutende Nahrungsquelle darstellt. Reine Schlickwattgebiete sind im gesamten Sylter Wattenmeer sehr selten. Sie umfassen lediglich 0,5%. Das geringe Vorkommen schlickiger Wattflächen und deren eingeschränkte räumliche Ausdehnung weisen auf eine vergleichsweise hohe hydrodynamische Energie im Sylter Wattenmeer. Die Besiedlung der Schlickwatten durch bodenlebende Tiere wird besonders im Frühsommer durch die massenhafte Ansiedlung von Jugendstadien der benthischen Makrofauna bestimmt.

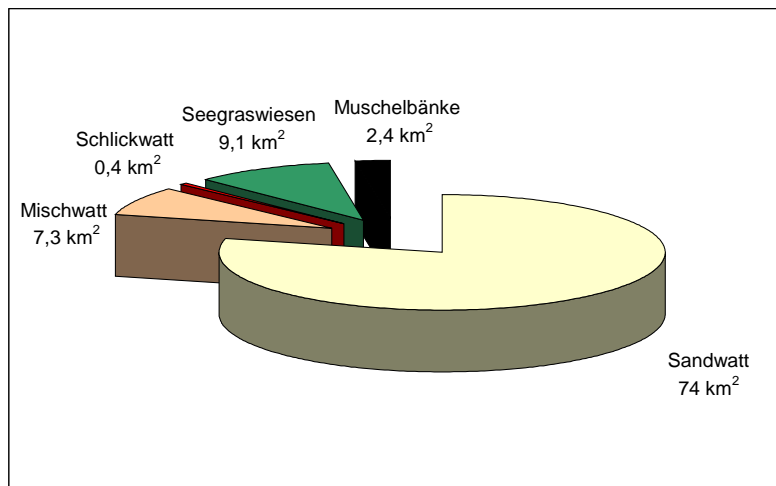


Abbildung 8-4: Biotopanteile im Sylter Wattenmeer

Im Vergleich zu diesen Zahlen liegen im gesamten Wattenmeer die Anteile von Sand- Misch- und Schlickwatt bei 75, 18 und 7% (Dijkema et al. 1989). Dabei ist zu berücksichtigen, dass für das Sylter Wattenmeer die nachfolgend aufgeführten Seegrasswiesen und Muschelbänke vorwiegend zum Sand- und Mischwatt addiert werden müssen. Die Seegrasswiesen der Sylter Watten liegen gegen westliche Stürme geschützt im ufernahen Bereich (Abbildung 8-3). Mit 10,0% der eulitoral-Fläche ist ihr Anteil relativ hoch, verglichen mit der niederländischen und der niedersächsischen Küste. Dort nehmen die Seegrasswiesen lediglich 1-2% der Wattflächen ein (Kastler 1999). Zunehmende Sedimentdynamik würde die Stabilität der Wiesen herabsetzen und voraussichtlich einen Rückgang der Bestände bewirken. Miesmuschelbänke machen 2,6% der eulitoral-Flächen des Sylter Wattenmeeres aus. Im Bereich nördlich des Hindenburgdammes ist die Gesamtfläche der Bänke und Muschel-Streifelder bei weitem ausgedehnter als im südlichen Sylter Wattenmeer (Abbildung 8-3). Muschelbänke bilden in geschützten Lagen langlebige stabile Strukturen, jedoch können extreme Wetterereignisse wie winterlicher Eisgang und besonders Stürme zu einer starken Schädigung bis hin zum vollständigen Verlust führen.

Uferbiotope

Das Wattenmeerufer entlang der Sylter Ostküste unterliegt in weiten Bereichen starker Erosion. Als Folge davon wird die Uferlinie zunehmend durch Küstenschutzmaßnahmen befestigt. Diese Bauwerke beeinflussen nicht nur die Ökologie des Uferstreifens, sondern können weit in das Ökosystem Wattenmeer hineinwirken.

Schon jetzt sind 53% der 68 km langen Uferstrecke mit Küstenschutzbauwerken versehen (Abbildung 8-5). Auf 24 km bilden Deiche mit Steindeckwerken, Hafenanlagen, Molen o.ä. starre Grenzen, die landwärts gelegene Biotope vom marinen Milieu abschneiden. Zusätzlich sind 12 km unbefestigten Uferstreifens Buhnen und Lahnungen vorgebaut, welche die Strömungs- und Wellenenergie herabsetzen und wo mancherorts durch regelmäßiges Gruppen natürliche, langfristige Abläufe gestört werden. Zwar stellen solche Bauwerke für einige Organismen künstliche, besiedelbare Hartsubstrate dar, wo jedoch Deiche und Steinmauern übergangslos an dynamische Sandwatten grenzen, ohne dass sich landwärts eine Salzwiese und seewärts eine Verlandungszone ausbilden kann, nimmt die Diversität von Lebensräumen und Arten ab (Abbildung 8-6).

Bei zunehmender Erosion durch höheren Meeresspiegel und stärkere Hydrodynamik ist erfahrungsgemäß damit zu rechnen, dass alle jetzt mit Buhnen und Lahnungen versehenen Uferabschnitte mit Steindeckwerken gesichert werden. Dadurch würde sich diese künstliche Uferform auf 36 km Länge ausdehnen. Ausserhalb bestehender Steindeckwerke herrscht auf 28 km Uferlänge deutliche Erosion

vor. Möglich ist, dass sich mit Stein gesicherte Ufer also auch bis auf 52 km ausdehnen könnten, wenn keine alternativen Ufersicherungen gefunden werden. Der Strecke, auf der dem Abbruch bereits durch steinerne Schutzbauwerke Einhalt geboten wird bzw. auf der deutliche Erosion zutage tritt, stehen lediglich 5 km Uferlinie gegenüber, auf denen akkumulative Tendenzen erkennbar sind.

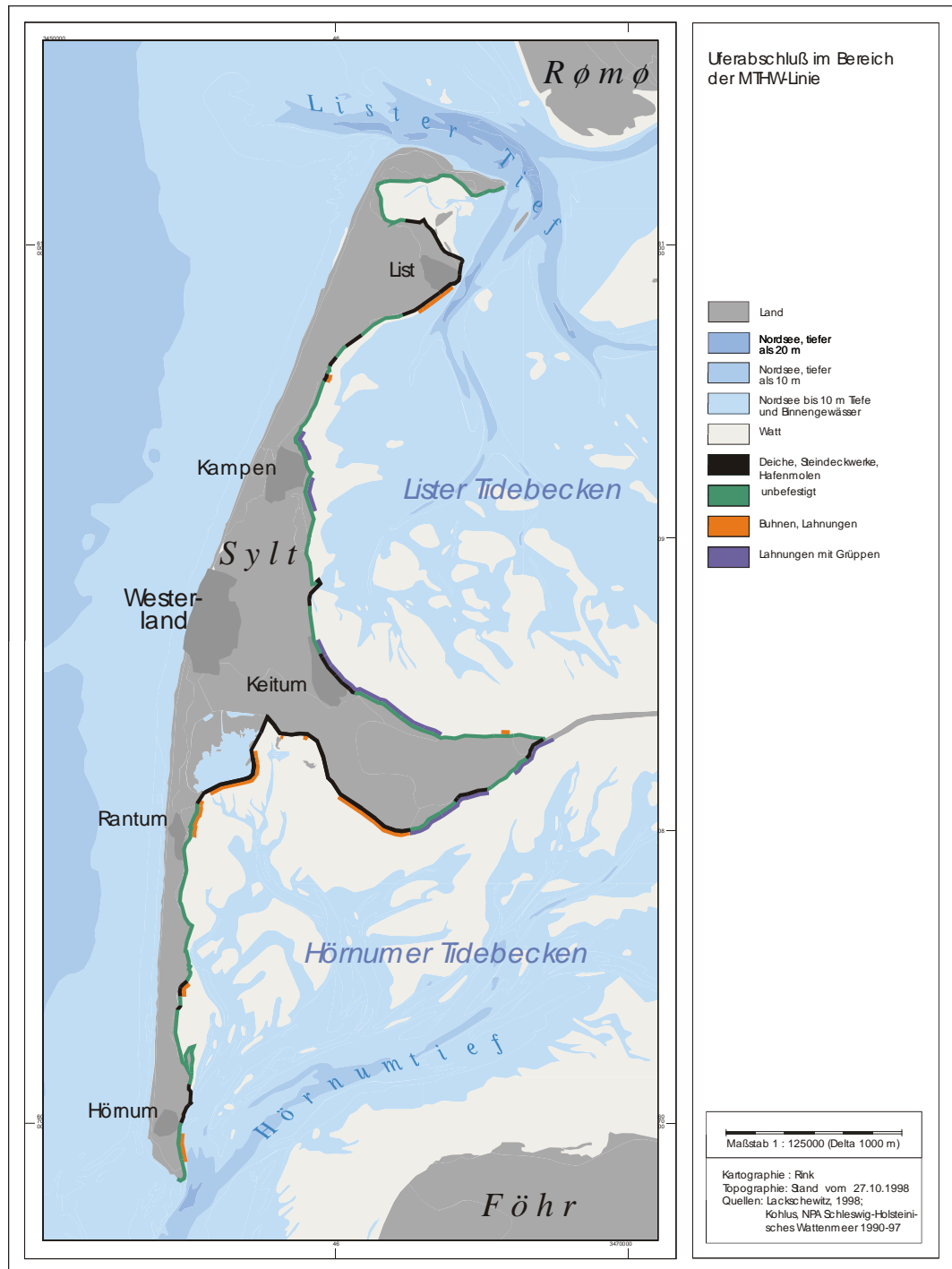


Abbildung 8-5: Uferformen im Bereich der mittleren Hochwasserlinie (MTHW).

Steinbühnen dienen vornehmlich der Ablenkung von uferparalleler Strömung, Lahnungen aus Pfahlreihen mit Buschwerk einer Dämpfung des Seegangs. Gruppen sind Gräben zur Entwässerung. Kartierungen von 1996 und 1998.

Salzwiesen und Schilfgebiete, die auf 24 km insbesondere an der unbefestigten Uferlinie vorkommen (Abbildung 8-7), gehen fast überall in einen Gürtel aus Pioniervegetation über, der sich wattenwärts bis in die Seegraszone erstrecken kann.

In stärker strömungs- und wellenexponierten Bereichen begrenzen Strand und Dünen die Insel auf 22 km. Eine Sonderform nehmen dabei die Strände vor dem Morsum und dem Weißen Kliff ein, die von tertiären Sedimenten der Kliffs generiert werden. Den Stränden schließt sich in der Regel ein Sandwatt an.

52% des Sylter Ostufers grenzen an Sandwatten, während sich 40% in Mischwatten fortsetzen, und lediglich 4% des ufernahen Eulitorals kann als Schlickwatt klassifiziert werden (Abbildung 8-8). Die verbleibenden 4% entfallen auf Uferbereiche ohne vorgelagerte Wattflächen, wie etwa Hafenanlagen. Großflächige Seegraswiesen reichen auf 41% der Uferlinie bis in den oberen Gezeitenbereich. Auf den strömungsberuhigten Mischwatten des Uferstreifens findet man mancherorts ausgedehnte Kolonien des Schlickkrebsses *Corophium volutator*, der in die lagestabilen Sedimente u-förmige, schleimverklebte Gänge gräbt. Aus früheren Untersuchungen weiss man, dass diese Art in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts noch weitaus verbreiteter im Sylter Watt war (Reise et al. 1989). Ihr Rückgang deutet auf eine zunehmende Sedimentdynamik und Abnahme von Mischwattbereichen hin.



Abbildung 8-6: Deichfuß mit Basaltsteinen südlich Morsum, an den sich übergangslos ein Sandwatt anschließt.

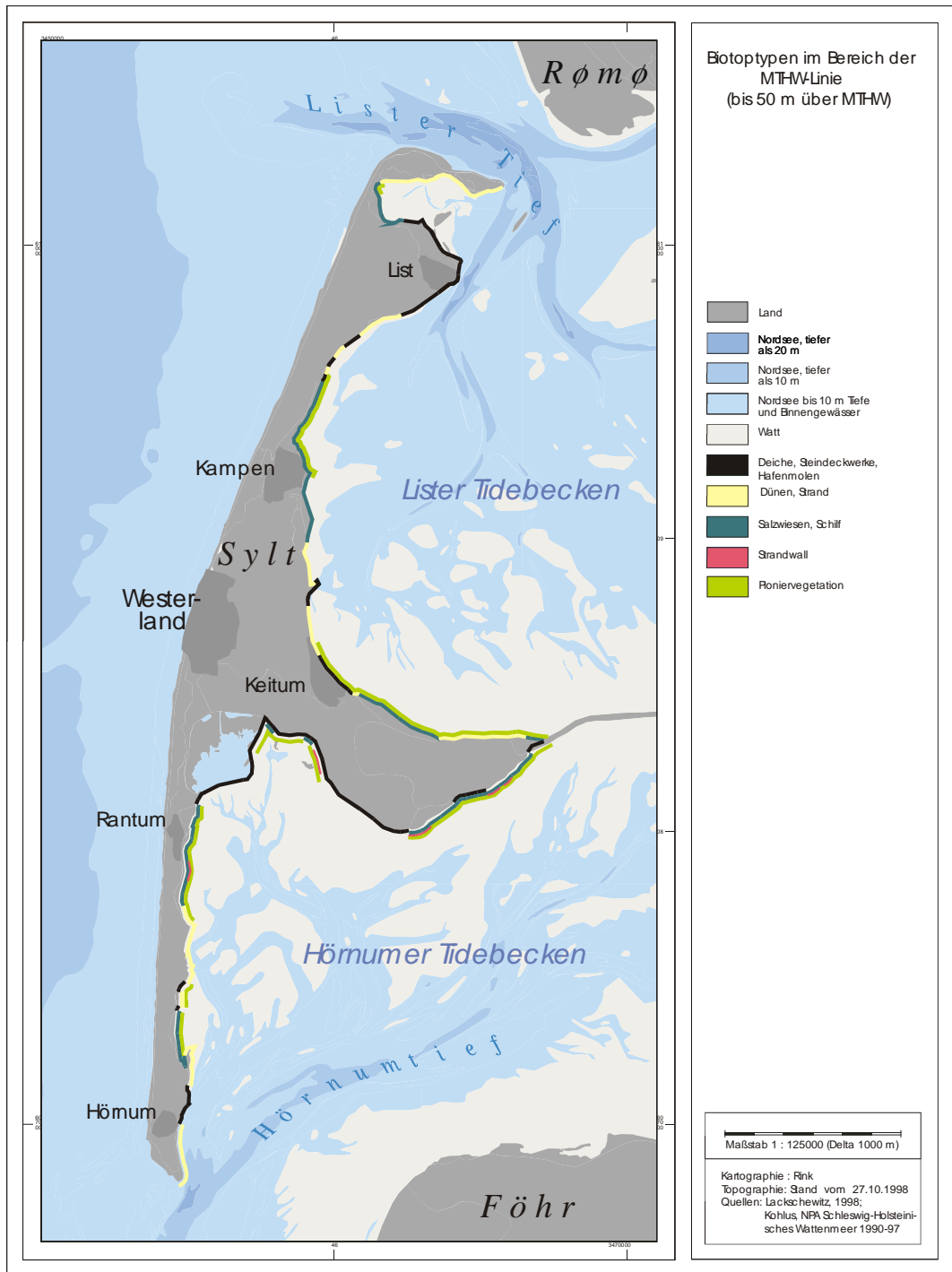


Abbildung 8-7: Biotope im Bereich der mittleren Hochwasserlinie (bis 50 m landwärts).

Kartierungen von 1996 und 1998

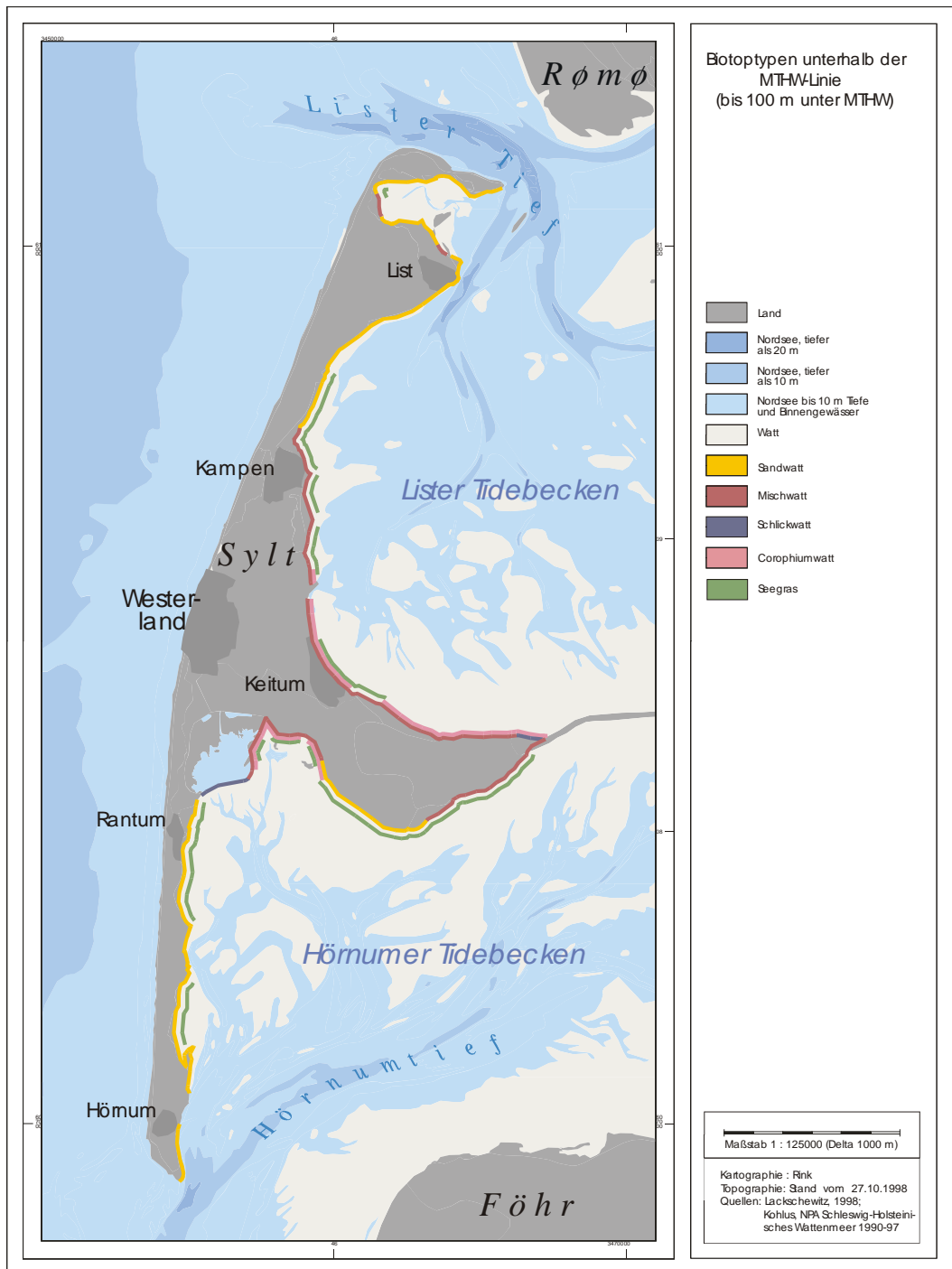


Abbildung 8-8: Biotope unterhalb der mittleren Hochwasserlinie (bis 100 m seawärts).

Kartierungen von 1996 und 1998

8.3.2 Wattvergleich zur französischen Atlantikküste

Die mittlere Wassertemperatur ist an der französischen Atlantikküste um 2 bis 4°C höher als im Wattenmeer bei Sylt. Watten sind im Bereich von Normandie und Bretagne vornehmlich in Buchten mit einmündenden Flüssen ausgebildet. Dort ist die Salinität veränderlicher (18 bis 30 psu) als im Sylter Seegebiet (um 30 psu). Der mittlere Gezeitenunterschied (Tidenhub) liegt mit 5 m (Baie de Veys) bis 8,5 m (Baie de Mont Saint-Michel) wesentlich höher als bei Sylt (um 2 m). Die südlich der Bretagne liegenden Watten im Schutz von Sandnehrungen (Quiberon) und Inseln (Noirmoutier) werden von atlantischem Wasser mit höhe-

rer Salinität (um 34 psu) als bei Sylt geflutet. Der mittlere Tidenhub liegt dort etwas unter 4 m.

Die Zonierung der Habitate im Gezeitenbereich des Wattenmeeres und der französischen Atlantikküste ist weitgehend identisch. Je nach Exposition zum See-gang wird die oberste, nur episodisch überflutete Zone von einem vegetationslosen Strandhang mit dem Strandflohkrebs *Talitrus saltator* oder einer Salzwiese gebildet. Am seewärtigen Rand der Salzwiese befinden sich Mikrobenmatten, in denen oft der Salzkäfer *Bledius spectabilis* vorkommt. Die landwärts anschließende Vegetation beginnt mit einem Mosaik von *Spartina* sp. und *Salicornia* sp., das bei Schafbeweidung in eine kurze Pflanzendecke mit *Puccinellia maritima* übergeht. Andernfalls folgt eine artenreiche Staudenflur mit *Halimione portulacoides*, *Limonium vulgare*, *Aster tripolium* und weiteren Arten oder es folgt eine dichte Grasflur mit *Elymus farctus/pungens*. Erst südlich der Bretagne ändert sich die Artenzusammensetzung der oberen Salzwiese gegenüber der im Wattenmeer und wird mit *Suaeda fruticosa* buschig.

In der oberen Wattzone dominieren in der Bodenfauna junge Wattwürmer *Arenicola marina*, der Meeresringelwurm *Nereis diversicolor* und die Wattschnecke *Hydrobia ulvae*. In vielen Fällen folgt seewärts ein Seegrasgürtel mit *Zostera noltii*. Die weiten Sandwatten in der mittleren Zone werden in beiden Regionen vom Wattwurm *Arenicola marina* geprägt. Die untere, sandige Wattzone ist in Frankreich intensiver geripfelt als bei Sylt. Dies ist vermutlich von der stärkeren Gezeitenströmung in dieser Region verursacht. Das mag auch der Grund sein, warum die Miesmuschel *Mytilus edulis* nur bei Sylt geschlossene Muschelbänke ausbildet. In der Baie du Mont Saint-Michel treten an deren Stelle bis 1,20 m hohe Wurmriffe (*Sabellaria alveolata*).

Tabelle 8-1: Arten der Makrofauna des Wattbodens geordnet nach der Rangzahl ihrer Stetigkeit (bis 20) in den Habitaten zwischen Hoch- und Niedrigwasserlinie im Sylter Wattenmeer (n = 34) und in den Watten der französischen Atlantikküste (n = 63).

Sylter Wattenmeer	Watten der französischen Atlantikküste
1 <i>Arenicola marina</i>	1 <i>Arenicola marina</i>
2 <i>Cerastoderma edule</i>	2 <i>Macoma balthica</i>
3 <i>Pygospio elegans</i>	3 <i>Cerastoderma edule</i>
4 <i>Hydrobia ulvae</i>	4 <i>Carcinus maenas</i>
5 <i>Mytilus edulis</i>	5 <i>Hydrobia ulvae</i>
5 <i>Littorina littorea</i>	6 <i>Nereis diversicolor</i>
7 <i>Carcinus maenas</i>	7 <i>Nephtys hombergii</i>
8 <i>Macoma balthica</i>	8 <i>Pygospio elegans</i>
8 <i>Nereis diversicolor</i>	9 <i>Crepidula fornicata</i>
8 <i>Scoloplos armiger</i>	10 <i>Lanice conchilega</i>
11 <i>Crangon crangon</i>	10 <i>Mytilus edulis</i>
12 <i>Balanus crenatus</i>	12 <i>Scoloplos armiger</i>
13 <i>Crepidula fornicata</i>	13 <i>Scrobicularia plana</i>
14 <i>Heteromastus filiformis</i>	13 <i>Urothoe poseidonis</i>
14 <i>Gammarus sp.</i>	13 <i>Corophium sp.</i>
14 <i>Pagurus bernhardus</i>	16 <i>Littorina littorea</i>
17 <i>Nephtys hombergii</i>	16 <i>Crassostrea gigas</i>
17 <i>Lanice conchilega</i>	16 <i>Bathyporeia sp.</i>
19 <i>Mya arenaria</i>	19 <i>Crangon crangon</i>
20 <i>Phyllodoce mucosa</i>	20 <i>Heteromastus filiformis</i>
20 <i>Littorina saxatilis</i>	20 <i>Elminius modestus</i>
20 <i>Electra pilosa</i>	20 <i>Abra tenuis</i>

Das Artenspektrum der Makrofauna in den Wattböden beider Regionen weist eine hohe Übereinstimmung auf (Tabelle 8-1). Von den 22 Arten, die in den Wathabitaten einer Region mit größter Stetigkeit anzutreffen waren, sind gut zwei Drittel auch unter den 22 der anderen Region. Unter diesen Arten hoher Stetigkeit befindet sich in jeder Region jeweils nur eine Art, die in der anderen gar nicht gefunden wurde. Auffällig höhere Stetigkeit im Sylter Wattenmeer zeigten *Pygospio elegans*, *Mytilus edulis* und *Littorina littorea*. An der französischen Atlantikküste waren es vor allem *Macoma balthica*, *Nephtys hombergii* und *Lanice conchilega*. Arten, die an der französischen Atlantikküste vorkommen, aber bei Sylt fehlen, haben meist nur geringe Stetigkeit und leben vorwiegend in der unteren Wattzone.

Die mittlere Artenvielfalt der Wattbodenfauna an den untersuchten Lokalitäten variiert wenig, wenn das Sylter Wattenmeer mit den französischen Watten nördlich der Bretagne verglichen wird (26 ± 4 und 26 ± 3 Arten). Südlich der Bretagne ist die Artenvielfalt deutlich höher (44 ± 9 Arten). Die Individuenzahlen pro Flächeneinheit schwanken in beiden Regionen sehr, sind im Mittel aber einander ähnlich. Ausnahmen sind die kleinen Wattschnecken *Hydrobia ulvae*, die um den Faktor 10 im Sylter Wattenmeer häufiger waren und umgekehrt die Plattmuschel *Macoma balthica*, die im französischen Watt wesentlich zahlreicher war.

Beim Vergleich mit der französischen Atlantikküste ist zu berücksichtigen, dass Unterschiede nicht allein dem wärmeren Klima zugerechnet werden können. Abweichende Salinitäten und stärkere Gezeitenunterschiede sind weitere bedeutende Variablen. Die dennoch relativ hohe Übereinstimmung in der biologischen Besiedlung kann durch die hohe physiologische Toleranzbreite der Organismen des Gezeitenbereiches (Newell 1979) erklärt werden. Wer hier leben kann, ist gegenüber geringen klimatischen Veränderungen unempfindlich. Diese Interpretation wird durch die Beobachtung gestützt, dass Unterschiede zuerst in der oberen Salzwiesenzone bzw. in der untersten Wattzone auftreten, also jeweils dort, wo der Einfluss des Gezeitenwechsels am geringsten ist. Im Bereich des mittleren Hochwassers war dagegen eine vollkommene Übereinstimmung zwischen dem Sylter Wattenmeer und den Watten der französischen Atlantikküste festzustellen.

8.3.3 Ökologie der Brandungsstrände

Überblick

Die erodierende Westküste der Insel Sylt ist durch einen schmalen Strand mit steilem Profil charakterisiert. Erosionsstrände sind extrem dynamische Lebensräume, in denen die Sandoberfläche bei Wasserbedeckung permanent in Bewegung ist (Brown u. McLachlan 1990). Die Tiere in diesem Lebensraum müssen sehr mobil sein, um ihre Position im Strand halten zu können. Aufgrund der Dynamik des Lebensraums sind nur wenige Makrofauna-Organismen und grabende Tiere vertreten (Brown u. McLachlan 1990). Der typische Sandstrand-Bewohner ist meistens nur wenige Millimeter lang und dünn genug, um zwischen den Sandkörnern zu leben und sich dort bewegen zu können (Abbildung 8-9). Zu dieser Sandlückenfauna, auch Meiofauna genannt, gehören Arten der Ciliata, Nematoda, Copepoda, Ostracoda, Plathelminthes, Polychaeta, Oligochaeta u.a. (McIntyre 1969). Neben ihrer geringen Körpergröße und hoher Mobilität besitzen viele dieser Tiere weitere Anpassungen an die starke Dynamik des Lebensraumes und sind oft mit Haftorganen ausgestattet, um sich an Sandkörnern festzuhalten (Bush 1968). Für die Zusammensetzung der Meiofauna-Gemeinschaften ist besonders die Korngröße ein Schlüsselfaktor (Giere 1993). Sandstrände sind durch eine extrem hohe Artenvielfalt der Meiofauna gekennzeichnet. Untersuchungen am Sylter Oststrand zeigen mit rund 800 eine Artenvielfalt, die mit der eines mitteleuropäischen Laubwaldes zu vergleichen ist (Armonies u. Reise, im Druck). Die Meiofauna eignet sich als Indikator für die ökologische Bewertung von Stränden.

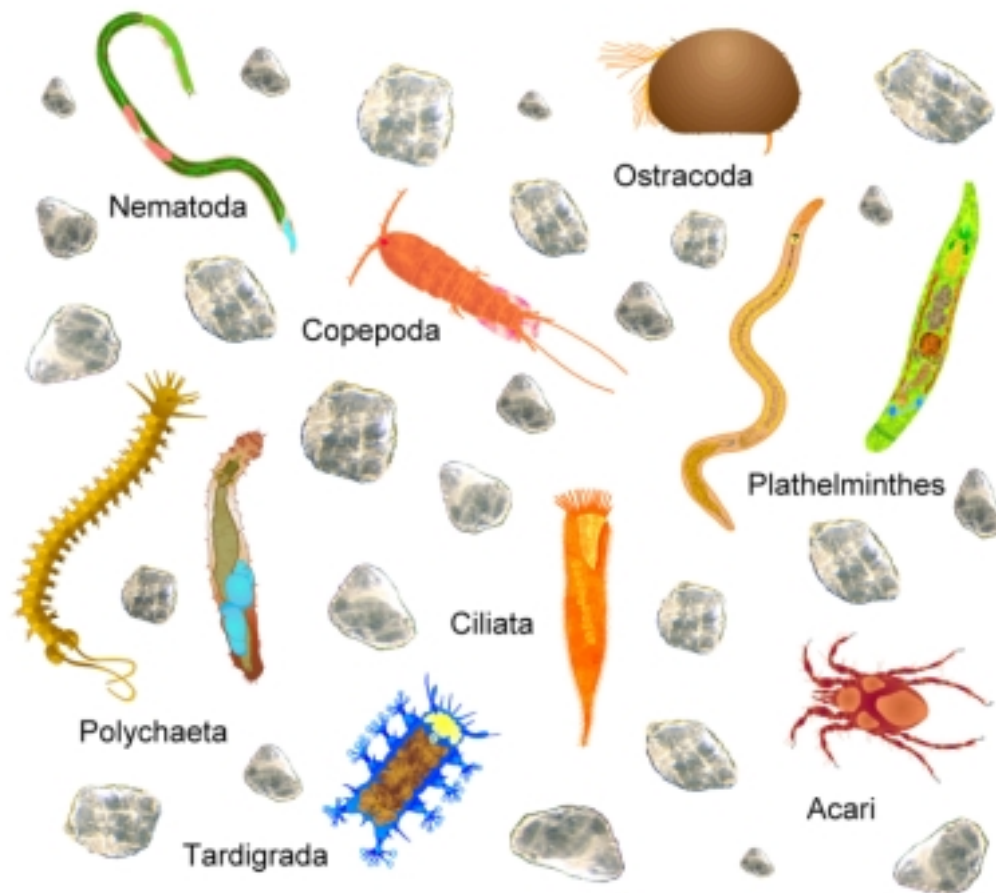


Abbildung 8-9: Typische Vertreter der Meiofauna des Sandlückensystems.

Die Länge der Tiere bewegt sich zwischen 0,5 und 10 mm. Die Größe der Sandkörner liegt bei etwa 0,5 mm.

Vergleich von Erosions- und Depositionsstränden

Sowohl der durch Erosion zurückweichende Strand von Sylt als auch der durch Deposition vorrückende Strand von Rømø sind nach Westen zur vorherrschenden Windrichtung ausgerichtet und damit gegenüber den Wellen der Nordsee exponiert. Der Sylter Strand ist durch sein steiles Profil mit einer Distanz zwischen Hoch- und Niedrigwasserlinie von ca. 25-30 m charakterisiert, während das Profil von Rømø sehr flach und breit ist und die Distanz zwischen den Tidenlinien 150-200 m beträgt. Am Erosionsstrand findet sich grobes Sediment (Median der Korngrößenverteilung $0,57 \pm 0,35$ mm) ohne Sauerstoffdefizit. Der Depositionsstrand hat Sediment geringerer Korngrößen ($0,25 \pm 0,19$ mm) und im Mittel herrscht ab 7 cm Strandtiefe Sauerstoffarmut.

Die Artendichte der Meiofauna ist am Erosionsstrand signifikant höher als am Depositionsstrand (Tabelle 8-2), während die Abundanzen keinen deutlichen Unterschied zwischen den Stränden zeigen. Die Faunenzusammensetzung ist sehr verschieden (Abbildung 8-10). Am Erosionsstrand sind Harpacticiden, Nematoden, Polychaeten und Plathelminthes in ähnlichen Abundanzen vertreten, während am Depositionsstrand Nematoden deutlich dominieren. Die Makrofauna zeigt ein anderes Bild. Am Depositionsstrand sind Artendichte und Abundanzen signifikant höher als am Erosionsstrand (Tabelle 8-2). In der Makrofauna dominieren Polychaeten an beiden Stränden (Abbildung 8-11).

Tabelle 8-2: Artendichte und Abundanz der Meio- (unter 10 cm²) und Makrofauna (unter 200 cm²) am Erosions- und Depositionsstrand.

	Meiofauna		Makrofauna	
	Artendichte	Abundanz	Artendichte	Abundanz
Erosionsstrand	5,1 ± 0,5	409 ± 22	1,3 ± 0,6	16 ± 4
Depositionsstrand	3,0 ± 0,8	420 ± 67	6,4 ± 0,8	41 ± 9

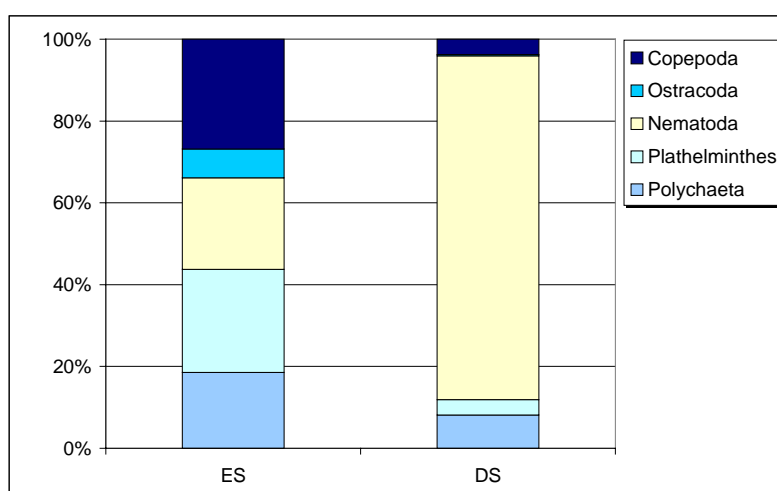


Abbildung 8-10: Zusammensetzung der Meiofauna am Erosions- (ES) und Depositionsstrand (DS): Anteile einzelner taxonomischer Gruppen an der Gesamtabundanz.

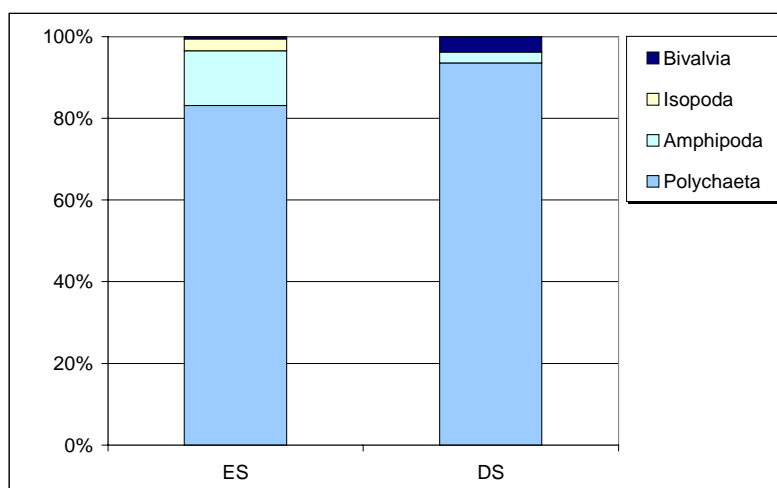


Abbildung 8-11: Zusammensetzung der Makrofauna am Erosions- (ES) und Depositionsstrand (DS): Anteile einzelner taxonomischer Gruppen an der Gesamtabundanz.

Untersuchungen zur mobilen Epifauna zeigen signifikant höhere Abundanzen für Garnelen (*Crangon crangon*) und Strandkrabben (*Carcinus maenas*) am Depositions-

ons- gegenüber dem Erosionsstrand (*C. crangon*: 358 ± 459 gegenüber 140 ± 67 Individuen pro 500 m Fangstrecke; *C. maenas*: 53 ± 59 gegenüber 4 ± 3).

Bei Sanderlingen (*Calidris alba*), die nach Nahrung suchend am Strand die Wasserlinie entlang laufen (Myers et al. 1980, Diederichs 1999), führen die höheren Abundanzen ihrer Beuteorganismen am Depositionsstrand dort zu höheren Vogelzahlen (25 ± 12 gegenüber 4 ± 4 Individuen pro 1 km Strandabschnitt).

Zusammenfassend zeigen diese Untersuchungen, dass der Sylter Erosionsstrand eine hoch diverse Meiofauna und eine arten- und individuenarme Makrofauna sowie geringe Abundanzen der mobilen Epifauna und Sanderlinge aufweist. Diese Kombination kennzeichnet den für Badende so attraktiven Brandungsstrand mit lockerem, sauberem Sand. Der flache Depositionsstrand mit durchschnittlich geringeren Wellenhöhen ist gekennzeichnet durch eine weniger diverse Meiofauna, eine arten- und abundanzreichere Makrofauna und höhere Abundanzen der mobilen Epifauna und Sanderlinge. Der Sand ist fester gepackt und in tieferen Schichten durch die Bildung von Schwefeleisen dunkel gefärbt. Dies zeigt Sauerstoffmangel durch vermehrte Einlagerung organischer Substanzen an.

Ökologische Auswirkungen künstlicher Sandvorspülungen

Durch Sandvorspülungen wird versucht die Erosion an der Westseite der Insel Sylt wieder auszugleichen. Neben Kosten-/Nutzenanalysen hinsichtlich der Schutzwirkung ist auch die ökologische Verträglichkeit der Massnahmen von Bedeutung. Die Auflagerung einer 2-3 m hohen Sedimentschicht auf den Strand lässt die meisten Tiere der Benthosgemeinschaft sterben (Adriaanse u. Coosen 1991). Da im Erosionsstrand eine hoch diverse Meiofauna lebt, wird deren Zusammensetzung hier als Indikator für den ökologischen Zustand besonders hervorgehoben.

Bei einer Sandvorspülung westlich List im Sommer 1999 wurde das Ökosystem Strand zunächst stark gestört, verursacht durch das Verlegen der Spülrohre mit schweren Maschinen und die Umgestaltung des Strandes in ein Spülbecken. Die Proben aus aufgespültem Material enthielten keine lebende Makro- und Meiofauna. Ein weniger dramatisches Bild zeigt sich jedoch, wenn die Meiofauna drei Monate nach der Sandvorspülung (Oktober 1999) mit dem Zustand davor (April) und mit einem angrenzenden Referenzgebiet ohne Sandvorspülung verglichen wird (Tabelle 8-3). Die Streuungen sind sehr hoch, und es gibt keinen Hinweis auf eine nachwirkende Störung. Während die Individuendichte beider Gebiete im April und Oktober auf hohem Niveau lag, gab es in der Artendichte eine signifikante, saisonale Abnahme in beiden Gebieten. Die Zusammensetzung der Meiofauna zeigte in den Individuendichten der taxonomischen Gruppen keine signifikanten Unterschiede von April zu Oktober und zum Referenzgebiet (Abbildung 8-12). Ebenso blieb die Dominanz von *Notocaryoplanella glandulosa* (Plathelminthes), *Trilobodrilus axi* und *Hesionides arenaria* (beide Polychaeta) erhalten.

Tabelle 8-3: Abundanz und Artendichte (Mittel der Probestellen/10 cm²) der Meiofauna im Vorspül- und Referenzgebiet am Lister Weststrand im April und Oktober 1999.

	Abundanz		Artendichte	
	April	Oktober	April	Oktober
Vorspülgebiet	344 ± 172	381 ± 247	7,5 ± 3,7	1,9 ± 1,1
Referenzgebiet	752 ± 434	418 ± 210	8,9 ± 5,7	2,6 ± 0,6

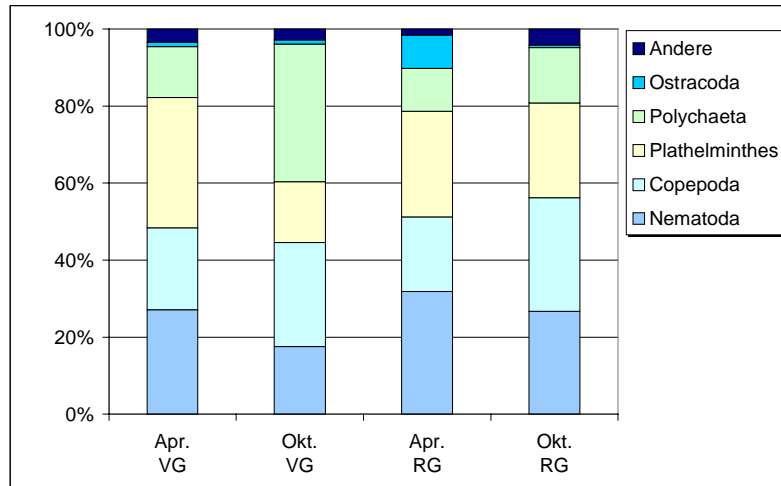


Abbildung 8-12: Zusammensetzung der Meiofauna im Vorspül- (VG) und Referenzgebiet (RG) im April und Oktober 1999: Anteile einzelner taxonomischer Gruppen an der Gesamtabundanz.

Die Makrofauna zeigt ein geringfügig anderes Bild. Ihre Abundanz ist im Vorspülgebiet im Oktober in der Tendenz geringer als im April, während sie im Referenzgebiet in beiden Monaten gleich bleibt (Tabelle 8-4). Der Vergleich der Abundanzen beider Gebiete zeigt keinen Unterschied im April, während im Oktober eine signifikant geringere Abundanz im Vorspülgebiet als im Referenzgebiet zu beobachten ist. Diese Ergebnisse weisen auf eine Beeinflussung der Makrofauna noch drei Monate nach der Vorspülung hin. Die Artendichte der Makrofauna erfuhr keine signifikanten Veränderungen. Dies gilt auch für die Zusammensetzung dieser Fauna. Die Dominanz der Polychaeten durch die Art *Scolecopsis squamata* blieb - auch im Vergleich zum Referenzgebiet - erhalten (Abbildung 13).

Tabelle 8-4: Abundanz und Artendichte (Mittel der Probestellen/200 cm²) der Makrofauna im Vorspül- und Referenzgebiet am Lister Weststrand im April und Oktober 1999.

	Abundanz		Artendichte	
	April	Oktober	April	Oktober
Vorspülgebiet	34 ± 34	15 ± 9	1,7 ± 0,8	1,5 ± 1,1
Referenzgebiet	29 ± 24	34 ± 18	2,5 ± 0,9	1,9 ± 0,5

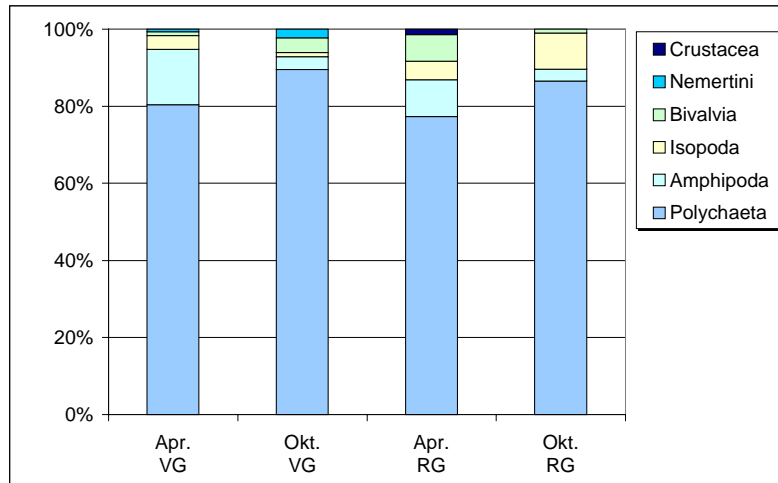


Abbildung 8-13: Zusammensetzung der Makrofauna im Vorspül- (VG) und Referenzgebiet (RG) im April und Oktober 1999: Anteile einzelner taxonomischer Gruppen an der Gesamtabundanz.

Diese Ergebnisse weisen ebenso wie die von von Culter u. Mahadevan (1982), Grotjahn u. Liebezeit (1997) und Regier (1998) nicht auf bleibende Schäden der Faunengemeinschaft durch die Sandvorspülung an Erosionsstränden hin. Lediglich Schratzenberger & Thiel (1995) stellten bis ein Jahr nach der Vorspülung eine Beeinflussung der Meiofauna-Zusammensetzung fest. Die starke Stranddynamik ermöglicht vermutlich die rasche Wiederherstellung der natürlichen Bedingungen, insbesondere der Korngröße des Sediments (Adriaanse u. Coosen 1991, Löffler u. Coosen 1995). Durch die hohe Mobilität der Fauna wie etwa des Polychaeten *Scolelepis squamata* und des Plathelminthen *Notocaryoplanella glandulosa* wird die Wiederbesiedlung des vorgespülten Bereiches vermutlich beschleunigt. Sandvorspülungen können aufgrund dieser Ergebnisse aus ökologischer Perspektive als eine akzeptable Methode des Küstenschutzes für den Sylter Brandungsstrand betrachtet werden.

8.4 Schlussfolgerungen

Der Vergleich der biologischen Besiedlung im Sylter Wattenmeer mit der in den Watten der wärmeren französischen Atlantikküste zeigt, dass allein durch moderate Temperaturerhöhung wie um 1,5 bis 2,5°C keine wesentlichen Veränderungen zu erwarten sind. Die Besiedlungsfolge in der Gezeitenzone bleibt gleich, ebenso wie die dominanten Arten. Leichte Veränderungen im Artenspektrum sind nur im obersten Bereich der Salzwiesen und im untersten Bereich der Watten zu erwarten. Da dies in der Tendenz eine Zunahme der Artenvielfalt beinhaltet, resultieren daraus keine Nachteile für die Funktion der Wattseite Sylts als Erholungs- und Naturerlebnisraum der Menschen.

Anders verhält es sich mit der indirekt von einer Klimaerwärmung bewirkten Beschleunigung eines Meeresspiegelanstiegs um 0,35 oder 0,55 m bis 2050 und der damit voraussichtlich verbundenen höheren Hydrodynamik durch größere Gezeitenunterschiede (+0,20 oder +0,30 m) und stärkere Wellen im Wattbereich (siehe Kapitel 4). Zusammen verstärken diese Faktoren die schon jetzt vorherrschende Erosion auf der Sylter Wattseite. Wo diese Erosion die Strände oder Salzwiesenkanten nahe an bebauten Bereiche, Straßen oder anderweitig genutzte Landflächen heranrückte, erfolgten in der Vergangenheit stets Küstenschutzmaßnahmen, zunächst Buhnen und Lahnungen, danach auch eine künstliche Verfelsung der Abbruchzonen. Ebenso sind die Deiche und der Hindenburgdamm seeseitig im unteren Bereich durch Verfelsungen gesichert. Die sich fortsetzende und sich mögli-

cherweise beschleunigende Erosion wird den Küstenschutz voraussichtlich veranlassen, von derzeit 35% befestigter Uferlinie mit Steindeckwerken diese auf 53 bis 77% auszudehnen. Das würde dann alle Uferbereiche einschließen, die bisher nur mit Bühnen oder Lahnungen geschützt sind oder wo überhaupt die Erosion die Uferlinie landwärts verlagert. Die Folge der Verfaltungen wäre ein weiterer Verlust an Uferbiotopen und der hier lebenden Organismenarten. Gleichzeitig verliert die Landschaftsästhetik und der Erholungs- und Naturerlebniswert sinkt.

Diese Entwicklung zeigt sich sehr deutlich am Wattufer zwischen den Dörfern List und Kampen. Der Küstenschutz wird hier vornehmlich mit den Mitteln der Gemeinden und Privateigentümer bestritten. Im Ortsbereich List ist das Ufer schwarz asphaltiert oder betoniert (Abbildung 8-14). Wo sich südlich davon die Uferlinie der Landstraße nähert, wurden Steinschüttungen und Asphaltierungen vorgenommen. Ein am Wattrand gelegenes Erholungsziel, die Vogelkoje Kampen, wurde am Deichfuß mit Kupferschlacke aus Industrieabfällen gesichert.



Abbildung 8-14: Mit Asphalt überdeckte Steinschüttungen schützen das Wattufer im Dorf List.

Zwei Pflanzenhorste erinnern an die ursprüngliche Dünenvegetation mit salztolerantem Strandroggen *Elymus arenarius* (unten) und salzempfindlichem Strandhafer *Ammophila arenaria* (oben).

Um solche der biologischen Diversität und dem Landschaftsbild abträglichen Entwicklungen zu vermeiden wird vorgeschlagen, auch auf der Wattseite der Insel Sedimentvorspülungen an den erosiven Abschnitten vorzunehmen. Dies würde eine natürliche Sandzufuhr ersetzen, wie sie früher durch Wanderdünen erfolgte, bevor diese zum Schutz der Siedlungen und Verkehrswege künstlich durch Bepflanzung festgelegt wurden (Abbildung 8-15). Bei Verwendung geeigneter Sedimente können durch das Vorspülen natürliche Biotopsequenzen erhalten oder wieder hergestellt werden. Der Erholungswert der Wattseite würde dadurch gewinnen. In den Ortsbereichen könnten so neue Badestrände entstehen, die wegen des geringen Seegangs besonders Familien mit Kleinkindern eine Alternative zum Brandungsstrand der Sylter Westseite bieten können. Die Verstärkung bestehender Strandhaken durch künstliche Sedimentzufuhr könnte schlickreiche Buchten erhalten, die andernfalls verloren gingen. Über die Verweilzeit vorgespülter Sände auf der Wattseite der Insel liegen bisher keine Berechnungen vor. Bedingt durch die viel geringere Hydrodynamik, insbesondere bei Stürmen aus westlicher Richtung, würde sie die vom Weststrand der Insel aber in jedem Fall um ein Vielfaches übertreffen. In den meisten Bereichen wäre ein wiederholtes Vorspülen voraussichtlich nur im Abstand mehrerer Jahrzehnte erforderlich, um den Uferrück-

gang aufzuhalten. Das bedeutet eine niedrige Störungsfrequenz, so dass sich die für Wattufer charakteristischen Organismengemeinschaften etablieren können.



Abbildung 8-15: Winde treiben Wanderdünen des Listlandes von West nach Ost über die Insel.

Durch künstliche Bepflanzung wurden viele solcher Dünen auf Sylt am Weiterwandern gehindert. Sie konnten so die Erosion am Oststrand nicht mehr durch Sandeintrag ausgleichen, so dass heute Sandvorspülungen erforderlich werden.

Die Möglichkeiten, einem durch zunehmende Hydrodynamik verursachten Verlust an Seegrasswiesen und Muschelbänken entgegenzuwirken, sind gering. Dies wäre wohl nur durch Schaffung neuer Überflutungsräume an der Festlandsküste möglich, die bei Sturmfluten Wassermassen aufnehmen und Sedimente einfangen könnten (Reise et al. 1998). Eine solche landseitige Erweiterung der Tidebecken vom Lister und Hörnummer Tief könnte zu einer Beruhigung der Hydrodynamik auf den Sylter Watten beitragen.

Für den erosiven Brandungsstrand auf der Westseite der Insel Sylt ist eine hohe Diversität der Meiofauna im Sandlückengefüge charakteristisch. Diese Fauna ist in der Lage, vorübergehende Störungen durch künstliche Sandvorspülungen relativ schnell wieder auszugleichen. Eine solche Maßnahme zur Kompensation der Erosionsverluste ist aus ökologischer Sicht festen Bauwerken vorzuziehen. Der Vergleich mit dem Depositionsstrand von der Nachbarinsel Rømø zeigt dort eine geringere Diversität. Die tieferen Sandschichten sind dort durch die Bildung von Schwefeleisen dunkel gefärbt. Dies zeigt Sauerstoffmangel durch vermehrte Einlagerung organischer Substanzen an und stellt einen Übergang zu den Sandwatten auf der Ostseite der Inseln dar. Das dunkle Sediment riecht nach Schwefelwasserstoff und dies mindert die Attraktivität eines Badestrandes. Der biologischen Besiedlung des Sylter Strandes würde ihre Sonderstellung genommen werden, wenn der für die Badegäste so attraktive, lockere und relativ steile Sandstrand mit zumeist hoher Brandung durch künstliche Riffe an den Inselenden tendenziell und in Teilbereichen in einen Depositionsstrand umgewandelt würde.

Ein großer Teil der Insel Sylt ist durch Bebauung und Verkehrsflächen erschlossen und wird gegen Überflutung und Erosion geschützt. Diese Transformation der Küstenlandschaft verursacht weitgehend ihre Entdynamisierung. Aktive Kliffs wurden befestigt oder durch Sandvorspülungen deaktiviert. Mobile Dünen wurden

durch Bepflanzungen festgelegt und neue Mobilisierungen werden verhindert. Auf der Wattseite der Insel schützen Deiche vor Überflutungen. Erosion wird dort durch künstliche Hartufer und Querwerke eingeschränkt. Diese Veränderungen verursachen eine Abnahme der Biotopvielfalt und ersetzen natürliche Strukturen mehr und mehr durch künstliche.

Das ist ein weltweiter Trend ohne Anzeichen zu einer Umkehr (Nordstrom 2000). Ökonomische Bewertungen rechtfertigen auch einen höheren Kostenaufwand für weitergehende Schutz- und Stabilisierungsmaßnahmen, wenn der Meeresspiegelanstieg sich beschleunigt und Sturmschäden zunehmen (Kapitel 9). Unbestritten ist andererseits, dass die touristisch geprägte Ökonomie der Insel auf naturlandschaftliche Elemente nicht ganz verzichten kann und dass deren Erhalt von der Bevölkerung gewünscht wird. Aus diesem Konflikt erwächst die schwierige Aufgabe, künftig die Entwicklungen der Sozioökonomie und die der Küstenlandschaft miteinander vereinbar zu gestalten. Dies führt zu Überlegungen, wie und wo Küstendynamik und Biotopvielfalt beibehalten oder wieder ermöglicht werden kann, dies gleichzeitig ökonomisch vertretbar ist und die Zustimmung der Bevölkerung findet. Als ein Beispiel für einen solchen integrativen Lösungsansatz wurden hier Sandvorspülungen an der erosiven Wattseite der nördlichen und südlichen Dünenhalbinseln Sylts vorgeschlagen, um weitere Uferbauwerke zu vermeiden und vorhandene zu übersanden.

8.5 Literatur

- Adriaanse, L.A. & Coosen, J. (1991): Beach and dune nourishment and environmental aspects. – *Coastal Engineering* 16: 129-146.
- Armonies, W. & Hellwig-Armonies, M. (1987): Synoptic patterns of meiofaunal and macrofaunal abundances and specific composition in littoral sediments. – *Helgoländer Meeresunters.* 41: 83-111.
- Armonies, W. & Reise, K. (2000): Faunal diversity across a sandy shore. - *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (in press).
- Beukema, J.J., Wolff, W.J. & Brouns, J.W.M. (1990): Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems. - Kluwer Academic Publ., Dordrecht
- Brown, A.C. & McLachlan, A. (1990): Ecology of sandy shores. - Elsevier, Amsterdam
- Culter, J.K. & Mahadevan, S. (1982): Long-Term Effects of Beach Nourishment on the Benthic Fauna of Panama City Beach, Florida. - Miscellaneous Report No. 82-2, U.S. Army. Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center.
- Bush, L. (1968): Characteristics of interstitial sand turbellaria: The significance of body elongation, muscular development, and adhesive organs. – *Trans. Amer. Microsc. Soc.* 87 (2): 244-251.
- Dankers, N., Herlyn, M., Sand Kristensen, P., Michaelis, H., Millat, G., Nehls, G. & Ruth, M. (1999): Blue mussels and blue muddel beds in the littoral. - In: De Jong F et al. (eds.) Wadden Sea Quality Status Report. Wadden Sea Ecosystem No.9. Common Wadden Sea Secretariat. Wilhelmshaven, Germany: 141-145.
- Desprez, M., Ducrotoy, J.-P. & Sylvand, B. (1986): Fluctuations naturelles et evolution artificielle des bioce-noses macrozoobenthiques intertidal de trois estuaires des cotes francaises de la Manche. -*Hydrobiologia* 142: 249-270.
- Diederichs, A. (1999): Untersuchungen zum Frühjahrs-Aufenthalt des Sanderlings *Calidris alba* (Pall. 1764) im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer. - Diplomarbeit, Univ. Bonn.
- Diel-Christiansen, S. & Christiansen, B. (1999): Climate patterns and ambient temperatures. - In: De Jong F et al. (eds.) Wadden Sea Quality Status Report. Wadden Sea Ecosystem No.9. Common Wadden Sea Secretariat. Wilhelmshaven, Germany: 80-83.

- Dijkema, K.S., van Tienen, G., van Beek, J.G. (1989): Habitats of the Netherlands, German and Danish Wadden Sea 1:100,000. Research Institute for Nature Management, Texel/Veth Foundation, Leiden, 24 maps + 6 pp.
- Ducrottoy, J.-P. & Sylvand, B. (1991): Baie des Veys and baie de Somme (English Channel): comparison of two macrotidal ecosystems. -In: Elliot, M. & Ducrottoy, J.-P. (eds.): Estuaries and Coasts: Spatial and temporal intercomparisons. Olsen & Olsen, Fredensborg DK: 207-210.
- Gätje, Ch. & Reise, K. (Hrsg.) (1998): Ökosystem Wattenmeer: Austausch-, Transport- und Stoffumwandlungsprozesse. Springer, Berlin, pp 570.
- Giere, O. (1993): Meiobenthology. - Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Grotjahn, M. & Liebezeit, G. (1997): RISK ANALYSIS OF COASTAL NOURISHMENT TECHNIQUES (RIACON): Risk of beach nourishment for the foreshore and shallow shoreface benthic communities on the island of Norderney. Germany-Evaluation of the nourishment in 1994.
- Kastler, Th. (1999): Eelgrass. In: De Jong F et al. (eds.) Wadden Sea Quality Status Report. Wadden Sea Ecosystem No.9. Common Wadden Sea Secretariat. Wilhelmshaven, Germany: 135-136.
- Larsonneur, C. (1994): The Bay of Mont-Saint-Michel: A Sedimentation Model in a Temperate Macrotidal Environment. - *Senckenbergiana maritima* 24: 3-63.
- Löffler, M. & Coosen, J. (1995): Ecological Impact of Sand Replenishment. Directions in European Coastal Management. Healy and Doody (eds.). - Smara, Cardigan: 291-299.
- Lozán, J.L., Graßl, H., Hupfer, P. (1998): Warnsignal Klima. Wiss Auswertungen GEO, Hamburg, pp 463.
- Mahlman, J.D. (1997): Uncertainties in projections of human-caused climate warming. *Science* 278: 1416-1417.
- McIntyre, A.D. (1969): Ecology of marine meiobenthos. - *Biol. Rev.* 44: 245-290.
- Meyers, J.P., Williams, S.L. & Pitelka, F.A. (1980): An experimental analysis of prey availability for sandlerlings (Avees: Scolopacidae) feeding on sandy beach crustaceans. - *Can. J. Zool.* 58: 1564-1574.
- Newell, R.C. (1979): Biology of intertidal animals. Marine Ecological Survey Ltd., Faversham UK, pp 781.
- Nordstrom, K.F. (2000): Beaches and dunes of developed coasts. University Press, Cambridge, pp 338.
- Pernetta, J., Leemans, R., Elder, D. & Humphrey, S. (1994): Impacts of climate change on ecosystems and species: Marine and coastal ecosystems. IUCN, Cambridge, pp 108.
- Regier, M. (1998): Meeresbiologische Untersuchungen zur Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt. Abschlussbericht im Projekt „Optimierung des Küstenschutzes auf Sylt-Phase II“. - Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Universität Hamburg.
- Reise, K. (1993): Verschwommene Zukunft der Nordseewatten. In: Schellnhuber H-J, Sterr H (Hrsg.) Klimamäanderung und Küste. Springer-Verlag, Berlin: 223-229.
- Reise, K. (1996a): Wattökologische Folgen bei Änderung von Klima und Küste. Schriftenreihe der Schutzgemeinschaft Deutsche Nordseeküste 1996 (1): 31-45.
- Reise, K. (1996b): Das Ökosystem Wattenmeer im Wandel. *Geogr Rdschau* 48: 442-449.
- Reise, K. (1998): Geschichtliche Betrachtung ökologischer Entwicklungen im Wattenmeer. *EcoSys* 7: 51-57.
- Reise, K., Herre, E. & Sturm, M. (1989): Historical changes in the benthos of the Wadden Sea around the island of Sylt in the North Sea. *Helgoländer Meeresunters* 43: 435-446.
- Reise, K., Köster, R., Müller, A., Armonies, W., Asmus, H., Asmus, R., Hickel, W., Riethmüller, R. (1998): Austauschprozesse im Sylt-Rømø Wattenmeer: Zusammenschau und Ausblick. In: Gätje Ch. & Reise K. (Hrsg) Ökosystem Wattenmeer. Springer, Berlin: 529-558.
- Reise, K. & Lackschewitz, D. (1998): Benthos des Wattenmeeres zwischen Sylt und Rømø. In: Gätje Ch. & Reise K. (Hrsg) Ökosystem Wattenmeer. Springer, Berlin: 55-64.
- Rink, A. (1997): Biotope und Makrobenthos im Hochwasserbereich des Lister Tidebeckens. - Examensarbeit, Univ. Mainz.

- Schellnhuber, H-J. & Sterr, H. (1993): Klimaänderung und Küste. Springer-Verlag, Berlin, pp 400.
- Schmidt, P. (1968) (1969): Die quantitative Verteilung und Populationsdynamik des Mesopsammons am Gezeiten-Sandstrand der Nordseeinsel Sylt. Int Revue ges Hydrobiol 53: 723-779, 54: 95-174.
- Schratzenberger, M. & Thiel, H. (1995): Ökologische Auswirkungen von Sandvorspülungen auf die Strandfauna. - Die Küste 57: 47-64.
- Verger, F. (1968): Marais et Wadden du littoral francais. Livre Premier: Les Wadden. Biscaye Freres Imprimeurs, Bordeaux, 325pp.

Anschrift der AutorInnen:

Alfred-Wegener-Institut
Wattenmeerstation Sylt
D-25992 List
www.awi-bremerhaven.de/BAH/sylt-d.html

9 Kosten einer möglichen Klimaänderung auf Sylt

VOLKMAR HARTJE, INA MEYER & JÜRGEN MEYERHOFF

Abstract

Küstenräume gelten als besonders betroffen von den Folgen eines möglichen Klimawandels. Entsprechend war es Ziel des Projektes, die dadurch entstehenden Kosten exemplarisch am Beispiel der Insel Sylt zu ermitteln. Bewertet wurden im Wesentlichen zwei Auswirkungen auf die Insel Sylt: Erstens die Erosion auf der Westseite der Insel, die zu Vermögensschäden aufgrund der Verluste von Gebäuden, Infrastruktur und Grundstücken führen kann. Zweitens die Beeinträchtigung von Natur und Landschaft in Form eines Verlustes seltener Wattenmeerbiotope als Folge stärkeren Küstenschutzes auf der Ostseite. Fazit der ökonomischen Bewertung ist, dass der Klimawandel entsprechend der hier untersuchten Variante durch zusätzliche Sandvorspülungen beherrschbar ist und daher keine dramatischen Entwicklungen erwarten lässt. Die Nutzen aus verstärkten Küstenschutzmaßnahmen übersteigen die Kosten für die zusätzlichen Sandvorspülungen um ein vielfaches. Und die Kosten für auf der Ostseite zu prüfende alternative Küstenschutzmaßnahmen wären durch die Nachfrage nach dem Schutz des Wattenmeeres als Naturlandschaft vor den Folgen des Klimawandels ebenfalls deutlich gedeckt.

9.1 Konzept und Vorgehensweise

Die ökonomische Bewertung der möglichen Folgen einer Klimaveränderung hat auch im politischen Raum ein gewisses Echo gefunden. Legten doch erste Studien wie die von Nordhaus (1991) nahe, dass eine ambitionierte Klimaschutzpolitik zu höheren Kosten als Nutzen führen würde. Später folgende Arbeiten z. B. von Cline (1994) und Fankhauser (1995) zeigten dann, dass diese Schlussfolgerung voreilig war, u.a. auch bedingt durch die unvollständige Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen und eine unzulässige Verallgemeinerung der für die Vereinigten Staaten gefundenen Ergebnisse. Im Rahmen der Arbeiten des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wurde daher der ökonomischen Bewertung als Instrument zur Schaffung entscheidungsvorbereitender Informationen eine wichtige Aufgabe zugewiesen. Hierzu zählt u.a. der 1995 vorgelegte Report über die ökonomischen und sozialen Dimensionen des Klimawandels (Bruce et al. 1996). Allerdings geht es hierbei nicht allein um die Abschätzung der "globalen Kosten" des Klimawandels, wie sie in den oben genannten Studien behandelt werden. Vielmehr richtet sich das Interesse auf die Untersuchung regionaler Auswirkungen und die jeweils möglichen Anpassungsreaktionen, wobei den Küstenregionen aufgrund ihrer hohen Verletzbarkeit besondere Aufmerksamkeit gilt.

Vor diesem Hintergrund ist das Teilprojekt "Kosten einer Klimaveränderung auf Sylt" einzuordnen. Es versucht, auf regional begrenzter Ebene die Kosten des Klimawandels für die Insel Sylt zu erfassen. Entsprechend umfasst das Vorhaben zwei Aufgaben: Die Erfassung der Kosten der Klimaänderung und eine Kosten-Nutzen-Analyse für die Anpassungsreaktionen. Die Kosten der Klimaänderung sollen für die Insel und das sie umgebende Wattenmeer kalkuliert werden, getrennt für die West- und die Ostseite. Einmal geschieht dies für die Westseite unter der Prämisse, dass keine staatlichen Anpassungsreaktionen in Richtung ver-

stärkter Küstenschutz stattfinden und die Anpassung sich auf die Reaktionen der Bewohner oder sonstiger Betroffener beschränkt und zum Zweiten unter der realistischen Annahme, dass Küstenschutz stattfindet und erfolgreich im Sinne des Erhaltes der jetzigen Küstenlinie ist. Im Falle des Verzichtes auf Küstenschutz stellen die aufgrund der zu erwartenden Erosion wahrscheinlichen Flächen- und Vermögensverluste auf der Westseite und die Beeinträchtigungen des Wattenmeeres auf der Ostseite und mögliche Beeinträchtigungen des Erholungswertes der Insel als Folge der Zunahme von Extremereignissen die Kosten der Klimaänderung dar (vgl. Abbildung 9-1). Werden die auf der Basis der Klimavarianten errechneten Sandvorspülungen erfolgreich eingesetzt, treten die Kosten der Sandvorspülung an die Stelle der Vermögensverluste auf der Westseite.

Zum Zweiten soll eine Kosten-Nutzen-Analyse für diejenigen Anpassungsreaktionen erstellt werden, die direkt mit dem Küstenschutz in Verbindung stehen. Dies sind zum einen die klimaänderungsbedingten zusätzlichen Sandvorspülungen auf der Westseite, die vor allem zum Schutz von Vermögenswerten dienen. Zum anderen würde verstärkter Bedarf nach Küstenschutz auf der Ostseite der Insel zu Beeinträchtigungen von für das Wattenmeer wichtigen Biotopen führen. Für diesen Teil der Anpassung sollen Überlegungen dahingehend angestellt werden, ob unter Berücksichtigung der Wertschätzung für den Erhalt des Wattenmeeres Anpassungsstrategien gewählt werden können, die zumindest zu einer Verringerung dieses Zielkonfliktes führen können.

Die darüber hinaus bewerteten Nutzenverluste der Touristen, die aufgrund des Klimawandels zu erwarten sind, können dagegen nicht mit in die Kosten-Nutzen-Analyse über Küstenschutzmaßnahmen einbezogen werden. Da sie vor allem auf ein häufigeres Auftreten sog. Starkwindereignisse im Sommer zurückzuführen sind, können sie nicht durch Maßnahmen im Küstenschutz verhindert werden. Die adäquate Gegenmaßnahme wäre in diesem Fall eine erfolgreiche Klimaschutzpolitik, die ein Auftreten der Veränderungen möglichst verhindert. Die Berücksichtigung globaler Vermeidungsstrategien liegt jedoch außerhalb der kapazitären Möglichkeiten dieses Vorhabens. In der Abbildung 9-1 sind die untersuchten Nutzen- und Kostenkategorien noch einmal zusammengefasst. Anschließend wird zunächst das Instrument der Kosten-Nutzen-Analyse vorgestellt, bevor die konkreten Untersuchungsfelder dargestellt werden. Abschließend werden die einzelnen Kategorien einander gegenübergestellt und das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse präsentiert.

Tabelle 9-1: Kosten- und Nutzenkategorien einer Klimaänderung

Kosten	Nutzen
<p>der Klimaänderung ohne Küstenschutz</p> <p>Verluste an</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vermögen (Westseite) • Wertschätzung für Verluste am Wattenmeer <p>der Klimaänderung mit Küstenschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kosten der klimaänderungsbedingten Sandvorspülungen • Wertschätzung für Verluste am Wattenmeer 	
<p>der Klimaänderung ohne Beeinflussbarkeit durch den Küstenschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wertschätzung der Touristen bei Extremereignissen 	
<p>der Anpassungsreaktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> • klimaänderungsbedingte Sandvorspülungen (Westseite) • Küstenschutz (Ostseite) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermiedene Vermögensverluste • Vermiedene Verluste an Biotopen im Wattenmeer

9.2 Das Instrument der Kosten-Nutzen-Analyse

Ziel einer Kosten-Nutzen-Analyse (vgl. Hanusch 1987, Mühlenkamp 1994) ist es, sämtliche Auswirkungen staatlicher Maßnahmen zu erfassen und sie sortiert nach positiven und negativen Effekten einander gegenüberzustellen. Mit ihrer Hilfe sollen entscheidungsvorbereitende Informationen darüber geliefert werden, ob das betreffende Projekt einen positiven oder negativen Beitrag zur gesellschaftlichen Wohlfahrt leistet. Im Grunde wird damit das Modell unternehmerischer Investitionsentscheidungen auf öffentliche Projekte übertragen. Allerdings werden im Gegensatz zum betrieblichen Investitionskalkül die Kosten- und Nutzenkomponenten weiter gefasst: Während dem betrieblichen Investitionskalkül lediglich die Kosten und Erträge zugerechnet werden, die für das Unternehmen unmittelbar anfallen, sind bei öffentlichen Investitionen die Gesamtwirkungen zu berücksichtigen. Dabei wird angestrebt, die Auswirkungen so weit wie möglich in monetären Größen zu erfassen. Nach dem „With and Without-Prinzip“ wird die Situation im Planungsfall (*With*, d.h. Umsetzung des Projektes) mit der im Vergleichsfall oder Referenzfall (*Without*, d.h. ohne Umsetzung des Projektes) im Voraus verglichen. Die entsprechende Entscheidungsregel lautet:

$$\text{Projektumsetzung, wenn } \sum_{i=1}^t (B - C) * (1 + r)^{-i} > 0,$$

$$\text{keine Projektumsetzung, wenn } \sum_{i=1}^t (B - C) * (1 + r)^{-i} < 0,$$

wobei **B** die Nutzen aus der Projektrealisierung, **C** die damit verbundenen Kosten, **r** die Diskontrate, **i** das jeweilige Jahr und **t** die gesamte Projektlebensdauer bezeichnet.

Die Kosten-Nutzen-Analyse unterliegt dem individualistischen Werturteil und dem Prinzip der Konsumentensouveränität. Danach sollen erstens nur die Vor- und Nachteile mit in die Analyse einbezogen werden, die Einzelpersonen aus der jeweiligen Maßnahme erwachsen. Zweitens können nur diese Einzelpersonen bewerten, wie groß die Vor- oder Nachteile für sie sind, denn es wird davon ausgegangen, dass sie selbst am besten wissen, was gut für sie ist. Als Maße für die Wohlfahrtsänderungen wurden in der Ökonomie die Konsumentenrente und später dann die sog. Variationsmaße entwickelt. Beide Maße bauen auf der maximalen Zahlungsbereitschaft der Individuen auf, die als ein Indikator für den Nutzen angesehen wird, den der Konsum eines betreffenden Gutes stiftet (vgl. Marggraf, Streb 1997; Endres, Holm-Müller 1998).

Die Differenz zwischen den gesellschaftlichen Nutzen und Kosten wird auch als "Wohlfahrt" bezeichnet, so dass es als eigentliche Aufgabe der Kosten-Nutzen-Analyse angesehen werden kann, Wohlfahrtsveränderungen zu untersuchen, die durch öffentliche Maßnahmen entstehen. Als Kriterium für die Beurteilung, ob die Durchführung einer Maßnahme zu einer Wohlfahrtsverbesserung führt, wird hier das Pareto-Kriterium herangezogen. Es besagt, dass von einer Wohlfahrtsteigerung nur dann ausgegangen werden kann, wenn durch eine Maßnahme mindestens eine Person besser gestellt wird, ohne dass eine andere Person schlechtergestellt wird. Die schlechtergestellte Person müsste ansonsten durch die Gewinner der Maßnahme *tatsächlich* kompensiert werden, soll die Maßnahme durchgeführt werden, ohne das Kriterium zu verletzen. Aufgrund seiner restriktiven Wirkung wurde in der Folge von den Ökonomen Kaldor und Hicks das Kriterium der potentiellen Pareto-Verbesserung aufgestellt. Danach ist eine Maßnahme schon dann als vorteilhaft anzusehen, wenn es prinzipiell möglich ist, den Nutzenverlust der Benachteiligten durch den Nutzengewinn der Profitierenden auszugleichen (vgl. Mühlenkamp 1994: 73ff.).

Schließlich fallen Kosten und Nutzen in unterschiedlichen Zeiträumen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten an. Um sie aber miteinander vergleichbar machen zu können, wird in der Ökonomie das Verfahren der Diskontierung angewendet (Hampicke 1991). Mit Hilfe des Diskontsatzes werden die in der Zukunft anfallenden Kosten und Nutzen auf einen gemeinsamen Zeitpunkt bezogen. Durch die Diskontierung haben Kosten und Nutzen immer weniger Gewicht auf das Ergebnis, je weiter sie zeitlich vom gemeinsamen Bezugspunkt entfernt liegen, d.h. die Diskontrate drückt eine Präferenz für die Gegenwart aus. Im Ergebnis ergibt sich aus der Differenz der diskontierten Kosten und Nutzen dann der Nettogegenwartswert. Er gibt je nach Vorzeichen an, ob die bewerteten Vor- oder Nachteile des Projektes überwiegen. Als problematisch ist die Diskontierung vor allem dann anzusehen, wenn die betrachteten Zeiträume über 10 bis 20 Jahre hinausgehen. Innerhalb dieser Zeiträume kann noch davon ausgegangen werden, dass die heutigen Generationen die Folgen ihrer Gegenwartspräferenz selber tragen müssen. Im anderen Fall würden Auswirkungen auf andere Generationen bewertet (*eigentlich*: abgewertet), ohne dass diese mit in den Entscheidungsprozess eingebunden sind. Dies wird von einigen Autoren als ethisch nicht vertretbar angesehen (vgl. Endres, Holm-Müller 1998, speziell zur Frage intergenerativer Aspekte Hampicke 1992 und 1994).

Für die Durchführung von Kosten-Nutzen-Untersuchungen besteht in der Bundesrepublik Deutschland seit 1970 laut Haushaltsgrundsätzegesetz (§ 6 Abs. 2) und

der Bundeshaushaltsordnung (§ 7 Abs. 2) ein gesetzlicher Auftrag. Voraussetzung ist, dass es sich um "Maßnahmen von erheblicher finanzieller Bedeutung" handelt. Der Begriff der Kosten-Nutzen-Untersuchung ist dabei weit gefasst und beinhaltet neben der Kosten-Nutzen-Analyse auch die Nutzwert-Analyse und die Kostenwirksamkeitsanalyse. In diesen beiden Verfahren werden die Nutzen aus einer Maßnahme nicht oder nur zum Teil monetär bewertet. Insgesamt werden Untersuchungen dieser Art in der Bundesrepublik Deutschland im Gegensatz zu Ländern wie den USA oder Großbritannien jedoch immer noch sehr selten eingesetzt. Im Bereich der Wasserwirtschaft und im Küstenschutz in Deutschland werden in Einzelfällen Studien im obigen Sinne erstellt, bei denen Nutzwertanalysen und Kostenwirksamkeitsanalysen dominieren, deren Methodik und Einsatz von den Fachbehörden und den Fachverbänden, die einer Monetarisierung der Nutzenseite i.d.R. eher skeptisch gegenüberstehen, entscheidend beeinflusst wird. In den anglo-amerikanischen Ländern liegen dagegen gesetzliche oder präsidiale Anweisungen zur monetären Bewertung der Nutzenseite vor.

Die Bundesverkehrswegeplanung kann als eine der wenigen staatlichen Ausgabenbereiche gelten, in der regelmäßig Kosten-Nutzen-Analysen durchgeführt und ihre Ergebnisse für die politische Entscheidungsfindung mit herangezogen werden. Jedoch werden auch hier nach wie vor wichtige Auswirkungen, wie die auf Natur und Landschaft, nicht mit in die monetäre Bewertung eingeschlossen (vgl. Meyerhoff 1999).

Im Bereich des Küstenschutzes stellt sich die Situation im Grunde noch schlechter dar. Obwohl Maßnahmen im Küstenschutz oft von erheblicher finanzieller Bedeutung sind, wurden bisher nur sehr wenige Untersuchungen durchgeführt. Zu nennen sind die „Vorteilsanalyse zum Fachplan Küstenschutz Sylt“ (Klaus 1986), die „Risikoanalyse der Hochwassergefährdung Hamburg“ (Motor Columbus 1985) sowie das „Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandküste – Modellgebiet Wesermarsch“ (Klaus et al. 1990), an das sich ein weiteres Gutachten zur „Wertermittlung für die potentiell sturmflutgefährdeten Gebiete an den Küsten Schleswig-Holsteins“ (Klug et al. 1998) methodisch anlehnt. Dabei ist lediglich die Untersuchung von Klaus (1986) von der Methodik her gesehen mit dem in diesem Projekt gewählten Untersuchungsansatz vergleichbar, da auch er eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt hat. Allen vier genannten Untersuchungen ist aber gemeinsam, dass Auswirkungen auf Natur und Landschaft als intangibel angesehen werden, d.h. nicht monetär bewertet werden. Auch Auswirkungen bedingt durch mögliche Klimaänderungen wurden in diese Untersuchungen noch nicht mit einbezogen.

9.3 Schätzung der Vermögensverluste und der Kosten zusätzlicher Sandvorspülungen auf der Westseite

Die Kosten der Klimaänderung ergeben sich als Folge des Verlustes an Vermögenswerten auf der Westseite der Insel, im hypothetischen Fall, wenn auf Küstenschutz verzichtet wird. Die Schätzung dieser Vermögensverluste ist aber relevant für die Schätzung der Nutzen bei der Kosten-Nutzen-Analyse der Anpassungsre-

aktionen bei Klimaänderung. Im realistischen Fall der Fortsetzung des Küstenschutzes bestehen die Kosten der Klimaänderung aus den Kosten der zusätzlichen, klimaänderungsbedingten Sandvorspülungen.

Die Vermögensverluste werden auf der Grundlage der Klima-Varianten kalkuliert, die das Ausmaß und den zeitlichen Verlauf der Erosion der westlichen Geestkante und der Randdünen der Insel bestimmen, wenn Maßnahmen im Küstenschutz unterbleiben. Diese Erosion führt direkt zu Verlusten von Grundstücken, den darauf liegenden Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen und durch den Verlust der Dünen zu dauerhaften Überschwemmungen an dahinter liegenden Standorten, wodurch auch diese Grundstücke und Gebäude unbenutzbar und schließlich aufgegeben werden. Diese Verluste werden mit den Marktpreisen bewertet, die zum Zeitpunkt des Verlustes zu erwarten sind. Diese Preise sind von den Erwartungen der Marktteilnehmer über die weitere Entwicklung, u.a. des Küstenschutzes, abhängig.

Die im Folgenden berechneten Vermögensverluste als Folge der Klimaänderungen ohne adaptiven Küstenschutz ("Without-Fall") hängen mit von der Definition der zugrunde gelegten Referenzentwicklung (Baseline) ab. Dieser Referenzfall wird i.d.R. als Trendfortschreibung der Ausgangslage definiert (Parry 1998, West et al. 1999) und beinhaltet im Fall von Sylt die Fortsetzung (Extrapolation) der Erosion aus der Vergangenheit. Die erosiven Wirkungen dieser Fortschreibung betreffen im Betrachtungszeitraum im wesentlichen Strand- und Dünenflächen. Die dadurch erreichte Küstenlinie ist der Referenzfall für die klimaänderungsbedingte Erosion, die weiter landeinwärts reicht und stärker bebaute Flächen erfasst. Zur Berechnung der klimaänderungsbedingten Vermögensverluste werden die Flächenverluste des Referenzfalles von den Verlusten, wie sie sich aufgrund der Klimavariation ergeben, subtrahiert (Parry 1998).

Die Kosten der Klimaänderung für den Fall von Anpassungsmaßnahmen im Küstenschutz ("With-Fall") sind die Kosten der klimaänderungsbedingten Sandvorspülungen. Diese ergeben sich wiederum aus der Differenz zwischen den Sandmengen, die im Fall der Klimaänderung benötigt werden, um die Insel in ihrer heutigen Küstenlinie zu halten, und denjenigen Sandmengen, die im Referenzfall zum Erhalt der Küste notwendig sind.

Auf der Grundlage dieser Definition des Referenzfalles werden im Folgenden das Vorgehen für die Berechnung des erforderlichen Mengengerüstes und der ökonomische Bewertungsansatz beschrieben, bevor die Ergebnisse der Berechnungen vorgestellt werden.

9.3.1 Ableitung des Mengengerüstes

Grundlage für die Ableitung des zu bewertenden Mengengerüstes sind die Schätzungen der erosiven Wirkungen der Klimaänderung, die als Parameterstudien über Veränderungen bei Wind, Wellenklima und Wasserstand modelliert wurden (Kap 3 und 6). Insgesamt wurden 10 Varianten A-J untersucht, von denen eine (Eo) den Referenzfall darstellt und von denen drei (H, I, J) durch eine Wellenerhöhung um 10% gekennzeichnet sind. Gegenüber H unterscheiden sich die Varianten I und J jeweils um eine Änderung der Wellenrichtung um 10° nach Norden

(I) bzw. 10° nach Süden (J). Durch die Wellenerhöhung und die Änderung der Wellenrichtung steigen die Sedimentverluste gegenüber der Variante H, verteilen sich aber unterschiedlich auf die beiden Inselhälften im Norden und Süden. Bei einer Änderung der Wellenrichtung nach Nord (I) tritt der größte Verlust im Süden auf, während bei einer Änderung nach Süden (Szenario J) die Sedimentverluste im Norden stattfinden (vgl. Tabelle 9-1). Die Variante I wird im Folgenden als ungünstigster Fall weiter verfolgt.

Die Erosionen der Variante I wurden in m/a für das Jahr 2050 berechnet (Kapitel 6) und für den Betrachtungszeitraum 2000 bis 2050 linear interpoliert. Anschließend wurde die Erosion der Variante Eo von der Erosion der Variante I subtrahiert, um so allein die klimaänderungsbedingten Erosionswirkungen zu erhalten. Eine Abschätzung für die Gemeinde Westerland konnte nicht vorgenommen werden, da aufgrund der Uferschutzmauer keine Erosionsdaten zur Kalibrierung des Modells vorliegen und wegen der dichten Bebauung keine topographischen Höhenpunkte zur Simulation der Überflutung zur Verfügung stehen. In Abbildung 9-2 sind beispielhaft die durch die Klimaänderung der Variante I bedingten Erosionsänderungen in den Gemeinden Hörnum, Rantum und Wenningstedt kumuliert bis zum Jahr 2050 dargestellt, in der die Bandbreite des Küstenrückganges sichtbar wird. Die positiven Werte beschreiben eine im Vergleich zur Entwicklung der Variante Eo zusätzliche Erosion, die negativen Werte eine im Vergleich zur Variante Eo verringerte Erosion. Bei den der Grafik zugrunde liegenden Daten handelt es sich um Durchschnittswerte auf der Basis eines Küstenabschnittes von rund 3 km, d.h. es wurden pro Gemeinde die Erosionsangaben von ca. 6 morphologischen Einheiten arithmetisch gemittelt. Die Einteilung in morphologische Einheiten entspricht der des Fachplans Küstenschutz Sylt (ALW 1997: 8).

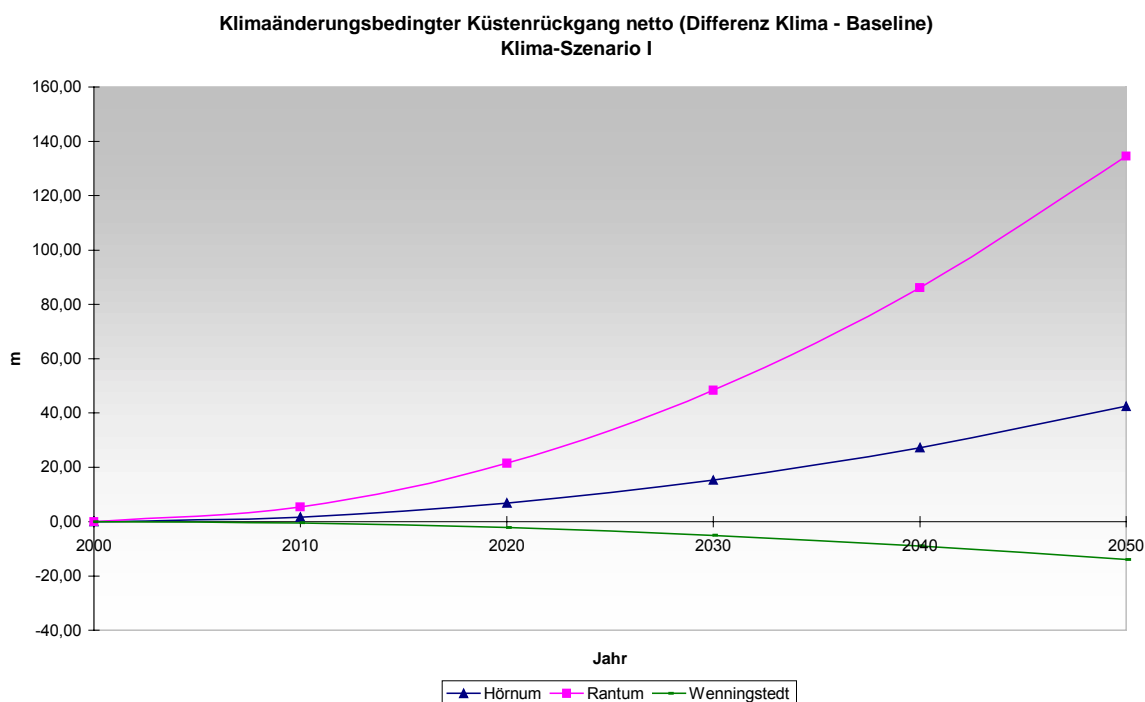


Abbildung 9-1: Kumulierter Küstenrückgang netto (Differenz der Varianten I und Eo) für drei Gemeinden

Erste eindeutige Auswirkungen der Klimaänderung zeigen sich ab dem Jahr 2010. In Rantum nimmt das Wachstum der klimaänderungsbedingten Erosion unver-

kennbar exponentielle Form an und verdeutlicht damit die Dynamik der Veränderung, auch über das Jahr 2050 hinaus. In Wenningstedt kommt es unter dieser Variante zu verringerten Erosionen als ohne Klimaänderung.

Der Rückgang der Küstenlinie in Hörnum und Rantum führt zu Verlusten an Landflächen, die mit Hilfe der GIS-geführten Bestandsaufnahme der aktuellen Landnutzung kleinskalig, d.h. grundstücksscharf für fünf Flächennutzungsarten, berechnet wurden. Bei der Variante I kumulieren die Verluste bis zum Jahr 2050 brutto auf ca. 4,0 Mio. m², die primär im Südteil der Insel anfallen und dort hauptsächlich Sand- und Dünenflächen betreffen. Die die Schadenshöhe dominierenden bebauten Flächen sind angesichts der Siedlungsstruktur der Insel auf 14% der Flächen begrenzt. Im Referenzfall kumulieren die Verluste auf ca. 2,0 Mio. m², so dass der Klimaänderung etwa 2,0 Mio m² Flächenverluste zuzuschreiben sind (vgl. Tabelle 9-1).

Die Landverluste werden zuerst als Verluste von Grundstücksflächen erfasst. Aufgrund der GIS-Aufnahme der tatsächlichen Landnutzung wird der Anteil der bebauten Flächen errechnet, und durch Multiplikation mit der Geschosszahl wird die Nutzfläche berechnet. Es wird hier eine konstante Landnutzung unterstellt, da aufgrund planungsrechtlicher Vorgaben keine Ausweisung von neuen Baugrundstücken zu erwarten ist. Die Tabelle 9-1 gibt einen Überblick über das Mengengerüst der Varianten Eo, I und deren Saldo.

Tabelle 9-2: Klimavarianten, induzierte Veränderung der Küstenlinie und Sedimentverluste für Wenningstedt (W), Hörnum (H) und Rantum (R)

Variante	Gemeinde	Veränderung Küstenlinie in m/a 2050 Durchschnittswerte	Sedimentverluste in m ³ /a 2050	Sandverlust absolut, kumuliert bis 2050 in m ³
Referenzfall Eo	R	1,10	Süd: 300.000	15.000.000
	H	3,00		
	W	1,30	Nord: 800.000	40.000.000
I	R	3,79	Süd: 1.000.000	32.500.000
	H	3,85		
	W	1,02	Nord: 370.000	29.250.000
netto I	R	2,69	Süd: 700.000	17.500.000
	H	0,85		
	W	-0,10	Nord: -430000	-10.750.000

Quelle: Ahrendt (Kapitel 6.), Schottes (Kapitel 5), eigene Berechnungen

Tabelle 9-2a: Klimavarianten und Flächenverluste für Wenningstedt (W), Hörnum (H) und Rantum (R)

Variante	Gemeinde	Flächenverluste kumuliert bis 2050 in m ²					
		bebautes Land (Land, Gebäude)	Nutzfläche	Wege	Strand & Dünen	geschützte Biotope	unbebautes Land
Referenzfall Eo	R	3.145	2.516	5.746	876.815	2.468	0
	H	284.596	223.846	67.165	798.457	40.665	44.118
	W	3.339	2.671	2.939	343.998	0	2.668
I	R	226.082	175.247	100.923	1.698.082	138.365	223.963
	H	306.787	250.938	71.854	1.102.571	40.665	40.748
	W	k. M.*	k. M.	k. M.	k. M.	k. M.	k. M.
netto I	R	222.937	172.731	95.177	821.267	135.897	223.963
	H	22.191	27.092	4.689	304.114	0	-3.370
	W	keine klimawandelbedingten Flächenverluste					

Quelle: Ahrendt (Kapitel 6), Schottes (Kapitel 5), eigene Berechnungen, *k. M. = kein Mengengerüst

9.3.2 Der verwendete ökonomische Bewertungsansatz

Als Schäden werden die Vermögensverluste klassifiziert, die auftreten, wenn die Grundstücke erodieren und die auf ihnen liegenden Gebäude und Infrastruktureinrichtungen ab diesem Zeitpunkt nicht mehr nutzbar sind. Dabei werden die Schäden diskret in Zehn-Jahresabschnitten berechnet. Diese Schadensdefinition unterscheidet sich von derjenigen, die in den Schätzungen des gefährdeten Vermögens (Value at risk) bzw. des Gesamtschadenspotentials (Klug et al. 1998) verwendet wird. Dort wird der Gesamtwert des vorhandenen Vermögens zusammengeführt, der bei einem Extremereignis oder auch als Klimafolge von einer Schädigung betroffen sein könnte. Hier wird nur die durch die Klimafolgen direkt betroffene Grundfläche und die dadurch entgangene Nutzung zum Zeitpunkt des Eintretens des Verlustes als Schaden klassifiziert und dann als Totalverlust bewertet.

Die ökonomische Bewertung der Verluste an Vermögensbeständen an bebautem Land, Gebäuden und an Verkehrs- und Erschließungsflächen durch Erosion und Überschwemmung erfolgt über ihre Marktpreise zum Zeitpunkt des Verlustes. Bewertet wurden einmal die beiden Vermögenskategorien „Bebautes Land“ und „Wege“ in den Gemeinden Hörnum, Rantum und Wenningstedt. Zur Kategorie "Bebautes Land" gehören alle Einzel- und Reihenhausbauungen sowie Gewerbegebiete inklusive der entsprechenden Grundstücke. Die Kategorie "Wege" umfasst Straßen, Geh- und Fahrradwege sowie Parkplätze. Die Gebäudenutzflächen werden mit den entsprechenden Preisen für Nutzflächen bewertet, um daraus den Gesamtwert des bebauten Grundstückes einschließlich des Gebäudes zu erhalten. Die Grundstücksflächen werden mit den Preisen für Grundstücksflächen bewertet, vom Gesamtwert abgezogen, um so einen Gebäudewert kalkulieren zu können.

Die anderen Flächennutzungsarten, die aus dem GIS verfügbar waren (Strand und Dünen, geschützte Biotop und unbebautes Land), wurden nicht einer vollständigen ökonomischen Bewertung unterzogen. Für die Dünen- und Strandflächen liegen zwar Verkaufspreise als Grundlage für eine ökonomische Bewertung vor, aber auch hier dürfte wie bei den geschützten Biotopen eine volkswirtschaftliche Bewertung wegen unentgeltlicher Nutzung (Erholungswert der Strandflächen) und möglicher nicht-nutzungsabhängiger Wertanteile (Naturschutzwert von Dünen) über den gezahlten Marktpreisen liegen (vgl. Silbermann 1992). Auf eine Bewertung des ökologischen Wertes dieser Grundstücke musste aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit entsprechender Kapazitäten verzichtet werden. Auf die Anwendung von Schätzwerten des Erholungswertes der Strandflächen aus anderen Studien (Benefit Transfer) wurde verzichtet, weil es sich bei diesen Studien um Strände außerhalb der Nordseeregion handelt. Strand- und Dünenflächen wurden daher mit den verfügbaren Verkaufspreisen bewertet, wohl wissend, dass es sich hierbei um eine Untergrenze handelt.

Der hier verwendete Ansatz unterscheidet sich von den Schätzungen der gefährdeten Vermögen (Value at risk), bei denen es sich in der Regel um Preise zum Zeitpunkt der Schätzung handelt (vgl. Klug et al. 1998), dadurch, dass explizit die marktliche Preisanpassung bis zum Zeitpunkt des Verlustes mit berücksichtigt wird (vgl. Yohe 1997 für die Vereinigten Staaten). Die zukünftige Preisentwicklung hängt nun von marktlichen Anpassungsreaktionen auf die sich abzeichnende Entwicklung des Bestandes, der Nutzbarkeit und der Qualitäten der betroffenen

Vermögensbestände ab. Sie ist entscheidend durch die Strategie der Anpassung an den Klimawandel geprägt (Yohe et al. 1995, Yohe et al. 1996).

Diese marktliche Anpassung lässt sich dem Typ der autonomen Anpassung zuordnen, der in der Literatur bei der Untersuchung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt wurde. Klein (2000) und Bruce et al. (1996) unterscheiden zwischen autonomen und kollektiven Anpassungen. Autonome Anpassungen in sozio-ökonomischen Systemen bestehen aus einer Vielzahl von Einzelentscheidungen und -handlungen von Haushalten und Unternehmen in Reaktion auf die sich ändernden klimatischen Rahmenbedingungen. Sie verursachen Preisänderungen und Änderungen in Konsum, Produktion und Investition. Richtung und Maß der Änderungen können dabei durch die Annahmen über das Anpassungsverhalten der Marktteilnehmer modelliert werden (Klein 1999, Klein 1999, Leary 1999). Als kollektive Anpassungen können alle die Aktivitäten bezeichnet werden, die soziale Gruppen bzw. staatliche Ebenen als Anpassungsstrategien durchführen. Wendet man diese Unterscheidung auf Sylt an, dann kann die Durchführung von Küstenschutzmaßnahmen als kollektive Anpassungsstrategie bezeichnet werden und alle anderen Reaktionen von Haushalten und Unternehmen als autonome Anpassung.

Im Folgenden werden bei den kollektiven Anpassungen zwischen denen mit Küstenschutz bzw. denen ohne Küstenschutz unterschieden, da diese Vorentscheidung zentral die autonome Anpassung beeinflusst. Hierbei ist unter „mit Küstenschutz“ der Einsatz derjenigen Menge und Häufigkeit an Sandvorspülungen zu verstehen, mit der die Küstenlinie Sylts in ihrer heutigen Ausprägung vollständig erhalten werden kann. Damit werden alle Vermögensverluste durch die Anpassungsart Küstenschutz vermieden, während „ohne Küstenschutz“ den vollständigen Verzicht auf Sandvorspülung bedeutet und damit das oben beschriebene Mengengerüst an Landverlusten verursacht. Diese beiden Fälle sind als Eckpunkte eines Kontinuums möglicher gradueller Abstufungen von Sandvorspülungen in zeitlicher, räumlicher und quantitativer Hinsicht zu verstehen. Diese Folgen der Klimaänderung für Sylt sind daher durch zusätzliche Sandvorspülungen beherrschbar. In diesem Fall stellen die Kosten der zusätzlichen Sandvorspülungen die Kosten der Klimaänderung dar.

Demgegenüber bestimmen im Fall „kein Küstenschutz“ die vorhergesagte Erosion und Überschwemmung die Erwartungen der Marktteilnehmer und führen zu entsprechenden autonomen Anpassungen im Marktverhalten der Individuen und in der Folge in den Marktpreisen der Sylter Grundstücke und Gebäude. Die Erwartung der sukzessiven, hier in Zehn-Jahresschritten gemessenen Küstenerosion und die daraus folgenden Vermögensverluste bewirken einen marktbedingten Preisrückgang, der im Extremfall hundert Prozent erreichen kann (Yohe et al. 1996). Dieser Preisverfall ist die Folge von Erwartungsbildungen hinsichtlich zukünftiger (Rendite)-Entwicklungen, wenn die Erwartung des Verzichtes auf Küstenschutz von allen geteilt wird. In der ökonomischen Theorie werden derartige zukünftige Marktanpassungsreaktionen mit Hilfe unterschiedlicher Hypothesen über die Erwartungsbildung der Marktteilnehmer modelliert, die sich aus deren Kalkül bei Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung ableiten. Dabei können u.a. rationale und adaptive Erwartungen sowie mangelnde Voraussicht unterschieden werden (vgl. Tabelle 9-2). (Felderer, Homburg, 1989, Muth 1961, Spahn 1999)

Haben die Marktteilnehmer im Falle der rationalen Erwartungen vollständige Informationen und besteht die Erwartung, dass vom Staat kein Küstenschutz betrieben wird, passen sich die Marktteilnehmer an die erwartete Klimaänderung an, indem sie die Investitionen unterlassen, die Vermögenswerte aufgeben und die Neuinvestitionen an den Standorten unternehmen, die unter geänderten und sich ändernden klimatischen Bedingungen ihren Anforderungen entsprechen. Verfügen die Marktteilnehmer über ausreichend Zeit, sich auf die Veränderungen einzustellen, dann ist der Gebäudebestand zum Zeitpunkt des Schadenseintritts abgeschrieben und der ökonomische Schaden beschränkt sich auf den Verlust der Landfläche.

Haben aber die Marktteilnehmer unvollständige Informationen, z.B. über die Wirkungen der Klimaänderung oder über Änderungen im Küstenschutz, dann findet die obige Anpassung nach Maßgabe der Erwartungsbildungshypothesen nicht oder nur begrenzt statt: Die Gebäude werden zunächst weiter unterhalten und die Preiserwartungen bei den Grundstücken ändern sich nicht oder in Anpassung an die tatsächlich eintretende Erosion sequentiell-adaptiv. Die volkswirtschaftlichen Kosten der Klimaänderung bei Vermögenswerten bestehen dann aus den Verlusten an Gebäuden und Grundstücken, wie sie zum Zeitpunkt der Erosion bzw. Überschwemmung noch vorhanden sind und bewertet werden. Hier wird noch ein weiterer Fall der mangelnden Voraussicht unterschieden: Die Grundbesitzer werden von der Erosion vollständig überrascht, z.B. weil sie die Szenarien für unplausibel halten oder nicht an einen staatlichen Verzicht auf Küstenschutz glauben. Welche Annahmen tatsächlich zutreffen würden, lässt sich a priori nicht entscheiden, aber ihre Implikationen lassen sich darstellen, wenn man davon ausgeht, dass die Gebäude über 30 Jahre abgeschrieben werden und die Anpassung dermaßen erfolgen kann, dass die Grund- und Hausbesitzer 30 oder 20 Jahre Zeit haben, die erwirtschafteten Abschreibungen an anderer Stelle zu investieren. Tabelle 9-3 gibt einen Überblick über die berücksichtigten Anpassungsarten, die Erwartungsannahmen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für den Referenzfall und die berücksichtigte Klimavariante sowie deren Saldo.

Tabelle 9-3: Fallunterscheidungen nach Anpassungsarten, Erwartungsannahmen und Konsequenzen für die Kosten der Klimaänderung

Anpassung:	Küstenschutz	Kein Küstenschutz		
Erwartungen:	rational	rational	sequentiell-adaptiv	mangelnde Voraussicht
Konsequenzen im Referenzfall	Grundstücke u. Gebäude bleiben erhalten 1) 3% Preissteigerung p.a. 2) konstante Preise	Desinvestition und Aufgabe d. Grundstücke und Gebäude 1) 3% Preissteigerung p.a. 2) konstante Preise	zeitversetzte Desinvestition u. Aufgabeentscheidung 1) 3% Preissteigerung p.a. 2) konstante Preise	überraschender Verlust 1) 3% Preissteigerung p.a. 2) konstante Preise
Konsequenzen bei Klimaänderung	dito	dito Aufgabeentscheidung früher als im Referenzfall	dito Aufgabeentscheidung früher als im Referenzfall	dito Verlust früher als im Referenzfall
Kosten der Klimaänderung	entsprechen den zusätzlichen Kosten des Küstenschutzes	minimal im Extrem Null, durch effiziente Marktanpassung aufgrund rat. Erwartungen	> Null abhängig von Anpassungsmaß und -geschwindigkeit	maximal durch suboptimale Marktanpassung aufgrund mangelnder Voraussicht

Ausgangspunkt der Bewertung in allen Klimavarianten und Fallunterscheidungen ist das Preisniveau auf dem aktuellen Sylter Immobilienmarkt. Hier werden die höchsten Immobilienpreise der Bundesrepublik registriert (RDM 1999). Das Angebot an Bauflächen auf der Insel wurde durch planungsrechtliche Vorgaben begrenzt, während die Nachfrage nach Wohneigentum in landschaftlich herausragenden Lagen beständig gewachsen ist, so dass auch das Preisniveau kontinuierlich gestiegen ist. Sowohl bei den Preisen für Wohnflächen als auch bei den Preisen für baureife Grundstücke ist aber auch eine erhebliche Differenz zwischen den Toplagen und den Mittellagen der Insel zu beachten. Die Zahlen des Sylter Gutachterausschusses ab 1978 zeigen hohe Steigerungsraten für die Bereiche zwischen Rantum und Wenningstedt, aber eine gewisse Preisstabilität für List und Hörnum (Gutachterausschuss Sylt 1999).

Es wird davon ausgegangen, dass einmal das jetzige Sylter Preisniveau gehalten wird und zum Zweiten die zukünftige Preisentwicklung von gesamtwirtschaftlichen Daten, d.h. der zukünftigen Einkommenssteigerung, abhängig sein wird, wie in vergleichbaren Studien angenommen (Abraham, Hendershott 1993), und dass sich die Attraktivität der Insel in überdurchschnittlichen Steigerungsraten fortsetzen wird. Auf die Untersuchung von Sonderfaktoren, wie z.B. eine mögliche, weitere Verschiebung der Nachfrage zugunsten von küstennahen Erholungsstandorten bzw. die befürchtete Verlagerung der Nachfrage von Sylter Standorten zu anderen Erholungsgebieten wie beispielsweise dem wachsenden Angebot im Ostseeraum, wird hier verzichtet.

Eigenständige empirische Untersuchungen zu den Determinanten der Immobilienpreise an diesen Standorten, die für Prognosezwecke geeignet wären, liegen nicht vor. Hier wird für die Preisentwicklung einmal ein reales jährliches Wachstum der Immobilienpreise von 3% zugrunde gelegt, das durch steigende Einkommen zustande kommt, die in Anlehnung an die OECD (1999) mit jährlich 2% angenommen werden, und das durch einen Zuschlag gerechtfertigt ist, der die Attraktivität der Insel widerspiegelt. Zum Zweiten wird eine skeptische Zukunftssicht betrachtet, bei der von konstanten Preisen ausgegangen wird.

Die Bewertung der Vermögensverluste erfolgt diskret jeweils zum Ende eines 10-Jahresintervalls vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2050. Die Kosten der Sandvorspülung und die vermiedenen bzw. verbleibenden Vermögensschäden werden als Gegenwartswert (GW) dargestellt. Der für diese Rechnung notwendige Diskontsatz lässt sich aufgrund des Forschungsstandes nicht eindeutig begründen, der hier verwendete Satz von 3% stellt aber einen Mittelwert einer Vielzahl von Nutzen-Kosten-Studien zum Klimawandel dar (Arrow et al. 1996).

9.3.3 Geschützte Vermögenswerte und Kosten der Sandvorspülungen im Szenarium „mit Küstenschutz“

Die im Szenarium „mit Küstenschutz“ quantifizierten Vermögenswerte stellen die durch Anpassung vermiedenen Schäden dar, gesetzt, der Küstenschutz kann alle Schäden vermeiden, wie oben angenommen. Infolgedessen entsprechen hier die zusätzlichen Kosten der Sandvorspülungen den Kosten der Klimaänderung und die vermiedenen Vermögensschäden verkörpern dann die Nutzen des Küsten-

schutzes. Zuerst sollen die Kosten der Sandvorspülung berechnet werden, bevor die Vermögensbewertung im Fall „mit Küstenschutz“ vorgestellt wird.

Die Kosten der Sandvorspülung ergeben sich aus den zusätzlich erforderlichen Sandmengen, wie sie aus der Differenz der Variante I und der Variante Eo resultieren (vgl. Tabelle 9-1). Die hierfür zu extrahierenden zusätzlichen Sandmengen können vom bereits genutzten Abbaugelände westlich von Westerland für den gesamten Zeithorizont entnommen werden, das über eine geschätzte wirtschaftlich abbauwürdige Menge von ca. 600 Mio. m³ verfügt (ALW Husum 1997: 51). Da alternative Verwendungen nicht erkennbar sind und die Transportentfernung sich nicht ändert, wird hier von Kosten der Sandvorspülung auf dem heutigen Niveau ausgegangen. Zur Absicherung gegenüber unvorhersehbaren Kostensteigerungen wurde ebenfalls mit einer einmaligen 50%igen Kostensteigerung gerechnet. Tabelle 9-4 zeigt das Ergebnis dieser Kostenkalkulation.

Tabelle 9-4: Kosten der klimaänderungsbedingten Sandvorspülungen und der vermiedenen Vermögensverluste im Fall Küstenschutz (netto)

Gegenwartswert in Mio. DM	Vermiedene Vermögensverluste			S	Kosten der Sandvorspülung	
	3% Preisst. pa, (konst. Preise)				10,00 DM/m ³	15 DM/m ³
	Grundstücke & Gebäude	Wege	Strand & Dünen			
Rantum	2.287,82 (694,67)	1,14 (0,34)	14,78 (5,21)	2.303,74 (700,22)	64,6	91,0
Hörnum	136,19 (44,78)	0,06 (0,02)	0,91 (0,32)	137,16 (45,12)		
Wenningstedt	0	0	0	0	0	0
S	2.424,01 (739,45)	1,20 (0,36)	15,69 (5,53)	2.440,90 (745,34)	64,6	91,0

Quelle: eigene Berechnungen

In der Tabelle 9-4 sind die über die 10-Jahres-Intervalle aggregierten und durch Sandvorspülungen geschützten Vermögenswerte sowie die Kosten der Sandvorspülungen als Gegenwartswert aufgeführt. Mit einem Gegenwartswert von 64,6 Mio. DM bzw. von 91,0 Mio. DM bei höheren Sandpreisen liegen die Kosten der Klimaänderung auf der Westseite in einem als tragbar zu bezeichnenden Bereich.

Bei der Kosten-Nutzen-Analyse dieser zusätzlichen Küstenschutzmassnahmen sind als Nutzen die vermiedenen Vermögensverluste zu schätzen. Für den Fall steigender Preise ergibt sich ein Gesamtwert der vermiedenen Vermögensverluste in Höhe von 2,4 DM Mrd. bezogen auf einen fünfzigjährigen Zeitraum, wobei die

Werte in der Gemeinde Rantum in Höhe von rund 2,3 Mrd. DM den wesentlichen Anteil an den Gesamtvermögenswerten ausmachen. Das hohe Vermögenspotential Rantums ergibt sich einerseits aufgrund des relativ großen Mengengerüsts, das durch die in der Abbildung 9-1 dargestellte Erosion verursacht wird, andererseits aus den sehr hohen Marktwerten in Rantum, die der Bewertung zugrunde liegen. Beide Komponenten der Bewertung, Menge und Preis, liegen für Rantum über denjenigen der anderen Gemeinden. Für den Fall konstanter Preise liegt der Wert der geschützten Vermögen bei ca. 745 Mio. DM, wobei auch hier wieder der größte Teil der Gesamtwerte in der Gemeinde Rantum anfällt. Alle Angaben betreffen ausschließlich den klimaänderungsbedingten Anteil.

Auch ohne Berücksichtigung von nicht-nutzungsabhängigen Werten und der nicht abgegoltenen Nutzungswerte des Strandes zeigt sich ein sehr positives Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse: Die Netto-Gegenwartswerte (in Klammern das Nutzen-Kosten-Verhältnis) belaufen sich auf 2,38 Mrd. DM (38/1) für den Fall einer 3%igen Preissteigerung und Kosten der Sandvorspülungen von 10 DM pro m³. Der Netto-GW sinkt auf 2,35 Mrd. DM (27/1), wenn man von Kosten der Sandvorspülungen in Höhe von DM 15,00 pro m³ ausgeht. Bei konstanten Preisen ergibt sich ein Netto-GW von 680 Mio. DM (11/1) respektive 654 Mio. DM (8/1) für Sandvorspülungskosten in Höhe von DM 10,00 bzw. DM 15,00 pro m³ Sand. Insgesamt sind die Sandvorspülungen damit als eine effiziente Anpassungsstrategie zur Vermeidung von Vermögensverlusten in Reaktion auf die Klimaänderung zu bewerten.

9.3.4 Schäden durch Vermögensverluste im Szenarium „ohne Küstenschutz“

Die im Szenarium „ohne Küstenschutz“ quantifizierten Vermögenswerte stellen die Kosten der Klimaänderung dar, da sie aufgrund der fehlenden Anpassung im Küstenschutz als tatsächliche Kosten anfallen würden. Da in diesem Fall eine autonome Anpassungsstrategie im Sinne einer Desinvestition stattfinden würde, hängen wie bereits ausgeführt die Werte von den angenommenen Anpassungsstrategien ab. Im Fall der rationalen Erwartungen reicht den Betroffenen eine 30-jährige Vorwarnzeit aus, um den überwiegenden Teil der Gebäude vollständig abzuschreiben, so dass dann als Verlust nur der Wert der Grundstücke übrig bleibt. Im Fall der sequentiell-adaptiven Erwartungen wird davon ausgegangen, dass die Betroffenen mit Verzögerung sich auf die neue Situation einstellen, aber ihnen dabei eine kürzere Zeit der Anpassung (hier zwanzig Jahre) bleibt, um die Gebäude abzuschreiben und es noch einen nicht abgeschriebenen Restwert der Gebäude gibt. Im Fall der mangelnden Voraussicht sind die Betroffenen ignorant über die zukünftige Erosion und den mangelnden Schutz und werden von der tatsächlichen Entwicklung überrascht. Die aufgrund dieser Annahmen entwickelten Preis- und Wertpfade führen zu den folgenden Vermögensverlusten (vgl. Tabelle 9-5).

Tabelle 9-5: Vermögensverluste im Fall ohne Küstenschutz, nach Erwartungsbildungshypothesen, Variante I

Vermögensverluste					
Gegenwarts- wert	rationale Erwartungen				S
	3 % Preissteigerung pa, (konstante Preise)				
in Mio. DM	Grundstücke	Strand & Dünen	Gebäude	Wege	
Rantum	167,20 (50,47)	14,78 (5,21)	0,00 (0,00)	0,00 0,00	181,98 (55,68)
Hörnum	3,88 (0,79)	0,91 (0,32)	5,25 (3,25)	0,00 (0,00)	10,04 (4,36)
Wenning- stedt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	171,08 (51,26)	15,69 (5,53)	5,25 (3,25)	0,00 (0,00)	192,02 (60,04)
Vermögensverluste					
Gegenwarts- wert in Mio. DM	sequentiell-adaptive Erwartungen				S
	3 % Preissteigerung pa, (konstante Preise)				
	Grundstücke	Strand & Dünen	Gebäude	Wege	
Rantum	167,20 (50,47)	14,78 (5,21)	13,30 (5,48)	0,03 (0,01)	195,31 (61,17)
Hörnum	3,88 (0,79)	0,91 (0,32)	15,55 (8,36)	0,00 (0,00)	20,34 (9,47)
Wenning- stedt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	171,08 (51,26)	15,69 (5,53)	28,85 (13,84)	0,03 (0,01)	215,65 (70,64)
Vermögensverluste					
Gegenwarts- wert in Mio. DM	mangelnde Voraussicht				S
	3 % Preissteigerung pa, (konstante Preise)				
	Grundstücke	Strand & Dünen	Gebäude	Wege	
Rantum	167,20 (50,47)	14,78 (5,21)	2.120,61 (644,21)	1,14 (0,34)	2.303,73 (700,23)
Hörnum	3,88 (0,79)	0,91 (0,32)	132,31 (43,99)	0,06 (0,02)	137,16 (45,12)
Wenning- stedt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	171,08 (51,26)	15,69 (5,53)	2.252,92 (688,20)	1,20 (0,36)	2.440,89 (745,35)

Quelle: eigene Berechnungen

Die Schätzungen verdeutlichen, dass die Kosten der Klimaänderung bei Verzicht auf Küstenschutz in einem erheblichen Masse fallen, wenn sich die Marktteilnehmer mit entsprechendem Vorlauf auf diese kalkulierte Erosion einstellen. Nur wenn sie vollständig überrascht werden, entsprechen die hier kalkulierten Vermögensverluste dem Nutzen des Küstenschutzes (vgl. Tabelle 9-4).

Ein weiterer Vergleich dieser Ergebnisse mit denen des Küstenschutzfalles könnte die Schlussfolgerung nahe legen, dass der Fall "ohne Küstenschutz" mit rationalen Erwartungen der effizienteste ist, da die Kosten der Klimaänderungen hier lediglich 60 Mio.. betragen, im Vergleich zu den Kosten der Sandvorspülungen, die im günstigen Fall DM 64,6 Mio. ausmachen. Dieser Schluss ist jedoch aus folgenden Gründen nicht zwingend: Zuerst beinhaltet die obige Schätzung nur eine unvollständige Bewertung der Strand- und Dünenflächen, da sie keine nicht-nutzungsabhängigen Wertschätzungen für Natur und Landschaft und die Erholungswerte der Strandflächen umfasst. Diese müssten dem Fall „ohne Küstenschutz“ bei rationalen Erwartungen hinzugerechnet werden. Zweitens handelt es sich bei dem Konzept der rationalen Erwartungen um ein theoretisches Konstrukt der Wirtschaftswissenschaften, das eher einen heuristischen Wert hat und hier nur bedingt für Politikempfehlungen geeignet ist (vgl. Kirchgässner 1991, Sen 1987), unter anderem, weil die autonomen und kollektiven Anpassungsmöglichkeiten gemeinsam in die Erwartungsbildung einbezogen werden müssten. Deshalb müsste als Bedingung für den Fall rationaler Erwartungen "ohne Küstenschutz" eine kollektive Entscheidung darüber getroffen werden, keinen weiteren Küstenschutz zu betreiben. Diese Möglichkeit erscheint politisch und praktisch sehr unwahrscheinlich, nicht zuletzt auch deshalb, weil der Küstenschutz wiederum aufgrund seines eindeutigen positiven Nutzen-Kosten-Verhältnisses ein effizientes Mittel zur Vermeidung von Klimafolgeschäden ist.

9.4 Wohlfahrtsverluste von Touristen bedingt durch Klimawandel

Eine weitere wichtige Größe für die Bestimmung der Kosten einer möglichen Klimaveränderung auf Sylt sind die Reaktionen der Touristen darauf. Um diese Kosten abschätzen zu können, wurde eine Befragung von Strandbesuchern im Juli und August 1999 auf Sylt durchgeführt. Die Ergebnisse sollten erstens eine Erhebung des Erholungsnutzens mit Hilfe der Reisekostenmethode ermöglichen, zweitens mögliche Reaktionen der Touristen aufzeigen.

Die Reisekostenmethode nimmt die Kosten der Anreise als Ausgangspunkt für die Ermittlung der Wertschätzung. Sie stellt damit im Gegensatz zu der ebenfalls in diesem Projekt eingesetzten Contingent Valuation (CV) eine indirekte Bewertungsmethode dar. Indirekt deshalb, weil sie auf beobachtbare Daten zurückgreift. Allerdings können aus diesem Grund z.B. keine nicht-nutzungsabhängigen Wertschätzungen ermittelt werden, so dass mit der Reisekostenmethode nur eine untere

Größe der gesamten Wertschätzung ermittelt wird.¹ Es wurden rund 380 Personen an fünf Tagen von vier Interviewerinnen befragt. Sie wurden u.a. um Angaben zur eigenen Person (z. B. Herkunftsort, Alter, Haushaltseinkommen) und zum Urlaubsaufenthalt (z. B. Dauer, Kategorie der Übernachtung, Beurteilung der Strandqualität) gebeten. Durchgeführt wurde die Auswertung nach dem zonalen Ansatz, d.h. ausgehend von Sylt wurde die Bundesrepublik Deutschland in Zonen mit einem wachsenden Radius von 50 km eingeteilt und die Einwohnerzahl der jeweiligen Zonen ermittelt. Aufbauend auf den Angaben über ihre Herkunft und die Anzahl der nach Sylt gereisten Personen wurde die Besuchsrate pro Zone ermittelt. Sie ist der Quotient aus der Anzahl der Besuche pro Zone und den Einwohnern pro Zone. Anhand der Entfernung und der jeweils genutzten Transportmittel Auto oder Zug wurden die Kosten für die Anreise bestimmt. Aufbauend auf diesen Daten lässt sich eine Nachfragekurve mit Hilfe der Regressionsanalyse schätzen, in der die Besuchsrate die abhängige Variable ist und die Transportkosten die unabhängige Variable darstellen. Mit Hilfe der Nachfragekurve wird schließlich die Konsumentenrente pro Urlauber und Urlaubstag bestimmt. Hierzu wird unterstellt, dass die Urlauber ähnlich wie auf eine Erhöhung der Transportkosten auf eine *fiktive* Eintrittsgebühr reagieren würden.

Um die Reaktionen der Urlauber auf eine mögliche Klimaänderung abschätzen zu können, wurde danach gefragt, ob die steigende Häufigkeit sog. Starkwindereignisse, die eine Einschränkung der Strandnutzung für den jeweiligen Tag zur Folge haben können, eine Beeinträchtigung des Urlaubserlebnisses bedeuten würde. Anschließend wurde gefragt, ob die davon betroffenen Tage für die Befragten „verlorene“ Urlaubstage wären. Wird die Anzahl dieser verlorenen Urlaubstage mit der Konsumentenrente pro Tag multipliziert, dann ergibt sich daraus ein Maß für die auf den Klimawandel zurückzuführenden Kosten. Schließlich wurde gefragt, ob dies ein Grund sei, im nächsten Jahr den Urlaub nicht wieder auf Sylt zu verbringen.

Ergebnisse: Auf die Frage nach der möglichen Beeinträchtigung ihres Urlaubes durch den Klimawandel antworteten 27 Personen, dass schon ein ein bis zweimaliges Auftreten eines Starkwindereignisses während ihres Aufenthaltes ihr Urlaubserlebnis beeinträchtigen würde. Allerdings gaben nur 7 Personen (1,9 %; Prozentangaben jeweils bezogen auf alle Befragten) an, dass die betreffenden Urlaubstage für sie verlorene Urlaubstage wären. 74 Personen gaben an, dass ein drei- bis viermaliges Auftreten dieser Ereignisse für sie eine Beeinträchtigung darstellen würde, wobei dies für 16 Personen (4,3 %) verlorene Urlaubstage wären. Mit 137 Nennungen (36,7 %) war die Gruppe derjenigen am stärksten, die sich ab der Hälfte ihrer Urlaubstage, an dem ein derartiges Ereignis auftritt, in ihrem Urlaubserlebnis beeinträchtigt fühlte. Wiederum 16 Personen (4,3 %) sagten, dass dies verlorene Urlaubstage wären. Schließlich gaben 135 Personen (36,2 %) an, dass ein häufigeres Auftreten der genannten Starkwindereignisse während ihres Urlaubes für sie keine Beeinträchtigung ihres Urlaubserlebnisses bedeuten würde.

¹ Eine ausführliche Beschreibung der Methode geben Ward, Beal (2000), für Anwendungen in Deutschland siehe Löwenstein (1994), Bergen, Löwenstein (1995) sowie Luttmann, Schröder (1995).

Tabelle 9-6: Reaktion der Urlauber auf Starkwindereignisse bedingt durch Klimawandel

		Verlorene Urlaubstage		
		Ja	Nein	Gesamt
Starkwindereignis beeinträchtigt Ur- laubserlebnis	1 bis 2 mal	7	20	27
	3 bis 4 mal	16	58	74
	ab der Hälfte der Urlaubstage	16	121	137
	gar nicht	2	133	135
	Gesamt	41	332	373

Quelle: Eigene Erhebung

Somit waren für insgesamt 332 Personen diese Tage, unabhängig vom Ausmaß der Beeinträchtigung, keine verlorenen Urlaubstage. Im Gegenteil: Häufig wurde von den Befragten angemerkt, dass sie so etwas als charakteristisch für einen Aufenthalt an der Küste ansehen würden und dies somit dazugehören würde. Auf die weiterhin gestellte Frage, ob die Zunahme der Starkwindereignisse ein Grund sein könnte, nächstes Jahr nicht wieder auf Sylt Urlaub zu machen, antworteten insgesamt 54 Personen „Ja“. Dies sind 15 Prozent aller Befragten. Dieser Fall setzt allerdings voraus, dass alle diese Urlaube auch entsprechend häufig auftretende Starkwindereignisse erleben.

Als Erholungsnutzen ergibt sich nach der hier durchgeführten Berechnung eine durchschnittliche Konsumentenrente von rd. 18,00 DM pro Urlauber und Aufenthaltstag auf Sylt.² Zieht man für die Berechnung des gesamten Erholungsnutzens der Insel die Tourismus-Statistik für das Jahr 1997 heran, dann ist insgesamt von rd. 2,90 Mio. *Urlaubertagen* auszugehen. Hierin sind sowohl Übernachtungsgäste als auch Tagesgäste enthalten. Multipliziert mit der Konsumentenrente pro Urlauber und Tag ergibt sich ein Wert von 52 Mio. DM als Erholungsnutzen der Insel Sylt pro Jahr. Unterstellt ist bei dieser Berechnung, dass die befragten Urlauber repräsentativ sind für die Grundgesamtheit aller Urlauber auf Sylt.

Mit Hilfe der Konsumentenrente pro Urlauber und Tag können nun die Kosten des Klimawandels berechnet werden. Sie sind definiert als die Nutzenverluste (gemessen durch die Konsumentenrente) aufgrund verlorener Urlaubstage durch die sog. Starkwindereignisse. Für den Fall „Starkwindereignis tritt 1 bis 2 mal“ während des Urlaubs auf, ergeben sich, wieder auf der Grundlage der Tourismus-zahlen für 1997, insgesamt rd. 13.300 verlorene Urlaubstage. Bewertet mit der durchschnittlichen Konsumentenrente würden die Kosten sich in diesem Fall auf rd. 240.000 DM pro Jahr belaufen. Für den Fall, dass die Starkwindereignisse mit einer Häufigkeit von „3 bis 4 mal“ während des jeweiligenurlaubes auftreten würden, ergeben sich rd. 100.000 verlorene Urlaubstage. Wiederum bewertet mit der durchschnittlichen Konsumentenrente ergeben sich Kosten in Höhe von

² Als Funktionsform wurde das semilogarithmische Regressionsmodell $\ln(BR) = \gamma_0 + \gamma_1 c + \varepsilon$ zugrundegelegt. Es wurden nur die Reisekosten im engeren Sinne für die Berechnung herangezogen, d.h. ohne eine Bewertung der Opportunitätskosten der Reisezeit. Eine ausführliche Beschreibung von Methodik und Rechenweg findet sich in der Langfassung des Abschlußberichtes.

1,8 Mio. DM pro Jahr. Dabei ist aber unterstellt, dass jeder Urlauber während seines Aufenthaltes 3 bis 4 mal von den als Auswirkung dargestellten Starkwindereignissen betroffen wäre. Eine Annahme, die sehr unrealistisch erscheint und von daher zu einer starken Überschätzung der Kosten des Klimawandels führt. Dies gilt selbst für den Fall, in dem 1 bis 2-maliges Auftreten unterstellt wurde.

Nicht nur aus diesem Grund können die Zahlen nur eine mögliche Größenordnung der Kosten des Klimawandels für die Urlauber auf Sylt vermitteln. So wurde weiterhin angenommen, dass die Aussagen der befragten Gäste im Juli und August auf die Gesamtheit aller Urlauber übertragbar sind. Schließlich ist auf die methodischen Probleme der Reisekostenmethode hinzuweisen (vgl. Elsasser 1996, Geisendorf et al. 1998: 200ff.). Belastbarere Zahlen würden vor allem einer besseren empirischen Fundierung bedürfen. Da die Durchführung der Reisekostenmethode nicht originärer Bestandteil des Projektes war, sondern als Reaktion auf ein im Rahmen der Fallstudie Sylt nicht genehmigtes Projekt Tourismus im Rahmen der Fallstudie zusätzlich durchgeführt wurde, war dies mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich.

9.5 Wertschätzung für den Schutz des Wattenmeeres vor möglichen Klimafolgen

Ein wesentliches Ziel dieser Studie ist es, in die ökonomische Bewertung der Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels für die Insel Sylt Auswirkungen auf Natur und Landschaft mit einzubeziehen. Insbesondere sollten die nicht-nutzungsabhängigen Wertschätzungen berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurde eine direkte Zahlungsbereitschaftsanalyse (Contingent Valuation (CV)) durchgeführt. Sie stellt bisher die einzige Bewertungsmethode dar, mit der diese Art von ökonomischen Werten erfasst werden kann.

9.5.1 Nicht-nutzungsabhängige Werte von Natur und Landschaft

Ein grundlegendes Konzept zur ökonomischen Bewertung von Veränderungen in Natur und Landschaft stellt der "Total Economic Value" dar. Grundgedanke hierbei ist, dass der ökonomische Wert von Natur und Landschaft aus mehreren Komponenten besteht. Wesentlich ist dabei die Unterscheidung zwischen den nutzungsabhängigen und den nicht-nutzungsabhängigen Werten. Danach haben nicht nur Personen eine Wertschätzung für den Erhalt von Natur und Landschaft, die diese zurzeit oder in Zukunft direkt nutzen wollen, d.h. z. B. eine Landschaft wie das Wattenmeer selber aufsuchen wollen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass auch Nicht-Nutzer eine Wertschätzung für den Erhalt dieser Landschaft haben. Als Motive hierfür werden der Existenz- und der Vermächtniswert angesehen (Krutilla 1967). Als Hinweise auf nicht-nutzungsabhängige Wertschätzungen wird in der Literatur angeführt, dass Individuen erstens bereit sind, für den Erhalt von Tierarten wie z. B. Walen Geld zu spenden, ohne dass sie jemals eine direkte Nutzung beabsichtigen. Zweitens wird die Einrichtung von Kernzonen in Naturschutzgebieten, die nicht betreten werden dürfen, häufig unterstützt. Der hieraus

entstehende Nutzen kann aber nicht aus dem eigenen Erleben resultieren (vgl. Blöchliger 1992: 20).

Viele Studien zeigen, dass die nicht-nutzungsabhängigen Werte einen beträchtlichen Anteil am Gesamtwert natürlicher Ressourcen haben können. Abhängig vom Kreis derjenigen, die jeweils von Qualitätsänderungen betroffen sind, können sie aggregiert ein Vielfaches der nutzungsabhängigen Werte ausmachen (vgl. Garrod u. Willis 1996, Bateman u. Langford 1997). Dadurch können sie maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis von Kosten-Nutzen-Analysen haben und den Ausschlag dafür geben, ob der Erhalt oder die Nutzung natürlicher Ressourcen aus ökonomischer Sicht vorzuziehen ist. Doch gibt es innerhalb der Ökonomie eine intensive Diskussion darüber, ob diese nicht-nutzungsabhängigen Werte mit den Annahmen der Wohlfahrtsökonomie vereinbar sind. Autoren wie Brookshire et al. (1986) zufolge bestehen nicht-nutzungsabhängige Werte aus einer ökonomischen Komponente, die mit diesen Annahmen kompatibel ist, und einer ethischen Komponente, die damit nicht vereinbar ist. In die Kosten-Nutzen-Analyse dürften aber nur erstere eingestellt werden. Damit stellt sich die Aufgabe, mit der Kosten-Nutzen-Analyse vereinbare Wertäußerungen von damit nicht vereinbaren zu trennen (vgl. Meyerhoff 2000).

Darüber hinaus wird auch die CV als Bewertungsmethode in der Ökonomie kontrovers diskutiert. Kern der Methode ist es, mit Hilfe von Interviews einen hypothetischen Markt zu eröffnen und Personen nach ihrer Zahlungsbereitschaft (Willingness to Pay (WTP)) für ein bestimmtes Gut zu fragen. Sollen Umweltgüter bewertet werden, dann wird in der Regel die Verbesserung eines Umweltzustandes oder die Verhinderung seiner Verschlechterung bewertet. Von einer Reihe von Ökonomen wird die Gültigkeit der mit dieser Methode ermittelten Ergebnisse angezweifelt. Die ermittelten Zahlungsbereitschaften seien ungeeignet, um darauf aufbauend Aussagen über Kosten und Nutzen treffen zu können. Vielmehr seien die Ergebnisse durch eine Vielzahl von Verzerrungen (Biases) gekennzeichnet, die die Ermittlung der wahren Zahlungsbereitschaft, wie sie auf Märkten für private Güter geäußert würde, stark beeinträchtigen oder sogar unmöglich machen würde (stellvertretend Diamond u. Hausman 1994). Diese Diskussion hat vor allem nach dem Unglück des Tankers Exxon Valdes vor der Küste Alaskas an Brisanz gewonnen, da die hierdurch entstandenen Schäden mit Hilfe der CV ermittelt wurden. Die Ergebnisse der CV einschließlich der nicht-nutzungsabhängigen Werte waren in den USA zu diesem Zeitpunkt schon als gerichtsverwertbar anerkannt (vgl. Kopp u. Pease 1997). Mit Hilfe kritisch gegenüber der CV eingestellter Ökonomen versuchte Exxon, die Methode und vor allem die Ermittlung von nicht-nutzungsabhängigen Werten durch Kritik an der Methode in Zweifel zu ziehen (Hausman 1993). Während sich in der weiteren Diskussion einige Verzerrungen wie z. B. das Freifahrer-Verhalten als nicht so maßgeblich erwiesen haben wie ursprünglich angenommen wurde, steht der Zuordnungsfehler (Embedding-Effekt) nach wie vor im Mittelpunkt der Diskussion. Damit wird das Problem beschrieben, dass die befragten Personen häufig andere Vorstellung insbesondere vom Umfang des zu bewertenden Gutes haben oder dieses als untergeordnete Kategorie eines anderen Gutes verstehen. Ein Beispiel wäre, wenn die Befragten ihre Zahlungsbereitschaft nicht direkt auf den Schutz z.B. des Wattenmeeres beziehen, sondern sie ihn vielmehr als einen Beitrag zum Naturschutz allgemein in der Bundesrepublik verstehen. Eine Heranziehung dieser Zahlungsbereitschaft allein zur Bewertung des Wattenmeeres würde in diesem Fall zu einer Überschätz-

zung des ökonomischen Wertes führen. Vor diesem Hintergrund ist die Durchführung einer CV vor drei Aufgaben gestellt: *Erstens* konkrete Ergebnisse über die Wertschätzung zu ermitteln, *zweitens* einen Beitrag zur Diskussion um die Validität dieser Methode zu leisten und *drittens* die nicht-nutzungsabhängigen Werte auf ihre Eignung für die Kosten-Nutzen-Analyse zu überprüfen.

9.5.2 Stand der Forschung zur ökonomischen Bewertung von Küstenlandschaften

Zwei Studien aus dem europäischen Ausland sind für die ökonomische Bewertung von Küstenlandschaften von besonderer Bedeutung.³ Kuik et al. (1996) ermittelten die Zahlungsbereitschaft für die Wiederherstellung eines weitgehend natürlichen Zustandes im niederländischen Wattenmeer bis zum Jahr 2010. Aus der Bevölkerung der Niederlande wurden per Zufallsauswahl 2.800 Haushalte ausgewählt. Ihnen wurde ein Fragebogen zugeschickt, in dem neben der Zahlungsbereitschaft u.a. nach den Kenntnissen über die Region und dem Interesse am Erreichen der genannten Ziele gefragt wurde. Insgesamt waren 654 Antworten auswertbar (23,5 Prozent der ursprünglichen Stichprobe). Die durchschnittliche jährliche Zahlungsbereitschaft betrug 56 DM⁴ pro Jahr und Haushalt (Median 28 DM). Zwischen der Zahlungsbereitschaft und dem Einkommen, der Einstellung gegenüber Umweltproblemen allgemein und den Einstellungen gegenüber dem Wattenmeer zeigte sich ein positiver Zusammenhang. Gleiches gilt für die Anzahl der Besuche in der Wattenmeer Region. Die Ergebnisse wurden durch eine multiple Regression bestätigt: Mit einem Bestimmtheitsmaß ($R^2_{\text{kor.}}$) von 0,36 wurde ein im Vergleich zu anderen Studien großer Anteil der Varianz erklärt. Die Hochrechnung auf die gesamte Bevölkerung ergab im Fall der „besten Schätzung“ eine Wertschätzung von 370 Mio. DM pro Jahr, wobei die optimistische Version bei 513 Mio. DM lag und die pessimistische bei 122 Mio. DM.

Goodman et al. (1996) untersuchten die Wertschätzung für den Schutz der Küste Großbritanniens als Naturlandschaft vor einer weiteren Degradierung bedingt durch zunehmende Nutzungskonkurrenzen. Insbesondere sollten nicht-nutzungsabhängige Wertschätzungen ermittelt werden. Insgesamt wurden 806 persönliche Interviews im Raum Derby und Umgebung durchgeführt. Dieser Raum wurde ausgewählt, um die Wahrscheinlichkeit für Interviews mit Nicht-Nutzern zu erhöhen, denn über ihre Angaben sollte der Anteil der nicht-nutzungsabhängigen Werte am Gesamtwert bestimmt werden. Letztlich konnten 766 Interviews ausgewertet werden. Es waren 76 % grundsätzlich bereit, eine zusätzliche Steuer für das Schutzprogramm zu zahlen. Die durchschnittliche Zah-

³ Für einen umfassenderen Überblick über weitere Studien siehe Brouwer et al. (1997) sowie die Langfassung dieser Studie.

⁴ Die Werte wurden zum Kurs des Erscheinungsjahres der jeweiligen Studie in Deutsche Mark umgerechnet und abgerundet. Für das Verhältnis Niederlande - Deutschland wurde ein Kurs von 0,89 hfl/DM zugrundegelegt, für das Verhältnis Vereinigtes Königreich – Deutschland ein Kurs von 2,34 £/DM.

lungsbereitschaft lag für die gesamte Küste bei 114 DM pro Haushalt und Jahr (Median 59 DM). Die Regressionsanalyse ergab ein $R^2_{\text{kor.}} 0,19$, alle Variablen zeigten die erwarteten Vorzeichen. Jedoch waren kaum Nicht-Nutzer unter den Befragten: 98 Prozent hatten die Küste schon einmal besucht, rd. 63 Prozent sogar innerhalb der letzten sechs Monate. Dennoch gehen Goodman et al. in ihrem Fazit aufgrund der von den Befragten geäußerten Motive davon aus, dass auch unabhängig von der eigenen Nutzung eine Wertschätzung besteht. Allerdings sehen sie die Abhängigkeit zwischen den gegebenen Informationen und den genannten Zahlungsbereitschaften als Beleg dafür, dass die Beträge eher während des Interviews konstruiert wurden und es nicht gelungen sei, schon vor der Befragung existierende Präferenzen abzufragen.

9.5.3 Konzeption und Ergebnisse der Contingent Valuation

Da das Wattenmeer eine bedeutende Naturlandschaft in Deutschland ist und davon auszugehen ist, dass auch nicht-nutzungsabhängige Werte ein bedeutendes Element ihres ökonomischen Wertes darstellen, wurde die gesamte Bevölkerung in Deutschland als potentiell betroffen von möglichen Qualitätsänderungen angesehen. Entsprechend wurde im Frühjahr 1999 eine mündliche Befragung von letztlich 1.412 Haushalten in der Bundesrepublik durchgeführt. Die Auswahl der Haushalte erfolgte als dreistufige Zufallsauswahl.⁵ Erreicht wurde damit angesichts der insgesamt angesprochenen Haushalte von rd. 2.400 eine Ausschöpfungsquote von rd. 60 Prozent.

Zur Information wurden im Interview, das im Durchschnitt 30 Minuten dauerte, neben mehreren Texten zur Beschreibung des Klimawandels und seiner Auswirkungen eine Landkarte über die Norddeutsche Küste und eine Informationstafel mit Bildern und einer Karte über die wichtigsten Biotope im Wattenmeer vorgelegt. Diese Karte enthielt auch Informationen über die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Wattenmeer. Um den Einfluss der geographischen Distanz zum Wattenmeer auf die Zahlungsbereitschaft prüfen zu können, wurde die Bundesrepublik ausgehend vom Wattenmeer in vier Zonen mit einem wachsenden Radius von rd. 210 km aufgeteilt. Die vierte Zone lag somit im Süden von Deutschland und umfasste weitgehend Bayern und Baden-Württemberg.

Vor der Frage zur Zahlungsbereitschaft wurden mit Hilfe von insgesamt 16 Items die Einstellungen der Befragten gegenüber dem Naturschutz und dem Klimaschutz ermittelt. Die Personen wurden gebeten, ihre Zustimmung oder Ablehnung des jeweiligen Items auf einer fünfstufigen Skala („stimme vollständig zu“ bis „lehne vollständig ab“) anzugeben. Es sollte geprüft werden, ob nicht-nutzungsabhängige Werte eher über Einstellungen als über ökonomische Prädiktoren beeinflusst werden (vgl. Wierstra 1996). Da ein weiteres Augenmerk möglichen Embedding-Effekten galt, wurden die betroffenen Flächen auf der Ostseite von Sylt nicht direkt bewertet, sondern den Befragten ein Schutzprogramm für das

⁵ Ausgehend von 140 Samplepoints, die die Verteilung der Ortsgrößenklassen der Bundesrepublik repräsentieren, wurden mittels Random-Walk die Haushalte und anschließend über den Schwedenschlüssel die Zielperson im jeweiligen Haushalt ermittelt.

gesamte Wattenmeer vorgestellt (Näheres hierzu weiter unten.). Außerdem wurde die eigentliche Frage nach der WTP mit einer Fragesequenz eingeleitet. In ihr wurde zunächst nach der maximalen Zahlungsbereitschaft für alle Umweltprojekte gefragt, die ihnen wichtig sind. Schließlich wurden die Befragten in Anlehnung an Degenhardt und Gronemann (1998) gegen Ende des Interviews noch einmal danach gefragt, warum sie gerade für das Wattenmeer zahlen wollen angesichts einer großen Anzahl weiterer Möglichkeiten, den Schutz von Natur und Landschaft zu unterstützen. Am Ende des inhaltlichen Teils sollte das Interview selbst von den Befragten bewertet werden. Sie wurden z.B. gefragt, ob sie sich für die Beantwortung ausreichend informiert fühlten oder wie sie zu einer Bewertung von Natur und Landschaft mit Geld stehen. Abschließend wurde nach sozio-ökonomischen Daten wie Alter, Einkommen und Bildung gefragt.

Mit 695 Personen war knapp die Hälfte der Befragten schon einmal an der Nordseeküste oder auf einer Insel und ist somit als Nutzer anzusehen. Umgekehrt sind 717 Personen als Nicht-Nutzer zu bezeichnen. Ihr Anteil in den vier Entfernungszonen nahm erwartungsgemäß mit zunehmender Distanz zum Wattenmeer zu. Insgesamt waren 336 Personen (23,8 %) grundsätzlich bereit, sich an der Finanzierung eines Programms zum Schutz des Wattenmeeres zu beteiligen. 225 dieser Personen oder 67 Prozent waren Nutzer und 111 Personen oder 33 % Nicht-Nutzer. Die monatliche Zahlungsbereitschaft lag für die gesamte Stichprobe im Durchschnitt bei 3,50 DM pro Monat und Haushalt. Tabelle 9-7 gibt eine Übersicht über statistische Kennzahlen für alle Befragten zusammen sowie nach Nutzern und Nicht-Nutzern getrennt. Sie deuten darauf hin, auf die Beträge nicht einer Normalverteilung folgen.

Tabelle 9-7: Zusammenfassende Statistik für Zahlungsbereitschaft Wattenmeer

	Alle	Nutzer	Nicht-Nutzer
Mittelwert	3,46	5,53	1,47
Standardabweichung	12,04	15,48	6,76
Median	0,00	0,00	0,00
Modus	0	0	0
Maximum	170	170	100
Schiefe	6,62	5,15	10,28
Kurtosis	56,72	34,15	134,31
n	1411	695	717

Quelle: eigene Berechnungen

Die neoklassische Ökonomik legt eine Reihe von Faktoren nahe, die einen bestimmten Einfluss auf die Höhe der Zahlungsbereitschaft erwarten lassen (Wierstra 1996, Spash 1998). So dürfte sie mit der Höhe des Einkommens steigen, während ein höheres Lebensalter einen negativen Einfluss erwarten lässt. Weiterhin ist z. B. von Personen mit geplanter Reise oder mit Reisewunsch eine höhere Zahlungsbereitschaft zu erwarten. Gleiches gilt für Personen mit umfangreicheren

Kenntnissen über die Naturlandschaft Wattenmeer. Lassen sich diese Beziehungen statistisch bestätigen, dann kann dies als ein Anzeichen für die Validität⁶ der ermittelten Daten angesehen werden. Doch zeigen etliche Untersuchungen auch, dass allein über die ökonomischen Einflussfaktoren die Varianz der Zahlungsbereitschaft oft nicht hinreichend erklärt werden kann. Aus diesem Grund wurden zusätzlich andere Einflussfaktoren wie die genannten Einstellungen ermittelt. Zunächst werden Ergebnisse der monokausalen Analyse vorgestellt, anschließend der multiplen Analyse.

Monokausale Analyse der Einflussfaktoren

Einfluss von Aufenthalt in der Region und Reiseabsicht: Sowohl die Tatsache, schon einmal in der Region gewesen zu sein, als auch die Absicht oder der Wunsch, die Region zu besuchen, haben einen positiven Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft. Die Nutzer hatten im Durchschnitt eine WTP von 5,52 DM pro Monat, während die Nicht-Nutzer eine Zahlungsbereitschaft von 1,47 DM pro Monat hatten. Die Nullhypothese (H_0) gleicher Zahlungsbereitschaften für beide Gruppen konnte aufgrund des Mann-Whitney-U-Test abgelehnt werden ($p < 0,001$)⁷. Ebenso verhält es sich bei dem Zusammenhang zwischen Zahlungsbereitschaft und Reiseabsichten: Bei Personen mit konkreter Reiseabsicht in die Region beträgt sie durchschnittlich 8,06 DM, während sie bei Personen mit dem Wunsch nach einer späteren Reise bei 4,10 DM liegt. Bei Personen ohne Reiseabsicht oder -wunsch liegt sie bei 2,20 DM pro Monat. Der Kruskal-Wallis-H Test zeigt, dass zwischen dem Merkmal Reiseabsicht und Zahlungsbereitschaft mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Zusammenhang besteht, da die H_0 mit $p < 0,001$ verworfen werden kann.

Einfluss von Kenntnissen über die Naturlandschaft Wattenmeer: Die befragten Personen wurden gebeten, den Stand ihrer Kenntnisse über die Naturlandschaft Wattenmeer in die Kategorien keine, geringe, einige und gute Kenntnisse einzuordnen. Es zeigt sich auch hier ein signifikanter Unterschied in den mittleren Zahlungsbereitschaften (Tabelle 9-8, letzte Zeile). Ferner wurde gefragt, ob die jeweilige Person schon vor dem Interview etwas über mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf das Wattenmeer gehört hatte. 757 Personen antwor-

⁶ Für die Bewertung der Ergebnisse wurden die Kriterien Reliabilität und Validität herangezogen. Vereinfacht gesagt genügen die ermittelten Wertgrößen den Anforderungen der Reliabilität, wenn gezeigt werden kann, dass die Antworten der Teilnehmer nicht rein zufälliger Natur sind. Das Kriterium der Validität erfordert dagegen, dass die Ergebnisse mit theoretischen Überlegungen vereinbar sind (vgl. Römer 1991).

⁷ Da die Zahlungsbereitschaftsbeträge nicht normalverteilt sind, wurden für Mittelwertvergleiche bei zwei Stichproben der Mann-Whitney-U-Test und bei mehreren Stichproben der Kruskal-Wallis-H Test verwendet. Der p-Wert gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass der jeweils errechnete Wert allein zufällig auftritt. Je kleiner somit p, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der ermittelte Zusammenhang nicht zufällig besteht, sondern auf die untersuchte Einflussgröße zurückzuführen ist.

teten mit Ja, 655 mit Nein. Die mittlere Zahlungsbereitschaft derjenigen mit diesen Kenntnissen lag bei 5,28 DM, die derjenigen ohne Kenntnisse bei 1,37 DM pro Monat. Die H_0 gleicher Mittelwerte konnte auch hier verworfen werden ($z = -8,13$; $p < 0,001$). Darüber hinaus haben 227 Personen mindestens einmal an einer Wattwanderung teilgenommen. Auch hier zeigt sich ein positiver Einfluss: die WTP betrug 7,90 DM bei Teilnehmern einer Wattwanderung, bei den übrigen bei 2,60 DM ($z = -7,36$; $p < 0,001$).

Tabelle 9-8: Kenntnisse über die Naturlandschaft Wattenmeer und Zahlungsbereitschaft

Kenntnisse über die Naturlandschaft Wattenmeer				
	keine	geringe	einige	gute
Häufigkeit n	436	640	271	51
DM	0,9	3,43	5,81	13,39
$\chi^2 = 67,9$; $p < 0,001$; df. 3				

Quelle: eigene Berechnung

Einfluss der Distanz: In Anlehnung an andere Untersuchungen und aufgrund ökonomischer Überlegungen war zu erwarten, dass die WTP mit zunehmender Distanz sinken würde (vgl. Brouwer, Slangen 1998). Dieses konnte jedoch nicht bestätigt werden. Vielmehr zeigt sich, dass die grundsätzliche Bereitschaft, sich an der Finanzierung des Schutzprogramms zu beteiligen, mit zunehmender Distanz geringfügig ansteigt (Kontingenzkoeffizient 0,11; $p < 0,01$). Als Mittelwerte der Zahlungsbereitschaft ergeben sich folgende Werte pro Monat: Zone 1: 3,40 DM, Zone 2: 4,14 DM, Zone 3: 2,45 DM und Zone 4: 3,96 DM. Eine Überprüfung mit dem Kruskal-Wallis-H Test zeigt signifikante Unterschiede in den Mittelwerten ($\chi^2 = 15,54$; $p < 0,01$; df. 3). Ein post hoc-Test zeigt jedoch (vgl. Sachs 1997: 395ff.), dass sich die Höhe der Zahlungsbereitschaft lediglich zwischen der dritten und vierten Zone statistisch signifikant ($p < 0,05$) voneinander unterscheidet. Für alle anderen Kreise kann die Nullhypothese gleicher Mittelwerte nicht abgelehnt werden. Dass die WTP in der entfernter liegenden Zone höher ist, könnte auf die dort ermittelten stärkeren Einstellungen gegenüber der Natur zurückgeführt werden.

Einfluss von Einstellungen: Im Anschluss an die Diskussion in der Umweltökonomie über die Bedeutung von Einstellungen als Prädiktoren der WTP⁸ wurden Einstellungen gegenüber dem Naturschutz (Skala mit acht Items) und gegenüber dem Klimaschutz (Skala sechs Items) ermittelt. Die Befragten sollten auf einer fünfstufigen Skala den Grad ihrer Zustimmung oder Ablehnung des jeweiligen Items zum Ausdruck bringen. Beispiele für Items sind Aussagen wie „Ein Naturschutzgebiet hat für mich nur Wert, wenn ich es betreten darf“ oder „Bevor die Ursachen für die Klimaänderung nicht vollkommen bekannt sind, sollte mit

⁸ Zu nennen sind u.a. die Arbeiten von Ajzen, Driver (1992). Wierstra (1996), Spash (1998), Moisseinen (1999), und Kotchen, Reiling (2000). Ein kurzer Überblick findet sich in Meyerhoff (2000).

Schutzmaßnahmen gewartet werden“. Während die Skala zum Klimaschutz eine Reliabilität, gemessen mit Cronbachs α , von 0,74 ergab, wurde für die Skala zum Naturschutz nur ein α von 0,64 erreicht. Diekmann (1997: 220f) weist allerdings daraufhin, dass auch in Untersuchungen wie der Allgemeinen Bevölkerungsumfrage (ZUMA-Allbus) aufgrund ähnlicher kurzer Skalen mit 4 bis 6 Items Werte von 0,58 für Cronbachs α erreicht wurden.

Wie Tabelle 9-9 zeigt, gibt es einen Zusammenhang zwischen dem auf der jeweiligen Skala erreichten Summenwert und der mittleren WTP. Sie steigt mit höherem Skalenwert sowohl im Fall Naturschutz als auch Klimaschutz. Der Kruskal-Wallis-H Test führt jeweils zur Ablehnung von H_0 : gleiche mittlere Zahlungsbereitschaft in allen Einstellungsgruppen. Mit Hilfe der Einstellung kann auch erklärt werden, warum die grundsätzliche Zahlungsbereitschaft in der vierten Zone am höchsten ist: Hier liegt der mittlere Summenwert auf der Naturschutzskala signifikant höher als in allen anderen Zonen, d.h. Personen aus dieser Zone haben danach eine positivere Einstellung zum Naturschutz. Da zwischen diesem Wert und der grundsätzlichen Zahlungsbereitschaft eine schwache positive Korrelation besteht, kann die höhere grundsätzliche Bereitschaft auf den Einfluss der Einstellungen gegenüber der Natur zurückgeführt werden.

Tabelle 9-9: Zusammenhang zwischen Einstellung und Zahlungsbereitschaft

Naturschutz				Klimawandel			
Summe Itemwerte	n	Mittelw.	Stabw.	Summe Itemwerte	n	Mittelw.	Stabw.
10 to 15	1	0,00	0,00	5 to 10	16	0,00	0,00
16 to 20	37	0,14	0,82	11 to 15	177	0,56	2,68
21 to 25	297	0,93	3,91	16 to 20	534	2,00	8,24
26 to 30	555	1,79	7,32	21 to 25	513	4,05	11,53
31 to 35	417	6,07	15,71	26 to 30	157	10,18	23,67
36 to 40	83	12,18	25,36				
χ^2 (p)		188,83; p < 0,001; df. 5				107,11; p < 0,001; df. 3	

Quelle: eigene Berechnung

Einfluss der Bewertung des Interviews: Zur Bewertung des Interviews wurden den Befragten fünf Items vorgelegt. Sie wurden wiederum gebeten, auf einer fünfstufigen Skala den Grad ihrer Zustimmung oder Ablehnung auszudrücken. Auf zwei Ergebnisse wird hier eingegangen. Zur Aussage „Mir haben weitere Informationen gefehlt, um die Fragen angemessen beantworten zu können“ gaben 569 Personen an, dass sie dieser Aussage „vollständig zustimmen“ oder „zustimmen“. Dies deutet darauf hin, dass die gegebenen Informationen eher als zu gering empfunden wurden. Die Auswertung zeigt denn auch, dass die Zahlungsbereitschaft steigt, je stärker die befragten Personen diese Aussage abgelehnt haben und die Nullhypothese gleiche mittlere Zahlungsbereitschaft in allen Gruppen verworfen werden kann (Kruskal-Wallis-H Test: $\chi^2 = 19,17$; df. 4; p < 0,01). Allerdings ist fraglich, ob dies durch ein besseres Umfragedesign, d.h. die Vermittlung zusätzlicher Informationen, zu verringern ist. Erkenntnisse aus der Psychologie weisen darauf hin, dass in Umfragen oft nur in sehr begrenztem Umfang Informationen neu aufgenommen werden (vgl. Schwarze 1997).

Ähnlich waren die Ergebnisse für die Aussage "Meine Wertschätzung für Natur und Landschaft in Geld auszudrücken lehne ich ab". Diese Aussage beantworteten 846 Personen mit „stimme vollständig zu“ oder „stimme zu“. Es zeigen sich signifikante Auswirkungen auf die Höhe der Zahlungsbereitschaft. Während sie bei denen, die dieser Aussage vollständig zustimmten, im Mittel bei DM 2,22 liegt, liegt sie bei denjenigen, die der Aussage überhaupt nicht zustimmen, bei DM 13,00. Auch hier konnte die Nullhypothese gleicher mittlerer WTP in allen Gruppen verworfen werden kann (Kruskal-Wallis-H Test: $\chi^2 = 158,69$; df. 4; p < 0,001). Die Einstellung zu Geld als einem Bewertungsmaßstab für Natur und Landschaft hat demnach einen relativ starken Einfluss auf die WTP.

Multiple Analyse der Einflussfaktoren

Für die gleichzeitige Untersuchung mehrerer Einflussfaktoren auf die Höhe der Zahlungsbereitschaft ist die multiple Regression in Form der Kleinstquadratmethode (Ordinary Least Square OLS) ein geeignetes Analyseinstrument. Mit ihrer Hilfe kann der Einfluss mehrerer unabhängiger Variablen auf die abhängige Variable „Höhe der Zahlungsbereitschaft“ untersucht werden. Sie bietet sich vor allem an, wenn die Zahlungsbereitschaft mit Hilfe der offenen Fragestellung ermittelt wird und damit die abhängige Variable direkt auf metrischem Skalenniveau vorliegt.⁹ Das Bestimmtheitsmaß als ein Ergebnis gibt denjenigen Teil der Variation an, der durch die unabhängigen Variablen erklärt wird.

Als unabhängige Variablen wurden in die Regression die ökonomisch begründeten Determinanten wie Einkommen, Haushaltsgröße und Alter eingestellt. Darüber hinaus wurden landschaftsbezogene Einflussfaktoren wie Besuch der Region oder Kenntnisse über das Wattenmeer als Naturlandschaft aufgenommen. Weitere Faktoren waren Wichtigkeit des Erhalts, Formen eigener Nutzung z. B. die Teilnahme an einer Wattwanderung und die geographische Entfernung zum Wattenmeer. Ferner wurden die Einstellungen gegenüber dem Naturschutz, gegenüber dem Klimawandel und seinen Folgen sowie gegenüber der monetären Bewertung von Natur und Landschaft aufgenommen. Schließlich wurden die so genannte Protestantworten in Form einer Dummy-Variablen berücksichtigt. Die Kategorie Protestantwort bringt zum Ausdruck, dass Personen eine Zahlung für das entsprechende Gut ablehnen, dies aber nicht auf eine entsprechend geringe Wertschätzung zurückzuführen ist. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass andere Einflüsse hierfür verantwortlich sind. Als Protestantwort wurde gewertet, wenn eine Person eine Zahlungsbereitschaft von Null geäußert hat und als Grund hierfür angibt, dass ihr die Belastung mit Steuern und Abgaben zu hoch ist oder sie zahlen würde, aber dem Zahlungsempfänger nicht vertraut, dass dieser die Mittel im angegebenen Sinne verwendet. Doppelzählungen herausgerechnet ergeben sich 566 Protestantworten.

⁹ Die Beträge der Zahlungsbereitschaft als abhängige Variable wurden mit dem natürlichen Logarithmus transformiert, um die gegebene Linksschiefe der Verteilung zu verändern. Um Antworten mit dem Wert Null nicht zu verlieren, wurde vor der Transformation der Wert 1 addiert. Im Fall einer derartigen Transformation sind die Koeffizienten allerdings nicht mehr wie im linearen Modell interpretierbar, sondern stehen für eine prozentuale Veränderung der abhängigen Variablen bei Veränderung der unabhängigen (vgl. Kennedy 1998). Als Variante der OLS wurde die schrittweise Elimination insignifikanter Variablen durchgeführt.

Tabelle 9-10: Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse für die Zahlungsbereitschaft Wattenmeer

R ² : 0,34		R ² _{kor.} 0,33		
F-Test (p < 0,001) 42,70		Durbin-Watson 1,94		
	Regressionskoeffizient	Standardfehler	Signifikanz (p)	VIF
Konstante	,630	,077	,000	
Einkommen 2 – 3000 DM	,175	,059	,003	1,283
Einkommen 3 – 4000 DM	,212	,064	,001	1,258
Einkommen 4 – 5000 DM	,172	,077	,025	1,194
Einkommen 5 – 6000 DM	,206	,118	,081	1,088
Einkommen > 8000 DM	,873	,222	,000	1,046
Altersgruppe 20 bis 29	,203	,079	,010	1,027
Aufenthalt Nordsee Ja	,127	,052	,015	1,283
Gute Kenntnisse über Wattenmeer	,349	,127	,006	1,062
Klimaeinfluss auf Wattenmeer bekannt	,163	,051	,001	1,208
Reise: konkret und Wunsch	,160	,050	,001	1,150
Erhalt Wattenmeer sehr wichtig	,156	,056	,005	1,268
Lehne Geld vollständig ab	-,649	,077	,000	1,881
Lehne Geld ab	-,504	,069	,000	2,128
Lehne Geld ab: weder noch	-,312	,075	,000	1,888
Attitude Natur 31 – 36 Scores	,356	,054	,000	1,206
Attitude Natur 37 – 42 Scores	,743	,144	,000	1,081
Protestantwort	-,658	,049	,000	1,082

Quelle: eigene Berechnung

Durch die Regression wird der erwartete Einfluss der Faktoren im Wesentlichen bestätigt. Das Einkommen hat einen positiven Effekt auf die WTP, allerdings steigen die Koeffizienten nicht durchgängig mit einer höheren Einkommensklasse. Bei der Variablen Alter ließ sich nur für die Gruppe von 20 bis 29 Jahren ein positiver Zusammenhang auf signifikantem Niveau nachweisen. Dies ist möglicherweise auf einen Kohorten-Effekt zurückzuführen. Auch die landschaftsbezogenen Einflussgrößen sowie das Wissen über die Naturlandschaft Wattenmeer haben einen positiven Einfluss auf die WTP: Nutzer haben eine höhere als Nicht-Nutzer, und wer eine Reise in die Region vorhat oder für später wünscht, hat

ebenfalls eine höhere WTP. Gleiches gilt für den Zusammenhang zwischen Wissen über das Wattenmeer und über die möglichen negativen Einflüsse des Klimawandels. Deutlich wird auch der Einfluss der Einstellung gegenüber Natur und Bewertung mit Geld, der jeweils durch Dummy-Variablen repräsentiert wird. Keinen Einfluss hat dagegen die Einstellung gegenüber dem Klimawandel, und, unerwarteter Weise, die Distanz zwischen Wohnort und Wattenmeer. Auch die ökonomische Variable Haushaltsgröße, von der ein negativer Einfluss auf die WTP erwartet wurde, erwies sich als nicht signifikant in dem Modell.

Wie sind die Ergebnisse der CV einzuschätzen? Sowohl die Ergebnisse der monokausalen als auch der multiplen Analyse der Einflussfaktoren auf die Zahlungsbereitschaft zeigen, dass die genannten Beträge nicht rein zufällig sind. Das korrigierte Bestimmtheitsmaß mit einem Wert von 0,33 stellt im Vergleich zu anderen Studien einen recht guten Wert dar. Deutlich wird aber auch, dass umgekehrt zwei Drittel der Variation nicht erklärt werden und somit noch erhebliches „Rauschen“ vorhanden ist (vgl. OECD 1994: 108). Allerdings erscheint es auf der anderen Seite fraglich, ob deutlich höhere Werte hier zu erreichen sind. Die Entscheidung für die Zahlungsbereitschaft hängt von einer Vielzahl von Einflüssen, darunter auch zufälligen, ab, so dass diese im Rahmen der vorgestellten Bewertungsmethode kaum zu erfassen sind (vgl. Elsasser 1996: 156). Einen möglichen Weg bietet hier die stärkere Einbeziehung sozial-psychologischer Forschung über die Messung von Einstellungen, wie ihn z.B. Moisseinen (1999) gegangen ist.

Deutlich wird durch die Ergebnisse der CV zum Wattenmeer aber auch, dass mehr Faktoren die Entscheidung über generelle Bereitschaft und Höhe der Zahlung bestimmen, als von der ökonomischen Theorie angenommen werden. Hierzu gehören insbesondere die Einstellungen gegenüber Naturschutz und der Bewertung mit Hilfe von Geld. Allerdings zeigen Analysen getrennt nach Nutzern und Nicht-Nutzern, dass auch die WTP der Nicht-Nutzer von ökonomischen Prädiktoren mit beeinflusst wird. Damit konnte das Ergebnis von Wierstra (1996), der lediglich einen Zusammenhang zwischen nicht-nutzungsabhängigen Werten und Einstellungen festgestellt hatte, nicht bestätigt werden. Insgesamt kann vor dem Hintergrund der in den beiden Abschnitten „monokausale“ und „multiple Analyse der Einflussfaktoren“ vorgestellten Ergebnisse davon ausgegangen werden, dass eine Verwendung auch der von Nicht-Nutzern geäußerten Zahlungsbereitschaft in Kosten-Nutzen-Analysen plausibel erscheint.

9.5.4 Hochrechnung der Zahlungsbereitschaft für

Deutschland

Der einfachste Weg zur Hochrechnung der Ergebnisse ist, die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft pro Haushalt mit der Anzahl aller Haushalte in der Bundesrepublik zu multiplizieren (vgl. Loomis 1987). Dies ergibt bei 37,36 Mio. Haushalten (Stand April 1998) und einer mittleren Zahlungsbereitschaft von 3,5 DM pro Monat (42 DM pro Jahr) insgesamt eine jährliche Zahlungsbereitschaft von 1,55 Mrd. DM. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass trotz der dreistufigen Zufallsauswahl die Stichprobe nicht repräsentativ für die Bevölkerung der Bundesrepublik ist. So sind z.B. untere Einkommensklassen überrepräsentiert. Eine Korrektur der durchschnittlichen Zahlungsbereitschaft (vgl. Kuik et al. 1996) entspre-

chend den Einkommensklassen der offiziellen Statistik (vgl. Statistisches Bundesamt 1999) ergab eine um rd. 2 DM höhere Zahlungsbereitschaft pro Monat. Insgesamt wird daher davon ausgegangen, dass eher eine Unterschätzung der Zahlungsbereitschaft vorliegt. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Protestantworten in diese Hochrechnung mit einem Wert von Null eingehen. Auch dies führt zu einer Unterschätzung des ökonomischen Wertes.

Daher wird eine zweite konservative Schätzung durchgeführt, in der zusätzliche Anforderungen an die Konsistenz der Antworten gestellt werden. Hierzu gehört zum einen, dass bei der zusätzlich zur Aufklärung möglicher Embedding-Effekte gestellten Frage die Befragten nicht geantwortet haben durften, dass sie sich ihre Zahlung noch einmal überlegen müssen oder sie die Umfrage als eine gute Möglichkeiten für einen allgemeinen Beitrag zum Schutz von Natur und Landschaft ansehen. Zweitens wurde als Anforderung formuliert, dass die Personen sich „sehr sicher“ oder „sicher“ sind, den von ihnen genannten Beitrag auch tatsächlich zu zahlen, wenn das Programm umgesetzt wird. Werden diejenigen Antworten aus der Berechnung ausgeschlossen, die diese Bedingungen nicht erfüllen, dann ergibt sich eine durchschnittliche monatliche Zahlungsbereitschaft von rd. 1 DM. Hochgerechnet auf die Bevölkerung der BRD ergibt dies eine jährliche Zahlungsbereitschaft von rd. 470 Mio. DM.

Analog zur Erwartung über die Nachfrage nach Immobilien ist davon auszugehen, dass auch die Nachfrage nach Natur und Landschaft mit steigendem Einkommen überproportional steigt. Da aber anders als im Falle der Immobilien hierfür nur kaum empirische Werte vorliegen, wird hierauf verzichtet und dies lediglich als qualitatives Argument für die Bewertung der Ergebnisse angeführt.

9.5.5 Wertschätzung für die Wattenmeerbiotope auf der Ostseite von Sylt

Da aus methodischen Gründen die Zahlungsbereitschaft für das gesamte Wattenmeer und nicht für die betroffenen Flächen auf der Ostseite von Sylt ermittelt wurden, ist eine Zurechnung zu den Teilflächen notwendig. Da eine Heranziehung der gesamten Fläche des Wattenmeeres insofern zu einer Unterschätzung der Werte für die Flächen führt, als das gesamte Watt nicht gleichermaßen von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen ist, wurde folgender Weg gewählt. Als besonders betroffen wurde ein Streifen von einem Kilometer Breite auf der gesamten Küstenlänge des Festlandes sowie auf der Ostseite der Inseln angenommen. In diesem Streifen liegen diejenigen Biotop, die sich in der Übergangszone zwischen Land und Wasser befinden und daher besonders von den Folgen eines Klimawandels betroffen wären. Ausgehend von einer Küstenlänge von insgesamt rd. 940 km und einer Länge der Ostküste von Sylt von 64 km ergibt sich auf Grundlage der oben genannten konservativen Hochrechnung eine Zahlungsbereitschaft von rd. 32 Mio. DM. für die Biotop auf der Ostseite Sylt. Bis zu dieser Höhe wären Kosten für den Schutz der bedrohten Biotop, z. B. durch andere Küstenschutzmaßnahmen wie Sandvorspülungen (Kapitel 8), durch die Nachfrage nach Natur und Landschaft gedeckt.

Allerdings ist hier eine Einschränkung notwendig: In einer weiteren Frage wurde danach gefragt, ob die Personen ihren Beitrag ausschließlich für die Abwehr negativer Folgen des Klimawandels sehen oder ob sie ihn eher als einen allgemeinen Beitrag zum Schutz der Natur im Wattenmeer ansehen: 60 Personen antworteten, dass sie ihren Beitrag nur für die Abwehr von Klimafolgen verstehen, während 278 Personen ihn als allgemeinen Beitrag zum Schutz des Wattenmeeres verstehen. Auch hier liegen somit Anzeichen für einen Embedding-Effekt vor: Spezifisches (Schutz vor Klimafolgen) und umfassenderes Gut (Schutz von Natur im Wattenmeer) werden von den Befragten nur bedingt getrennt. Der Mann-Whitney-U-Test zeigt ferner, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten besteht ($p = 0,135$). Somit fehlen im Grunde für die Durchführung der Kosten-Nutzen-Analyse Informationen darüber, welcher Anteil dieses Betrages der Abwehr von Klimafolgen zuzurechnen ist und die genannte Summe stellt eine Überschätzung dar.

9.6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Integration zu einer Kosten-Nutzen-Analyse

Die Kosten der Klimaänderung auf der Westseite der Insel beschränken sich angesichts der Durchführbarkeit des Küstenschutzes auf die Kosten der Sandvorspülung. Abdiskontiert belaufen sie sich auf 64,6 Mio. DM bei heutigen Preisen bzw. auf 91,0 Mio. DM bei einer einmaligen Preissteigerung von 50%. Zum Vergleich ergeben sich als Kosten die zu erwartenden Vermögensverluste, wenn - im Fall von Sylt sehr unwahrscheinlich - auf Küstenschutz verzichtet würde, in Abhängigkeit von den Annahmen über das Anpassungsverhalten der Vermögensbesitzer: Sie reichen von 60,04 Mio. DM im Falle rationalen Verhaltens bis zu 745,35 Mio. DM für den Fall der mangelnden Voraussicht bei konstanten Preisen. Der relativ geringe Wert bei rationalem Verhalten beruht darauf, dass die Gebäude zum Zeitpunkt des Verlustes zu einem größten Teil abgeschrieben sind und als Verlust nur noch der Wert der betroffenen Landflächen anfällt. Bei den anderen Verhaltensannahmen steigt der Verlust gegenüber den rationalen Erwartungen, weil sich die Wirtschaftssubjekte zeitverzögert bzw. gar nicht auf die Änderungen einstellen. Diese Relationen entsprechen ähnlichen Berechnungen über Kosten der Klimaänderung auf Landesebene in den USA, bei denen durch die Berücksichtigung des Anpassungsverhaltens der Investoren die Kostenschätzungen im Küstenbereich auf ein Sechstel der ursprünglichen zurückgingen (West u. Dowlatabadi 1999).

Auf der Ostseite der Insel bestehen die Kosten der Klimaänderung aus der Wertschätzung für die wertvollen Habitaten des Wattenmeeres, die als Folge der Klimaänderung hier verloren gehen. Diese Kosten könnten geringer sein, wenn durch Deichrückbau auf der Festlandseite das Wattenmeer entsprechende Anpassungsmöglichkeiten hätte. Die Schätzung dieser Rückbaukosten war nicht Ziel dieses Forschungsvorhabens. Aus der durchgeführten Umfrage kann ein Wert von 32 Mio. DM als Wertschätzung abgeleitet werden, dem Kosten von jährlich 1,5 Mio. DM für Sandvorspülungen gegenüberstehen. Sie ergeben sich aus einer angenommenen Vorspülmenge von 200.000 m^3 , einer aller alle Jahre durchgeführten Vorspülung und Kosten von 15 DM pro m^3 . Allerdings ist zu berücksichtigen, dass aufgrund von Embedding-Effekten nicht die gesamte Zahlungsbereitschaft der Verhinderung von Klimafolgen zugeordnet werden kann.

Tabelle 9-11: Geschätzte Kosten und Nutzen einer Klimaänderung auf Sylt,(Variante I)

Kosten	Nutzen
<p>der Klimaänderung mit Küstenschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kosten der Sandvorspülungen Konstante Preise: 64,5 Mio. DM Preissteigerung: 91,0 Mio. DM • Wertschätzung für Verluste am Wattenmeer Anteil Sylt bis zu 32 Mio. DM jährlich <p>der Klimaänderung ohne Küstenschutz</p> <p>Verluste an</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vermögen (Westseite, konstante Preise) Rational: 60,04 Mio. DM Adaptiv: 70,64 Mio. DM Ignorant 745,35 Mio. DM • Wertschätzung für Verluste am Wattenmeer Anteil Sylt bis zu 32 Mio. DM jährlich 	
<p>der Klimaänderung ohne Beeinflussbarkeit durch den Küstenschutz</p> <p>Wohlfahrtseinbußen der Touristen: max. 1,8 Mio. DM/Jahr</p>	
<p>der Anpassungsreaktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sandvorspülung (Westseite) Konstante Preise: 64,6 Mio. DM Preissteigerung: 91,0 Mio. DM • Küstenschutz (Ostseite Sylt) 1,5 Mio. DM jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermiedene Vermögensverluste Konstante Preise: 745,35 Mio. DM Preissteigerung 3%: 2,44 Mrd. DM • Vermiedene Verluste an Biotopen im Wattenmeer bis zu 32 Mio. DM pro Jahr

Quelle: eigene Berechnung

Fügt man die geschätzten Werte zu einer Kosten-Nutzen-Analyse zusammen, dann ist über die Nutzen und Kosten der zusätzlichen Sandvorspülung auf der Westseite zu entscheiden. Mit dieser Sandvorspülung kann die Situation auf der Wattenmeerseite nicht beeinflusst werden. Es können einzelne Maßnahmen auf der Ostseite durchgeführt werden, die die Habitatdegradierung begrenzen, aber eine großräumige und den gesamten Effekt abdeckende Maßnahme wäre wie erwähnt eine Deichrückverlegung auf der Festlandseite. Für deren Beurteilung im Sinne der Einschätzung ihrer Wirksamkeit fehlen die entsprechenden naturwissenschaftlichen Forschungen ebenso wie eine Abschätzung des hierfür notwendigen Umfangs an Deichrückverlegung. Damit erübrigt sich eine Kosten-Nutzen-Analyse für diese denkbaren Maßnahmen.

Somit verbleibt nur eine Kosten-Nutzen-Analyse für die Maßnahmen auf der Westseite. Die geschätzten, diskontierten Kosten der Sandvorspülung mit 64,6 bzw. 91,0 Mio. DM sind bereits aufgeführt worden. Die Nutzen bestehen dann in den zukünftigen Nutzungen der erhaltenen Grundstücke, Gebäude und Wege. Da

die Erwartungen der Marktteilnehmer in diesem Fall realistischerweise von der weiteren Nutzung ausgehen können, ergibt sich ein diskontierter Nutzen von 745,34 Mio. DM bei konstanten Preisen. Dieser Wert entspricht dem Fall der mangelnden Voraussicht ohne Küstenschutz. Betrachtet man eine jährliche Preissteigerungsrate von real 3%, einer Zahl, die in den vergangenen zwei Jahrzehnten zumindest überschritten wurde, erhöhen sich diese Nutzen noch und der GW dieser Nutzen steigt auf 2,44 Mrd. DM (vgl. Tabelle 9-11). Der Netto-Gegenwartswert beläuft sich im Fall konstanter Preise beim Nutzen und steigender Preise bei den Kosten auf einen Wert von 648,9 Mio. DM.

9.7 Fazit - die Aussagekraft der ermittelten Ergebnisse

Die kalkulierten Kosten der Klimaänderung passen in den Trend der Aussagen der einzelnen Teilvorhaben dieses Projektverbundes: Die Kosten der Klimaänderung auf Sylt sind beherrschbar: Die Sandvorspülung auf der Westseite ist eine sehr rentable Investition. Aber die Entscheidung für den Küstenschutz auf dem Festland und die Klimaänderung rufen zusammen weitere, signifikante Kosten hervor, die als höher einzuschätzen sind als die Kosten der zusätzlichen Sandvorspülungen. Dieses Ergebnis ist konsistent mit den Ergebnissen der internationalen Klimafolgenforschung, die für die Küstenbereiche der Industrieländer technisch machbare und finanzierbare Anpassungsmöglichkeiten konstatiert (Watson et al. 1997) und beginnt, sich bei den Entwicklungsländern auf die Probleme der Finanzierung der Anpassung zu konzentrieren.

Diese Studie hat sich bei der Anwendung der CV auf das Ökosystem des Wattenmeeres konzentriert; eine entsprechende Bewertung des Strandes, der Dünenflächen und anderer terrestrischer Ökosysteme konnte aus Ressourcengründen nicht durchgeführt werden. Die Verwendung einer denkbaren Alternative, dem Benefit Transfer, d.h. der Übertragung von entsprechenden Werten von anderen Standorten, war ebenfalls nicht einsetzbar, da vergleichbare Studien im Nordseeraum fehlen.

9.8 Literatur

Ajzen, I. Driver, B. L (1992): Contingent Valuation Measurement: On the Nature and Meaning of Willingness to Pay. In *Journal of Consumer Psychology* (4), pp. 297 - 316.

ALW (Amt für Land- und Wasserwirtschaft) Husum (1997): Fachplan Küstenschutz Sylt, Fortschreibung, Husum, 109 pp.

Arrow, K.J., Cline, W.R., Maler, K.G., Munasinghe, M., Squitieri, R., Stiglitz, J.E. (1996): Intertemporal Equity, Discounting, and Economic Efficiency, in IPCC (Ed.): *Climate Change 1995, Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Cambridge, pp. 130-144

Bateman, I. J., Langford, I. H. (1997): Non-users' Willingness to Pay for a National Park: An Application and Critique of the Contingent Valuation Method. In *Regional Studies* 31 (6): 571 - 582.

Blöchliger, H. (1992): *Der Preis des Bewahrens. Eine Ökonomie des Natur- und Landschaftsschutzes*. Rüegger, Chur/Zürich, 187 pp.

Brookshire, D. S., Eubanks, L. S., Sorg, C. F. (1986): Existence Values and Normative Economics: Implications for Valuing Water Resources. In *Water Resources Research* (22) 1509 - 1517.

Brouwer, R., Langford, I. H., Bateman, Ian J., Crowards, Tom C., Turner, R. Kerry (1997): A Meta-Analysis of Wetland Contingent Valuation Studies. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), University of East Anglia and University College London. Working Paper. 56 pp.

Brouwer, R., Slangen, L. H. G. (1998): Contingent valuation of the public benefits of agricultural wildlife management: the case of the Dutch peat meadow land. In *European Review of Agricultural Economics* 25(1): 53 - 72.

Bruce, J.P., Lee, H., Haites, E.H. (1996) (Eds.): *Climate Change 1995, Economic and Social Dimensions of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, 448 pp.

BMBau (Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau) (1993): *Baulandbericht 1993*, Bonn, 233 pp.

Cline, W. R. (1994): The Costs and Benefits of Greenhouse Abatement: A Guide to Policy Analysis. In: OECD/IEA (Ed.): *The Economics of Climate Change*. Paris. pp. 87-105

Degenhardt, S., Gronemann, S. (1998): *Die Zahlungsbereitschaft von Urlaubsgästen für den Naturschutz*. Frankfurt/M., Peter Lang, 353 pp.

Diamond, P. A., Hausman, J. A. (1994): Contingent Valuation: Is Some Number Better Than No Number? In *Journal of Economic Perspectives* (8): 45 -64.

Diekmann, A. (1997): *Empirische Sozialforschung*. Rowohlt, Reinbeck, 640 pp.

Elsasser, P. (1996): *Der Erholungswert des Waldes*. J.D: Sauerländer's, Frankfurt/M., 218 pp.

Endres, A., Holm-Müller, K. (1998): *Die Bewertung von Umweltschäden*. Kohlhammer, Stuttgart, 209 pp.

Fankhauser, S. (1995): *Valuing climate change: the economics of the greenhouse*. Earthscan Publications, London, 180 pp.

- Felderer, B., Homburg, S. (1989): Makroökonomik und neue Makroökonomik, Berlin, Heidelberg etc., pp
- Garrod, G. D., Willis, K. G. (1996): Estimating the Benefits of Environmental Enhancement: A case study of the River Darent. In *Journal of Environmental Planning and Management* 39(2): 189 - 203.
- Goodman, S., Seabrooke, W., Daniel, H., Jaffry, S., James, H. (1996): Determination of Non-use Values in Respect of Environmental & Other Benefits in the Coastal Zone. Centre for Coastal Zone Management. 118 pp.
- Hampicke, U. (1991): Neoklassik und Zeitpräferenz: der Diskontierungsnebel. In: Beckenbach, F. (Ed.): Die ökologische Herausforderung für die ökonomische Theorie. Marburg, Metropolis, pp. 127-150.
- Hampicke, U. (1992): Ökologische Ökonomie. Individuum und Natur in der Neoklassik. Westdeutscher Verlag, Opladen, 487 pp.
- Hampicke, U. (1994): Marktethik, Zukunftsethik und die fragile Natur. In: Biervert, B. H., Martin (Ed.): Das Naturverständnis der Ökonomik. Frankfurt/M., Campus, pp. 125-146.
- Hanusch, H. (1994). Nutzen-Kosten-Analyse. München, Vahlen. 202 pp.
- Hasselmann, K. (1997): Climate Change - are we seeing global warming? In *Science* 276 (5314)
- Hausman, J. A. (1993): Contingent Valuation. A Critical Assessment. Amsterdam, Amsterdam, Elsevier, 503 pp.
- Kennedy, P. (1998): A Guide to Econometrics. Oxford, Blackwell Publishers Ltd., 468 pp.
- Klaus, J. (1986): Vorteilsanalyse zum Fachplan Küstenschutz Sylt. Gutachten im Auftrag des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein.
- Klaus, J., Schmidtke, R. F. (1990): Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandküste - Modellgebiet Wesermarsch, Druckschrift des Bundesministers der Finanzen, Bonn.
- Klein, R.J.T., Maciver, D.C. (1999): Adaptation To Climate Variability And Change: Methodological Issues. In *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4, 188-198.
- Klein, R.J.T., Nicholls, R.J., Nobuo Mimura (1999): Coastal Adaptation To Climate Change: Can The IPCC Technical Guidelines Be Applied? In *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4, 239-252.
- Klein, R.J.T. (2000): Adaptation To Climate Change: What Is Optimal And Appropriate? In *Climatic Change*, forthcoming.
- Klug, H., Hamann, M., Reese, S., Rohr, T. (1998): Wertermittlung für die potentiell sturmflutgefährdeten Gebiete an den Küsten Schleswig-Holsteins, Gutachten im Auftrage des Ministeriums für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein, Büsum.
- Kopp, R. J., Pease, K. A. (1997): Contingent Valuation: Economics, Law and Politics. In: Kopp, R. J., Pommerhene, W. W., Schwarz, N. (Ed.): *Determining The Value of Non-Marketed Goods*. Boston, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 7 - 58.
- Kotchen, M. J., Reiling, S. D. (2000): Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: a case study involving endangered species. In *Ecological Economics* 32 (2): 93 - 107.
- Krutilla, J. V. (1967): Conservation Reconsidered. In *American Economic Review* (57): 777-786.
- Kuik, O., Spaninks, F., Hoogeveen, J. G. M. (1996): Willingness to pay of Dutch households for a natural Wadden Sea. An application of the Contingent Valuation Method. Amsterdam, vrije Universiteit. Instituut voor Milieuvraagstukken, 88 pp.

- Leary, N.A. (1999): Adaptation To Climate Change And Climate Variability. In *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4, 307-318.
- Loomis, J. B. (1987): Expanding contingent valuation estimates to aggregate benefit estimates: current practice and proposed solutions. In *Land Economics* (63) 396 - 402.
- Luttmann, V., Schröder, H. (1995): Monetäre Bewertung der Fernerholung im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. J.D. Sauerländer's, Frankfurt/M, 108 pp.
- Marggraf, R., Streb, S. (1997): Ökonomische Bewertung der natürlichen Umwelt. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 269 pp.
- Meyerhoff, J. (1999): Wasserstraßen und Naturschutz. Berücksichtigung von Natur und Landschaft in der ökonomischen Bewertung von Verkehrswegeprojekten. In: Konold, W., Böcker, R., Hampicke, U. (Hg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. Landsberg, ecomed.
- Meyerhoff, J. (2000): Nicht-nutzungsabhängige Wertschätzung und Kosten-Nutzen-Analysen. In *IMUP-Diskussionspapier 1/2000*.
- Mitchell, R. C., Carson, R. T. (1989): Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. *Resources for the Future*, Washington, DC, 463 pp.
- Moisseinen, E. M. (1999). On Behavioural Intentions in the Case of the Saimaa Seal. Comparing the Contingent Valuation Approach and the Attitude-behaviour Research. *Valuation and the Environment. theory, method and practice*. M. O'Connor and C. L. Spash. Cheltenham, Edward Elgar, pp. 183 - 204.
- Mühlenkamp, H. (1994): *Kosten-Nutzen-Analyse*. München, R. Oldenbourg. 281 pp.
- Nordhaus, W. D. (1991): To Slow or not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect. In: *Economic Journal* 101 (407): 920 – 937
- Muth, J.F. (1961): Rational Expectations and the Theory of Price Movements. In *Econometrica*, 315-335.
- OECD (1994): *Project and policy appraisal: integrating economics and environment*. Paris, 346 pp.
- OECD (1999): *Economic Outlook No. 66*. Paris
- Parry, M., Carter, T. (1998): *Climate Impact and Adaptation Assessment. A Guide to the IPCC Approach*. Earthscan, London, pp.
- Römer, A. U. (1991): Der kontingente Bewertungsansatz: eine geeignete Maßnahme zur Bewertung umweltverbessernder Maßnahmen? In *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* (14): 411-456.
- Sachs, L. (1997): *Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden*. Springer, Berlin u.a., 881 pp.
- Silberman, J., Gerlowski, D. A. (1992): Estimating Existence Value for Users and Nonusers of New Jersey Beaches. In *Land Economics* 68(2): 225-236.
- Spahn, H.-P. (1999): *Makroökonomie. Theoretische Grundlagen und stabilitätspolitische Strategien*, Springer, Berlin u a., 349 pp.
- Schwarze, N. (1997): Cognition, Communication, and Survey Measurement: Some Implications for Contingent Valuation Surveys. In: R. J. Kopp, W. W. Pommerehne and N. Schwarz. Boston (Eds.): *Determining The Value of Non-Marketed Goods.*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 165 - 188.
- Spash, C. L. (1998): Environmental Values and Wetland Ecosystems: CVM, Ethics and Attitudes. Chapter 6-B. In: O'Connor, M., Sang, J. T. K. (Ed.): *The Valse Project: Full Final Report to the DG-XII*, European Commission, Paris

Statistisches Bundesamt (1999): Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1998. Fernmündliche Mitteilung. Wiesbaden

Sterr, H. (1998): Gefährdung in den Küstenregionen. In: Lozán, J. L., Graßl, H., Hupfer, P. (Ed.): Warnsignal Klima - Wissenschaftliche Fakten. Hamburg, pp. 248 - 253.

Ward, F. A., Beal, D. (2000): Valuing Nature with Travel Cost Models. Edward Elgar, Cheltenham, 255 pp.

West, J.J., Dowlatabadi, H. (1999): On Assessing The Economic Impacts of Sea Level Rise On Developed Coasts. In: Downing, T.E., Olsthoorn, A.A., and Tol, R.S.J (Ed): Climate, Change and Risk, pp. 205-220.

Wierstra, E. (1996): On the domain of contingent valuation. Enschede, Twente University Press, 328 pp.

Yohe, G. (1990): The Cost of Not Holding Back the Sea: Toward a National Sample of Economic Vulnerability. In *Coastal Management* (18) 403 - 431.

Yohe, G., Neumann, J. and Ameden, H. (1995): Assessing the Economic Cost of Greenhouse-Induced Sea Level Rise: Methods and Application in Support of a National Survey. In *Journal of Environmental Economics and Management* (29) 78 - 97.

Yohe, G., Neumann, J., Marshall, P. and Ameden, H. (1996): The Economic Cost of Greenhouse-Induced Sea-Level Rise For Developed Property in the United States. In *Climatic Change* 32 387-410.

Yohe, G, Neumann J. (1997): Planning For Sea Level Rise And Shore Protection Under Climate Uncertainty. In *Climatic Change* (37): 243-270.

Anschrift der AutorInnen:

Institut für Management in der Umweltplanung
TU Berlin, FB 7 Umwelt und Gesellschaft
Franklinstr. 28-29
10587 Berlin
<http://www.tu-berlin.de/fb7/imup/>

10 Globaler Wandel im lokalen Kontext: Sylter Perspektiven auf Klimaänderungen

GERHARD HARTMUTH, SUSANNE DEISING, IMMO FRITSCHKE UND VOLKER LINNEWEBER

Abstract

Am Beispiel der möglichen Bedrohung Sylts durch zukünftige Klimaänderungen wird untersucht, wie globale Umweltveränderungen, deren Ursachen und Auswirkungen von lokalen Akteursgruppen im Kontext allgemeiner Entwicklungen wahrgenommen und bewertet werden. Dazu wurden 70 systematisch ausgewählte Schlüsselpersonen des sozialen Systems Sylt in halbstrukturierten, offenen Interviews befragt. Die Interviewprotokolle wurden kategorisiert und in quantitativem Format inhaltsanalytisch ausgewertet. Ziel war die mehrfach kontextualisierte Erhebung der sozialen Repräsentationen möglicher Klimaänderungen sowie der Aufweis von Gruppenspezifität für diese mentalen Modelle. Wesentlich mehr als Klimaänderungen oder auch die Küstenschutzthematik erweisen sich der Fremdenverkehr und die Bautätigkeit auf der Insel bei den Befragten als bedeutsame Themen. Bestehende Unterschiede zwischen den Akteursgruppen entsprechen dabei im wesentlichen deren inhaltlichen Schwerpunkten. Klimaänderungen selbst werden vor allem von ihren Auswirkungen her thematisiert, die eher im Bereich der Natursphäre gesehen werden. Auf der Ursachenseite spielt für die Befragten der Verkehr eine große Rolle. Bei den Maßnahmen rangiert die Verhinderung des Klimawandels vor der Anpassung an seine Folgen und wird eher mit externen Institutionen als mit eigenem Verhalten in Zusammenhang gebracht. Die Auswertung der Daten ist gegenwärtig noch nicht abgeschlossen und wird zu einer weiteren Differenzierung der Ergebnisse führen.

10.1 Problemstellung und Zielsetzung

Wissenschaftliche Aussagen zum globalen Wandel, etwa zu der Frage, ob und inwieweit Sylt von den Folgen möglicher Klimaänderungen betroffen sein wird, basieren zu wesentlichen Teilen auf Annahmen über die zukünftige Entwicklung äußerst komplexer Systeme. Sie beinhalten daher zwangsläufig ein hohes Maß an Unsicherheit. Mit der natur- und ingenieurwissenschaftlich fundierten *Analyse* der Risiken eines Klimawandels muss die subjektive, eher intuitive *Risikowahrnehmung* in einem solchen Fall nicht viel zu tun haben (WBGU 1999). So konnte bereits in mehreren Untersuchungen gezeigt werden, dass Laien Klimaänderungen anders konzeptualisieren (und damit für sich selbst neu konstruieren) als Experten und teilweise sogar objektiv falschen Vorstellungen unterliegen (u.a. Bell 1989; Böhm u. Mader 1998; Bostrom et al. 1994; Kempton 1991; McDaniels et al. 1996; Read et al. 1994).

Es verwundert daher nicht, dass die subjektive Wahrnehmung und Bewertung von Risiken häufig als irrational diffamiert und z.B. bei politischen Entscheidungen gern als "Störgröße" ausgeklammert wird (obwohl sie durchaus ihre eigene Rationalität kennt). Dennoch ist davon auszugehen, dass gerade die subjektive Risikowahrnehmung menschliches Handeln aller Art massiv beeinflusst, schon allein deshalb, weil sie als wirksamer Filter bei der Aufnahme und Verarbeitung von neuen Informationen über diese Risiken fungiert.

Um das Verhalten sozialer Systeme¹⁰ (hier: des "sozialen Systems Sylt") unter Bedingungen des globalen Wandels (möglicher Klimaänderungen) verstehen zu können, ist es daher von entscheidender Bedeutung, in Erfahrung zu bringen, ob und wie diese möglichen Klimaänderungen von den verschiedenen involvierten Akteurs- bzw. Nutzergruppen antizipiert, wahrgenommen und beurteilt werden.

Eine eher gesellschafts- als individuenbezogenen Perspektive, wie sie hier vertreten wird, legt es nahe, auf das sozialpsychologische Konzept der "sozialen Repräsentationen" (Moscovici 1961/1976) als "Untersuchungseinheit" zurückzugreifen. Dabei handelt es sich um Ideen und Wissensbestände zu bestimmten Themen, die von formellen oder informellen Gruppen in der Gesellschaft miteinander "geteilt" werden und denen daher gewissermaßen eine überindividuelle Existenz zukommt. In Abhängigkeit von Zielen und Interessen lassen sich gruppen- und positionsspezifische Unterschiede in solchen Wissensbeständen ausmachen, insbesondere bei gesellschaftlich kontrovers diskutierten Themen (Kruse 1995). Da Menschen zudem grundsätzlich darum bemüht sind, ihre Kognitionen wie z.B. Meinungen und Einstellungen konsistent, d.h. in sich widerspruchsfrei zu gestalten (Festinger 1957; zusammenfassend: Stahlberg u. Frey 1987), ist zu erwarten, dass die sozialen Repräsentationen einer Gruppe zu einem Themenbereich mit den Inhalten übereinstimmen, die für diese Gruppe charakteristisch sind bzw. sie "definieren".

Aus diesen theoretischen Überlegungen lässt sich die Annahme ableiten, dass sich die unterschiedlichen Akteursgruppen des "sozialen Systems Sylt", denen Interessenunterschiede unterstellt werden können, je nach ihrer Position auch in ihren Wahrnehmungen und Bewertungen des Klimawandels und damit zusammenhängender Aspekte voneinander unterscheiden. In der vorliegenden Studie wird versucht, Belege für diese Annahme zu finden und die konkreten Ausprägungen der Unterschiede zu beschreiben. Dies ist gleichzeitig ein erster Schritt hin zur Entwicklung gruppen- und situationspezifischer Interventionsmaßnahmen, die eine problemadäquate Wahrnehmung des Klimawandels und damit letztlich auch die Veränderung von Verhaltensmustern fördern können.

Zur Wahrnehmung und Bewertung des Klimawandels liegt mittlerweile eine ganze Reihe von Arbeiten unterschiedlicher Provenienz vor (Aeschbacher 1996; Bell 1989; Böhm u. Mader 1998; Bostrom et al. 1994; Boyes u. Stanistreet 1997; Childs et al. 1989; Dunlap 1996; Henderson-Sellers 1990; Jaeger et al. 1993; Kempton 1991; Kempton et al. 1995; Löfstedt 1992, 1993; McDaniels et al. 1996; Read et al. 1994; Rüdig 1995; Suda 1998). Meist fokussieren diese Untersuchungen mentale Abbilder des Klimaproblems "an sich", während situative Randbedingungen sowie entferntere (distale) Ursachen und Folgen bislang noch kaum untersucht worden sind. So werden etwa die wahrgenommene Bedeutung des Klimaproblems gegenüber anderen Problemfeldern, der Bezug des globalen Pro-

¹⁰ Stern et al. (1992) stellen für die Analyse des globalen Wandels Natursphäre (*environmental systems*: Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre etc.) und Anthroposphäre (*human systems*: ökonomische, politische, kulturelle, sozio-technische Systeme) einander gegenüber. Wenn im Folgenden von sozialen Systemen bzw. vom "sozialen System Sylt" die Rede ist, dann ist dieses eher heuristische Verständnis von *human systems* als "gesellschaftlich-sozialer Bereich" gemeint, nicht das enger gefasste soziologische Konstrukt, wie es z.B. Parsons (1997) definiert.

blems Klimawandel zur aktuellen lokalen Situation oder Bezüge zum eigenen Erleben und Verhalten der untersuchten Personen nur selten thematisiert. Eine im umfassenden Sinne "ökologische" Betrachtungsweise, welche die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Menschen und der sie umgebenden Welt in den Blick nimmt, verlangt aber gerade eine solche Kontextualisierung, um tragfähige Aussagen treffen zu können (Graumann 1999; Lecher 1997).

Ziel der im Folgenden beschriebenen Studie ist somit zum einen die Erfassung mehrfach kontextualisierter mentaler Modelle von Klimaänderungen, einschließlich ihrer Ursachen, Folgen und möglichen Gegenmaßnahmen (im Sinne sozialer Repräsentationen). Zum anderen sollen Unterschiede in diesen sozialen Repräsentationen bei verschiedenen Akteursgruppen des "sozialen Systems Sylt" aufgedeckt werden. Da ausschließlich subjektive Repräsentationen untersucht werden (bottom-up-Ansatz), finden die für die Fallstudie erstellten plausiblen Klimaszenarien (Kapitel 4) hier keine Berücksichtigung.

10.2 Methodik

Moscovici (1984) schlug vor, zur Analyse sozialer Repräsentationen "Stichproben der Alltagskommunikation" heranzuziehen. In der Literatur werden in diesem Zusammenhang häufig Massenmedien als externe Speicher bzw. "geronnene Spuren" (Kruse 1995) der angezielten überindividuellen Wissensbestände untersucht. Als weitere Datenquelle dienen umfangreiche offene oder halb offene Interviews, bei denen den Befragten Raum für die Entwicklung ihrer eigenen Konzepte und Standpunkte gegeben wird (Breakwell u. Canter 1993). Bei den dabei erhobenen Kognitionen handelt es sich in der Regel um Individualdaten. Eine Interpretation dieser Daten als soziale Repräsentationen ist nur mit Bezug auf aggregierte Datensätze möglich.

Mit Blick auf die breite Erfassung von Kognitionen zu verschiedenen Aspekten des Themas "Klimawandel" und seiner Kontexte wurden in der vorliegenden Untersuchung zur Datenerhebung vor allem halbstrukturierte Interviews mit offenem Antwortformat eingesetzt. Der damit verbundene Aufwand (insbesondere, was die Durchführung, Transkription und Kategorisierung der Interviews angeht) schien vertretbar, zumal keine große und/oder repräsentative Stichprobe befragt wurde. Stattdessen wurde im wesentlichen der im "Schorfheide-Projekt" (Dörner et al. 1992; Dörner et al. 1999) entwickelte "Sondenansatz" übernommen. Er greift zur Untersuchung psychosozialer Zustände und Entwicklungen in einer bestimmten Region auf eine überschaubare Anzahl dort lebender "Eck-" oder "Schlüsselpersonen" zurück. Von diesen, nach bestimmten Kriterien systematisch ausgewählten Schlüsselpersonen wird angenommen, dass sie als repräsentative Angehörige bestimmter Akteursgruppen deren soziale Repräsentationen indizieren können. Schlussfolgernde Aussagen mit Bezug auf eine größere Population, etwa über die sozialen Repräsentationen *aller* auf Sylt lebenden oder mit der Insel beschäftigten Menschen, sind bei einem solchen Vorgehen nicht möglich. Im Vordergrund steht daher die Gewinnung explorative Erkenntnisse über die sozialen Repräsentationen bestimmter Akteursgruppen des "sozialen Systems Sylt".

10.2.1 Stichprobe

Die Zusammensetzung der Untersuchungsstichprobe sollte tendenziell das "soziale System Sylt" in einer Weise widerspiegeln, dass alle vom inhaltlichen Interesse der Untersuchung her bedeutsamen Akteursgruppen in ihr repräsentiert sind. Daher wurde zur Rekonstruktion dieses "sozialen Systems" nicht auf theoretische Ansätze zurückgegriffen. Stattdessen wurde ein pragmatisches, inhalts- und kriteriengeleitetes Vorgehen gewählt: Die Teilnehmer an der Untersuchung sollten von den wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und umweltbezogenen Entwicklungen auf Sylt *betroffen* sein. Sie sollten ferner charakteristische Akteure (bzw. Vertreter von Akteursgruppen) im "sozialen System Sylt" und insofern *repräsentativ* sein. Weiter sollten die Teilnehmer in der Weise *sozial vernetzt* sein, dass sie Funktionsträger oder Multiplikatoren in ihrer jeweiligen Akteursgruppe sind und über sie Auskunft geben können. Schließlich sollten sie *Einflusspotenzial* besitzen, d.h. sie sollten zumindest potenziell in der Lage sein, Einfluss auf die weitere Entwicklung der Insel auszuüben.

Die kriterienbasierte Auswertung umfangreicher Sylt-bezogener Informationsquellen¹¹ führte zur Identifikation von ca. 500 potenziellen "Schlüsselpersonen", die zunächst elf inhaltlich relevanten Akteursgruppen zugeordnet wurden. In einer Art Review-Verfahren wurden vier Personen, die mit den Verhältnissen auf der Insel vertraut sind, gebeten, diese vorläufigen Akteursgruppen zu begutachten und auf der Grundlage der o.g. Kriterien die ihrer Ansicht nach "wichtigsten" bzw. "interessantesten" Gesprächspartner in jeder Gruppe zu benennen. Die abgegebenen Urteile bildeten die Grundlage für die Auswahl von 186 Personen, die dann angeschrieben und um eine Teilnahme an der Studie gebeten wurden. Bei einer Rücklaufquote von 59,1 % erklärten sich 92 Personen dazu bereit, wovon auf Grund von Kapazitätsbeschränkungen schließlich 70 Personen in die Stichprobe aufgenommen werden konnten. Die tatsächliche Verteilung der Untersuchungsteilnehmer auf die einzelnen Gruppen sowie die später von ihnen erfragte Selbstzuordnung führten zu einer Reorganisation der Akteursgruppenstruktur¹² sowie zu kleineren Korrekturen an der Besetzung. Ziel war es dabei einerseits, möglichst homogene, sich voneinander unterscheidende Akteursgruppen zu erhalten und auch z.B. Untersuchungsteilnehmer mit Mehrfachrollen möglichst eindeutig zuzuordnen. Andererseits sollten Unter- bzw. Überbesetzungen vermieden werden. Tabelle 10-1 zeigt die endgültige Aufteilung der Stichprobe.

¹¹ Unter anderem wurden Informationen aus Zeitungen, Büchern, Videofilmen, aus Archiven, dem Internet sowie aus persönlichen Kontakten ausgewertet.

¹² So wurden mehrere ursprünglich vorgesehene Akteursgruppen mit nicht auf Sylt ansässigen Personen mangels ausreichender Besetzung wieder aufgelöst, sehr heterogene Akteursgruppen wie "Fachverbände" und "Multiplikatoren" wurden weiter ausdifferenziert.

Tabelle 10-1: Stichprobe (nach Akteursgruppen).

Akteursgruppe	Anzahl	%
(1) Politik und Verwaltung	12	17,1
(2) Fremdenverkehr	8	11,4
(3) Handel und Gewerbe (<i>außer Fremdenverkehr</i>)	12	17,1
(4) Interessengruppen/Experten: Natur- und Umweltschutz	7	10,0
(5) Interessengruppen/Experten: Küstenschutz	7	10,0
(6) Presse und Medien	6	8,6
(7) Kunst und Kultur	6	8,6
(8) Bildung und Soziales	8	11,4
(9) Auswärtige Entscheidungsträger ¹³	4	5,7
Summe	70	100,0

Das Durchschnittsalter der untersuchten Probanden lag zum Zeitpunkt der ersten Interviewreihe (März 1998) bei 53 Jahren (Median). Der jüngste Proband war 28, der älteste 85 Jahre alt. Verglichen mit der Altersverteilung der deutschen Bevölkerung ist die Altersgruppe der 45- bis 65-Jährigen in der Stichprobe deutlich überrepräsentiert (50,0 vs. 25,5 %), während Personen unter 25 Jahren überhaupt nicht vertreten sind (0,0 vs. 27,0 %).

Trotz intensiver Bemühungen bei der Stichprobenauswahl, beide Geschlechter angemessen zu berücksichtigen, sind Frauen in der Stichprobe gegenüber dem Bevölkerungsdurchschnitt (48,7 %) deutlich unterrepräsentiert: Lediglich 22,9 % der Teilnehmer sind weiblichen Geschlechts, 77,1 % dagegen Männer.

Der Bildungsgrad der Probanden ist im Verhältnis zur deutschen Bevölkerung überdurchschnittlich hoch: 64,3 % der Teilnehmer (vs. 19,0 %) gaben an, die Hochschul- bzw. Fachhochschulreife erlangt zu haben, 24,3 % (vs. 27,4 %) verfügen über einen Realschul- und 10,0 % (vs. 53,6 %) über einen Hauptschulabschluss (von einem Teilnehmer liegt keine Angabe vor).

¹³ In der Akteursgruppe "Auswärtige Entscheidungsträger" sind aus untersuchungstechnischen Gründen nur einige wenige Personen aus Politik und Verwaltung zusammengefasst, die in den Bereichen Küstenschutz, Naturschutz und Bauwesen sowie in der Liegenschaftsverwaltung von außen Einfluss auf die Geschehnisse der Insel ausüben. Um wenigstens einige "Außenansichten" einfangen zu können, wurde die offenkundige Heterogenität dieser Gruppe in Kauf genommen.

Da sich die Stichprobe aus "Schlüsselpersonen des sozialen Systems Sylt" zusammensetzen sollte, sind die genannten Verzerrungen gegenüber der Durchschnittsbevölkerung (45- bis 65-jährige Männer mit höherer Bildung) als durchaus plausibel anzusehen.

Bis auf die Gruppe "Auswärtige Entscheidungsträger" (5,7 %) haben sämtliche Teilnehmer an der Studie ihren Wohnort auf der Insel (87,1 %) oder unmittelbar auf dem Festland (7,1 %). Von den Sylter Probanden sind die in Westerland wohnenden gegenüber denjenigen aus anderen Gemeinden überrepräsentiert.

10.2.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte hauptsächlich in Form von zwei umfangreichen, halbstrukturierten Face-to-face-Interviews mit jedem Teilnehmer, die im März 1998 und im März 1999 von zwei Interviewern vor Ort durchgeführt wurden. Der jeweilige Interviewer¹⁴ stellte dabei jeweils anhand eines Leitfadens nur einige wenige, allgemein gehaltene Fragen und versuchte daneben, eine organische Gesprächsatmosphäre zu gewährleisten, um sein Gegenüber zur selbständigen Produktion möglichst vieler inhaltlicher Aussagen zu animieren. Beide Interviews wurden ergänzt durch kurze Fragebögen, die vornehmlich der Erhebung soziodemographischer Merkmale dienten.

Beim *ersten Interview* im März 1998 wurden von den Teilnehmern Meinungen und Einschätzungen zur allgemeinen Entwicklung der Insel Sylt in Vergangenheit und Zukunft in den drei Bereichen Wirtschaft, Gesellschaft sowie Natur und Umwelt erfragt. Zur Konkretisierung dieser Inhaltsbereiche wurden den Gesprächspartnern einige Themen als mögliche "Ankerpunkte" offeriert¹⁵. Weitere inhaltliche Vorgaben - insbesondere im Zusammenhang mit möglichen Klimaänderungen - erfolgten nicht. Angezielt waren neben reinen Entwicklungs-Inhalten auch entsprechende Bewertungen sowie Ursachen- und Verantwortungszuschreibungen.

Während somit beim ersten Interview der Kontext für klimawandel-bezogene Wissensbestände erhoben wurde, fokussierte das *zweite Interview* im März 1999 explizit verschiedene Facetten der Klimathematik. Erfragt wurden Meinungen und Einschätzungen zu Klimaänderungen, zu deren Ursachen und Auswirkungen sowie zu möglichen Gegenmaßnahmen. Dies erfolgte in mehreren Kontexten, von der globalen Betrachtungsweise über den Bezug zur Insel Sylt bis hin zur eigenen Rolle bzw. Gruppenzugehörigkeit.

¹⁴ Beide Interviews wurden jeweils vom selben Interviewer durchgeführt.

¹⁵ Den Gesprächspartnern lag während des Interviews eine Liste mit folgenden Themen vor: Fremdenverkehr, Andere Wirtschaftsbereiche (Bereich Wirtschaft); Wohnen, Bauen und Flächennutzung, Arbeiten, Mobilität und Verkehr, Lebensqualität (Bereich Gesellschaft); Veränderungen der Inselgestalt durch Natur und Umwelt, Küstenschutz, Naturschutz, Umweltschutz (Bereich Natur und Umwelt).

In der Nacht vom 3. auf den 4. Dezember 1999 zog das Orkantief "Anatol" über Nordeuropa hinweg und verursachte auch auf Sylt schwere Schäden (u.a. kam es zu Abbrüchen am Roten Kliff bei Kampen). Dieses extreme Wetterereignis gab Anlass zu einer ergänzenden *quick alert-Studie* auf der Grundlage standardisierter Fragebögen, die an die Teilnehmer der Studie verschickt wurden. 60 Personen (85,7 %) beteiligten sich an dieser zusätzlichen Erhebung.

10.2.3 Datenaufbereitung

Die auf Tonträger aufgezeichneten, im Schnitt knapp einstündigen Interviews wurden komplett verschriftet (transkribiert). Aus beiden Interviewreihen lagen danach jeweils 69 auswertbare Texte vor¹⁶. Für die inhaltsanalytische Auswertung wurde das Textmaterial von entsprechend geschulten studentischen Hilfskräften in inhaltlich abgrenzbare Einheiten zerlegt (segmentiert) und nach einem festgelegten Verfahren mit Codes versehen (kategorisiert). Diese gingen als Rohdaten in die statistische Auswertung ein.

Zur Codierung des Textmaterials wurden zwei umfangreiche Kategoriensysteme entwickelt, die eine mehrstufige Kategorisierung von Textsegmenten erlauben. Sie wurden jeweils auf der Grundlage der zu erwartenden Gesprächsinhalte im Entwurf erstellt und dann nach Probedurchgängen sukzessive optimiert. Beide Kategoriensysteme wurden in die Analysesoftware ATLAS.ti (Scientific Software Development 1999) implementiert. Sie waren so angelegt, dass jedes Textsegment zunächst inhaltlich festzulegen und dann sekundär noch einmal unter mehreren konzeptuellen Gesichtspunkten zu "verschlagworten" war.

Das Kategoriensystem für die Texte der *ersten Interviewreihe* ("Allgemeine Entwicklungen auf Sylt") umfasst insgesamt 178 Codes. Es untergliedert sich im Wesentlichen in die so genannten Code-Familien "Inhalte", "Verursachung", "Verantwortung" und "Auswirkungen". Zusätzliche Code-Familien dienen u.a. der Indizierung von Dynamik und Bewertung der Inhalte. Die zentrale Code-Familie "Inhalte", anhand derer die grundlegende Segmentierung der Textpassagen erfolgte, enthält 85 Inhaltsaspekte aus den Bereichen Wirtschaft, Gesellschaft sowie Natur und Umwelt. Alle weiteren Codierungen zu einer Textsequenz bezogen sich auf den jeweils zu Beginn des Codiervorgangs vergebenen Inhaltsaspekt und sollten ggf. in der Sequenz enthaltene zusätzliche Informationen abbilden.

Das Kategoriensystem zur Codierung der *zweiten Interviewreihe* ("Verschiedene Aspekte von Klimaänderungen") umfasst 137 Codes und gliedert sich in die Code-Familien "Inhalte", "Menschen" (Akteure bzw. Betroffene), "Zeitpunkte" und "Orte". Daneben wurden u.a. bedeutungsverändernde Attribute der einzelnen Inhaltsaspekte (z.B. Verneinungen) separat codiert sowie ein im Text erkennbarer Selbst- bzw. Rollenbezug. Auch in diesem Kategoriensystem determinieren die 71 Codes der Familie "Inhalte" die Segmentierung des Textes und stellen somit die

¹⁶ Ein Interview der ersten Reihe ging durch einen Fehler bei der Aufnahme verloren, bei der zweiten Interviewreihe war ein Gesprächspartner erkrankt.

zentrale Kategorie dar. Sie beziehen sich auf Ursachen, Phänomene, Auswirkungen und Maßnahmen im Zusammenhang mit einem möglichen Klimawandel.

Die Codierer erhielten schriftliche Explikationen zu den einzelnen Codes der Kategoriensysteme sowie umfangreiche Leitfäden mit technischen Anleitungen und Codierregeln. Zur Sicherstellung der Reliabilität der Codierungen (und damit der Qualität von Kategoriensystem und Codiererschulung) wurden jeweils zwischen zwei Codierern sog. Interrater-Übereinstimmungen berechnet. Als Übereinstimmungsmaß wurde dabei der von Cohen (1960) entwickelte κ -Koeffizient gewählt. Erst wenn am Ende einer Trainingsphase akzeptable Übereinstimmungswerte¹⁷ vorlagen, begann die eigentliche Codierung des Textmaterials. Zur Qualitätssicherung fanden nach der Codierung einiger Gespräche jeweils Kontrolldurchgänge sowie ggf. Nachschulungen statt.

Für acht Gespräche der *ersten Interviewreihe* (11,6 %) wurden während solcher Kontrolldurchgänge für die Code-Familie "Inhalte" Übereinstimmungswerte von $\kappa = 0,58$ bis $0,95$ (Mittelwert: $\kappa = 0,82$) errechnet. Für die Inhaltsaspekte kann demnach von einer guten bis sehr guten Reliabilität der Codierungen ausgegangen werden. Die Übereinstimmung in den übrigen Code-Familien fiel demgegenüber im Mittel auf Werte von $\kappa = 0,18$ bis $0,62$ ab (Mittelwert: $\kappa = 0,43$) und konnte auch durch entsprechende Nachschulungen der Codierer nicht wesentlich verbessert werden. Die niedrigeren Werte resultieren z.T. aus der Mehrstufigkeit des Verfahrens, wodurch es zwangsläufig zu Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Code-Familien kommt und sich Codiererunterschiede über die Code-Familien hinweg akkumulieren können. Auf Grund des explorativen Charakters der Untersuchung ist ein Einbezug dieser Code-Familien in die statistische Auswertung dennoch zu vertreten.

Während der Codierung der *zweiten Interviewreihe* wurde zur Kontrolle für zwölf Gespräche (17,4 %) die Übereinstimmung zwischen jeweils zwei unabhängigen Codierern berechnet. Die Werte liegen hier für die zentrale Code-Familie "Inhalte" zwischen $\kappa = 0,52$ und $0,77$ (Mittelwert: $\kappa = 0,66$), für die übrigen Code-Familien etwas darunter (im Mittel zwischen $\kappa = 0,40$ und $0,78$; Mittelwert: $\kappa = 0,61$). Dies entspricht einer befriedigenden bis guten Reliabilität der Codierungen.

10.2.4 Auswertung

Aus den Codierungen der beiden Interviews ergeben sich zwei umfangreiche Datensätze, die bei Bedarf miteinander sowie mit den ergänzend erhobenen Fragebogendaten kombiniert werden können. Sie werden schrittweise mit Methoden der quantitativen Inhaltsanalyse erschlossen. Grundlage dafür ist die Auszählung der Häufigkeiten, mit denen die codierten Merkmale in den Gesprächsprotokollen auftauchen.

¹⁷ Fleiss (1981) bezeichnet κ -Werte, die im Bereich zwischen $0,40$ und $0,75$ liegen, als "annehmbar" bis "gut" und Werte über $0,75$ als "ausgezeichnet". In der vorliegenden Untersuchung sollte am Ende des Trainings für die Code-Familie "Inhalte" mindestens eine Übereinstimmung von $\kappa = 0,70$ erreicht werden.

Je nach Fragestellung kann es sich als sinnvoll oder sogar als notwendig erweisen, Einzelkategorien zu größeren Einheiten zusammenzufassen. So ist es z.B. nicht unerheblich, ob etwa ein Inhaltsaspekt vom jeweiligen Gesprächspartner ein einziges Mal im ganzen Gespräch, in mehreren Antworten dieses Gesprächs oder sogar mehrmals innerhalb einer einzigen Antwort angesprochen wird. Solche Unterschiede lassen sich dadurch abbilden, dass die einzelnen Kategorien zunächst auf verschiedenen Ebenen (ganzes Interview, einzelne Antwort, einzelne Textsequenz) ausgezählt und eventuelle Mehrfachnennungen auf der jeweiligen Ebene zusammengefasst (aggregiert) werden. Entsprechende Zählvorschriften lauten z.B.: "Inhaltsaspekt X tritt mindestens einmal in einem Gespräch auf" oder "Inhaltsaspekt X tritt mindestens einmal in einer Antwort auf". Um die resultierenden absoluten Auftretenshäufigkeiten miteinander vergleichbar zu machen, werden sie mit entsprechenden Größen in Bezug gesetzt, etwa mit der Gesamtanzahl der Interviews oder der Gesamtanzahl der Antworten auf Interviewfragen. Daneben eröffnet auch die sukzessive Aggregation von Kategorien (z.B. die additive Zusammenfassung von Inhaltsaspekten zu Themen bzw. Inhaltsbereichen) neue Perspektiven, auch wenn dabei zwangsläufig inhaltliche Differenzierungen verloren gehen.

Da es sich bei dem Datenmaterial größtenteils um Kategorialdaten handelt, kommen zur inferenzstatistischen Absicherung von Häufigkeitsunterschieden in erster Linie nonparametrische Verfahren zum Einsatz (χ^2 -Verfahren, Konfigurationsfrequenzanalyse etc., Bortz et al. 1990; Krauth 1993).

Die Auswertung der Rohdaten, insbesondere der zweiten Interviewreihe, ist gegenwärtig (April 2000) noch nicht abgeschlossen. Für weitere Resultate wird daher auf spätere Veröffentlichungen verwiesen.

10.3 Ergebnisse

10.3.1 Allgemeine Entwicklungen auf Sylt

10.3.1.1 Individuelle Repräsentationen (Themenanalyse)

Im ersten Interview (März 1998) sollten die Gesprächspartner die vergangene und zukünftige Entwicklung auf Sylt aus ihrer Sicht beschreiben. Der inhaltliche Input durch den Interviewer beschränkte sich auf das Ansprechen von drei Inhaltsbereichen (Wirtschaft, Gesellschaft und Natur/Umwelt) sowie auf die Vorlage einer entsprechenden Liste von Themen, welche die Interviewten im Gespräch bei Bedarf aufgreifen konnten (vgl. 10.2.2). Angesichts der Offenheit dieser Gesprächssituation ist davon auszugehen, dass Art und Anzahl der angesprochenen Inhaltsaspekte Aussagen über deren Verfügbarkeit bzw. Bedeutsamkeit für den jeweiligen Gesprächspartner erlauben. Daher steht am Beginn der statistischen Auswertung die Analyse des *gesamten* Gesprächs (noch ohne Berücksichtigung der einzelnen Interviewfragen, der angesprochenen inhaltlichen Bereiche oder Zeitperspektiven). Auch die positive oder negative Konnotation der angesprochenen Inhaltsaspekte, die durch entsprechende Zusatzcodes indiziert ist, bleibt

noch ausgespart, ebenso alle weiteren Codierungen (Ursachen, Verantwortung, Auswirkungen etc.). Lediglich die Auftretenshäufigkeit der primär vergebenen 85 Inhaltskategorien geht in diesen ersten Auswertungsschritt ein.

Die im Folgenden dargestellten, weitgehend deskriptiven Ergebnisse¹⁸ der Themenanalyse beziehen sich auf die von den einzelnen Gesprächspartnern angesprochenen Inhalte (soweit sie vom Kategoriensystem erfasst werden) und fokussieren deren individuelle Repräsentationen. Besonderes Augenmerk wird auf jene Inhalte gelegt, die mit Klimaänderungen, ihren Ursachen und Auswirkungen mehr oder weniger direkt in Verbindung zu bringen sind oder andere Umweltprobleme ansprechen. Vor allem sind das die Themen *Natur/Umwelt*, *Natur-/Umweltschutz*, *Veränderung der Inselgestalt*, *Küstenschutz* und *Fremdenverkehr*¹⁹. Tabelle 10-2 zeigt den entsprechenden Ausschnitt des Kategoriensystems und verdeutlicht zugleich das zu Grunde liegende Aggregationsprinzip (Inhaltsaspekte - Themen - Bereiche).

Tabelle 10-2: Kategoriensystem zur ersten Interviewreihe: Im Kontext von Klimaänderungen besonders relevante Inhaltsaspekte, Themen und Bereiche (Ausschnitt, ohne Bereich *Gesellschaft* sowie Restkategorien²⁰).

Bereiche	Themen	Inhaltsaspekte (= Kategorien)
WIRTSCHAFT	Fremdenverkehr	Bedürfnisse/Nachfrage, Infrastruktur/Angebot, Vermarktung, Branchenentwicklung, Massentourismus, Erwerbsquelle, Konkurrenz Reiseziele, Saisonverlängerung, Kurwesen/Gesundheitsreform, 35-DM-Ticket, Offenes Tourismusforum, Großinvestoren
	Andere Wirtschaftsbereiche	Landwirtschaft/Fischerei, Industrie, Handel, Handwerk, Militär
NATUR UND UMWELT	Natur und Umwelt (i.e.S.)	Natur/Landschaft, Wetter/Klima, Luftqualität, Trinkwasser, Meer-/Badewasser, Müll, Altlasten, Robbensteben/Algen/ Giftbeutel, Klimaänderung , Ozonloch
	Natur- und Umweltschutz	Natur-/Umweltschutzmaßnahmen, Nationalpark, Synthesebericht, Walschutzgebiet
	Veränderung der Inselgestalt	Inselgröße/-substanz, Sturmfluten

¹⁸ Nur zu einzelnen Aspekten wurden gerichtete Hypothesen formuliert.

¹⁹ Alle Codes der verwendeten Kategoriensysteme (= Inhaltsaspekte) sowie die daraus zusammengesetzten Aggregatvariablen (Themen, Inhaltsbereiche) sind im Text *kursiv* gesetzt.

²⁰ Auch mit einem inhaltlich detaillierten Kategoriensystem können nicht alle Aspekte der zu codierenden Gespräche abgebildet werden. Da aus methodischen Gründen jedoch die Zuordnung *jedes* Textsegments zu einer Kategorie erforderlich ist, wurden auf allen Ebenen des Kategoriensystems zusätzliche Restkategorien eingeführt, mit denen allgemeinere Aspekte der jeweiligen Themen bzw. Inhaltsbereiche zu codieren waren.

Eine erste Analyse des Datenmaterials betrachtet die Antwort auf eine Interviewfrage als grundlegende Analyseeinheit. Sie geht von der Frage aus: *In wie vielen Antworten auf Fragen des Interviewers (egal, wonach gefragt wurde) tauchen bestimmte Inhalte auf?* Die Interviewfragen werden in diesem Zusammenhang lediglich als standardisierte Elemente zur Strukturierung des Gesprächs angesehen. Sie beenden Gesprächsabschnitte und geben den Befragten die Gelegenheit, entweder neue Gedanken zu äußern (idealerweise mit Bezug zur gestellten Frage) oder aber bereits angesprochene Inhalte erneut vorzubringen. Wenn einer Person ein bestimmter Inhalt so wichtig und/oder verfügbar ist, dass sie ihn in mehreren Antworten auf Fragen des Interviewers unterbringt (ob er nun inhaltlich zu der gestellten Frage passt oder nicht), dann bekommt dieser Inhalt bei einer solchen Betrachtungsweise ein größeres Gewicht. Gegenüber einer Auszählung auf Interviewebene (Wie viele Personen sprechen bestimmte Inhalte im Interview an?) ergibt sich daraus der Vorteil einer feineren Differenzierung zwischen einzelnen Inhalten.

Aus dem ersten Interview wurden für die inhaltsanalytische Auswertung die Antworten auf acht Interviewfragen herangezogen. Pro Person gehen daher maximal acht Nennungen eines Inhalts in die Häufigkeitsauszählung ein, wobei die absoluten Häufigkeiten an der Gesamtzahl der ausgewerteten Antworten relativiert werden. Mehrfachnennungen eines Inhalts *innerhalb* einer Antwort²¹ werden bei diesem Verfahren nur einmal gezählt. Besonders für Häufigkeitsvergleiche zwischen einzelnen Inhaltsbereichen oder Themen scheint diese Art der Filterung angemessen zu sein, um nicht breiter definierten Inhaltskategorien von vornherein größere Chancen auf eine häufige Nennung einzuräumen als sehr konkret definierten Kategorien. Zudem ergeben sich aus der erhöhten Fallzahl verbesserte Voraussetzungen für den Einsatz inferenzstatistischer Verfahren.

Zu den Ergebnissen: Auf der Ebene der **Inhaltsbereiche**, wo sämtliche codierten Inhaltsaspekte zu lediglich drei Großkategorien aggregiert sind, wurde erwartet, dass der Bereich *Wirtschaft* von den Befragten in mehr Antworten angesprochen wird als der Bereich *Natur/Umwelt*. Diese Hypothese steht im Einklang mit Ergebnissen aus Repräsentativumfragen, in denen Natur- und Umweltthemen im Vergleich zu Wirtschaftsthemen regelmäßig als weniger wichtig eingestuft werden - so lange offene Fragen gestellt und damit Effekte der sozialen Erwünschtheit minimiert werden (WBGU 1996). Für Vergleiche mit dem Inhaltsbereich *Gesellschaft* wurden keine expliziten Hypothesen formuliert, da es sich dabei um einen sehr breiten und heterogenen Bereich handelt.

Die Häufigkeitsauszählung ergibt, dass Inhalte aus dem Bereich *Gesellschaft* in 87,8 % aller Antworten angesprochen werden, Inhalte aus dem Bereich *Wirtschaft* in 67,1 % und Inhalte aus dem Bereich *Natur/Umwelt* in 49,5 % aller Antworten.

²¹ Mögliche Gründe für solche Mehrfachnennungen sind z.B. ein eher redundanter Antwortstil oder aber breit gefasste Inhaltskategorien.

ten²². Die o.g. Hypothese "mehr *Wirtschafts-* als *Natur/Umwelt-*Nennungen" lässt sich mit Hilfe des McNemar-Tests²³ statistisch absichern (McNemar- $\chi^2_{(df=1)} = 27,36; p < 0,001$).

Detailliertere Aussagen zur Verteilung der geäußerten Inhalte erlaubt die Analyse auf **Themenebene**. Angesichts der Dominanz des Fremdenverkehrs als Wirtschaftsfaktor der Insel wurde hier erwartet, dass aus dem Inhaltsbereich *Wirtschaft* das Thema *Fremdenverkehr* in mehr Antworten angesprochen wird als das Thema *Andere Wirtschaftsbereiche* (eine Zusammenfassung vor allem derjenigen Wirtschaftszweige, die auf Sylt in der Vergangenheit von größerer Bedeutung waren). Weitere gerichtete Hypothesen wurden für den Inhaltsbereich *Natur/Umwelt* formuliert. So sollte das Thema *Veränderung der Inselgestalt* angesichts seiner permanenten Präsenz im öffentlichen Diskurs häufiger auftreten als das Thema *Natur/Umwelt*²⁴. In ähnlicher Weise - und aus dem selben Grund - sollten sich auch die Themen *Küstenschutz* und *Natur-/Umweltschutz* voneinander unterscheiden, in denen jeweils Maßnahmen zur Lösung der entsprechenden Probleme repräsentiert sind.

²² Da in diesen relativen Häufigkeiten Mehrfachnennungen enthalten sind, addieren sie sich nicht zu 100 %.

²³ Der McNemar-Test vergleicht die Anzahl von Antworten, in denen eines von zwei Merkmalen vorkommt (hier: Inhaltsaspekte aus dem Bereich *Wirtschaft*), mit der Anzahl von Antworten, in denen das zweite Merkmal vorkommt (Inhaltsaspekte aus dem Bereich *Natur/Umwelt*) und testet gegen die Nullhypothese der Gleichverteilung (Bortz et al. 1990: 160 ff.). Antworten, in denen beide Merkmale oder aber keines von beiden vorkommen, werden nicht berücksichtigt.

²⁴ Beide Themen sind auf einer vergleichbaren Ebene anzusiedeln, da sie auf die jeweiligen Problemstellungen fokussieren (Abbrüche und Sandverluste bzw. verschiedene Umweltprobleme).

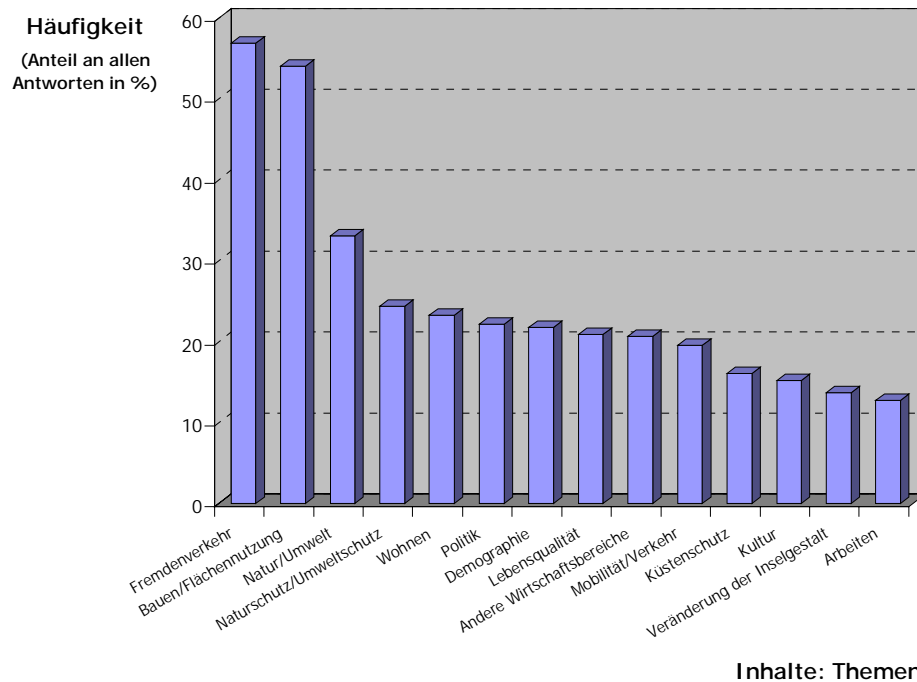
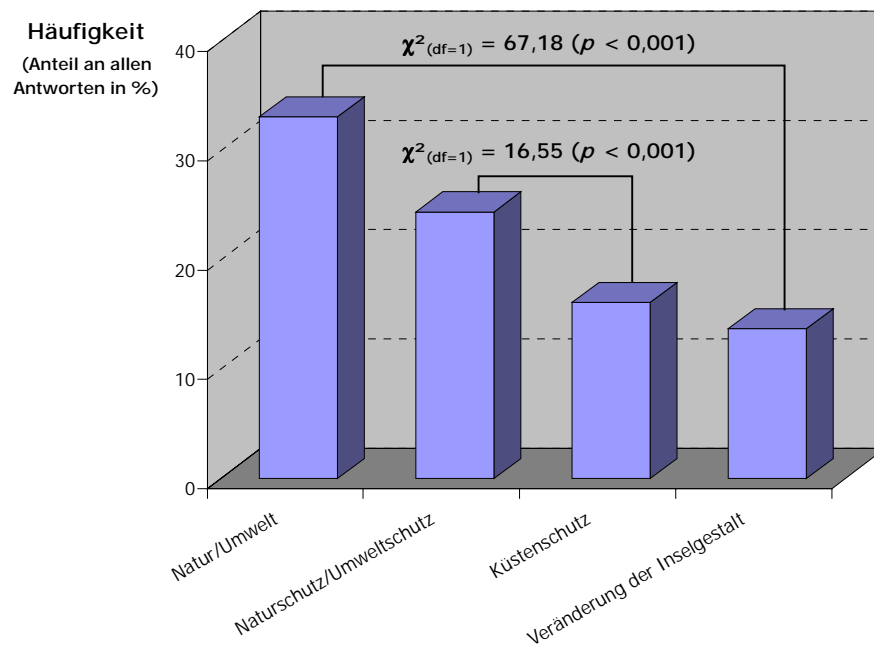


Abbildung 10-1: Allgemeine Entwicklungen auf Sylt: Relative Häufigkeit der angesprochenen Themen (ohne Restkategorien; Mehrfachnennungen).

Abbildung 10-1 zeigt zunächst die Rangfolge der von den Befragten angesprochenen Themen. An der Spitze liegen die Themen *Fremdenverkehr* und *Bauen/Flächennutzung*, die in 56,9 % bzw. 54,0 % aller Antworten vorkommen. Die Themen *Natur/Umwelt* und *Natur-/Umweltschutz* liegen mit 33,1 % bzw. 24,4 % bereits deutlich zurück, *Küstenschutz* (16,1 %) und *Veränderung der Inselgestalt* (13,7 %) sind abgeschlagen. Auf dieser deskriptiven Ebene deutet sich bereits an, dass die beiden Küsten(schutz)/Umwelt(schutz)-Hypothesen nicht zu halten sind. Die statistische Überprüfung erbringt folgende Ergebnisse: Das Thema *Fremdenverkehr* wird überzufällig häufiger angesprochen als das Thema *Andere Wirtschaftsbereiche* (McNemar- $\chi^2_{(df=1)} = 147,38; p < 0,001$). Die formulierte Hypothese wird damit bestätigt. Für die beiden anderen Hypothesen treten hingegen signifikante Häufigkeitsunterschiede entgegen der erwarteten Richtung auf (Abbildung 10-2). Verglichen mit dem Thema *Veränderung der Inselgestalt* wird in mehr Antworten das Thema *Natur/Umwelt* angesprochen (McNemar- $\chi^2_{(df=1)} = 67,18; p < 0,001$), und verglichen mit dem Thema *Küstenschutz* (McNemar- $\chi^2_{(df=1)} = 16,55; p < 0,001$) kommt das Thema *Natur-/Umweltschutz* in mehr Antworten vor.



Inhalte: Themen (Bereich *Natur/Umwelt*)

Abbildung 10-2: Allgemeine Entwicklungen auf Sylt (Bereich *Natur/Umwelt*): Relative Häufigkeit der angesprochenen Themen (ohne Restkategorien; Mehrfachnennungen).

Ein Blick auf die vergebenen Einzelkategorien, also auf die Ebene der **Inhaltsaspekte**, reproduziert den Befund der Themenebene und erlaubt eine weitere Differenzierung (Tabelle 10-3).

Tabelle 10-3: Allgemeine Entwicklungen auf Sylt: Am häufigsten angesprochene Inhaltsaspekte (Anteil an allen Antworten in %; ohne bereichsbezogene Restkategorien; Mehrfachnennungen).

Inhaltsaspekte	%
(1) Fremdenverkehr: Allgemeines	36,4
(2) Bautätigkeit	30,7
(3) Natur/Landschaft	19,8
(4) Politik: Allgemeines	14,2
(5) Autoverkehr	14,0
(6) Regulierung/Beplanung	13,7
(7) Natur-/Umweltschutz: Allgemeines	13,3
(8) Schutzflächen	13,1
(9) Natur-/Umweltschutzmaßnahmen	12,9
(10) Lebensqualität: Allgemeines	12,4

Auch hier finden sich Inhaltsaspekte aus dem Themenkreis "Veränderung der Inselgestalt/Küstenschutz" erst im Mittelfeld (*Inselgröße/-substanz* 10,2 %, *Küstenschutzmaßnahmen* 9,6 %, *Küstenschutzkosten* 7,4 %, *Sturmfluten* 4,6 %). Konkrete Einzelaspekte bzw. Problemfelder aus dem Themenkreis "Natur/Umwelt bzw. Naturschutz/Umweltschutz" werden von den Befragten nur äußerst selten angesprochen, so etwa das angebliche Reizthema (zum Zeitpunkt der Befragung) *Synthesebericht Ökosystemforschung Wattenmeer* in 1,7 % aller Antworten. Der besonders interessierende Inhaltsaspekt *Klimaänderung* wird nur in 3,7 % der Antworten von sich aus von den Befragten angesprochen.

Die Ergebnisse der Themenanalyse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Die bei den befragten Schlüsselpersonen dominierenden Themen sind der Fremdenverkehr und die Bautätigkeit auf der Insel.
- Die Küstenschutzthematik nimmt im Kontext anderer Themen eine eher untergeordnete Stellung ein. Der Themenkreis "Natur/Umwelt bzw. Naturschutz/Umweltschutz" ist den Befragten präsenter und/oder wichtiger.
- Konkrete Umweltprobleme, darunter auch eine mögliche Klimaänderung, werden nur ganz vereinzelt angesprochen.

10.3.1.2 Soziale Repräsentationen: Unterschiede zwischen Akteursgruppen

Die grundlegende Hypothese der vorliegenden Studie postuliert die Existenz von Unterschieden in den sozialen Repräsentationen der untersuchten Akteursgruppen. Bezüglich der Richtung dieser Unterschiede wurde erwartet, dass die jeweiligen Gesprächspartner vorrangig diejenigen Inhalte ansprechen, die als definierend für ihre Gruppe anzusehen sind. Entsprechend sollten z.B. Mitglieder der Akteursgruppe "Interessengruppen/Experten Küstenschutz" küstenschutzrelevante Inhalte häufiger ansprechen als Mitglieder der Akteursgruppe "Fremdenverkehr". Für den Vergleich einiger Akteursgruppen hinsichtlich besonders interessierender Inhalte wurden gerichtete Hypothesen formuliert. Darüber hinaus wurden aus Gründen der Datenexploration für sämtliche Inhalte auf allen Aggregationsebenen ungerichtete Unterschiedshypothesen getestet.

Datenbasis für die Analyse von Gruppenunterschieden im Rahmen des ersten Interviews sind die 5.561 Einzelcodierungen. Dies ist zum einen erforderlich, um durch die hohe Fallzahl die Voraussetzungen für die Durchführung der statistischen Testverfahren zu verbessern. Zum anderen ist für den Vergleich *zwischen* Probanden (anders als bei der Themenanalyse, wo *innerhalb* der Probanden verglichen wird) weder der Ausschluss von Mehrfachnennungen innerhalb einer Antwort noch eine Kompensation für unterschiedlich breite Inhaltskategorien erforderlich, da diesbezüglich nicht von systematischen Unterschieden zwischen den Gruppen auszugehen ist.

Auf der obersten Aggregationsebene der **Inhaltsbereiche** wurde erwartet, dass Inhalte aus dem Bereich *Wirtschaft* von den beiden Akteursgruppen "Fremdenverkehr" und "Handel und Gewerbe" (gepooled, d.h. zusammengefasst zu einer

Obergruppe der "Wirtschafts-Akteure") häufiger angesprochen werden als von der Gruppe "Politik und Verwaltung", und von dieser wiederum häufiger als von den ebenfalls gepoolten - übrigen Akteursgruppen. Tatsächlich unterscheiden sich diese drei Obergruppen im χ^2 -Test²⁵ statistisch bedeutsam voneinander ($\chi^2_{(df=2)} = 14,27$; $p = 0,001$). In den anschließenden Einzelvergleichen kann nur der Unterschied zwischen der gepoolten "Wirtschafts"-Akteursgruppe (mit einem Anteil von 31,5 % *Wirtschafts*-Inhalten an allen Textsequenzen) und den gepoolten übrigen Akteursgruppen (26,4 %) gegen den Zufall abgesichert werden ($\chi^2_{(df=1)} = 13,95$; $p < 0,001$; α -adjustiert²⁶). Immerhin steht die Gruppe "Politik und Verwaltung" mit 29,4 % aber erwartungsgemäß zwischen den beiden anderen betrachteten Gruppen.

Sämtliche explorative Tests auf Unterschiede zwischen den Akteursgruppen werden auf der Aggregatebene der Inhaltsbereiche signifikant (ungerichtete Unterschiedshypothese). Die entsprechenden Einzelvergleiche (wiederum α -adjustiert) weisen in der Regel Unterschiede in den zu erwartenden Richtungen nach. So kann z.B. für die *Wirtschafts*-Inhalte gezeigt werden, dass sich hier die Akteursgruppe "Fremdenverkehr" mit dem größten Anteil (34,3 %) von den beiden Gruppen mit den geringsten Anteilen, "Natur-/Umweltschutz" sowie "Küstenschutz" (22,3 bzw. 21,3 %) statistisch bedeutsam unterscheidet. Umgekehrt sind die beiden letztgenannten Gruppen bei Inhalten aus dem Bereich *Natur/Umwelt* ganz vorne zu finden (zusammen mit den "Auswärtigen Entscheidungsträgern").

Die für Akteursgruppenvergleiche interessanteste inhaltliche Aggregationsebene (sowohl, was die Formulierbarkeit gerichteter Hypothesen, als auch, was die statistische Aussagekraft angeht), ist die der **Themen**. Hier wurde erwartet, dass die jeweiligen Akteursgruppen "Küstenschutz" bzw. "Natur-/Umweltschutz" "ihre" Themen häufiger ansprechen als alle übrigen Akteursgruppen. Lediglich für das Thema *Natur/Umwelt*, wo neben Umweltproblemen z.B. auch Inhaltsaspekte mit der Konnotation "Natur und Landschaft als Kapital der Insel" vertreten sind, wurde keine gerichtete Hypothese aufgestellt. Die Ergebnisse der statistischen Analyse bestätigen die aufgestellten Hypothesen (Abbildung 10-3): Die beiden Küstenschutz-Themen *Veränderung der Inselgestalt* (4,1 %) und *Küstenschutz* (8,2 %) werden von den Vertretern der entsprechenden Akteursgruppe von sich aus signifikant häufiger angesprochen als von den gepoolten anderen Akteursgruppen mit 1,8 % bzw. 2,6 % (*Veränderung der Inselgestalt*: $\chi^2_{(df=1)} = 13,30$; $p < 0,001$; *Küstenschutz*: $\chi^2_{(df=1)} = 51,99$; $p < 0,001$). Auch das häufigere Auftreten von zum Thema *Natur-/Umweltschutz* gehörenden Inhaltsaspekten bei der Akteursgruppe "Natur-/Umweltschutz" (9,4 %) gegenüber den gepoolten übrigen Akteursgruppen (5,0 %) lässt sich statistisch absichern ($\chi^2_{(df=1)} = 15,02$; $p < 0,001$).

²⁵ Der χ^2 -Test wird u.a. zur Analyse von Merkmalsunterschieden in Häufigkeitstabellen herangezogen. Er vergleicht ein empirisches mit einem erwarteten Häufigkeitsmuster, dem die Nullhypothese der Homogenität der Merkmalsanteile zu Grunde liegt (Bortz et al. 1990: 87 ff.).

²⁶ Bei mehreren simultanen Einzelvergleichen im Anschluss an einen Globaltest kommt es zu einer Kumulierung des α -Fehlers, der mit einer Verschärfung des Signifikanzniveaus zu begegnen ist (Bortz 1993: 248 ff.).

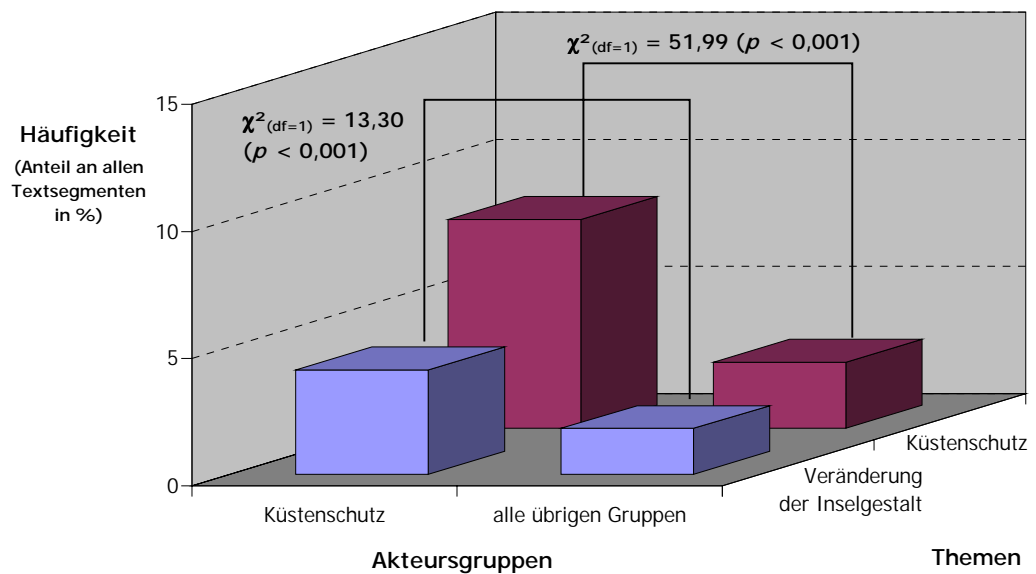


Abbildung 10-3: Allgemeine Entwicklungen auf Sylt (Themen *Veränderung der Inselgestalt* und *Küstenschutz*): Akteursgruppenunterschiede (gerichtete Hypothesen).

Darüber hinaus lassen sich im Rahmen der explorativen Analyse für acht der 14 Themen statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen allen Gruppen nachweisen, im Einzelnen für *Fremdenverkehr*, *Andere Wirtschaftsbereiche*, *Bauen/Flächennutzung*, *Demographie*, *Veränderung der Inselgestalt*, *Küstenschutz*, *Natur/Umwelt* sowie *Natur-/Umweltschutz*. Exemplarisch sei noch einmal das Thema *Küstenschutz* herausgegriffen (Abbildung 10-4).

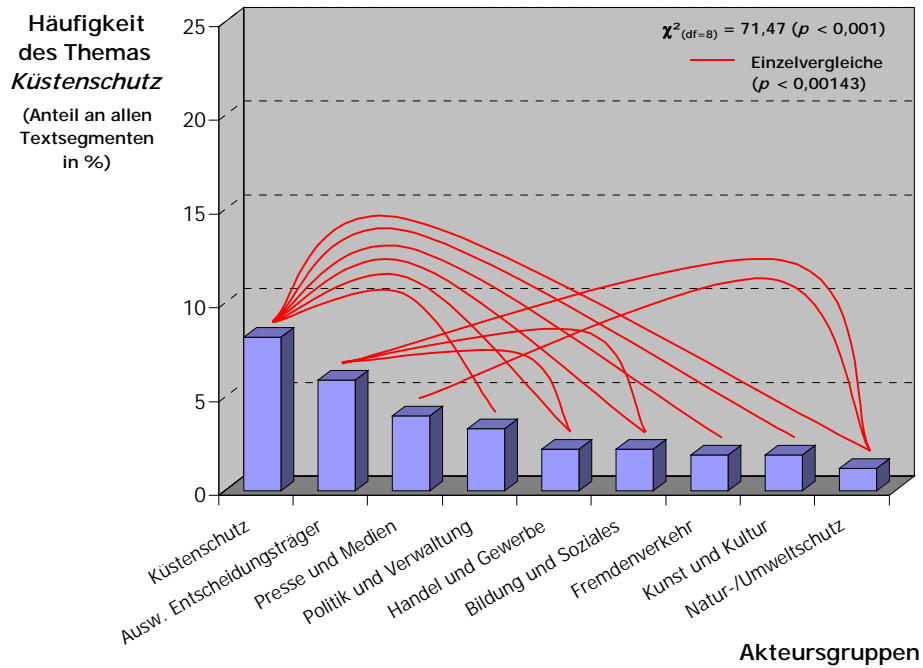


Abbildung 10-4: Allgemeine Entwicklungen auf Sylt (Thema *Küstenschutz*): Akteursgruppenunterschiede (ungerichtete Unterschiedshypothese).

Auch hier zeigt sich, dass die Vertreter der Akteursgruppe "Küstenschutz" das Thema *Küstenschutz* deutlich häufiger ansprechen als die Vertreter der anderen Akteursgruppen. Auffällig ist der deutliche Unterschied zur Akteursgruppe "Natur-/Umweltschutz", wohingegen die Gruppe der "Auswärtigen Entscheidungsträger" in der Häufigkeit der Nennungen der "Küstenschutz"-Gruppe noch am nächsten kommt. Mit Bezug auf das Thema *Fremdenverkehr* hingegen (Abbildung 10-5) rücken die Gruppen "Küstenschutz" und "Natur-/Umweltschutz" näher zusammen und weisen die wenigsten Nennungen auf. Überraschend erscheinen hier die vorderen Platzierungen der Gruppen "Bildung und Soziales" (noch vor "Fremdenverkehr" und mit kleinem, aber statistisch bedeutsamem Unterschied zu dieser Gruppe) sowie "Kunst und Kultur".

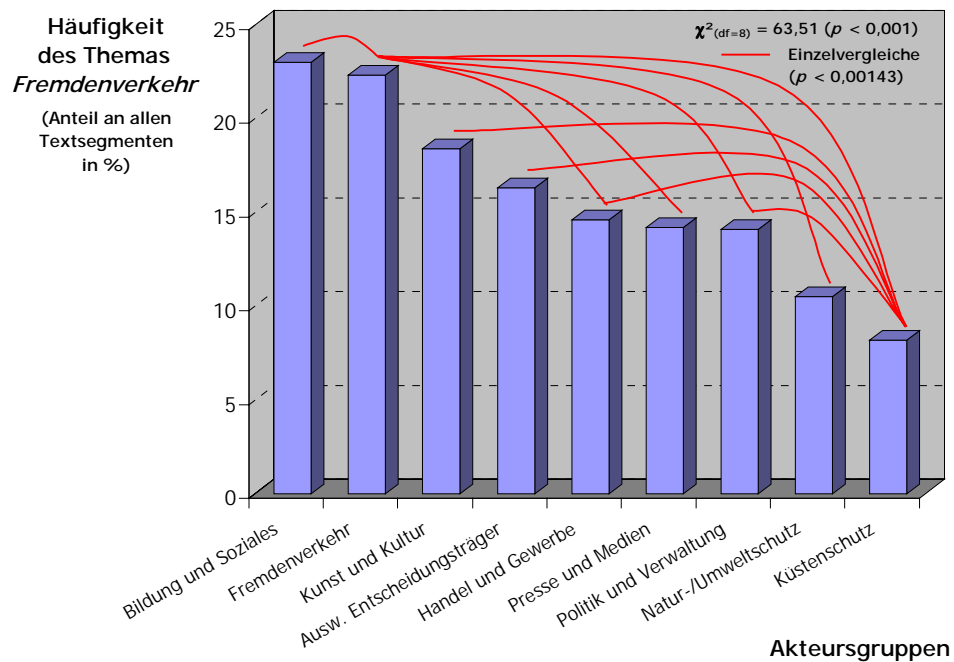


Abbildung 10-5: Allgemeine Entwicklungen auf Sylt (Thema *Fremdenverkehr*): Akteursgruppenunterschiede (ungerichtete Unterschiedshypothese).

Auf der Ebene der **Inhaltsaspekte** wurde erwartet, dass die Akteursgruppe "Natur-/Umweltschutz" den Inhaltsaspekt *Klimaänderung* häufiger ansprechen sollte als die gepoolten restlichen Akteursgruppen. Diese Hypothese ist allerdings bei relativen Häufigkeiten von 0,2 % bzw. 0,4 % statistisch nicht abzusichern.

Insgesamt lassen sich aus der Analyse von Unterschieden zwischen den Akteursgruppen (allein auf der Grundlage der von ihnen angesprochenen Inhalte) folgende Schlüsse ziehen:

- Grundsätzlich können auf allen betrachteten inhaltlichen Aggregationsebenen Gruppenunterschiede nachgewiesen werden.
- Die Richtung der Unterschiede folgt weitgehend plausiblen Annahmen. Insbesondere scheint für die inhaltlich akzentuierten (Interessen-) Gruppen "Küstenschutz", "Natur-/Umweltschutz" und "Fremdenverkehr" eine Passung zwischen der Gruppenzugehörigkeit und dem Ansprechen der entsprechenden Themen zu bestehen.

10.3.2 Klimaänderungen

10.3.2.1 Individuelle Repräsentationen (Themenanalyse)

Im ersten Interview (März 1998) wurde mittels einiger weniger, sehr allgemein gehaltener Interviewfragen die Wahrnehmung und Bewertung von Entwicklungen auf Sylt erhoben. Im Gegensatz dazu fokussierte das zweite Interview (März 1999) mit gezielten Fragen einzelne Aspekte möglicher Klimaänderungen, zu-

nächst im globalen Kontext, dann mit konkretem Bezug zu Sylt. Das offene Antwortformat wurde durchgehend beibehalten.

Auch hier nimmt die inhaltsanalytische Auswertung daher zunächst das *gesamte* Gespräch in den Blick und konzentriert sich - auf verschiedenen Aggregatebenen - auf die primär vergebenen 71 Inhaltskategorien. Die einzelnen Interviewfragen und die beiden angesprochenen räumlichen Perspektiven (globaler Bezug vs. Sylt-Bezug) bleiben dabei ohne Belang, ebenso alle zusätzlichen Codierungen (Akteure/Betroffene, Zeit, Ort etc.).

Im Mittelpunkt der Themenanalyse stehen auch hier die individuellen Repräsentationen der Befragten, wobei im Zusammenhang mit möglichen Klimaänderungen insbesondere die Inhaltsbereiche *Ursachen*, *Auswirkungen* und *Maßnahmen* unterschieden werden. Tabelle 10-4 zeigt den entsprechenden Ausschnitt des verwendeten Kategoriensystems, das in seinen Ausprägungen an den Stand der Forschung zu Ursachen und Folgen von Klimaänderungen (Enquete-Kommission 1990; Lozán et al. 1998, WBGU 1996) sowie an die Maßnahmentaxonomie von Stern et al. (1992) angelehnt ist.

Tabelle 10-4: Kategoriensystem zur zweiten Interviewreihe (Ausschnitt, ohne Bereich *Phänomene* sowie Restkategorien).

Bereiche	Teilbereiche	Inhaltsaspekte (= Kategorien)
URSACHEN	Verhaltens- einflüsse	Wahrnehmung/Wissen, Einstellungen/Werte, Anreize, Handlungsmöglichkeiten
	Verhaltens- weisen	Kraftwerke, Wirtschaft, Haushalte: Heizung/Kamin, Haushalte: Strom, Haushalte: Pkw, Haushalte: Flugzeuge, Verbrennung/Energie allgemein, FCKW: Sprays, Chemische Produkte allgemein, Landwirtschaft/Deponien, Waldvernichtung
	Strukturen/ Dynamiken	Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum, Technologieentwicklung, Politik
AUSWIR- KUNGEN	Natursphäre	Pole/Gletscher, Meeresspiegel, Wetteränderungen, Sturmfluten, Vegetations-/Klimazonen, Wüstenbildung, Lawinenkatastrophe
	Anthroposphäre	Überschwemmungen/Landverlust, Wasserknappheit/Dürre, Landwirtschaft: Ertragsrückgang, Fremdenverkehr: Ertragsrückgang, Gesundheitsgefahren, Verarmung/Hunger
MAßNAHMEN	Verhinderung von Klima- änderungen	Aufforstung, Technik: Kernkraft, Technik allgemein, Verhaltenslenkung: Verkehr, Verhaltenslenkung allgemein, Emissionsreduktion allgemein, Wissenschaft/Forschung: Verhinderung, Wertewandel, Politische Maßnahmen, Eigenes Verhalten: Verkehr, Eigenes Verhalten allgemein
	Anpassung an Auswirkungen	Küstenschutz, Reaktion auf Schäden, Strukturwandel, Rückzug/Migration, Wissenschaft/Forschung: Anpassung

Auf der Ebene der **Inhaltsbereiche** wurde hinsichtlich der beiden grundlegenden Dimensionen der Kausalkette erwartet, dass *Auswirkungen* möglicher Klimaänderungen von den Befragten in mehr Antworten angesprochen werden als *Ursachen*. Diese Annahme lässt sich - bezogen auf Sylt - u.a. aus der unmittelbaren Betroffenheit der Befragten von den Folgen möglicher Klimaänderungen ableiten (einem der Kriterien für die Stichprobenauswahl, vgl. Kapitel 10.2.1). Die Häufigkeitsauszählung ergibt, dass *Auswirkungen* möglicher Klimaänderungen von den Befragten in mehr Antworten (49,3 %) angesprochen werden als *Maßnahmen* zum Umgang mit diesem Problemfeld (entweder zur Verhinderung von Klimaänderungen oder zur Anpassung an ihre Folgen) (44,8 %). Erst auf dem dritten Rang folgen dann mit 32,3 % *Ursachen* des Klimawandels (Abbildung 10-6). Der postulierte Häufigkeitsunterschied zwischen *Auswirkungen* und *Ursachen* lässt sich statistisch absichern (McNemar- $\chi^2_{(df=1)} = 72,16$; $p < 0,001$), die formulierte Hypothese wird damit bestätigt.

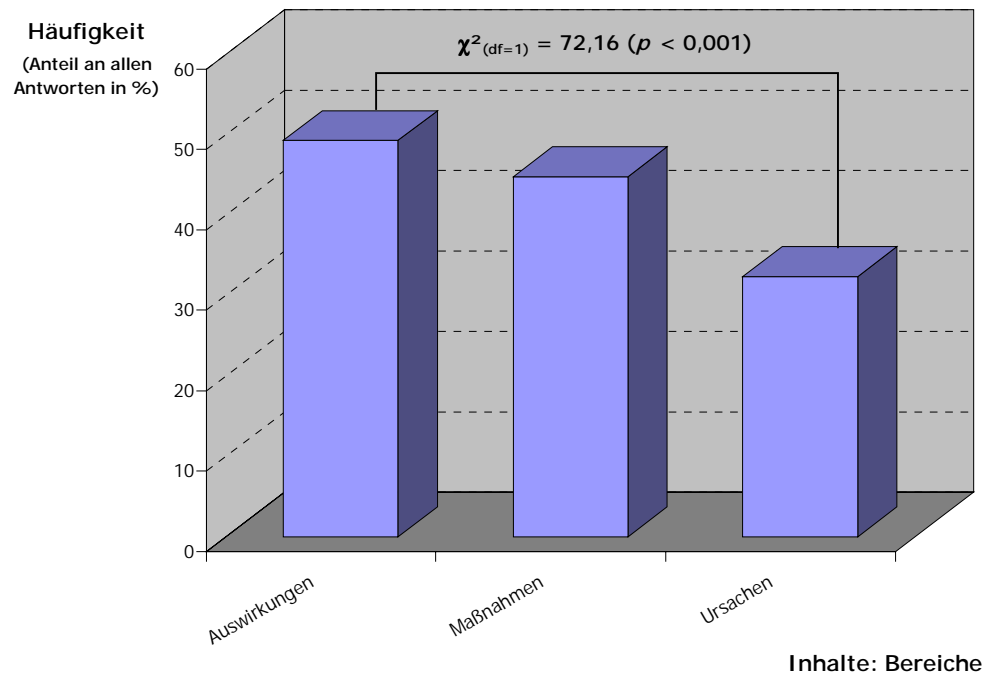
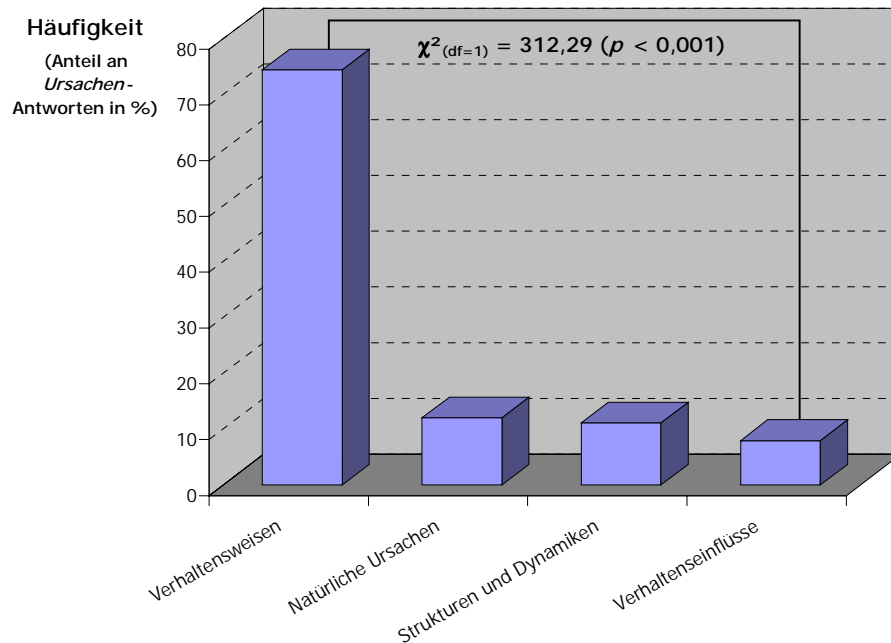


Abbildung 10-6: Klimaänderungen: Relative Häufigkeit der angesprochenen Inhaltsbereiche (ohne Bereich *Phänomene* sowie Restkategorien; Mehrfachnennungen).

Eine Differenzierung dieses Bildes ergibt sich aus der Aufschlüsselung der einzelnen Inhaltsbereiche in **Teilbereiche**. Dazu werden nacheinander für jeden Bereich jeweils die dazugehörigen Textsegmente weiter analysiert.

Zunächst zu den *Ursachen* für mögliche Klimaänderungen (Abbildung 10-7). In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Böhm und Mader (1998) wurde hier erwartet, dass menschliche *Verhaltensweisen* als unmittelbare (proximale) Ursachen häufiger angesprochen werden als Faktoren, die diese Verhaltensweisen selbst wiederum *beeinflussen* und innerhalb der Kausalkette von den Phänomenen des Klimawandels weiter entfernt sind (distale Ursachen). Tatsächlich ist in denjenigen Antworten, in denen Ursachen angesprochen werden, in weit überwiegen-

dem Maße von menschlichen *Verhaltensweisen*²⁷ die Rede (74,4 %). *Verhaltensbeeinflussende Faktoren* (z.B. *Wahrnehmung/Wissen, Einstellungen/Werte, Anreize*) werden demgegenüber nur in 8,0 % der Antworten angesprochen. Der Unterschied ist statistisch signifikant ($\chi^2_{(df=1)} = 312,29; p < 0,001$). Als weiterer Teilbereich werden in 11,1 % aller Ursachen-Antworten eher abstrakte *Strukturen und Dynamiken* erwähnt (z.B. *Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum*). *Natürliche Ursachen* für mögliche Klimaänderungen - ein von Skeptikern des anthropogenen Klimawandels häufig vorgebrachtes Argument - kommen in 12,1 % der entsprechenden Antworten vor.



Inhalte: Teilbereiche (Bereich Ursachen)

Abbildung 10-7: Ursachen für mögliche Klimaänderungen: Relative Häufigkeit der angesprochenen Teilbereiche (ohne Restkategorien; Mehrfachnennungen).

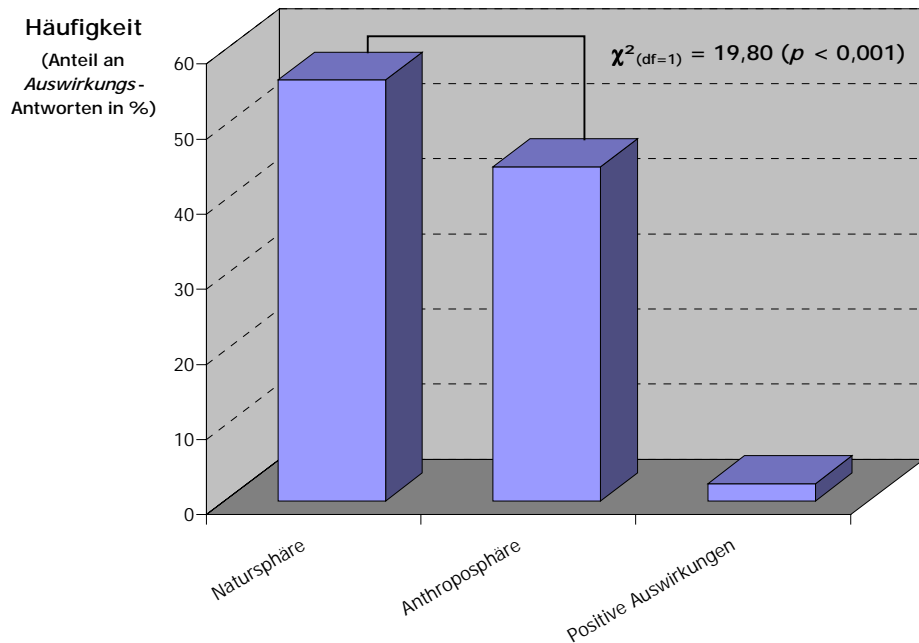
Disaggregiert man innerhalb des Teilbereichs *Verhaltensweisen* weiter (Tabelle 10-5), dann zeigt sich, dass hier die Verursachung möglicher Klimaänderungen von den Befragten insbesondere beim *privaten Autoverkehr* gesehen wird. Die *Wirtschaft* als "klassischer" Verursacher folgt in der Rangfolge erst nach *nicht weiter spezifizierten Verhaltensweisen* sowie *allgemeinen Energieverbrauchs- bzw. Emissionsprozessen*.

²⁷ Der Teilbereich *Verhaltensweisen* umfasst menschliches Verhalten auf unterschiedlichen Aggregatenebenen, von der individuellen Pkw-Nutzung bis hin zum Energieverbrauch "der Wirtschaft".

Tabelle 10-5: *Verhaltensweisen* als *Ursachen* für mögliche Klimaänderungen (Anteile von mehr als 10 % an *Verhaltensweisen*-Antworten; R: Restkategorie; Mehrfachnennungen).

Ursachen: Verhaltensweisen	%
(1) Haushalte: Pkw	41,5
(2) Sonstige Verhaltensweisen (R)	36,5
(3) Verbrennung/Energieverbrauch allgemein	31,2
(4) Wirtschaft	23,6
(5) Waldvernichtung	13,1
(6) Haushalte: Heizung/Kamin	10,0

Mit Blick auf die Binnendifferenzierung der *Auswirkungen* möglicher Klimaänderungen ließen sich zwei konträre Erwartungen formulieren. Nach der einen Hypothese sollten Auswirkungen auf die *Natursphäre* häufiger genannt werden als Auswirkungen auf die *Anthroposphäre*, da letztere entlang der Ursachen-Wirkungs-Kette distaler sind und die Existenz von Folgen für natürliche Systeme voraussetzen (ähnlich wie oben beim Vergleich zwischen *Verhaltenseinflüssen* und *Verhaltensweisen* als *Ursachen* eines Klimawandels). Aber auch der entgegengesetzte Fall wäre begründbar: Auswirkungen auf die *Anthroposphäre* sollten häufiger genannt werden als solche auf die *Natursphäre*, weil die Befragten in letzter Konsequenz von den Folgen für die sozialen Systeme betroffen sind. Die erhobenen Interviewdaten stützen die erstgenannte Erwartung (Abbildung 10-8): In den Antworten, in denen von *Auswirkungen* möglicher Klimaänderungen die Rede ist, sprechen die Befragten überzufällig häufiger proximale (*Natursphäre*: 56,0 %) als distale Auswirkungen an (*Anthroposphäre*: 44,4 %; McNemar- $\chi^2_{(df=1)} = 19,80$; $p < 0,001$). Beide genannte Auswirkungs-Teilbereiche sind in den zu Grunde liegenden Inhaltsaspekten deutlich negativ konnotiert. Mögliche positive Auswirkungen eines Klimawandels werden hingegen nur äußerst selten erwähnt (2,3 %).



Inhalte: Teilbereiche (Bereich *Auswirkungen*)

Abbildung 10-8: *Auswirkungen* möglicher Klimaänderungen: Relative Häufigkeit der angesprochenen Teilbereiche (ohne Restkategorien; Mehrfachnennungen).

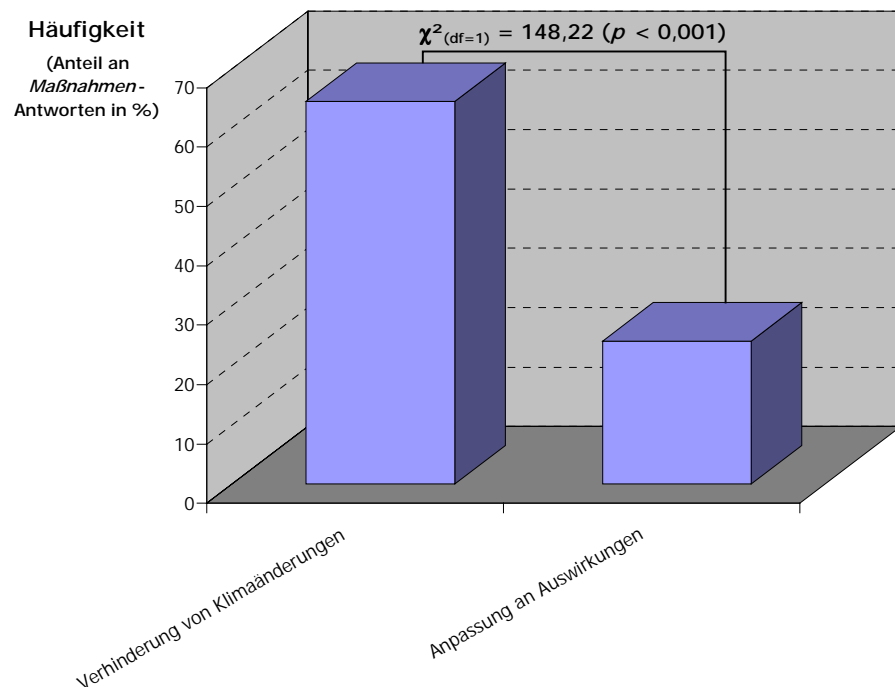
Tabelle 10-6 zeigt die am häufigsten genannten Aspekte innerhalb des Teilbereichs *Auswirkungen auf die Natursphäre*. Hier stehen *Wetteränderungen* sowie der *Anstieg des Meeresspiegels* an erster Stelle. Dem entspricht bei den angesprochenen *Auswirkungen auf die Anthroposphäre* (also auf die gesellschaftlichen Systeme) die häufige Nennung des Inhaltsaspekts *Überschwemmungen/Landverlust* (64,3 %). Hier folgt der *Rückgang des Fremdenverkehrs* (23,3 %) als mögliche Folge an zweiter Stelle.

Tabelle 10-6: *Auswirkungen* möglicher Klimaänderungen auf die *Natursphäre* (Anteile von mehr als 10 % an *Natursphäre*-Antworten; R: Restkategorie; Mehrfachnennungen).

Auswirkungen: Natursphäre	%
(1) Wetteränderungen	47,8
(2) Anstieg des Meeresspiegels	39,8
(3) Sturmfluten	21,3
(4) Sonstige Auswirkungen auf die Natursphäre (R)	16,5
(5) Schmelzen von Polen und Gletschern	14,2

Abschließend zu denjenigen Antworten, die sich auf *Maßnahmen* gegen mögliche Klimaänderungen und ihre Auswirkungen beziehen. Im Kategoriensystem wurde hier eine Untergliederung in die beiden grundlegenden Maßnahmendimensionen *Verhinderung von Klimaänderungen* und *Anpassung an deren Folgen* vorgenommen. Erwartet wurde, dass Maßnahmen zur *Anpassung* von den Befragten häufig-

ger genannt werden als Maßnahmen zur *Verhinderung* eines Klimawandels. Diese Hypothese stützt sich zum einen darauf, dass der Klimawandel selbst - verursacht durch zeitlich zurückliegende menschliche Verhaltensweisen - bereits im Gange und damit nurmehr in begrenztem Maße beeinflussbar ist. Zum anderen sind die Befragten nur marginale Verursacher eines Klimawandels, während sie von seinen Folgen potenziell massiv betroffen sein werden. Daher wurde eine bessere Verfügbarkeit bzw. größere Bedeutsamkeit von Anpassungsmaßnahmen vermutet, zumal die Forderung nach adäquatem Küstenschutz, der für Küstengebiete "klassischen" Anpassungsmaßnahme an die Folgen von Klimaänderungen (steigender Meeresspiegel, zunehmende Sturmfluttätigkeit etc.), in der öffentlichen Diskussion auf Sylt bereits jetzt einen bedeutenden Rang einnimmt. Vor diesem Hintergrund überrascht das empirische Ergebnis (Abbildung 10-9): Mit 64,5 % wurden von den Befragten weitaus häufiger *Verhinderungs-* als *Anpassungsmaßnahmen* (24,1 %) angesprochen. Dieser deutliche Unterschied lässt sich auch statistisch absichern (McNemar- $\chi^2_{(df=1)} = 148,22; p < 0,001$).



Inhalte: Teilbereiche (Bereich *Maßnahmen*)

Abbildung 10-9: *Maßnahmen* gegen mögliche Klimaänderungen und ihre Auswirkungen: Relative Häufigkeit der angesprochenen Teilbereiche (ohne Restkategorien; Mehrfachnennungen).

Innerhalb der Maßnahmen zur *Verhinderung von Klimaänderungen* wird eine Reihe von Optionen etwa gleich häufig genannt (Tabelle 10-7). Neben *nicht weiter spezifizierten Verhinderungsmaßnahmen* und dem Verweis auf die Veränderung des *eigenen Verhaltens* steht dabei der Ruf nach *politischen* bzw. *technischen Maßnahmen* sowie nach *Verhaltenslenkung (allgemein und im Verkehrsbereich)* im Vordergrund. Seltener wird das *eigene Verhalten im Bereich Verkehr* angesprochen - der Bereich, in dem die Befragten die Hauptursache möglicher Klimaänderungen sehen. Dieses Ergebnis lässt den vorsichtigen Schluss zu, dass die Verantwortung für die Verhinderung von Klimaänderungen insgesamt eher externen Institutionen zugeschrieben wird. Innerhalb des Teilbereichs *Anpassung an Klimaänderungen* stehen erwartungsgemäß in 74,1 % der Antworten *Küsten-*

schutzmaßnahmen eindeutig im Vordergrund. Andere Aspekte (z.B. *Rückzug, Schadensbeseitigung, Strukturwandel*) werden deutlich seltener genannt.

Tabelle 10-7: *Maßnahmen zur Verhinderung möglicher Klimaänderungen* (Anteile von mehr als 10 % an *Verhinderungsmaßnahmen*-Antworten; R: Restkategorie; Mehrfachnennungen).

Maßnahmen: Verhinderung von Klimaänderungen	%
(1) Sonstige Verhinderungsmaßnahmen (R)	25,6
(2) Eigenes Verhalten allgemein	23,9
Politische Maßnahmen	23,9
Verhaltenslenkung: Verkehr	23,9
(5) Verhaltenslenkung allgemein	23,0
(6) Technik allgemein	21,4
(7) Emissionsreduktion allgemein	13,6
(8) Eigenes Verhalten: Verkehr	12,0

Insgesamt zeigen sich in der Themenanalyse folgende Trends:

- Im Zusammenhang mit einem möglichen Klimawandel sind bei den befragten Schlüsselpersonen eher Auswirkungen und Gegenmaßnahmen repräsentiert als mögliche Ursachen.
- Die Ursachen für mögliche Klimaänderungen werden von den Befragten im menschlichen Verhalten gesehen, weniger in Hintergrund- bzw. Randbedingungen, die dieses Verhalten beeinflussen. Dabei spielt der Sektor der privaten Haushalte eine bedeutende Rolle, insbesondere im Verkehrsbereich.
- Die Auswirkungen möglicher Klimaänderungen werden von den Befragten tendenziell eher in der Natursphäre (und damit nah an den Phänomenen) verortet und hier vor allem in der Änderung des Wetters und im Anstieg des Meeresspiegels gesehen. Konsequenzen aus diesen Veränderungen für den Menschen geraten demgegenüber etwas seltener in den Blick und beziehen sich in erster Linie auf den Themenbereich Überschwemmungen/Landverlust.
- Auf die Frage nach möglichen Maßnahmen gegen Klimaänderungen oder ihre Auswirkungen werden eher Verhinderungs- als Anpassungsmaßnahmen genannt. Offenbar halten die Befragten also Klimaänderungen und deren Folgen für noch abwendbar. Bei den Verhinderungsmaßnahmen werden konkrete Maßnahmen insgesamt eher von externen Institutionen erwartet.

10.3.2.2 Ergänzende Ergebnisse

Unmittelbar im Anschluss an das zweite Interview im März 1999 wurden die 69 Befragten gebeten, auf einer sechsstufigen Skala anzugeben, für wie gut sie ihr Verständnis des Themenbereichs "mögliche Klimaänderungen in der Zukunft" halten (von 1 "sehr gut" bis 6 "sehr schlecht"). Im Mittel beschreiben sie ihr Wissen dabei als eher gut ($M = 2,80$; $SD = 0,93$). In der Varianzanalyse²⁸ zeigen sich hier keine Unterschiede zwischen den einzelnen Akteursgruppen. Anders bei der Frage nach der subjektiv empfundenen Wahrscheinlichkeit für zukünftige Klimaänderungen (von 1 "sehr wahrscheinlich" bis 6 "sehr unwahrscheinlich"): Mit einem Mittelwert von 2,03 ($SD = 1,21$) halten die Befragten zukünftige Klimaänderungen für durchaus wahrscheinlich. Die Varianzanalyse ergibt hier statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den Akteursgruppen ($F = 4,11$; $p = 0,001$). Wie der entsprechende post hoc-Test zeigt (Scheffé-Test; $p = 0,011$), beruht dieses Ergebnis vor allem auf einem Mittelwertsunterschied zwischen den Akteursgruppen "Politik und Verwaltung" ($M = 1,42$) und "Handel und Gewerbe" ($M = 3,42$). Die mit Politik und Verwaltung befassten Personen halten demzufolge eine künftige Klimaänderung für deutlich wahrscheinlicher als die Gewerbetreibenden.

An der *quick alert*-Fragebogenstudie im Zusammenhang mit dem Orkantief "Anatol" im Dezember 1999 beteiligten sich 60 Personen aus der Stichprobe (85,7 %). Sie schätzen den Orkan auf einer sechsstufigen Skala (von 1 "nicht außergewöhnlich" bis 6 "noch nie da gewesen") im Mittel als ungewöhnlich schwer ein ($M = 5,23$; $SD = 0,74$). Dass "Anatol" eine Auswirkung globaler Klimaänderungen war, halten die Befragten für eher wahrscheinlich ($M = 4,15$; $SD = 1,30$; Skala: von 1 "sehr unwahrscheinlich" bis 6 "sehr wahrscheinlich"). Entsprechend halten sie es für eher unwahrscheinlich, dass der Orkan nur eine Laune des aktuellen Wettergeschehens war und mit Klimaänderungen und deren Folgen nichts zu tun hatte ($M = 2,91$; $SD = 1,25$). Eher wahrscheinlich ist es in den Augen der Befragten, dass ähnliche Unwetter auf Sylt in Zukunft häufiger auftreten ($M = 4,28$; $SD = 0,99$). Bei allen drei Wahrscheinlichkeits-Äußerungen waren sie sich ihrer jeweiligen Aussagen im Mittel eher sicher ($MD = 4,36, 4,42$ und $4,34$; Skala: von 1 "sehr unsicher" bis 6 "sehr sicher").

Abschließend wurden die Teilnehmer an der *quick alert*-Studie um den Grad ihrer Zustimmung zu vier Aussagen über Küstenschutzmaßnahmen auf Sylt gebeten (Tabelle 10-8). Demzufolge sollte auf Sylt über den status quo hinaus in Zukunft mehr Sand vorgespült werden, gleichzeitig sollten aber in verstärktem Maße alternative Küstenschutzmaßnahmen erforscht und getestet werden. Eine Beendigung der Sandvorspülungen findet bei den Befragten keine Zustimmung.

²⁸ Mit Hilfe der Varianzanalyse wird getestet, ob Unterschiede zwischen Personen in einer metrischen abhängigen Variable auf den Einfluss unabhängiger Variablen (hier z.B. der Gruppenzugehörigkeit) zurückzuführen sind (Bortz 1993: 223 ff.).

Tabelle 10-8: Grad der Zustimmung zu vier Aussagen über zukünftige Küstenschutzmaßnahmen auf Sylt
(Skala: 1 "lehne voll und ganz ab" bis 6 "stimme voll und ganz zu").

Aussage	M	SD
(1) "Sandvorspülungen beenden, die Insel der Natur überlassen"	1,43	0,95
(2) "Sandvorspülungen reichen aus, weiter wie bisher"	3,49	1,75
(3) "mehr Sandvorspülungen"	5,17	1,22
(4) "verstärkt Alternativen erforschen und testen"	5,25	1,05

Unterschiede zwischen den einzelnen Akteursgruppen zeigen sich lediglich in der Zustimmung zur letzten Küstenschutz-Aussage ($F = 3,21$; $p = 0,005$). Die post hoc-Einzelvergleiche erlauben allerdings keine konkrete Aussage, auf welchen Gruppenunterschieden die Signifikanz im übergeordneten Test beruht.

10.4 Diskussion

Wie die Analyse der ersten, thematisch weitgehend offenen Interviewreihe zeigt, ist eine anthropogene Klimaänderung für die Teilnehmer an der Studie derzeit kein bedeutendes Thema (war es zumindest nicht zum Zeitpunkt des Interviews im März 1998). Überraschenderweise nimmt nicht einmal die Küstenschutzthematik in der Verfügbarkeit bzw. Bedeutung für die Befragten den Rang ein, der etwa auf Grund ihrer Medienpräsenz auf Sylt zu erwarten wäre. Vielmehr sind vor allem die Entwicklung des Fremdenverkehrs als Haupteinnahmequelle der Insel sowie die bauliche Nutzung der Inselfläche Themen, die die Befragten beschäftigen. Da es sich dabei um "Schlüsselpersonen" handelt, denen auf Sylt Multiplikatorencharakter zukommt, lässt sich bei aller Vorsicht vermuten, dass nicht nur sie die Entwicklung so sehen.

Das Fehlen des Themas Klimaänderungen im spontan geäußerten Themenrepertoire der Befragten bedeutet allerdings nicht, dass die Thematik für sie überhaupt keine Rolle spielt. Unmittelbar mit dem Thema "Klimaänderungen" konfrontiert, halten es die Schlüsselpersonen für durchaus wahrscheinlich, dass es in Zukunft zu einem Klimawandel kommt, und bringen auch extreme Wetterereignisse wie die des Winters 1999/2000 damit in Verbindung. Aus ihren Äußerungen zum Thema ist zudem ein relativ differenziertes Verständnis der zu Grunde liegenden Kausalmechanismen erkennbar. Wenn dabei Auswirkungen - insbesondere Änderungen des Wetters sowie der Anstieg des Meeresspiegels - eine größere Rolle als Ursachen spielen, so mag das an der potenziellen Betroffenheit der Befragten liegen. Trotz des hohen Stellenwerts der Küstenschutzthematik im öffentlichen Diskurs werden auf der Maßnahmensseite allerdings eher Verhinderungs- als Anpassungsmaßnahmen erwähnt. Offenbar werden zukünftige Klimaänderungen also nicht als unausweichlich angesehen. Die Kraftfahrzeugnutzung der Haushalte, die als Ursache eines Klimawandels für die Befragten im Vordergrund steht, wird durchaus auch als Ansatzpunkt für mögliche Verhinderungsmaßnahmen gesehen,

wenngleich eher mit Blick auf Maßnahmen "von oben" als auf eine Änderung des eigenen Verhaltens.

Die bisher zwangsläufig relativ grobe Analyse der angesprochenen Themen wird durch die Hinzuziehung weiterer Codierungsebenen zu verfeinern sein. Zu einer Klärung der festgestellten Häufigkeitsunterschiede dürfte dabei auch die Suche nach möglichen Moderatorvariablen beitragen.

Der gewählte methodische Zugang der Studie sollte es erlauben, kontextualisierte soziale Repräsentationen des Klimawandels aus offenen Interviews zu rekonstruieren und damit Akteursgruppenunterschiede aufzudecken. Zwar erweist sich die praktische Durchführung, insbesondere was die Datenaufbereitung angeht, als unerwartet aufwändig. Die vorliegenden Ergebnisse zur ersten Interviewreihe, die sowohl die Existenz solcher Gruppenunterschiede belegen als auch in ihrer konkreten Ausprägung plausibel erscheinen lassen, scheinen das Vorgehen jedoch insgesamt zu bestätigen. Allerdings geben sie noch genügend Anlass für weitere Detailuntersuchungen, gerade im Hinblick auf die Konsistenz der Gruppenunterschiede und die Homogenität der Repräsentationen innerhalb der einzelnen Akteursgruppen.

Insgesamt lässt der derzeitige Stand der Auswertung eine fundierte Ergebnisdiskussion mit Blick auf die Ausgangsfragestellung, ob im sozialen System Sylt akteursgruppenspezifische mentale Modelle, also Wahrnehmungs- und Bewertungsmuster im Zusammenhang mit möglichen Klimaänderungen existieren, noch nicht zu. Dies zu ermöglichen, wird das Ziel der nächsten Auswertungsschritte sein. Vor allem die Prüfung der zweiten Interviewreihe auf Akteursgruppenunterschiede, die Hinzunahme weiterer konzeptueller Kategorien zu den Häufigkeitsanalysen sowie die Verknüpfung aller vorliegenden Datensätze im Rahmen einer multivariaten Betrachtungsweise sollten dazu führen, dass aus den vielfältig angestellten Einzelanalysen ein Gesamtbild erkennbar wird.

Welche konkreten Hinweise auf die Ableitung situations- und zielgruppenspezifischer Interventionsmaßnahmen sich aus den Ergebnissen der Studie am Ende ableiten lassen, muss an dieser Stelle noch offen bleiben. Die positive Resonanz der Studie bei den Beteiligten, die sich u.a. in deren hoher Teilnahme- und Kooperationsbereitschaft sowie in einer äußerst geringen Stichprobenmortalität zeigte, lässt auf eine hohe Sensibilität im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Insel Sylt schließen. Auf dieses motivationale Fundament könnten Interventionsansätze auch im Bereich der klimabezogenen Umweltbildung aufsetzen.

10.5 Literatur

Aeschbacher, U. (1996): Denk- und Gedächtnisschwierigkeiten bezüglich des Treibhauseffektes.- Basel

Bell, A. (1989): Hot news: Media reporting and public understanding of the climate change issue in New Zealand. A study in the (mis)communication of science.- Wellington

Böhm, G. & Mader, S. (1998): Subjektive kausale Szenarien globaler Umweltveränderungen.- In: Zeitschrift für Experimentelle Psychologie 45(4), S. 270-285

Bortz, J. (1993): Statistik für Sozialwissenschaftler (4. Aufl.).- Berlin

- Bortz, J.; Lienert, G.A. & Boehnke, K. (1990): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik.- Berlin
- Bostrom, A.; Granger Morgan, M.; Fischhoff, B. & Read, D. (1994): What do people know about global climate change? I. Mental models.- In: Risk Analysis 14(6), S. 959-970
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1997): Children's models of understanding of two major global environmental issues (ozone layer and greenhouse effect).- In: Research in Science and Technological Education 15(1), S. 19-28
- Breakwell, G.M. & Canter, D. (Eds.) (1993): Empirical approaches to social representations.- Oxford
- Childs, I.R.W.; Auliciems, A.; Hundloe, T.J. & McDonald, G.T. (1989): Socio-economic impacts of climate change: Potential for decision-making in Redcliffe, Queensland.- In: Pearman, G.I. (Ed.): Greenhouse: Planning for climate change.- Leiden, S. 648-679
- Cohen, J. (1960): A coefficient of agreement for nominal scales.- In: Educational and Psychological Measurement 20, S. 37-46
- Dörner, D.; Hofinger, T. & Tisdale, T. (1999): Forschungsvorhaben "Umweltbewußtsein, Umwelthandeln, Werte und Wertewandel". Endbericht.- Bamberg
- Dörner, D.; Kruse, L. & Lantermann, E.-D. (1992): Umweltbewußtsein, Umwelthandeln, Werte, Wertewandel. Antrag auf Förderung eines Forschungsvorhabens. (Unveröff. Manuskript).- Bamberg
- Dunlap, R.E. (1996): Public perceptions of global warming: A cross-national comparison.- In: Human Dimensions of Global Environmental Change Programme (Ed.): Global change, local challenge. HDP Third Scientific Symposium, 20-22 September 1995. Vol. 2. Poster papers.- Geneva, S. 121-138
- Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1990): Schutz der Erde: Eine Bestandsaufnahme mit Vorschlägen zu einer neuen Energiepolitik. Dritter Bericht der Enquete-Kommission des 11. Deutschen Bundestages "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" (2 Bd.).- Bonn
- Festinger, L. (1957): A theory of cognitive dissonance.- Stanford, Ca.
- Fleiss, J.L. (1981). Statistical methods for rates and proportions (2nd ed.).- New York.
- Graumann, C.F. (1999): Ökologische Perspektiven in der Retrospektive. Vortrag anlässlich der 3. Fachgruppentagung Umweltpsychologie 26.-28.09.99 in Magdeburg.- Magdeburg
- Henderson-Sellers, A. (1990): Australian public perception of the greenhouse issue.- In: Climatic Change 17, S. 69-96
- Jaeger, C.; Dürrenberger, G.; Kastenholz, H. & Truffer, B. (1993): Determinants of environmental action with regard to climatic change.- In: Climatic Change 23, S. 193-211
- Kempton, W. (1991): Lay perspectives on global climate change.- In: Global Environmental Change 1, S. 183-208
- Kempton, W.; Boster, J.S. & Hartley, J.A. (1995): Environmental values in American Culture.- Cambridge
- Krauth, J. (1993): Einführung in die Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA).- Weinheim
- Kruse, L. (1995): Soziale Repräsentation des Mannes in der alltäglichen Rede.- In: Flick, U. (Hrsg.): Psychologie des Sozialen. Repräsentationen in Wissen und Sprache.- Reinbek, S. 251-264
- Lecher, T. (1997): Die Umweltkrise im Alltagsdenken.- Weinheim

- Löfstedt, R.E. (1992): Lay perspectives concerning global climate change in Sweden.- In: Energy and Environment 3(2), S. 161-175
- Löfstedt, R.E. (1993): Lay perspectives concerning global climate change in Vienna, Austria.- In: Energy and Environment 4(2), S. 140-154
- Lozán, J.L.; Graßl, H. & Hupfer, P. (Hrsg.) (1998): Warnsignal Klima. Das Klima des 21. Jahrhunderts.- Hamburg
- McDaniels, T.; Axelrod, L.J. & Slovic, P. (1996): Perceived ecological risks of global change. A psychometric comparison of causes and consequences.- In: Global Environmental Change 6(2), S. 159-171
- Moscovici, S. (1961/1976): La psychanalyse, son image et son public (2. Aufl.).- Paris
- Moscovici, S. (1984): The phenomenon of social representations.- In: Farr, R.M. & Moscovici, S. (Eds.): Social representations.- Cambridge, S. 3-69
- Parsons, T. (1997): The social system.- London
- Read, D.; Bostrom, A.; Granger Morgan, M.; Fischhoff, B. & Smuts, T. (1994): What do people know about global climate change? II. Survey studies of educated laypeople.- In: Risk Analysis 14(6), S. 971-982
- Rüdiger, W. (1995): Public opinion and global warming (Strathclyde Papers on Government and Politics, No. 101).- Glasgow
- Scientific Software Development (1999): ATLAS.ti. The knowledge workbench.- London
- Stahlberg, D. & Frey, D. (1987): Konsistenztheorien.- In: Frey, D. & Greif, S. (Hrsg.): Sozialpsychologie. Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen.- München, S. 214-221
- Stern, P.C.; Young, O.R. & Druckman, D. (1992): Global environmental change: Understanding the human dimensions.- Washington, D.C.
- Suda, M. (1998): Prima Klima? Die Klimaveränderung im Meinungsbild der Bevölkerung. Vortrag anlässlich der Forstlichen Hochschulwoche 1998 am 9.11.98 in Freising.- München
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (1996): Welt im Wandel: Wege zur Lösung globaler Umweltprobleme. Jahresgutachten 1995.- Berlin
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (1999): Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998.- Berlin

Anschrift der Autoren:

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
 Institut für Psychologie
 Postfach 4120
 D-39016 Magdeburg
<http://www.uni-magdeburg.de/ipsy/>

11 ZUKUNFTSENTWÜRFE UND GESTALTUNGSPOTENTIALE ANGESICHTS MÖGLICHER KLIMAVERÄNDERUNGEN

WILLI STREITZ

Abstract

Die komplexen Wahrnehmungen, Bewertungen und Meinungen von Bürgern bezüglich möglicherweise klimabedingter Risiken für den norddeutschen Küstenraum werden mit einem Mix aus quantitativen und qualitativen sozialwissenschaftlichen Methoden am Beispiel der Insel Sylt betrachtet. Input für unsere Erhebungen subjektiver Bewertungen und Stellungnahmen Sylter Bürger war die Beschreibung der Insel und ihrer Nutzung durch statistische Kennzahlen, die Darstellung der klimabedingten Veränderung der Inselgestalt durch geologische Forschungsergebnisse, die aus wissenschaftlicher Sicht notwendigen Veränderungen aktiver und passiver Küstenschutzmaßnahmen sowie deren mögliche Einflüsse auf den Tourismus und die natürlichen Ökosysteme. Im Zentrum unserer Forschung stehen die von informierten Bürgern im Rahmen von Gesprächsgruppen erarbeiteten alternativen Bedeutungen der Insel Sylt und sich möglicherweise daraus ergebende zukünftige Nutzungskonzepte angesichts der prognostizierten Klimaveränderungen. Nach einer Einführung in die Klimadebatte der letzten Jahrzehnte werden die wesentlichen zur Erreichung unserer Forschungsziele durchgeführten Arbeitsschritte und so gewonnenen Ergebnisse dargestellt. Dabei handelt es sich um die Bearbeitung von Daten der amtlichen Statistik, die Durchführung einer Befragung und eine viertägige Veranstaltung (Planungszelle) mit Sylter Bürgern in Westerland.

11.1 Klimawandel und Gesellschaft

Die moderne Gesellschaft glaubt, sich weitgehend unabhängig von den Unannehmlichkeiten des Wetters gemacht zu haben. "Wetter und Klima finden draußen statt und können uns wenig anhaben" (Graßl 1999:23). Das Ausweichen vor der Unbill des Winters in wärmere Gegenden ist heute nicht mehr nur ein Privileg begüterter Schichten, zu denen auch viele Gäste der Insel Sylt zählen. Für Sylt ist es nur dann ein Problem, wenn die größere Anzahl zahlungskräftiger Inselgäste deswegen ausbliebe. Da sich die meisten Opfer von Naturkatastrophen ohnehin dort finden, wo die Menschen am ärmsten sind, und Letzteres trifft im Falle Sylt weder auf Gäste noch auf so manchen Einheimischen zu, wird die mögliche Klimaveränderung – so scheint es aus der lokalen Perspektive und in erster Annäherung - der Insel wohl nichts anhaben können. Darüber hinaus ist die Klimadiskussion eine sehr akademische und ein Durchschnittswetter nun mal im Alltag nicht erfahrbar. Dort ist man einem realen Herbststurm, kaltem Frost oder einem heißen Sommertag ausgesetzt, Wind und Wetter, der Witterung eben aber niemals dem Klima, denn dieses existiert in der Erfahrungswelt von Alltagsmenschen nicht. Es gehört nahezu ausschließlich in den Erfahrungsbereich von Wissenschaft. Eine Ausnahme könnte der welterfahrene Flugtourist sein, der bei der Ankunft in seinem Urlaubsparadies ein gewisses Unwohlsein spürt, von dem er nicht mit Bestimmtheit sagen kann, ob es von dem fremden Klima oder von der fremden Kultur hervorgerufen wurde. Dennoch sind in der Regel allenfalls Nachrichten über Forschungsergebnisse oder bloße Spekulationen von Medien darüber in der Lage,

bei Alltagsmenschen Reaktionen auf mögliche Klimaveränderungen hervorzurufen. Auf einige dieser Nachrichten soll daher auch hier nicht verzichtet werden.

Zu Beginn der Debatte um zivilisationsbedingte Klimaänderungen vor mehr als zwei Jahrzehnten waren noch dramatische Klimaänderungen als Folge der Nutzung fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl, Erdgas) vorhergesagt worden, so unter anderem eine Verdoppelung des CO₂-Gehalts bereits bis zum Jahr 2030 und ein Anstieg des Meeresspiegels um bis zu 6 Meter. Die Welt schien den Zeitpunkt verpasst zu haben, eine Klimakatastrophe (Rabe 1990) zu verhindern. Heute fallen Klimaprognosen weniger dramatisch aus. Dennoch ließ sich das Muster der Erwärmung an der Erdoberfläche und in verschiedenen Höhen der Atmosphäre immer klarer dem Einfluss des Menschen zuordnen (Hasselmann 1993, 1997; Graßl 1999). Ein Beispiel für die Kontroversen, die sich aus dieser Aussage ergeben, findet sich bei Nakott (1997). Hasselmann (1995) geht auf die Frage ein, wie man mit den Ungewissheiten umzugehen hat, die sich grundsätzlich aus wissenschaftlichen Aussagen zum Thema Klimaänderung ergeben.

Im Zuge der naturwissenschaftlichen Klimadebatte wurden auch von den Sozialwissenschaften auf der Grundlage sehr heterogener theoretischer Konzepte Beiträge zur Bearbeitung des Themas Klimaveränderung geleistet und sehr unterschiedliche Auffassungen vertreten. Soweit es die Soziologie angeht, handelt es sich bei diesen Konzepten im Wesentlichen um Modernisierungstheorien (Beck 1986, 1988, 1993; Berger 1986; Luhmann 1986, 1991; Offe 1986; Giddens 1990; Wehling 1992), Konflikt- und Wertewandeltheorien einschließlich rational-choice und spieltheoretischer Ansätze (Brand 1982, 1994; Fischer 1992, 1992a; Hardin 1968; Ingelhart 1977; Lau 1989; Münch 1994; Oberthür 1992; Prittwitz 1990), Diskurstheorien (Brand 1993, 1994) sowie Konzepte der Risikoforschung (Bonß 1995; Funtowicz u. Ravetz 1990; Wiesenthal 1994).²⁹ Wir zählen in diesem Beitrag mögliche Klimaveränderungen nicht zu den natürlichen Katastrophen, sondern als kollektive Folge vieler individueller Einzelentscheidungen zu den gesellschaftlichen Risiken (Beck 1988:109f., 1993:40f.; Berger 1986:92; von Beyme 1991:324; Luhmann 1993:160). Von Risiken ausgehende Gefahren belasten verursachende Entscheider und von Schäden Betroffene in je unterschiedlicher Weise (Wiesenthal 1994:137; Krohn u. Krücken 1993:32f.). Die Polarisierung von Betroffenen und Verursachern gelingt jedoch wegen strittiger Kriterien häufig nicht exakt, zumal wenn Gewinner und Verlierer möglicher, globaler Klimaveränderungen mit Szenariotechniken bestimmt werden. Denn je nach Standpunkt führen unterschiedliche Annahmen zu unterschiedlichen Szenarien und möglicherweise anderen Gewinnern und Verlierern.

Auch der Streit um die Verteilung der Kosten für Klimaschutz bzw. die Verteilung der Folgen des unterlassenen Klimaschutzes ist letztlich eine Auseinandersetzung, bei der es um das sehr nahe liegende eigene Interesse und nicht um langfristige übergenerative Erwägungen geht (Dombrowsky 1993:347). Der Charakter dieses Streites liegt im Wesentlichen in der möglicherweise universellen Betroffenheit von Entscheidungen über Risiken, die wir in zeitlicher, räumlicher, sozialer und kausaler Hinsicht nicht genau kennen, und das Problem der Unsicherheits-

²⁹ Aufzählungen ohne Anspruch auf Vollständigkeit

Unsicherheit (van Daele 1993:292f.; Krohn u. Kücken 1993:24/34) macht die Debatte anfällig für nahezu beliebige Definitionen. Die Klimaproblematik ist maßgeblich geprägt durch Prozesse ihrer unter vielfältigen Unwägbarkeiten ablaufenden Kommunikation in den gesellschaftlichen Subsystemen. Dies betrifft nicht nur die sozialen Prozesse der öffentlichen Diskussion auf ökonomischem, politischem oder kulturellem Gebiet, sondern in besonderem Maße die sozialen Prozesse, welche die wissenschaftliche Konstruktion des Klimawandels begleiteten und bis heute bestimmen. Die besondere Bedeutung gerade naturwissenschaftlicher Aussagen zum Klimawandel und seinen möglichen Folgen liegt in ihrem vermeintlichen Wahrheitscharakter.

Doch heute ist es keine neue Erkenntnis, dass schon die institutionelle Struktur des Wissenschafts- und Universitätssystems mit ihrer Ausrichtung an disziplinärer Reputation in gewissem Sinne ein Hemmnis für Forschung sein kann. Noch ein weiterer Faktor verweist auf das Gelingen oder Scheitern von Forschung: Die Zusammenarbeit innerhalb von Forschergruppen findet immer im sozialen Kontext statt. Und selbst aus den "harten" Naturwissenschaften weiß man seit langem, dass der soziale Prozess der Forschung durchaus Einfluss auf wissenschaftliche Ergebnisse hat. Forschergruppen konstituieren die strukturellen Bedingungen ihrer Zusammenarbeit. Diese Strukturparameter beeinflussen auch den Forschungsprozess. Man hat es - wie in jedem sozialen Kontext - u.a. mit den Interessen und der Durchsetzungskraft bzw. -macht Einzelner, aber auch mit personellen und thematischen Beziehungsgeflechten zu tun. Daher sind auch naturwissenschaftliche Befunde durchaus als voraussetzungsvolle soziale Konstrukte anzusehen (Beck u. Bonß 1984; Bonß 1993), denen der Laie nicht auf den ersten Blick ansehen kann, ob sie das Ergebnis der Anwendung wissenschaftlich-objektiver Kriterien sind, oder ob sie auf subjektiver Urteilsbildung beruhen. Wenn noch transdisziplinären Ansprüchen nachgekommen werden soll, wird die Einbindung forschungsexterner Gruppen zusätzliche Probleme aufwerfen. Jedenfalls findet die Debatte unter Wissenschaftlern zum gegenwärtigen Zeitpunkt in der Bandbreite zwischen zumindest zwei radikal gegensätzlichen Auffassungen zum Thema globale Erwärmung statt:

1. Die kommenden Klimaveränderungen werden ohne jeden Zweifel eintreten und zwar so drastisch und plötzlich, dass ganze Ökosysteme zerstört werden und im Zuge dessen immer mehr Arten aussterben werden und dass der unweigerliche Anstieg des Meeresspiegels zu mehreren Millionen Umweltflüchtigen führen wird.
2. Alle bisherigen Aussagen über Klimaveränderungen sind nicht gesichert, und da es keine Beweise zur Erhärtung der Voraussagen gibt, besteht auch keine Veranlassung sich auf ein Ereignis einzustellen, das höchst unwahrscheinlich ist.

In der Tat bestehen in allen gesellschaftlichen Bereichen Unsicherheiten über einen möglichen Klimawandel. Seine möglichen Risiken und Gefahren sind das Ergebnis auf Unsicherheit beruhender und häufig erst in zweiter Linie auch sachverhaltsbedingter Auseinandersetzungen zwischen einer Vielzahl von verschiedenen Akteuren mit relativ kurzfristigen Nutzungsinteressen. Die Wahrnehmung langfristiger, globaler Phänomene will im Alltag manchmal nicht so recht erkennbar sein. Auch sind von der Wissenschaft selbst für kleine Räume nur sehr schwer

gebrauchsfertige, widerspruchsfreie Ergebnisse zu erzielen, selbst wenn sie sich „Praxisbezug“, „Umsetzung“ oder „Transdisziplinarität“ und „Nachhaltigkeit“ verpflichtet fühlt. Der Politik wie dem Einzelnen kann die Verantwortung für Entscheidungen zu nachhaltigen Entwicklungen angesichts gegebener Interessenlagen nicht abgenommen werden.

In der Fallstudie Sylt wird ein lokaler Fokus gewählt, für ihn gilt manch oben Gesagtes in gleicher Weise. Am Beispiel des überschaubaren norddeutschen Küstenraumes wird die Bewertungsebene normaler Bürgerinnen und Bürger empirisch betrachtet. Was also hält ein Sylter Bürger von der öffentlichen Klimadiskussion und welche Konsequenzen soll er daraus ziehen? Welche Interessenlagen bestehen aus seiner Sicht für und auf Sylt? In welcher Gefahr befindet sich die Insel aus Sicht Sylter Bürger? Werden die unbestreitbaren Veränderungen der Inselgestalt überhaupt mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht, oder verhindert dies das doch sehr große Maß der Vertrautheit mit der Gefahr, die von der Nordsee ausgeht? Trägt gar das Ausmaß in dem Veränderungen des Küstenverlaufes den Menschen auf der Insel Schaden zufügen können einen Teil zur Attraktivität der Insel bei? Wird die subjektive Wahrnehmung der indirekten, weil in der Zukunft liegenden Risiken des Klimawandels für Sylt die Diskussion um den Natur- und Küstenschutz im Hinblick auf eine zukunftsfähige Entwicklung beeinflussen?

Die Westküste von Sylt unterlag von jeher einem permanenten Abtrag. Selbst wenn sich die Sandverluste angesichts des Klimawandels unter der Annahme der schlechtesten Bedingungen bis zum Jahre 2050 verdoppeln sollten, wäre ein Ausgleich des Sedimentverlustes durch Sandvorspülungen denkbar (Ahrend u. Thiede, Kapitel 6). Vor diesem Hintergrund wollen wir am Beispiel der Insel Sylt, mit Methoden der Aggregatdatenanalyse (Pappi 1977) amtlicher Statistiken, Umfragetechniken (Holm 1975; Erbslöh 1972) und einem an das Instrument der Planungszelle (Dienel 1992) angelehnten Verfahren der Frage nachgehen, ob die Bevölkerung der norddeutschen Küstenregion dem von Experten vorhergesagten Klimawandel in einem Umfang Bedeutung beimisst, der ihre Erwartungen und Planungen für die Zukunft maßgeblich beeinflussen kann und welche möglichen Zukünfte sich auf der Basis gegenwärtiger Entscheidungen ergeben könnten. Korrespondierende Ergebnisse unserer drei Datenbasen – also objektive und subjektive Aspekte - werden einer im Wesentlichen explorativen Auswertung zugeführt.

11.2 Vorgehensweise und Methoden

11.2.1 Aggregatdatenanalyse der amtlichen Statistik

Im Rahmen der Untersuchung wurden zunächst Aggregatdaten des Jahres 1996 für 1227 Gemeinden, 4 kreisfreie Städte und die 11 Kreise und das Land Schleswig-Holstein vom Statistischen Landesamt für Zwecke der Beschreibung von Gemeinden im norddeutschen Küstenbereich erworben. Aus Kostengründen und weil die Bearbeitung von Daten der amtlichen Statistik ursprünglich nicht vorgesehen war, konnten keine Zeitreihen analysiert werden, sondern nur die zum damaligen Zeitpunkt aktuellsten Daten. Veränderungen im Zeitverlauf werden von uns daher bisher nicht betrachtet, obwohl eine solche Betrachtungsweise prinzipi-

ell sinnvoll ist. Zunächst wurden die üblichen univariaten, rein deskriptiven Betrachtungen für die Sylter und zum Vergleich auch die Amrumer und Föhrer Gemeinden vorgenommen. Da relative Häufigkeiten für Vergleiche besser geeignet sind als die absoluten Zahlen der amtlichen Statistik, mussten diese zunächst berechnet und dann Tabellen erzeugt werden. In einem weiteren Schritt wurden dann die Besonderheiten einzelner nordfriesischer Gemeinden als Abweichung vom arithmetischen Mittel für die Kreisebene - oder anders gesagt, von der nordfriesischen Durchschnittsgemeinde – für das Jahr 1996 herausgearbeitet und dargestellt (Dombrowsky u. Streitz 1998, 1998a).

11.2.2 Befragung Sylter Bürger

Im Herbst 1998 wurde eine Befragung Sylter Bürger durchgeführt (Dombrowsky u. Streitz 1999). Bei der Konzeption kam in gewissem Umfang auch ein Wissenstransfer von den anderen Teilvorhaben zum Tragen, beispielsweise bei der Einschätzung von Klimaszenarien. Wesentliche Teile der Befragung bezogen sich auf die Lebensverhältnisse und den Lebensverlauf der Befragten, ihre Zukunftsängste, das Sylt-Image, die in der Fallstudie verwendeten drei plausiblen Klimaszenarien und die Trends aus dem Beziehungsgeflecht (Fränzle u. Daschkeit 1999). Durch eine relativ hohe Anzahl von erhobenen Merkmalen und die teils offenen Fragen wurde versucht, die Nachteile einer standardisierten Befragung gegenüber dem ursprünglich favorisierten, eher offenen und explorativen Instrument der Planungszelle auszugleichen.

Zunächst wurden 500 Adressen aus der CD D-Info 97 zufällig ausgewählt. In 154 Fällen wurden Adressen als Ferienwohnungen identifiziert. 59 Anschreiben waren unzustellbar. Bei den verbliebenen 287 erreichbaren Adressen haben 41 Personen ein Interview durch schriftliche oder mündliche Willensäußerung verweigert und 161 Personen haben wir entweder nicht angetroffen, oder sie haben den Fragebogen ohne Angabe von Gründen nicht ausgefüllt. Letztlich konnten 85 Personen befragt werden. Dies sind 29,6 % der erreichbaren Adressaten und stellt keine Zufallsauswahl dar. Dennoch erscheint das Sample etwa hinsichtlich des Merkmales Geschlecht nur wenig verzerrt. Denn der Anteil von 46,3 % weiblicher und 53,8 % männlicher Befragter in unserer Stichprobe weicht nur geringfügig von der Verteilung (49,5 % weiblich u. 50,5 % männlich) ab, die man der amtlichen Statistik für das Jahr 1966 entnehmen kann ab. Nur 24,7 % unserer Befragten sind auf Sylt geboren. Allerdings leben auch die „Zugezogenen“ im Durchschnitt seit 22,7 Jahren auf der Insel, so dass ihnen hinreichende Syltkenntnisse und auch emotionale Bindungen an die Insel zugeschrieben werden können.

11.2.3 Planungszelle als partizipatives Instrument

Die Planungszelle ist eine Gruppe von Bürgern, die nach einem Zufallsverfahren ausgewählt und für begrenzte Zeit von ihren arbeitstäglichen Verpflichtungen vergütet freigestellt worden sind, um, assistiert von Prozessbegleitern, Lösungen für vorgegebene, lösbare Planungsprobleme zu erarbeiten (Dienel 1992:74). Das Modell wurde von Peter C. Dienel an der Forschungsstelle Bürgerbeteiligung und Planungsverhalten an der Bergischen Universität Wuppertal entwickelt und gilt heute als weitestgehend standardisiertes Instrument der Basisdemokratie und Bür-

gerbeteiligung, das weltweit ein hohes Ansehen genießt und sich in der Praxis überaus bewährt hat. Eine Planungszelle arbeitet zeitlich befristet, meist an vier bis fünf Tagen zu je acht Stunden. Die meiste Zeit sind die ca. 25 Teilnehmer in Kleingruppen zu je fünf Leuten, in möglichst täglich wechselnder Besetzung (3-6 mal im Verlauf eines Tages), beschäftigt. Damit die Teilnehmer das für ihre Empfehlungen notwendige Fachwissen besitzen, werden sie zu Beginn von Experten ausreichend informiert und anschließend von zwei neutralen Prozessbegleitern assistiert. Die so entstandenen Ergebnisse werden in einem so genannten "Bürgergutachten" zusammengefasst, das den Auftraggeber bei der Entwicklung eigener Lösungswege unterstützen soll. Positive Effekte solcher Verfahren sind innovative Sachergebnisse, Chancen für nachhaltige Politiken, Konfliktprophylaxe durch heterogene Gesprächssituationen, Systemvertrauen durch Beteiligung, effiziente politische Bildung und positive Rückwirkungen auf die personale Identität (Dienel 1992:174). Das ursprüngliche Konzept der Planungszelle kann nicht ohne weiteres auf Forschungszusammenhänge übertragen werden und wurde daher für unsere Zwecke angepasst.

11.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Im Folgenden präsentieren wir eine Auswahl der aus unseren drei Datenbasen gewonnenen Ergebnisse.

11.3.1 Die Flächennutzung auf Sylt im Vergleich zum Kreis Nordfriesland

Naturschutz hat auf Sylt zwar Tradition. Weite Teile der Insel sind heute als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Doch bereits als der Fremdenverkehr in Westerland ab etwa 1854 einsetzte, entschloss man sich, die frühere Abneigung gegen den Hausbau in unmittelbarer Nähe der Westküste aufzugeben und das Gebiet zwischen dem Westerländer Dorfkern und dem westlichen Dünengürtel zu bebauen. Was die Insel zu zerstören droht hatten Sylter Bürger und Gemeindevertreter später erkannt. Bereits in den 70-er Jahren dachten die untereinander zerstrittenen Gemeinden im Planungsverband Sylt über eine Begrenzung der Besucherzahl und ein Ende der wilden Bebauung nach. Dennoch plante man damals bis 1985 noch ca. 2000 Häuser, davon 500 für Einheimische zu bauen (Jürgs u. Trost 1978:194). Trotz oder auch gerade wegen der damals erlassenen Bauschriften, wie etwa dem Kampener Ortsstatut, blieb die Insel lange ein Paradies für Baulöwen und ist wohl auch heute eines für Immobilienhaie. Schon als das Kieler Innenministerium im April 1972 seine Zustimmung zum Projekt „Atlantis“, dem ominösen Bebauungsplan Nord Nr. 25 versagte und die Landesregierung der Stadt Westerland daraufhin die Befugnis zu Baugenehmigungen entzog (Jürgs u. Trost 1978:198), zeigte sich deutlich, wie groß das Konfliktpotential bezüglich der Bebauung einmal war. „Atlantis“ ging zwar unter, ein Stück Entscheidungsbefugnis aber auch, der Konflikt besteht jedoch fort. In der Brust der Sylter wohnen bis heute zwei Seelen. Einerseits ist man für Naturschutz, andererseits will man an den Gästen verdienen und findet sich daher mit Blechlawinen, unmöglichen Kurgasthäusern und der Westerländer Skyline ab. Es gibt angesichts der Sünden-

fälle der Vergangenheit alle Mal genug Grund, sich die Nutzung der knappen Flächenressourcen auf der Insel einmal im Vergleich zum Kreisgebiet anzusehen.

Sylt gehört zum Landkreis Nordfriesland und ist mit 99 km² die größte der nordfriesischen Inseln. Die Insel ist in nord-südlicher Ausdehnung ca. 42 km lang und in der Mitte bis zu 12,5 km, an ihrer schmalsten Stelle allerdings nur 600 m breit. Sie gliedert sich in sieben Gemeinden. List, der nördlichste Ort Deutschlands, hat eine Fläche von 1.921 ha, Kampen von 869, Wenningstedt von 636 ha, Westerland von 1.046 ha, Sylt-Ost von 3.797 ha, Rantum von 938 ha und

Tabelle 11-1: Flächennutzung in den Sylter Gemeinden

<i>1966</i>	<i>Hörnum</i>	<i>Kampen</i>	<i>List</i>	<i>Rantum</i>	<i>Sylt-Ost</i>	<i>Wenningstedt</i>	<i>Westerland</i>
Bodenfläche (ha) - insgesamt	713,00	869,00	1921,00	938,00	3797,00	636,00	1046,00
Siedlungs- u. Verkehrsfläche (ha) - insgesamt	407,00	384,00	497,00	329,00	1107,00	317,00	528,00
Verkehrsfläche (ha) - zusammen	33,00	47,00	54,00	50,00	599,00	67,00	100,00
Siedlungsfläche (ha)	374,00	337,00	443,00	279,00	508,00	250,00	428,00
Siedlungs- und Verkehrsfläche (%B)	57,08	44,19	25,87	35,07	29,15	49,84	50,48
Verkehrsfläche (%SV)	8,11	12,24	10,87	15,20	54,11	21,14	18,94
Siedlungsfläche (%SV)	91,89	87,76	89,13	84,80	45,89	78,86	81,06
Landwirtschaftsfläche (%B)	2,24	27,27	6,09	3,30	58,94	36,64	17,21
Waldfläche (%B)	,00	4,49	,16	1,49	,50	,94	4,40
Wasserfläche (%B)	,56	1,96	6,40	24,31	7,03	,79	20,36
Abbauland (%B)	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
Flächen anderer Nutzung (%B)	40,25	22,09	61,53	35,93	4,35	11,95	7,55
Gebäude- u. Freifläche (%S)	16,31	40,06	30,93	20,43	61,61	55,20	62,85
Betriebsfläche (%S)	16,84	,59	1,35	,36	5,31	3,60	6,54
Erholungsfläche (%S)	66,84	59,35	67,72	78,85	32,28	41,20	30,37

%B = Anteil der Gesamtbodenfläche, %SV = Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche, %S = Anteil der Siedlungsfläche

Grundlage: Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein

Tabelle 11-2: Durchschnittliche Flächennutzung nordfriesischer Gemeinden

<i>1966</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Median</i>	<i>Modus</i>	<i>Standardabweichung</i>	<i>N</i>
Bodenfläche (ha) - insgesamt	1495,88	1157,00	259,00	1094,02	137
Bodenfläche (ha) - insgesamt	1495,88	1157,00	259,00	1094,02	137
Siedlungs- u. Verkehrsfläche (ha) - insgesamt	147,50	98,00	38,00	160,96	137
Siedlungs- u. Verkehrsfläche (ha) - insgesamt	147,50	98,00	38,00	160,96	137
Verkehrsfläche (ha) - zusammen	60,42	47,00	38,00	63,51	137
Verkehrsfläche (ha) - zusammen	60,42	47,00	38,00	63,51	137
Siedlungsfläche (ha)	87,07	44,00	24,00	114,97	137
Siedlungsfläche (ha)	87,07	44,00	24,00	114,97	137
Siedlungs- und Verkehrsfläche (%B)	11,24	6,99	6,99	11,26	137
Siedlungs- und Verkehrsfläche (%B)	11,24	6,99	6,99	11,26	137
Verkehrsfläche (%SV)	48,04	50,56	57,14	15,42	137
Verkehrsfläche (%SV)	48,04	50,56	57,14	15,42	137
Siedlungsfläche (%SV)	51,96	49,44	42,11	15,42	137
Siedlungsfläche (%SV)	51,96	49,44	42,11	15,42	137
Landwirtschaftsfläche (%B)	77,43	83,79	2,24	19,01	137
Landwirtschaftsfläche (%B)	77,43	83,79	2,24	19,01	137
Waldfläche (%B)	3,48	1,37	,00	5,07	137
Waldfläche (%B)	3,48	1,37	,00	5,07	137
Wasserfläche (%B)	3,01	1,83	,00	4,10	137
Wasserfläche (%B)	3,01	1,83	,00	4,10	137

Abbauland (%B)	,08	,00	,00	,37	137
Flächen anderer Nutzung (%B)	4,78	1,46	,00	9,31	137
Flächen anderer Nutzung (%B)	4,78	1,46	,00	9,31	137
Gebäude- u. Freifläche (%S)	87,29	92,59	100,00	16,73	137
Gebäude- u. Freifläche (%S)	87,29	92,59	100,00	16,73	137
Betriebsfläche (%S)	1,66	,00	,00	4,79	137
Betriebsfläche (%S)	1,66	,00	,00	4,79	137
Erholungsfläche (%S)	10,28	5,00	,00	15,68	137
Erholungsfläche (%S)	10,28	5,00	,00	15,68	137

%B = Anteil der Gesamtbodenfläche, %SV = Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche, %S = Anteil der Siedlungsfläche

Grundlage: Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein

Tabelle 11-3: Abweichung der Flächennutzung Sylter Gemeinden vom Kreisdurchschnitt

<i>1966</i>	<i>Hörnum</i>	<i>Kampen</i>	<i>List</i>	<i>Rantum</i>	<i>Sylt-Ost</i>	<i>Wenningstedt</i>	<i>Westerland</i>
Bodenfläche (ha) – insgesamt	-782,88	-626,88	425,12	-557,88	2301,12	-859,88	-449,88
Bodenfläche (ha) – insgesamt	-782,88	-626,88	425,12	-557,88	2301,12	-859,88	-449,88
Siedlungs- u. Verkehrsfläche (ha) – insgesamt	259,50	236,50	349,50	181,50	959,50	169,50	380,50
Siedlungs- u. Verkehrsfläche (ha) – insgesamt	259,50	236,50	349,50	181,50	959,50	169,50	380,50
Verkehrsfläche (ha) – zusammen	-27,42	-13,42	-6,42	-10,42	538,58	6,58	39,58
Verkehrsfläche (ha) – zusammen	-27,42	-13,42	-6,42	-10,42	538,58	6,58	39,58
Siedlungsfläche (ha)	286,93	249,93	355,93	191,93	420,93	162,93	340,93
Siedlungsfläche (ha)	286,93	249,93	355,93	191,93	420,93	162,93	340,93
Siedlungs- und Verkehrsfläche (%B)	45,84	32,95	14,63	23,83	17,91	38,60	39,24
Siedlungs- und Verkehrsfläche (%B)	45,84	32,95	14,63	23,83	17,91	38,60	39,24
Verkehrsfläche (%SV)	-39,93	-35,80	-37,17	-32,84	6,07	-26,90	-29,10
Verkehrsfläche (%SV)	-39,93	-35,80	-37,17	-32,84	6,07	-26,90	-29,10
Siedlungsfläche (%SV)	39,93	35,80	37,17	32,84	-6,07	26,90	29,10
Siedlungsfläche (%SV)	39,93	35,80	37,17	32,84	-6,07	26,90	29,10
Landwirtschaftsfläche (%B)	-75,19	-50,16	-71,34	-74,13	-18,49	-40,80	-60,22
Landwirtschaftsfläche (%B)	-75,19	-50,16	-71,34	-74,13	-18,49	-40,80	-60,22
Waldfläche (%B)	-3,48	1,01	-3,33	-1,99	-2,98	-2,54	,91
Waldfläche (%B)	-3,48	1,01	-3,33	-1,99	-2,98	-2,54	,91
Wasserfläche (%B)	-2,45	-1,06	3,39	21,29	4,02	-2,23	17,35
Wasserfläche (%B)	-2,45	-1,06	3,39	21,29	4,02	-2,23	17,35

Abbauland (%B)	-,08	-,08	-,08	-,08	-,08	-,08	-,08
Flächen anderer Nutzung (%B)	35,48	17,32	56,75	31,15	-,43	7,17	2,78
Flächen anderer Nutzung (%B)	35,48	17,32	56,75	31,15	-,43	7,17	2,78
Gebäude- u. Freifläche (%S)	-70,98	-47,23	-56,36	-66,86	-25,67	-32,09	-24,44
Gebäude- u. Freifläche (%S)	-70,98	-47,23	-56,36	-66,86	-25,67	-32,09	-24,44
Betriebsfläche (%S)	15,19	-1,06	-,30	-1,30	3,66	1,94	4,88
Betriebsfläche (%S)	15,19	-1,06	-,30	-1,30	3,66	1,94	4,88
Erholungsfläche (%S)	56,57	49,07	57,44	68,58	22,01	30,92	20,10
Erholungsfläche (%S)	56,57	49,07	57,44	68,58	22,01	30,92	20,10

%B = Anteil der Gesamtbodenfläche, %SV = Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche, %S = Anteil der Siedlungsfläche

Grundlage: Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein

Hörnum im Süden von 713 ha (Tabelle 11-1). Sieht man einmal von Sylt-Ost ab, so sind die Gemeindeflächen auf Sylt um ca. 450 bis 850 ha kleiner als im Durchschnitt des Kreise Nordfriesland. Diese Sylter Gemeinden gehören damit zu den 50 % der nordfriesischen Gemeinden, deren Bodenfläche kleiner als 1.157 ha ist. Die Gemeinde Sylt-Ost ist ein Zusammenschluss der vier Dörfer Archsum, Keitum (mit Ortsteil Munkmarsch), Morsum und Tinnum und liegt mit ihrer Bodenfläche 2.301 ha über dem Kreisdurchschnitt.

In allen Sylter Gemeinden ist der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche größer als im Kreisdurchschnitt. Betrachtet man das Verhältnis von Siedlungs- zu Verkehrsfläche, so wirkt sich dieser Tatbestand in der Regel zu Gunsten der Siedlungsfläche aus. Die Siedlungsfläche der Gemeinden ist – mit Ausnahme von Sylt-Ost – zwischen ca. 27 und 40 % größer als im Kreisdurchschnitt. Für die Verkehrsfläche gilt der umgekehrte Sachverhalt. Sie ist um den gleichen Prozentsatz kleiner. Der weitaus größte Anteil der Siedlungsfläche, nämlich zwischen ca. 20 % und 69 % sind als Erholungsfläche ausgewiesen. Die Gebäude- und Freifläche der Gemeinden liegt mit ca. 24 % bis 71 % deutlich unter dem Kreisdurchschnitt. Erwähnenswert sind noch Unterschiede zwischen den Gemeinden hinsichtlich der Flächen anderer Nutzung, deren Anteil an der Bodenfläche in List, Hörnum und Kampen besonders stark über dem Kreisdurchschnitt liegt. Häufig handelt es sich hier um militärisch genutzte Flächen. Besonders List ist stark durch seine militärische Vergangenheit geprägt. Hier liegt der Anteil dieser Flächen um 56,75 % über dem Kreisdurchschnitt (zum ganzen Absatz Tabelle 11-2 u. 11-3).

Wer über Flächennutzung auf Sylt spricht, kommt nicht umhin die dominierende touristische Nutzung zu erwähnen. Wenn der Tourismus für die Wirtschaftskraft von Schleswig-Holstein von erheblicher Bedeutung ist, so gilt dies für Sylt in noch stärkerem Maße. Allein 2.775.233 Übernachtungen von 313.305 Gästen in den 662 gewerblichen Fremdenverkehrsbetrieben (mit neun und mehr Betten) der Insel im Jahre 1996 sprechen eine deutliche Sprache (Tabelle 11-4).

Tabelle 11-4: Fremdenverkehr (gewerbliche Beherbergungsbetriebe) auf Sylt

1966	1	Anzahl
Fremdenverkehrsbetriebe		662
FV Betten		21026
FV Gäste		313305
FV Übernachtungen		2775233
Bevölkerung		21727

Quelle: Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein 1996

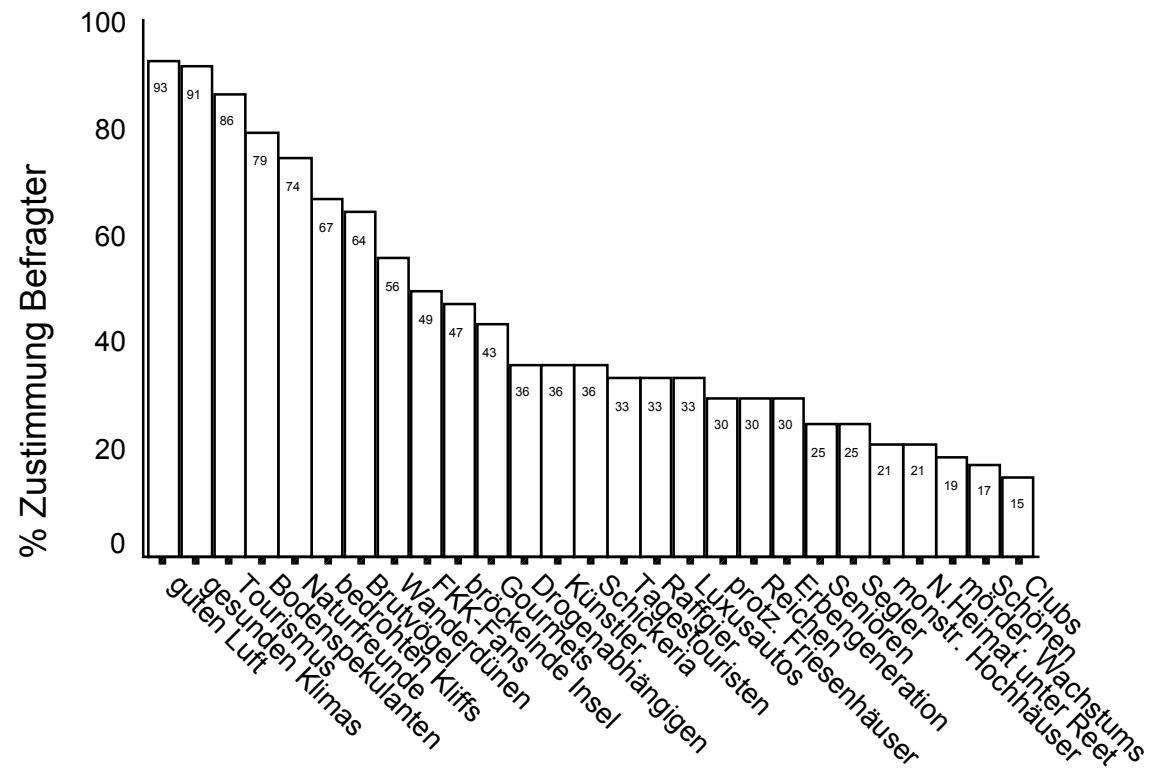
Allein daraus resultieren bei einer Einwohnerzahl von 21.727 ca. 128 Übernachtungen pro Inselbewohner. In ganz Schleswig-Holstein beträgt die Zahl der Übernachtungen pro Einwohner in gewerblichen Beherbergungsbetrieben im gleichen Jahr 3 und in Nordfriesland sind es 43 Übernachtungen (eigene Berechnungen auf der Grundlage der amtlichen Beherbergungsstatistik des Statistischen Landesamtes Schleswig-Holstein des Jahres 1996). Inselkenner schätzen noch einmal annähernd die gleiche Zahl der Übernachtungen in Privatquartieren oder bei Kleinvermietern. Die Tourismusintensität auf der Insel Sylt liegt also um ein Vielfaches höher als im Kreis Nordfriesland und im Land Schleswig-Holstein.

11.3.2 Umfrageergebnisse

11.3.2.1 Klimafaktoren aus Sylter Sicht

Wenn es stimmt, und in der Tat deuten alle uns zugänglichen Aussagen seitens Sylter Bürger in unserer Umfrage und in der Planungszelle daraufhin, dass Klimaveränderungen kein beherrschendes Thema für die Insel sind und auch nicht zur Grundlage von Entscheidungen über die Zukunft gemacht werden, stellt sich die Frage, welche Gründe dafür vorliegen, da andererseits die Bedeutung des Klimas für die Insel Sylt als Erholungs- und Kurort unbestritten ist.

Sylt ist die Insel



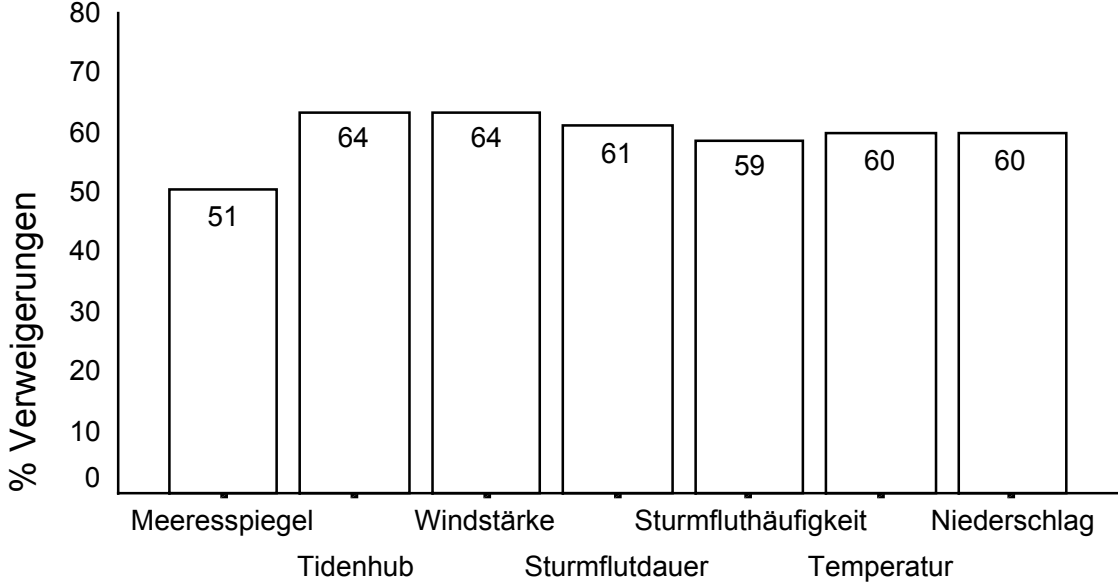
n = 85

Abbildung 11-1: Sylt ist die Insel ...

Sylts Klima ist atlantisch geprägt. Die Sommer sind mäßig warm, die Winter relativ mild. Im Herbst und im Winter liegen die Temperaturen im Vergleich zum Festland deutlich höher, wofür der relativ nahe Golfstrom sorgt. Seine Verlagerung hätte erhebliche Konsequenzen für das Inselwetter und somit auch für den Inseltourismus. Eine Besonderheit des Sylter Klimas ist die so genannte Reizstärke, die durch die hohe UV-Strahlung und durch die hohen Windstärken im Winter hervorgerufen wird. Der vorherrschende Westwind sorgt für abgasfreie nur unwesentlich mit Schwebstoffen belastete Luft und die hohen Windgeschwindigkeiten zerstäuben das Meerwasser in kleinste Partikel und viele Gäste nennen die gute Luft und die schöne Natur als Grund für ihren Aufenthalt. Naturmerkmale sind ein wichtiges Kapital der Insel und tragen entscheidend zur Attraktivität der Insel bei. Über 90 % der Befragten geben in unserer Umfrage an Sylt sei die Insel der guten Luft (93 %), des gesunden Klimas (91 %) und des Tourismus (86 %) (Abbildung 11-1). Dabei handelt es sich um Antworten auf die Frage: „Welcher Satz trifft auf Sylt zu?“

Dennoch sind der mögliche Klimawandel und seine potentiellen Folgen kein Thema, das Bürger der Insel besonders berührt. Unsere Umfrageergebnisse (Abbildung 11-2) zeigen, dass in der Regel über 50 % der Befragten die Antwort verweigern, wenn man nach der Veränderung einzelner Klimaparameter bis zum Jahre 2050 fragt. Möglicherweise ist der sehr lange Zeitraum, der für den Alltag eine andere Relevanz hat als für wissenschaftliche Klimaszenarien, einer der Gründe dafür. Ein weiterer Aspekt ist die oben schon angesprochene Nicht-Erfahrbarkeit von Klima im Alltag. Klima scheint auf der lokalen Ebene anders indiziert zu sein, als dies in der von der Wissenschaft in erster Linie diskutierten globalen Perspektive geschieht. Der Alltagsmensch macht seine Erfahrungen normalerweise in einer relativ kleinen Welt, deren räumliche Ausdehnung oft nur wenige Quadratkilometer umfasst. So orientiert sich sein Regionalbewusstsein gewöhnlich an kleinen überschaubaren Satisfaktionsräumen in der Größe der politischen Kreise, die auch seinem gesellschaftlichen Alltags-Kontaktnetz entsprechen (Bartels 1984:9). Gelegentlich wird heute in diesem Zusammenhang wieder von Heimat gesprochen.

Antwortverweigerungen
bei Einschätzungen zum Wandel
einzelner Klimaparameter bis 2050



n = 85

Abbildung 11-2: Antwortverweigerungen bei Einschätzungen zum Wandel einzelner Klimaparameter bis 2050

11.3.2.2 Das Sylt-Image aus Sylter Perspektive

Die Beziehungen von Menschen zur äußeren Welt sind symbolisch vermittelt. Auch seine Raumbindung beruht auf kulturell vorgeprägten Mustern des Erlebens, und das Bild, das der Einzelne von dem Ort hat, in dem er lebt, ist aus vergangenen, gegenwärtigen und möglicherweise auch zukünftigen Elementen gebaut. Dies gilt auch für das Bild, das man von Sylt hat. Selbst Sylter werden die Entstehung verschiedener Tatsachen und Klischees, die heute das Sylt-Image ausmachen nicht im Einzelnen erinnern. Die Faktorenanalyse einiger Variablen unserer Umfrage erschließt uns Klischees, die auch aus Sylter Perspektive ihren Beitrag zum Sylt-Image leisten und die aus unserer Sicht zugleich auf einige Problemlagen der Insel verweisen.

Das Verfahren der Faktorenanalyse geht zurück auf L. L. Thurstone (1947) und dient dazu, eine größere Anzahl von Items auf eine möglichst kleine Anzahl von Faktoren zurückzuführen, die aus ihren Kommunalitäten erschlossen werden können. Im vorliegenden Fall wird eine exploratorische Faktorenanalyse auf der Basis von Maximum-Likelihood-Schätzern verwendet. ML-Schätzer sollen eine robuste Schätzung des Korrelationskoeffizienten gewährleisten. Sie sind BAN-Schätzer, d. h. sie sind effizient (**B**est), asymptotisch erwartungstreu (**A**symptotic), und normalverteilt (**N**ormal) (Arminger 1979:179). Die Faktoren wurden schiefwinkelig rotiert. In die Analyse gingen die 27 Dummy-Variablen aus Abbildung 11-1 ein. Zur Faktorenextraktion wurde das Kaiser-Kriterium verwendet. Im Allgemeinen geht man bei der Maximum-Likelihood-Lösung der Faktorenanalyse davon aus, dass die Datenmatrix der beobachteten Variablen eine Stichprobe aus einer multivariaten Normalverteilung ist. Daher ermöglicht sie, wenn diese Bedingung annähernd erfüllt ist, statistische Tests bezüglich der Faktorenzahl (Arminger 1979:24). Jede beobachtete Variable kann als Linearkombination von gewichteten, gemeinsamen Faktoren, die in allen beobachteten Variablen vorhanden sind und jeweils einem spezifischen Faktor, der nur in dieser Variablen vorkommt und auch Messfehler enthalten kann, dargestellt werden (Arminger 1979:10). Die spezifischen Faktoren sind im Falle einer schiefwinkligen Rotation miteinander korreliert. Dies hat zur Folge, dass die Faktorladungen die Eigenschaften eines Korrelationskoeffizienten verlieren

Tabelle 11-5: Elemente des Sylt-Image

Variablen	Ladungsmuster einer Faktorenanalyse									
	Exklusivität	Gesundheit	Protzigkeit	Bedrohung	Reich u. Schön	Natur	Ambivalenz	Spekulation	Kehrseiten	
F67.8 Sylt ist die Insel der Clubs.	1,001									
F67.5 Sylt ist die Insel der Segler.	,248			,234	,210					
F67.5 Sylt ist die Insel der Segler.	,248			,234	,210					
F67.27 Sylt ist die Insel der guten Luft.		-1,003								
F67.27 Sylt ist die Insel der guten Luft.		-1,003								
F67.28 Sylt ist die Insel des gesunden Klimas		-,802								
F67.28 Sylt ist die Insel des gesunden Klimas		-,802								
F67.25 Sylt ist die Insel der Luxusautos.	,201		,897							
F67.25 Sylt ist die Insel der Luxusautos.	,201		,897							
F67.19 Sylt ist die Insel der Raffgier.			,439					,373		
F67.19 Sylt ist die Insel der Raffgier.			,439					,373		
F67.14 Sylt ist die Insel der bedrohten Kliffs.				,860		,213				
F67.14 Sylt ist die Insel der bedrohten Kliffs.				,860		,213				
F67.9 Sylt ist eine bröckelnde Insel.				,526						
F67.9 Sylt ist eine bröckelnde Insel.				,526						
F67.26 Sylt ist die Insel, die vom Tourismus lebt.				,281						
F67.26 Sylt ist die Insel, die vom Tourismus lebt.				,281						
F67.2 Sylt ist die Insel der Reichen.					,720					
F67.2 Sylt ist die Insel der Reichen.					,720					
F67.3 Sylt ist die Insel der Schönen.					,685					
F67.3 Sylt ist die Insel der Schönen.					,685					
F67.6 Sylt ist die Insel der Schickeria.					,559	,275		-,305		
F67.6 Sylt ist die Insel der Schickeria.					,559	,275		-,305		

Ladungsmuster einer Faktorenanalyse

<i>Variablen</i>	<i>Exklusivität</i>	<i>Gesundheit</i>	<i>Protzigkeit</i>	<i>Bedrohung</i>	<i>Reich u. Schön</i>	<i>Natur</i>	<i>Ambivalenz</i>	<i>Spekulation</i>	<i>Kehrseiten</i>
F67.8 Sylt ist die Insel der Clubs.	1,001								
F67.4 Sylt ist die Insel der Künstler.				,213	,406	-,256	-,329		
F67.18 Sylt ist die Insel der Erbgeneration.					,317				,287
F67.18 Sylt ist die Insel der Erbgeneration.					,317				,287
F67.13 Sylt ist die Insel der Wanderdünen.						,723			
F67.13 Sylt ist die Insel der Wanderdünen.						,723			
F67.12 Sylt ist die Insel der Brutvögel.						,446			
F67.12 Sylt ist die Insel der Brutvögel.						,446			
F67.17 Sylt ist die Insel der Senioren.	,247					,365			
F67.17 Sylt ist die Insel der Senioren.	,247					,365			
F67.7 Sylt ist die Insel der Naturfreunde.									-,770
F67.7 Sylt ist die Insel der Naturfreunde.									-,770
F67.11 Sylt ist die Insel der Gourmets.						,307		-,434	
F67.11 Sylt ist die Insel der Gourmets.						,307		-,434	
F67.24 Sylt ist die Insel der Neuen Heimat unter Reet.									
F67.24 Sylt ist die Insel der Neuen Heimat unter Reet.									
F67.20 Sylt ist die Insel des mörderischen Wachstums..									,678
F67.20 Sylt ist die Insel des mörderischen Wachstums..									,678
F67.10 Sylt ist die Insel der Bodenspekulanten.									,274
F67.10 Sylt ist die Insel der Bodenspekulanten.									,274
F67.16 Sylt ist die Insel der Tagestouristen.									-,587
F67.16 Sylt ist die Insel der Tagestouristen.									-,587
F67.15 Sylt ist die Insel der Drogenabhängigen.									-,569
F67.15 Sylt ist die Insel der Drogenabhängigen.									-,569

Ladungsmuster einer Faktorenanalyse

<i>Variablen</i>	<i>Exklusivität</i>	<i>Gesundheit</i>	<i>Protzigkeit</i>	<i>Bedrohung</i>	<i>Reich u. Schön</i>	<i>Natur</i>	<i>Ambivalenz</i>	<i>Spekulation</i>	<i>Kehrseiten</i>
F67.8 Sylt ist die Insel der Clubs.	1,001								
F67.1 Sylt ist die Insel der FKK-Fans.					,305				-,416
F67.21 Sylt ist die Insel der monströsen Hochhäuser.			,206					-,293	-,408
F67.21 Sylt ist die Insel der monströsen Hochhäuser.			,206					-,293	-,408
F67.23 Sylt ist die Insel der protzigen Friesenhäuser.			,257			,338			-,369
F67.23 Sylt ist die Insel der protzigen Friesenhäuser.			,257			,338			-,369

Extraction Method: Maximum Likelihood. Rotation Method: Oblimin with Kaiser Normalization. n = 85

und Ladungen > 1 auftreten können. In diesem Falle ist die Ladungsmatrix als Matrix der achsparallelen Projektionen der Variablen auf die Faktoren anzusehen, während die Faktorstrukturmatrix der Korrelationen der Variablen mit den Faktoren nicht wie im orthogonalen Fall gleich der Ladungsmatrix ist, sondern die orthogonalen Projektionen der Variablen auf die Faktoren darstellt. Zur Interpretation der Lösung eignet sich besonders die Ladungsmatrix. Im vorliegenden Fall ergaben sich 9 latente Dimensionen (Tabelle 11-5), die als mögliche Elemente des Sylt-Image aus der Sicht der Befragten in Frage kommen.

In den Augen der Interviewten gehört zu Sylt ohne Zweifel eine gewisse Exklusivität, die man sich eher leisten kann, wenn man erfolgreich im Erwerbsleben steht oder ein solches bereits hinter sich hat. Schon weiter oben haben wir auf die Bedeutung des Klimas und der Luft für die Gesundheit der Menschen auf der Insel hingewiesen. Doch zur Insel gehört auch eine gewisse auf Raffgier beruhende Protzigkeit, die gern durch Luxusautos und Friesenhäuser zur Schau gestellt wird. Außerdem erscheint auch die Bedrohung der Insel durch den ständigen Küstenabbruch attraktiv – so paradox das auch im ersten Moment scheinen mag, „im November, wenn alle Fremden sie verlassen haben, liegt Sylt ohne Schminke da und wartet bangend auf ihren Geliebten, den Blanken Hans“ (Jürigs u. Trost 1978:11). Und auch der Massentourismus wird in gewissem Sinne als Gefahr für die Insel angesehen – obwohl unbestritten ist, dass darin die wahrscheinlich einzige Erwerbsquelle Sylts zu sehen ist. Hier deutet sich ein gewisses Spannungsverhältnis von Naturnutzung und Naturschutz an. Das reiche und schöne, teils nackte Dasein der Schickeria, die sich an der Natur, besonders den Wanderdünen und den Brutvögeln erfreut, ist einerseits in gewisser Weise attraktiv, bringt möglicherweise aber auch Kehrseiten hervor. Geschmacklosigkeiten im Stile der Neuen Heimat unter Reet sowie monströser Hochhäuser sind das Ergebnis von Bodenspekulation und mörderischem Wachstum, das dann auch noch zu immer mehr drogenabhängigen Tagestouristen führt, die möglichst umsonst, nackt, draußen und unter lauter Promis sein wollen.

So weit - und zugegeben etwas pointiert - eine mögliche Interpretation einiger Elemente des Sylt-Image, die sich aus den Antworten der Befragten ableiten lässt. Dennoch ist es möglicherweise die Gemengelage aus eben diesen und anderen Klischees, die zur Attraktivität der Insel Sylt beiträgt. Und zur Beruhigung: die Erklärungskraft unserer Faktoren nimmt von der Exklusivität bis zu den Kehrseiten ständig ab. Mit anderen Worten: Exklusivität und gesundes Klima sind die wichtigsten Komponenten des Sylt-Image, soweit es sich aus den Antworten der von uns befragten Sylter erschließt.

11.3.3 Aussagen Sylter Bürger in der Planungszelle

Vom 13. bis 16.9.1999 haben wir täglich von 9.00 bis 16.00 Uhr in der Alten Post in Westerland die Veranstaltung „4 Tage für die Insel. Sylter planen die Zukunft“ durchgeführt. Außer Wissenschaftlern der Fallstudie nahmen acht Sylter Bürger teil, die ein recht breites Spektrum (Alter, Einkommen, Bildung etc.) an Perspektiven der Sylter Bevölkerung in die Veranstaltung einbrachten. Der Reiz solcher Veranstaltungen für den Soziologen liegt darin, gewissermaßen eine Gesellschaft im Kleinen bei ihrer Veränderung unter kontrollierten Bedingungen zu beobachten und diesen Wandel durch gezielten Input zu steuern. Die acht Bürger, die sich

freiwillig auf unsere Anzeigen in der Presse und auf unsere Aushänge in den Gemeindevertretungen gemeldet hatten, brachten wir in die besondere Situation von Laienplanern, in der sie schnell Verantwortung für den Themenbereich übernahmen, der ihnen auch am Herzen lag. Die Laienplaner wurden über Klimaveränderungen, Küstenverlauf und Sedimenttransport vor Sylt, Alternativen bei Küstenschutzbauwerken, das Ökosystem Sylt, Bewertung von Natur- und Landschaft sowie den Inseltourismus informiert. Die genannten Themenbereiche bildeten dann auch den Kern der gesamten Veranstaltung und wurden von Arbeitsgruppen als Schwerpunkt bearbeitet. Aus den anfangs fünf von den Laienplanern selbst genannten Themen: Tourismus, Natur- u. Küstenschutz, Verkehr, Wohnraum und Konkurrenz der Inselgemeinden wurden die Gruppenschwerpunkte: Verkehr, Natur- und Küstenschutz und Konkurrenz der Inselgemeinden von den Teilnehmern ausgewählt. Dabei war allen Beteiligten klar, dass der Tourismus in alle Belange der Insel hineinwirkt.

Die Ansichten von Bürgern der Insel Sylt wirken auf den professionellen Entscheider und Konfliktregler aus Politik, Verwaltung oder auch Verbänden möglicherweise etwas befremdlich. Die folgende Zeichnung eines unserer Teilnehmer bietet, obwohl sie nicht am Reißbrett und mit förmlicher Bindung an Verbände oder andere Interessenpositionen entstanden ist, eine detailreiche Beschreibung der Insel, die auf eine gewisse Kenntnis schließen lässt.

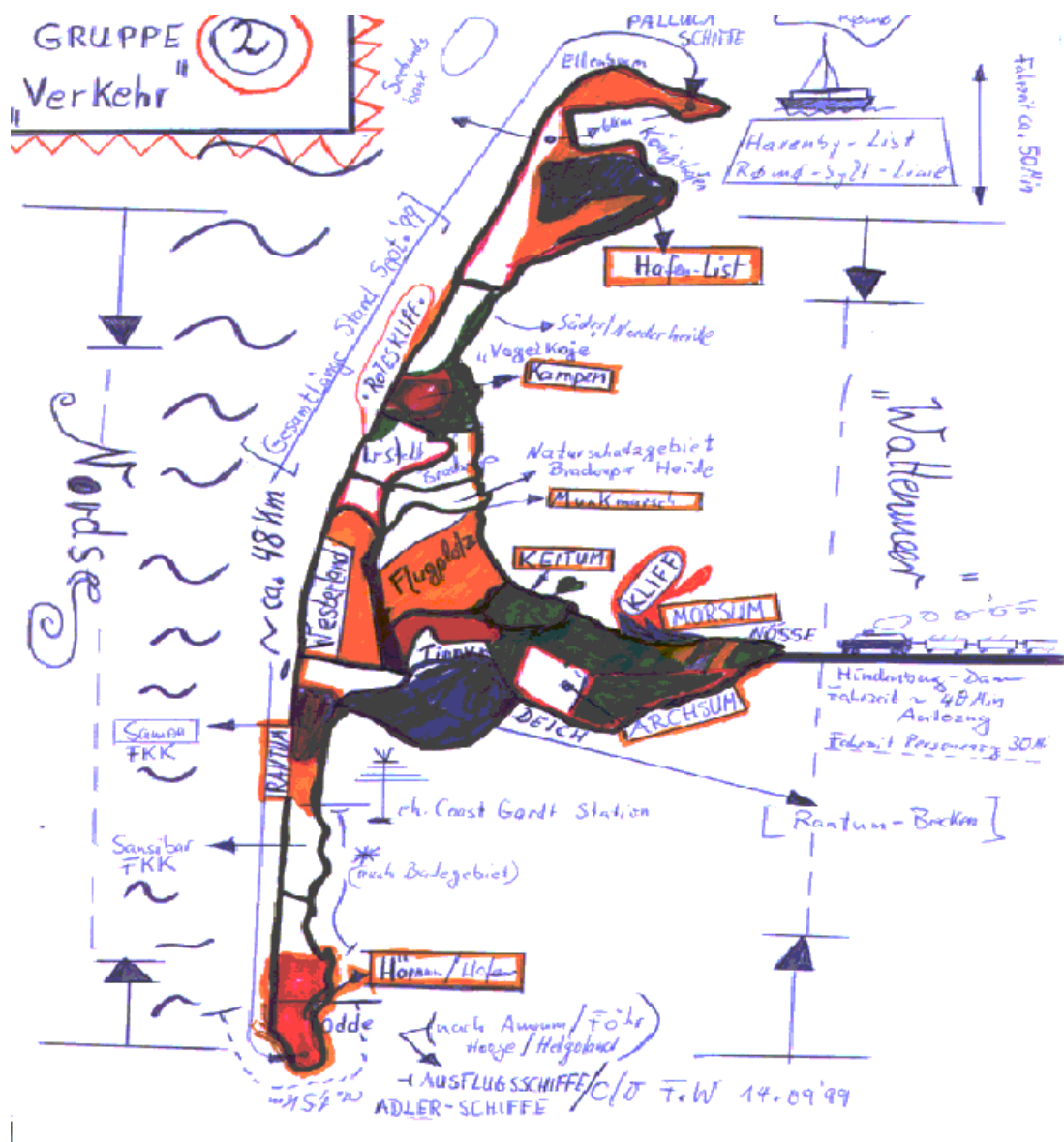


Abbildung 11-3: Bild eines Sylters von Sylt

Für die Ergebnisse von Planungszellen gilt, dass sie relativ frei von organisations-spezifischen Eigeninteressen sind. Sie kommen gewissermaßen aus einer beste-chungsresistenten Situation. Die Teilnehmer können über den Augenblick hinaus nichts gewinnen, hatten aber dennoch - von Experten³⁰ informiert - die Möglich-

³⁰ Für ihre Mitwirkung danken wir den Projektbearbeitern der Fallstudie Sylt: Kai Ahrendt, GEOMAR Forschungsstelle für marine Geowissenschaften an CAU Kiel, Achim Daschkeit, Geographische Institut der CAU Kiel, Jürgen Meyerhoff, Institut für Landschaftsökonomie der TU Berlin, Karsten Reise, Wattenmeerstation Sylt, Jan-Ole Witte, Institut für Wasserbau, Uni-versität Rostock und Herrn Norbert Tödter, Geschäftsführer der Bädergemeinschaft Sylt GmbH in Westerland.

keit, die Probleme in zu diskutieren, Lösungsalternativen einzuschätzen und Empfehlungen auszusprechen. Wir gehen davon aus, dass die im Allgemeinen für Planungszellen in Anspruch genommenen Vorteile nur zum Teil auch für die von uns durchgeführte Veranstaltung gelten. Dennoch korrespondieren die aus subjektiver Sicht angesprochenen Probleme recht gut mit den objektiven Daten der amtlichen Statistik, unseren Umfragedaten und anderen Ergebnissen der Fallstudie Sylt korrespondieren. Alles zusammen verweist auf Gestaltungsbedarf und Gestaltungspotentiale für die Insel Sylt.

11.3.3.1 Ergebnisse der Arbeitsgruppen

Wir wollen an dieser Stelle die Ergebnisse der drei Arbeitsgruppen für sich sprechen lassen und geben daher zunächst ungefiltert einige Stichpunkte aus den Teilnehmerprotokollen im Original wieder. Erst in einem weiteren Arbeitsschritt systematisieren wir die Protokolle mit inhaltsanalytischen Verfahren. Auf diese Weise soll gewährleistet werden, dass die Ansichten der Sylter Bürger sehr direkt in den Forschungsprozess eingehen. Aus verständlichen Gründen können wir nicht alle Angaben hier wiedergeben, die uns in 4 Tagen gemacht wurden.

Verkehr

- Bau einer Ortsumgebung von Keitum (Problem: Naturschutzgebiet)
- Verlegung der Autoverladung auf das ehemalige Flughafengelände, dadurch Entlastung der Stadt Westerland vom Kfz-Verkehr.
- Idee: autofreie Tage (wird allerdings als aussichtslos bewertet)
- Erweiterung der Fußgängerzone in Westerland
- Ausbau des ÖPNV
- Förderung des Fahrradverkehrs
- dem Tourismus zu liebe (u. den Einheimischen) keine autofreie Insel
- Reaktivierung der Inselbahn (mit Raucherabteil, Cafe und Bierauschank) innerhalb der nächsten 10-15 Jahre (bis 1972 gab es eine Inselbahn)
- Erweiterung des Stadtbussystems
- Erhebung von „Mautgebühren“ von Autofahrern, für Sylter verbilligt: Geld wird frei für Umweltschutz u., Mallorca macht das vor
- Pauschalflüge für Insulaner gewünscht, z.B. für DM 99,- nach HH & zurück

Natur- und Küstenschutz

- der Natur ihren Raum lassen, ohne sie zu isolieren
- Einschränkungen mit Augenmaß, evtl. Freigabe bestimmter Bereiche, kein Ökoismus, Vermeidung von Trampelpfaden durch sinnvolle Wegführung
- Küstenschutz: Dünen schützen, Sandvorspülungen
- Sandvorspülungen durch Sylter organisieren, keine auswärtigen Firmen

- Finanzierung des Küstenschutzes durch die Spielbank Westerland
- Küstenschutz an der Ostseite, Probleme durch Ökoisten
- Westerland soll nicht das deutsche Las Vegas werden,
- Natur soll erhalten bleiben, erlebbar und begebar werden und für Rollstuhlfahrer zugänglich sein
- Gesundheitstourismus, zu wenige Angebote in der Nebensaison
- Baustopp

Konkurrenz der Inselgemeinden

- Flugplatz: keine Einigkeit über zukünftige Nutzung, es sollte gemeinsame und schonende Nutzung stattfinden, keine Gewerbefläche
- kein gemeinsames Verkehrskonzept, keine Abstimmung bei Straßenbaumaßnahmen
- gemeinsame Inselkarte, aber unterschiedliche Geldverteilung, jedes Jahr neu
- Karte überhaupt abschaffen?
- größtes Freizeitangebot für Jugendliche ist in Westerland, gemeinsame Finanzierung? Entwicklung eines besseren Angebotes, das insgesamt unzureichend ist
- Absprache der Termine, Vermeidung von Konkurrenzveranstaltungen
- einheitliche Steuern?
- billigeren Wohnraum (Mietraum und Eigentum) für Sylter Bürger schaffen, Absprache der Gemeinden
- Eine Verwaltung und ein Bürgermeister für die Insel
- Kritik an den Machtspielen
- Westerland sehr restriktiv bei der Parkraumbewirtschaftung, andere nicht
- gemeinsames Auftreten wichtig
- Verteilung von Urlauben nach Zielgruppen, z.B. Wenningstedt für Familien, Westerland für Einzelreisende, Schaffung eines den Zielgruppen entsprechenden Angebotes

11.3.3.2 Empfehlungen der Laienplaner

Die hier als Empfehlungen der Laienplaner wiedergegebenen Gedanken sind eine Zusammenfassung der Abschlussitzung unserer Planungszelle, in der die Teilnehmer aufgefordert wurden, sich bezüglich ihrer wichtigsten Empfehlungen für die Insel Sylt abzustimmen:

Für Sylt ist eine Gemeinde- und Gebietsreform anzustreben mit dem Ziel einer schrittweisen Zusammenlegung aller Gemeinden. Es sollte kein weiteres Bauland auf Sylt erschlossen werden. Unvermeidbare Erweiterungen könnten durch Aufstockung von Gebäuden erreicht werden. Das Angebot für Jugendliche muss unbedingt verbessert werden. Ein Cybercafe, eine Halfpipe für Skater aber auch ein

TSV Sylt wären ein guter Anfang. Für (insbesondere jüngere) Sylter müssen genügend Dauerarbeitsplätze und genügend Wohnraum zu angemessenen Preisen zur Verfügung gestellt werden, damit nicht noch mehr Einheimische aufs Festland ziehen. Kurz gesagt: mehr Arbeit, mehr Einwohner, weniger Touristen. Die Insel muss im Allgemeinen, besonders aber im Hinblick auf eine anzustrebende Saisonverlängerung servicefreundlicher werden. Die Attraktivität von Sylt lässt sich steigern, indem man mehr internationale Künstler nach Sylt holt, einen Inseltag veranstaltet und das Meerwasserschwimmbad in Westerland um ein Außenbecken oder eine Eislaufbahn erweitert. Man könnte für den Naturschutz eine Umweltlotterie durchführen. Doch die langfristige finanzielle Absicherung der Küstenschutzmaßnahmen auf Sylt ist von Bund und Land sicherzustellen. Bürger und Entscheidungsträger sollten die Zukunft auf der Grundlage einer inselweiten *Manöverkritik* gemeinsam gestalten³¹.

11.3.3.3 Inhaltsanalyse der Protokolle Sylter Laienplaner

Die oben exemplarisch wiedergegebenen und in schriftlichen Protokollen niedergelegten Aussagen Sylter Bürger wurden in einem mehrstufigen, inhaltsanalytischen Verfahren 5 Kategorien zugeordnet und quantitativ ausgewertet. Dabei ließen wir uns von der Theorie der strukturellen Differenzierung (Parsons 1972) leiten, nach der das gesellschaftliche System in 4 Subsysteme gegliedert werden kann. Diese Einteilung haben wir hier durch naturräumliche Aspekte ergänzt. Die Codierung haben zwei Hilfskräfte - eine Hilfskraft war während der Veranstaltung in Westerland anwesend - unabhängig voneinander durchgeführt. In einer abschließenden Sitzung mit dem Projektbearbeiter wurden zunächst nicht übereinstimmende Codierungen diskutiert und abgeglichen.

Die Teilnehmer unserer Veranstaltung äußern sich nach unserer Zuordnung³² überwiegend zum ökonomischen System (40 %), das auf Sylt ganz wesentlich vom Tourismus dominiert ist. Der Umfang der Aussagen zum Naturraum (28 %)

³¹ In gewisser Weise sind die Tourismusforen die von der Bädergemeinschaft Sylt e.V. organisiert werden Schritte in diese Richtung.

³² Die Inhaltsanalyse wurde mit Hilfe von Textpack PC (Züll et al. 1991) durchgeführt.

Naturraum und Gesellschaftliche Subsysteme
Inhaltsanalyse der Protokolle von Aussagen Sylter Bürger

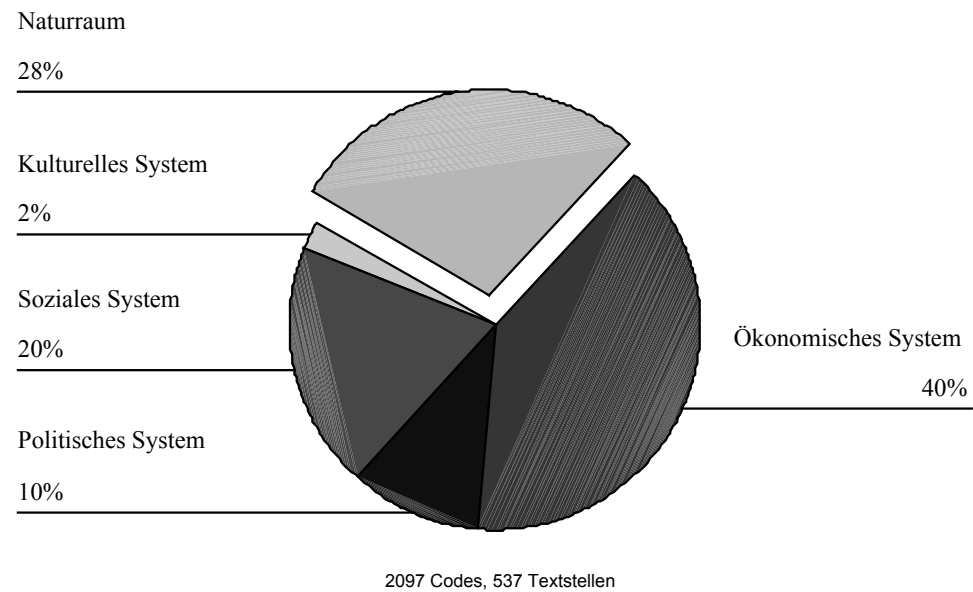


Abbildung 11-4: Naturraum und Gesellschaftliche Subsysteme

unterstreicht die Bedeutung der einzigartigen Landschaft und des gesunden Klimas für die Insel. Unter Berücksichtigung der o.a. Einzelaussagen wird hier jedoch zugleich das Spannungsfeld zwischen Naturschutz und Tourismus angedeutet. Diesem Spannungsfeld (68 %) kommt vor sozialen (20%), politischen (10%) und besonders kulturellen (2%) Teilgebieten die herausragende Bedeutung für die Entwicklung der Insel zu. Dass Politiker sich auch als Touristiker bezeichnen, ist in Nordfriesland nicht ungewöhnlich. Nicht nur unter diesem Aspekt geht aus unseren Daten eine gewisse Nachrangigkeit des sozialen und des kulturellen Systems hervor – zumindest aus der Sicht der Sylter Bürger die an unserer viertägigen Veranstaltung teilnahmen (Abbildung 11-4). In gewisser Weise kann wohl einer kulturellen Degradation gesprochen werden, deren mögliche Auswirkung für Sylt bisher weitgehend unerforscht ist. Neben einer Wechselwirkung zwischen Tourismus und natürlicher Degradation erscheint hier eine nach unserer Auffassung ebenso gewichtige Beziehung zwischen Tourismus und kultureller Degradation.

Insgesamt konnte die Planungszelle die in ihre Qualität als Forschungsinstrument gesetzten Erwartungen nicht in jeder Hinsicht erfüllen. Besonders der Umstand, die Laienplaner nicht, wie in echten Planungszellen, voll vergütet von ihren sonstigen Verpflichtungen freigestellt zur Teilnahme verpflichtet zu können, wirkte sich nachteilig auf die Teilnehmerzahl aus. Damit wurde die kritische Masse der Vielfalt der Meinungen nicht in dem Maße erreicht, wie wir es erhofft hatten. Umso erstaunlicher ist eine gewisse Übereinstimmung unserer Ergebnisse mit den Befunden des psychologischen Teilvorhabens.

11.3.4 Zur künftigen Entwicklung der Insel Sylt

Der Blick in die amtliche Statistik sagt uns, die Flächennutzung der vom Tourismus geprägten Inselgemeinden in Nordfriesland weicht in charakteristischer Weise von der des Kreisgebietes ab (Dombrowsky u. Streit 1998, 1998a). Die Verkehrsflächen sind kleiner als anderswo und der Tourismus intensiver. Für Sylt gilt dies in sehr viel stärkerem Maße (Tabelle 11-2 u. 11-4). Den Gästen der Insel wird es durch das Goldgleis der Deutschen Bundesbahn über den

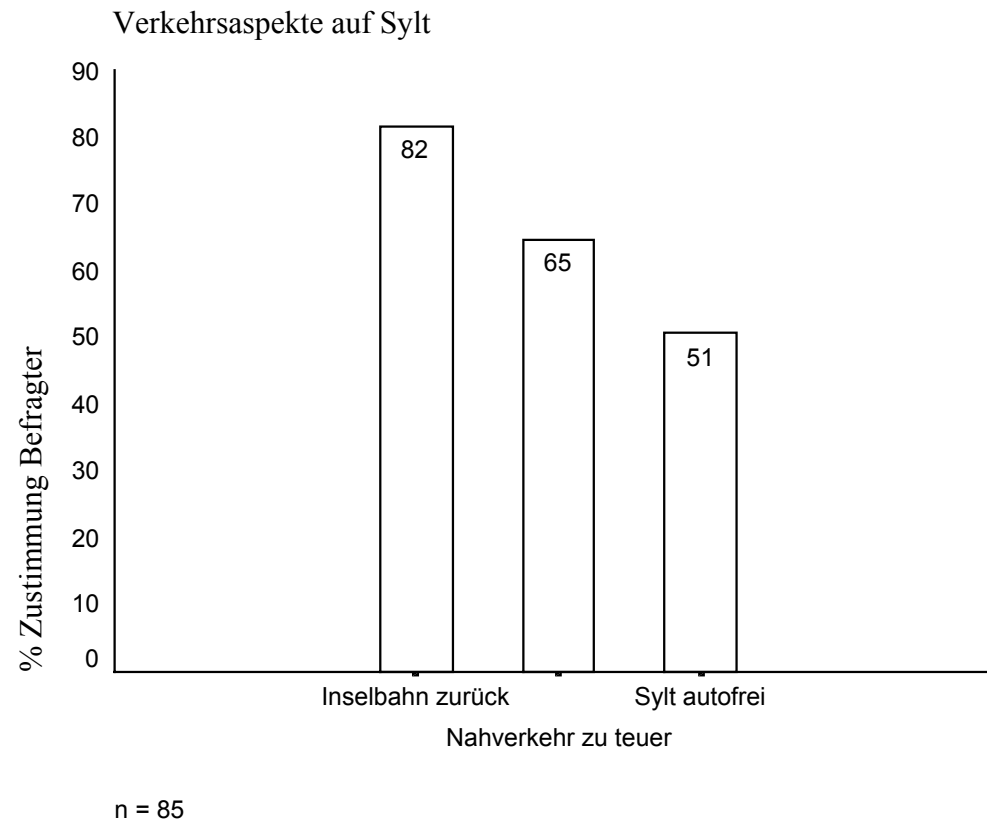


Abbildung 11-5: Verkehrsaspekte

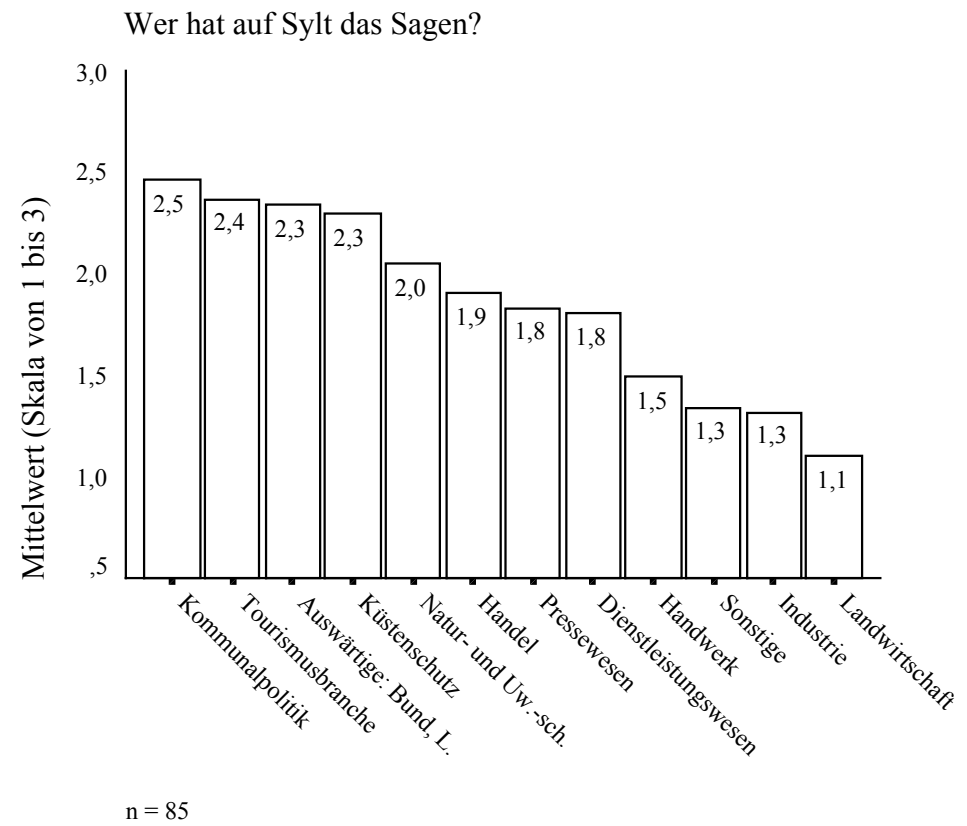


Abbildung 11-6: Wer hat auf Sylt das Sagen?

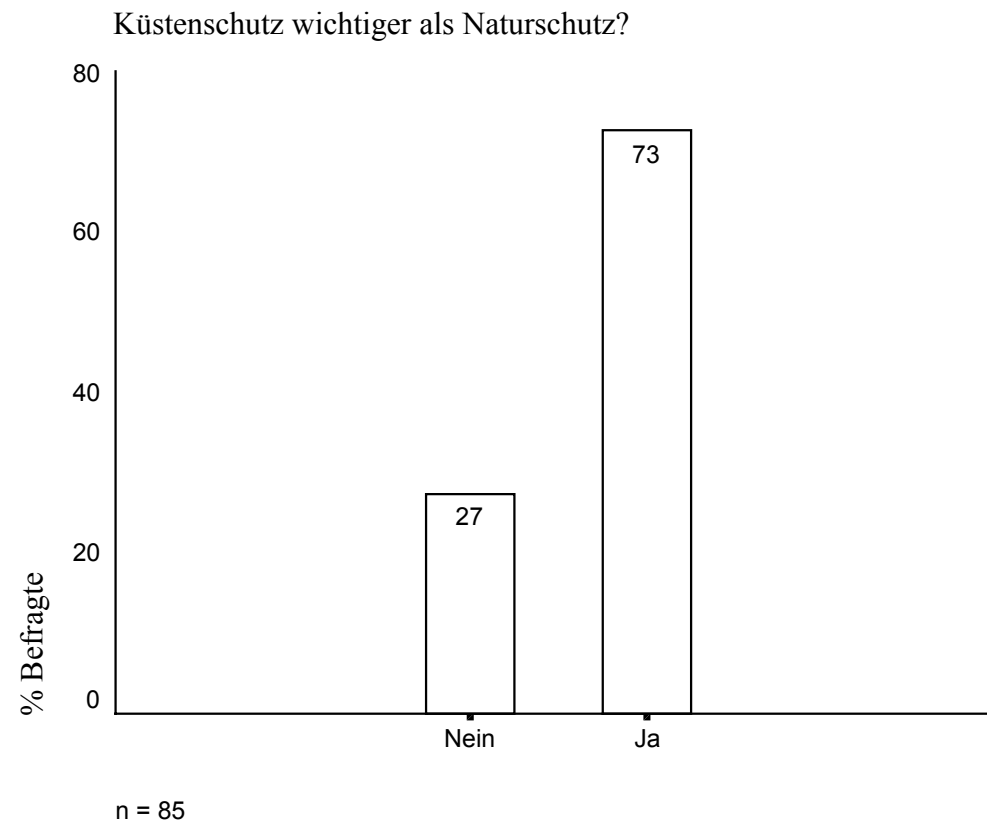


Abbildung 11-7: Küstenschutz wichtiger als Naturschutz

Hindenburgdamm und die günstige Fährverbindung von Rømp nach List zu dem relativ leicht gemacht, mit dem Auto anzureisen. Das sich auch unsere Sylter Laienplaner mit Verkehrsproblemen beschäftigen, verwundert daher nicht. Auch ein Ergebnis unserer Befragung korrespondiert mit den amtlichen Daten (Abbildung 11-5).

Über die Hälfte der Befragten (51 %) kann sich die Insel sogar autofrei vorstellen. Bei Laienplanern und Befragten (82 %) wird der Wunsch nach der alten Inselbahn in moderner Form geäußert, während der Nahverkehr zu teuer erscheint. Aus Gesprächen mit den Laienplanern wissen wir, das besonders junge, mobile Insulaner diesen Kostenfaktor spätestens dann deutlich spüren, wenn sie die Vergünstigungen für Schüler nicht mehr in Anspruch nehmen dürfen. Sylt benötigt mehr als die Verlegung der Autoverladung auf das Flugplatzgelände, zumal sich nicht alle Gemeinden daran beteiligten. Es bedarf des Mutes für ein zukunftsweisendes, gemeinsames Verkehrskonzept jenseits aller Konkurrenz der Inselgemeinden. Die ist umso dringlicher geboten, weil die Probleme bekannt sind, seit das Wort Saison auf der Insel fast noch ein Fremdwort war.

Die Tourismusintensität ist auf Sylt so hoch (Tabelle 11-4), dass es auch nicht verwundert, wenn sich Aussagen unserer Laienplaner zu 40 % (Abbildung 11-4) auf genau diesen monostrukturellen, für die Insel lebenswichtigen Wirtschaftsfaktor zu beziehen scheinen. Berücksichtigt man noch den aus unserer Umfrage hervorgehenden, außerordentlich hoch eingeschätzten Einfluss von Kommunalpolitik und Tourismusbranche (Abbildung 11-6), wird deutlich, wovon die Entwicklung der Insel im Wesentlichen bestimmt ist. Es ist eindeutig: Sylt will den Tourismus. Weder unsere Laienplaner noch unsere Befragten sind gegen eine intensive touristische Nutzung. Gelegentlich äußert man sich kritisch gegenüber dem Massentourismus. Angesichts einer der höchsten Tourismusedichten in der gesamten Bundesrepublik Deutschland und dem gelegentlich geäußerten Wunsch nach Saisonverlängerung bleibt allerdings unklar, wie man weiterhin diese Intensität aufrechterhalten und gleichzeitig die unliebsamen Begleiterscheinungen vermeiden will. Wie der Liebende von dem abhängig ist, was er liebt, ist Sylt abhängig vom Tourismus, der längst die Erscheinung des Massentourismus angenommen hat. Die künftige Entwicklung der Insel scheint nach wie vor mehr unter dem Gesichtspunkt ökonomischen Wachstums als unter dem eines nachhaltigen Tourismus diskutiert zu werden. Auch wenn gelegentlich von Besucherlenkung und Baustopp die Rede ist, hat die Nutzung von Natur und Landschaft offenbar Vorrang vor den Zielen des Naturschutzes. Die Merkmale des Naturraumes sind das wichtigste Kapital der Insel. Dies geht in unseren Untersuchungen aus ihrem großen Beitrag zum Sylt-Image (Tabelle 11-5), das sich zunehmend als zentrale Kategorie herausstellt, und dem hohen Anteil (28 %) von Aussagen der Laienplaner zu diesem Bereich hervor (Abbildung 11-4). Allerdings ist auch nach unserer Umfrage auf Sylt Küstenschutz (73 %) eindeutig wichtiger als der Naturschutz (Abbildung 11-7).

Die Insel Sylt als Bollwerk für die Festlandküste zu betrachten, greift als Argument für die langfristige Sicherstellung der Sandvorspülungen durch die Öffentliche Hand zu kurz. Denn Küsten- und Naturschutz haben unbestreitbar auch die Funktion, die Insel als Erwerbsquelle und landesweit wichtigen Wirtschaftsfaktor zu sichern und zu erhalten. Wenn auch, wie wir weiter oben festgestellt haben, mögliche Klimaveränderungen kein beherrschendes Inselthema sind, so passen

dennoch die von Tief ‚Anatol‘ im Dezember 1999 und Tief ‚Kerstin‘ im Januar 2000 verursachten, z.T. mehrgipfeligen Sturmfluten überraschenderweise zu den Vorhersagen der Klimaforscher. Die vorhergesagten Klimaveränderungen werden möglicherweise langfristig nicht mehr im ‚Rauschen‘ der alt-bekannt und gewohnten Extremereignisse verschwinden, und wird der Küstenschutz auf Sylt noch teurer werden, kann die an kurzfristigen Nutzen orientierte Sichtweise einer langfristigen und nachhaltigen Perspektive weichen müssen. Die Wissenschaft, die diesen Prozess begleitet, sollte dies mit transdisziplinären Ansätzen tun, damit gemeinsam mit den Menschen vor Ort erarbeitet werden kann, wie Klima auf der lokalen Ebene indiziert werden muss, damit globaler Wandel und lokales Handeln besser auf einander bezogen werden können. Wenn von einer Vulnerabilität der Insel Sylt gesprochen werden kann, so beruht diese im Übrigen nicht nur auf der Gefahr, die von der Nordsee ausgeht, sondern auch auf der Abhängigkeit vom Tourismus, der in der althergebrachten Form eine Konkurrenz der Inselgemeinden hervorbrachte, die bis heute die Einigung über zukunftsfähige Tourismuskonzepte erschwert.

11.4 Literatur

- Arminger, G. (1979): *Faktorenanalyse*. Teubner Verlag, Stuttgart
- Bartels, D. (1984): *Lebensraum Norddeutschland? Eine engagierte Geographie*. In Bartels (Hrsg.): *Lebensraum Norddeutschland*. Kieler Geographische Schriften. Bd. 61. Im Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität Kiel, S. 1-31
- Bayerische Rück (Hrsg.) (1993): *Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung*, München
- Beck, U. (1986): *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M.
- Beck, U. (1988): *Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M.
- Beck, U. (1993): *Die Erfindung des Politischen*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M.
- Beck, U., Bonß, W. (1984): *Soziologie und Modernisierung. Zur Ortsbestimmung der Verwendungsforschung*. *Soziale Welt* 35, S. 381-406
- Berger, J. (1986): *Gibt es ein nachmodernes Gesellschaftsstadium? Marxismus und Modernisierungstheorie im Widerstreit*. In: Berger, J. (Hrsg.): *Die Moderne - Kontinuitäten und Zäsuren*. *Soziale Welt* 37, Sonderband 4, S. 79-96
- Beyme, K. von (1991): *Theorie der Politik im 20. Jahrhundert. Von der Moderne zur Postmoderne*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M.
- Beyme, K. von (1994): *Die Massenmedien und die politische Agenda des parlamentarischen Systems*, in: Neidhardt, F. (Hrsg.), *Öffentlichkeit, öffentliche Meinung, soziale Bewegungen*. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 46, Sonderheft 34, S.320-36
- Bonß, W. (Hrsg.) (1993): *Wissenschaft als Kontext - Kontext der Wissenschaft*. Junius, Hamburg
- Bonß, W. (1995): *Vom Risiko - Unsicherheit und Ungewissheit in der Moderne*. Hamburger Ed. HIS Verl.-Ges., Hamburg
- Borsch, P., Wiedemann, P.M. (Hrsg.) (1992): *Was wird aus unserem Klima? Fakten, Analysen und Perspektiven*. Landsberg: Aktuell, Bonn
- Brand, K.-W. (1982): *Neue soziale Bewegungen: Entstehung, Funktion und Perspektiven neuer Protestpotentiale*. Westdeutscher Verlag, Opladen
- Brand, K.-W. (1993): *Strukturveränderungen des Umweltdiskurses in Deutschland*. *Forschungsjournal Neue Soziale Bewegungen* 6, S. 16-24
- Brand, K.-W. (1994): *Diskursanalyse*. In: Nohlen, D. (Hrsg.), *Lexikon der Politik. Band 2: Politikwissenschaftliche Methoden*. Piper Verlag, München, S. 85
- Brand, K.-W., Büsser, D., Rucht, D. (1986): *Aufbruch in eine andere Gesellschaft. Neue soziale Bewegungen in der Bundesrepublik*. Campus Verlag, Frankfurt/M./New York
- Daele, W. van den (1993): *Restriktive oder konstruktive Technikpolitik?* In: Krohn, W., Krücken, G. (Hrsg.): *Risikante Technologien: Reflexion und Regulation*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M., S. 282-304
- Daschkeit, A., Fränze, O. (1999): *Integrative Analyse und Bewertung der Folgen von Klimaveränderungen*. In: Verbundprojekt „Fallstudie Sylt“ im Rahmen des Forschungsprogramms „Klimaänderung und Küste“. Zwischenbericht April 1999, S. 2-13 (unveröffentlicht)

- Dienel, P. C. (1992): Planungszelle. Eine Alternative zur Establishment-Demokratie. Westdeutscher Verlag, Opladen
- Dombrowsky, Wolf R. (1993): Mensch-Umwelt-Verhältnis und Katastrophen-Adaption. In: Schellnhuber, Hans-Joachim, Sterr, Horst (Hrsg.): Klimaänderung und Küste. Einblick ins Treibhaus. Springer Verlag, Berlin, S. 343-359
- Dombrowsky, Wolf R., Streitz, Willi (1998): Codebuch des Datensatzes G1966mod.sav. Daten des Statistischen Landesamtes Schleswig-Holstein: Amtliche und errechnete Merkmale der Gemeinden im Jahre 1996. Tabellen. Internes Arbeitspapier
- Dombrowsky, Wolf R., Streitz, Willi (1998a): Besonderheiten schleswig-holsteinischer Inselgemeinden im Jahre 1996 auf der Grundlage amtlicher Statistik. Tabellen. Internes Arbeitspapier
- Dombrowsky, Wolf R., Streitz, Willi (1999): Befragung: Zukunftserwartungen Sylter Bürger 1998. Codebuch. Internes Arbeitspapier
- Erbslöh, E. (1972): Interview. Teubner Verlag, Stuttgart
- Fischer, W. (1992): Klimaschutz und internationale Politik. Die Konferenz von Rio zwischen globaler Verantwortung und nationalen Interessen. Shaker, Aachen
- Fischer, W. (1992a): Die Klimapolitik der Staaten zwischen globaler Verantwortung und nationalen Interessen. In: Borsch, P., Wiedemann, P.M. (Hrsg.): Was wird aus unserem Klima? Fakten und Perspektiven. Bonn, S.164-223
- Funtowicz, S., Ravetz, J. (1990): Uncertainty and Quality in Science For Policy. Dordrecht
- Giddens, A. (1990): The Consequences of Modernity. Polity Pr., Cambridge
- Graßl, H. (Hrsg.) (1999): Wetterwende – Vision: Globaler Klimaschutz. Serie EXPO 2000, Campus-Verlag, Frankfurt/Main
- Hardin, Garret (1968): The Tragedy of the Commons. In Science 162, pp 1243-1248
- Hasselmann, K. (1993): Optimal fingerprints for the detection of time dependent climatic change. Journal of Climate 6, pp 1957-1971
- Holm, Kurt (1975): Die Befragung. Franke Verlag, München
- Ingelhard, R. (1977): The Silent Revolution. Changing Values and Political Styles among Western Publics. Princeton
- Jürgs, M., Trost, T. (1978): Die Insel. Gruner + Jahr AG & Co. Hamburg
- Koolwijk, J. van, Wieken-Mayser, M. (Hrsg.) (1974): Techniken der empirischen Sozialforschung, Band 4. Erhebungsmethoden: Die Befragung. Oldenbourg Verlag, München
- Krohn, W., Krücken, G. (1993): Risiko als Konstruktion und Wirklichkeit. Eine Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung. In: Krohn, W., Krücken, G. (Hrsg.): Riskante Technologien: Reflexion und Regulation. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M., S. 9-44
- Lau, C. (1989): Risikodiskurse. Gesellschaftliche Auseinandersetzungen um die Definition von Risiken. In: Soziale Welt 40, S. 418-436
- Luhmann, N. (1993): Risiko und Gefahr. In: Krohn, W., Krücken, G. (Hrsg.): Riskante Technologien: Reflexion und Regulation. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M., S. 138-185

Münch, R. (1994): Das Dilemma der Umweltpolitik. Die Rückkehr der Verteilungskonflikte. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 44, S. 3-10

Nakott, J. (1997): Der Expertenkrieg ums Klima. Bild der Wissenschaft 12/1997, S. 42

Oberthür, S. (1992): Die internationale Zusammenarbeit zum Schutz des Weltklimas. In: Aus Politik und Weltgeschichte 42, S. 9-20

Offe, C. (1986): Die Utopie der Null-Option. Modernität und Modernisierung als politische Gütekriterien. In: Berger, J. (Hrsg.): Die Moderne – Kontinuitäten und Zäsuren. Soziale Welt 37, Sonderband 4, S. 97-117

Parsons, T. (1972): Das System moderner Gesellschaften. Juventa Verlag, München

Pappi, F. U. (1977): Aggregatdatenanalyse. In: P., Koolwijk, J. van, Wieken-Mayser (Hrsg.): Techniken der empirischen Sozialforschung, Band 7. Datenanalyse. Oldenbourg Verlag, München, S.78-110

Prittowitz, V. von (1990): Das Katastrophenparadox. Elemente einer Theorie der Umweltpolitik. Westdeutscher Verlag, Opladen

K. Rabe, W. (1990): Die Erde im Fieber. Lamuv Verlag, Göttingen

Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein (1997): Bevölkerungsentwicklung in den Gemeinden Schleswig-Holsteins 1996 (= Statistische Berichte, Bd. A I 1 - j/96), Kiel

Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein (1997): Fremdenverkehr in den Gemeinden Schleswig-Holsteins 1996 (= Statistische Berichte, Bd. G IV 1 - j/96), Kiel

Thurstone, L. L. (1947): Multiple Factor Analysis. Chicago

Wiesenthal, H. (1994): Lernchancen der Risikogesellschaft. Über gesellschaftliche Innovationspotentiale und die Grenzen der Risikosoziologie. In: Leviathan 22, S. 135-159

Züll, C., Mohler, P. Ph., Geis, A. (1991): Computerunterstützte Inhaltsanalyse mit TEXTPACK PC. G. Fischer Verlag, Stuttgart

Anschrift der Autoren:

Katastrophenforschungsstelle der CAU Kiel

Olshausenstr. 40

D-24098 Kiel

<http://www.soziologie.uni-kiel.de/~kfs/>

Synthese

12 Klimafolgen für Sylt: Integrative Analyse und Bewertung

ACHIM DASCHKEIT, OTTO FRÄNZLE, HORST STERR, PETER SCHOTTES, WINFRIED SCHRÖDER & FRANK BARTELS

Abstract

Vor dem Hintergrund von Annahmen bezüglich der zukünftigen klimatischen Entwicklung werden die Konzeption sowie die Vorgehensweise der integrativen Analyse im Rahmen der Fallstudie Sylt dargestellt. Unter Anbindung an das Sylt-GIS wird ein Instrument entwickelt und erprobt, das die (bislang seltene) fachübergreifende Analyse von Klimafolgen unterstützt. Diese mündet zunächst in eine Darstellung des „Systems Sylt“ auf der Grundlage der wichtigsten Prozesse und Randbedingungen. Die auf dieser Basis identifizierten Kernberiche des „Systems Sylt“ werden in einem weiteren exemplarisch und unter Einbezug des in den disziplinären Teilvorhaben der Fallstudie erarbeiteten Wissens einer vertiefenden Analyse unterzogen. Dabei wird erstens auf den Bereich der Folgen eines möglichen Klimawandels eingegangen, zweitens auf vergangene und zukünftig mögliche ökologische Veränderungen und drittens auf das Sylt-Image. Durch eine detailliertere Analyse des Sylt-Image kann aufgezeigt werden, dass sich eine ganze Reihe zum Teil widersprüchlicher Komponenten finden lassen, deren Kern sich mit dem Begriffspaar „Statik / Dynamik“ umschreiben lässt. Es wird der Schluss gezogen, dass sich der hiermit verbundene scheinbare Gegensatz konstruktiv auflösen lässt. Die so erzielten Erkenntnisse sowie die Ergebnisse der detaillierten Untersuchungen in den beteiligten Teilvorhaben werden vor dem Hintergrund des „Integrierten Küstenmanagement“ (IKM) bewertet, um hieraus Handlungsempfehlungen sowie weiteren Forschungsbedarf abzuleiten. Die Handlungsempfehlungen sind als Vorschläge zu verstehen und umfassen sowohl allgemeine als auch spezifische Aspekte.

12.1 Einleitung

Im vorherigen Teil des vorliegenden Berichtes wurden die fachspezifischen Resultate zu den möglichen Folgen eines Klimawandels für die Insel Sylt erläutert. Die detaillierte Bearbeitung dieser fachspezifischen Fragestellungen war nötig, um die Komplexität der Problematik – Klimawandel und die möglichen Folgen für Mensch und Küste – in zunächst abgrenzbaren „Paketen“ analysieren zu können. Nachdem gezeigt wurde, wie vielfältig die Folgen eines möglichen Klimawandels für den Naturraum und die Sylter Bevölkerung sein können und in wie unterschiedlicher Weise diese Klimafolgen antizipiert und kontextualisiert werden, geht es nunmehr darum, die Bezüge dieser einzelnen Aspekte untereinander deutlich werden zu lassen sowie eine Synthese der vorliegenden, spezifischen Untersuchungsergebnisse sowie des in der Fallstudie Sylt vorhandenen Expertenwissens vorzunehmen. Gebündelt werden die verschiedenen Wissensbestände, indem die zentralen Schnittstellen zwischen Mensch und Umwelt im „System Sylt“ unter Nutzung des sog. „Syndrom-Ansatzes“ des WBGU beschrieben werden. Deswegen steht im Folgenden die Frage im Mittelpunkt: Wie sind insgesamt die Folgen eines Klimawandels zu analysieren und zu bewerten, um auf dieser Basis Handlungsempfehlungen ableiten zu können? Zur Beantwortung dieser Frage werden sowohl fachspezifische als auch fachübergreifende Untersuchungen benötigt.

Aus integrativer Perspektive geht es dabei im Wesentlichen um zwei Dinge: Erstens ist die Identifizierung der wesentlichen Zusammenhänge zwischen Mensch und Umwelt nötig – hierfür benötigt man zweckmäßigerweise einen (genuin) interdisziplinären Ansatz bzw. ein Instrument, das diese Perspektive systematisch umzusetzen gestattet. Zweitens ist eine Integration der vorhandenen Daten notwendig – aus diesem Grund wurde zu Beginn des vorherigen Teils die Konzeption der Datenintegration unter Nutzung eines GIS erläutert (Kapitel 5). Beide Aspekte sind voneinander abhängig und bedürfen ebenso der Resultate der Teilvorhaben.

Im Folgenden wird daher

- zunächst kurz auf den Stand der interdisziplinären Klimafolgenforschung eingegangen (Kapitel 12.2),
- um im Anschluss daran die für die Fallstudie Sylt gewählte Konzeption der integrativen Analyse zu erläutern (Kapitel 12.3). Dies führt zur Darstellung eines eigens entwickelten Instrumentes, das die fachübergreifenden Arbeiten unter Berücksichtigung der in den TV erzielten Ergebnisse unterstützt.
- Auf dieser Basis sowie der Ergebnisse der Teilvorhaben werden vor dem Hintergrund eines "IKM-Sylt" Handlungs- und Forschungsempfehlungen abgeleitet (Kapitel 12.4 und 12.5).

12.2 Stand der interdisziplinären Klimafolgenforschung

Eine problemangemessene Analyse und Bewertung der möglichen Folgen eines Klimawandels muss unter Berücksichtigung natur- und sozialwissenschaftlichen Wissens erfolgen: Es sind sowohl naturräumliche (z.B. Überflutungen) als auch sozioökonomische Auswirkungen (z.B. Sturmschäden an Gebäuden, Verlust von Siedlungsflächen) zu bedenken. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass ein möglicher Klimawandel und dessen Folgen in individuell unterschiedlicher Weise wahrgenommen werden, beispielsweise: Was als Schaden bewertet und für wie wahrscheinlich ein Klimawandel gehalten wird, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab.

In den bislang durchgeführten Untersuchungen zu möglichen Folgen eines Klimawandels wird dies in je unterschiedlicher Weise berücksichtigt (Elsasser et al. 1998; Rahman u. Huq 1998: 151; Rotmans u. Dowlatabadi 1998: 298 f.; Sterr et al. 1999): In der MINK-Studie (MINK steht für die nordamerikanischen Bundesstaaten Missouri, Iowa, Nebraska und Kansas) bspw. wurden regional aufgelöst eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, die sich schwerpunktmäßig auf Auswirkungen im Agrarbereich beziehen. In der MBIS-Studie (*Mackenzie Basin Impact Study*) wurden eine Reihe von Szenarien erstellt (mit zukünftigen Entwicklungen für Klima, Bevölkerung und Sozioökonomie), die vornehmlich unter Planungs- und Entscheidungsaspekten betrachtet wurden. Eine wesentliche Komponente war die Einbeziehung von Wissensbeständen der ursprünglichen Einwohner dieser kanadischen Region.

In Studien, die den bundesdeutschen Küstenraum unter der Annahme eines Klimawandels untersuchen, wurden überwiegend naturräumliche Faktoren sowie das mögliche ökonomische Schadenspotential Auswertung betrachtet (Sterr u. Simmering 1997 für den gesamten Küstenraum; Hamann 1998; Hamann u. Hofstede 1998 für die schleswig-holsteinische Westküste). Dabei wurden u.a. die potentiell betroffenen Flächen sowie die potentiell betroffenen Einwohner ermittelt sowie Daten zum Wohnungsvermögen, zum Kapitalstock, zum Vorratsvermögen u.a.m. erhoben. Insgesamt zeigte sich hier eine relativ hohe potentielle Gefährdung Sylts durch einen Klimawandel.

Je nach Umfang, Problemstellung und Geltungsanspruch der bisherigen Klimafolgen-Studien lassen sich prinzipiell zwei Integrationsansätze unterscheiden:

- *Integration mit Hilfe von Modellierungsansätzen.* Bei dieser Vorgehensweise wird angenommen, dass empirisch belegte Kausalaussagen zu Sachverhalten jeweils innerhalb und/oder zwischen Natur- und Anthroposphäre bestehen und diese mit Hilfe quantitativer oder qualitativer Gleichungssysteme hinreichend genau abbildbar und verknüpfbar sind. Mit derartigen Ansätzen ist oft eine starke "Steuerungsabsicht" auf globaler Ebene verbunden (Schellnhuber 1998, 1999; Schellnhuber u. Wenzel [Eds.] 1998; ferner: Davidson et al. 1996; Schellnhuber 1995; Schellnhuber u. Fuentes 1997).
- *Integrated assessment mit der Orientierung an gesellschaftlichen Wertmaßstäben.* Bei dieser Vorgehensweise können die im vorherigen Absatz erwähnten Modelle (integrated models als Form des Sachmodells) durchaus eine Rolle spielen, entscheidend ist aber, dass von Seiten der Gesellschaft (Öffentlichkeit, Politik, Administration, Verbände etc.) Bewertungsmaßstäbe vorgegeben sind. Bei dieser Form von Bewertung, bei der z.B. partizipatorische Verfahren wie "Runde Ti-

sche”, “Konsensuskonferenzen” und andere Formen der Bürgerbeteiligung zum Einsatz kommen, fungieren Wissenschaftler als “Sachexperten” im konventionellen Sinn (Renn 1997), eine Bewertung der vorliegenden Sachverhalte orientiert sich an den Bewertungsmaßstäben und Kalkülen der Beteiligten. Derartige Verknüpfungen von wissenschaftlichen Analysen und außerwissenschaftlichen Bewertungsmaßstäben wurden bspw. in der Schweiz durchgeführt (Bader u. Kunz 1998; Bloetzer et al. 1998).

Unabhängig von der Art des konzeptionellen Ansatzes muss konstatiert werden, dass insgesamt die *Klimaforschung* bei weitem über die *Klimafolgenforschung* dominiert (Engels 1999; Knogge 1998; Schulz 1999; Rotmans u. Dowlatabadi 1998: 316).

Eine hervorgehobene Rolle in der Diskussion um mögliche Klimafolgen spielt die Frage nach der Prognose-Unsicherheit der zukünftigen klimatischen Entwicklung sowie der darauf basierenden Folgenabschätzungen. In der gesamten Klimawandel-Debatte haben wir es dabei mit (mindestens) drei kontingenten Sachverhalten zu tun, die zur Einschätzung der Ergebnisse von Klima- und Klimafolgenforschung immer berücksichtigt werden müssen. In verschiedenen Studien erfolgt dies in unterschiedlichem Ausmaß (Bechmann 1999; Frederichs 1999; Japp 1999):

- Erstens haben wir es in der Klima- und Klimafolgenforschung zumeist mit numerischen Modellen zu tun und zunächst nicht mit unmittelbar durch Augenbeobachtung wahrnehmbaren Phänomenen. In den Klimamodellen für die verschiedenen Maßstabebenen stecken nach wie vor eine Reihe von Unsicherheiten, denkt man beispielsweise an die erst in den letzten Jahren erfolgte Integration von Aerosolen.
- Zweitens beruhen die Unsicherheiten in den Klimamodellen und den daraus abgeleiteten Szenarien der zukünftigen klimatischen Entwicklung umfassend auf Annahmen über die künftige Entwicklung von Bevölkerung, Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch. Um diese Unsicherheiten teilweise abzufangen, werden diese Eingangsgrößen variiert, um die Spannbreite künftiger Entwicklungen erfassen zu können.
- Drittens besteht eine weitere Unsicherheit darin, inwiefern bei der Ableitung klimapolitischer Maßnahmen Wahrnehmungen und Bewertungen wissenschaftlicher Ergebnisse eine Rolle spielen (Krücken 1997: 138 ff.). Es ist hinlänglich bekannt, dass hier z.B. der Einfluss der Medien keinesfalls zu vernachlässigen ist. Aber auch individuelle Urteilsheuristiken spielen eine Rolle, über die man derzeit mehr spekulieren als empirisch gestützte Aussagen machen kann, da erst wenige Untersuchungen vorliegen, die sich mit dem Klimakomplex auseinandersetzen (Balderjahn u. Wiedemann 1999; Wiedemann u. Balderjahn 1999, 1999a¹).

Es liegt auf der Hand, dass Klimafolgenabschätzungen in hohem Maße von modelltechnischen Annahmen abhängen. Aber es kommt dabei nicht nur auf die mathematische Formulierung von Klima(folgen)modellen sowie auf die zur Verfügung stehenden Daten und deren Qualität an, sondern auch auf die zugrunde liegenden Konzeptionen von Mensch-Umwelt-Interaktionen. Grundmann (1997) bspw. unterscheidet in die (Extrem-)Positionen „Naturalismus“ und „Soziologismus“, um – als Mittelweg – eine dialektische Konzeption der Verbindung von Mensch und Umwelt vorzuschlagen. In der Klimafolgenforschung lässt sich in historischer Betrachtungsweise eine Entwicklung vom Klimadeterminismus (zu Beginn des 20. Jahrhunderts) über eine „emanzipatorische“ Position (etwa im mittleren Drittel des 20. Jahrhunderts) bis hin zu einer vermittelnden Position nachzeichnen (Bray u. v. Storch 1999; Daschkeit u. Dombrowsky 1998; Grundmann u. Stehr 1997; Rosa u. Dietz 1998; Stehr 1999; Stehr u. v. Storch 1995, 1997, 1999; v. Storch u. Stehr 1997).

Bei der Verwendung von Modellen muss grundsätzlich bedacht werden, dass Klimafolgenforschung gemeinhin aus einem analytischen und einem bewertenden Teil zusammen gesetzt ist. Das heißt, es werden sowohl Aussagen zu den „objektiven“ Folgen möglicher Klimaänderungen gemacht als auch

¹ Für einen Vorschlag zur Berücksichtigung der Unsicherheitskomponenten siehe WBGU (1999: 37 f., 66, 134-148), wobei in die Kategorien „Unbestimmtheit“ und „Ahnungslosigkeit“ differenziert wird.

Aussagen zur „subjektiven“ Perspektive (Brunner u. Wimmer 1999; Fränze 1998; Fürst u. Kiemstedt 1998; v. Gleich 1998, 1999a, 1999b; Jaeger 1998; Poschmann et al. 1998; M. Müller et al. 1999; Pot-schin u. Gaede 1999). Zu beiden Komponenten wurden disziplinspezifische Aussagen gemacht. Darüber hinaus wurde in Kapitel 5 (Sylt-GIS) die landschaftsplanerische Ebene betrachtet. Auf dieser Ebene „konzentrieren“ sich beide Komponenten, denn planerische Aussagen enthalten immer norma-tive Elemente und empirische Aussagen (bspw. im Sinne von Biotopkartierungen).

In diesem Zusammenhang hat der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltver-änderungen (WBGU) vorgeschlagen, in der Bewertung von künftigen Landnutzungsstrukturen ethi-sche und ökonomische Komponenten gleichrangig zu berücksichtigen. Als Teil dieser Bewertung können ökonomische Verfahren zu Grunde gelegt werden, z.B. sog. „kontingente Bewertungsver-fahren“ (WBGU 1999a). Für die Fragestellungen der Fallstudie Sylt folgt hieraus, dass im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse die Ermittlung der Zahlungsbereitschaft sinnvoll eingesetzt werden kann, um die Wertschätzung einer bestimmten Umweltqualität zu ermitteln. „So lassen sich (...) mit Hilfe dieses direkten Verfahrens die nutzungsunabhängigen Wertkomponenten wie Existenz- und Symbolwert – zumindest tendenziell – erfassen“ (WBGU 1999a: 71). Diese Methode ist nicht nur für ökonomische Fragestellungen im engeren Sinne verwendbar, die Ergebnisse sind auch für die Frage nach dem Image einer Region relevant, wenn Symbolwert im Sinne von „hoher Bedeutung eines Symbols“ und nicht nur im engeren ökonomischen Sinn aufgefasst wird. Für Sylt kommt aus dieser Perspektive dem Symbolwert (gegenüber Funktionswert, Nutzwert und Existenzwert; zu den jeweiligen Definitionen WBGU 1999a: 74 ff.) vermutlich eine hohe Wertschätzung zu. Mit dem Symbolwert „ist eine ästheti-sche, religiöse oder anderweitig kulturell geprägte Zuordnung von Sinngehalten an natürliche Phäno-mene (oder auch künstliche Produkte) gemeint“ (WBGU 1999a: 76; eigene Hervorhebung). „Für die Erhaltung von Landschaften (...) mit hohem Symbolwert existieren teilweise beträchtliche Zahlungs-bereitschaften“ (WBGU 1999a: 76, 127). Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, dass die wahr-genommene und erlebte Umwelt handlungsleitend ist – und nicht unbedingt die „objektive Situation“ (Graumann 1998; WBGU 1999a: 84).

Vor diesem Hintergrund leiten sich die in Abbildung 12-1 dargestellten Untersuchungsbereiche der Fallstudie Sylt ab: Sowohl die naturräumlichen (linker Block) als auch die soziokulturellen (rechter Block) Untersuchungen gehen von den in der Fallstudie Sylt zugrunde gelegten Annahmen zum Kli-mawandel aus. In je spezifischer Weise werden bestehende bzw. potentielle Konflikte untersucht. Für die integrative Analyse ergibt sich die Notwendigkeit der Wahl eines interdisziplinären Ansatzes, der die aufgeführten Aspekte zu berücksichtigen vermag und gleichzeitig die bisher nur wenig erprobte Zusammenarbeit zwischen Natur- und Sozialwissenschaften unterstützt sowie die Anforderungen nach räumlicher Präzision der Aussagen und nachvollziehbarer Datenhaltung erfüllt.

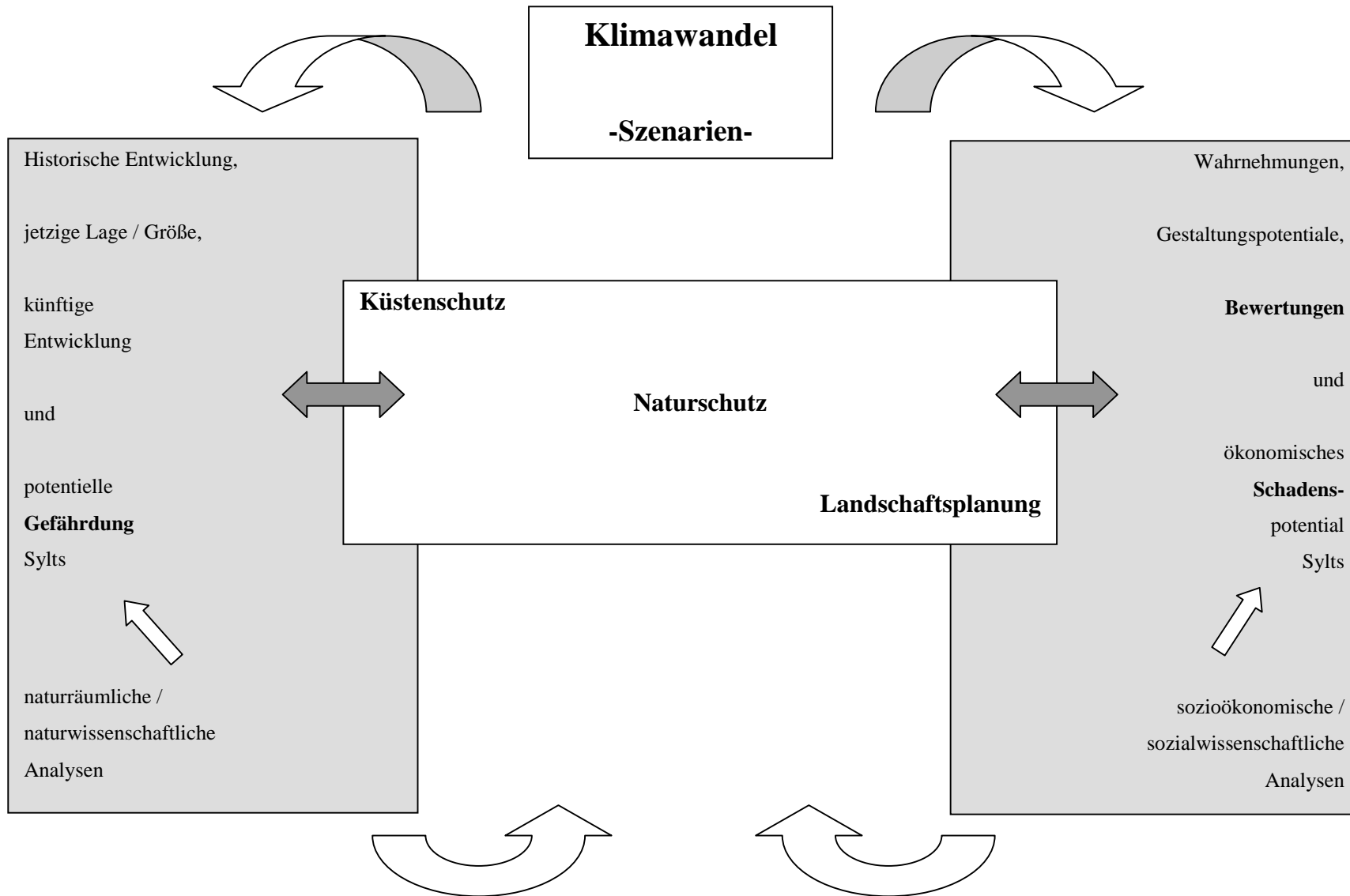


Abbildung 12-1: Fallstudie Sylt – Verbindungen zwischen fachspezifischen und fachübergreifenden Untersuchungen (Quelle: eigener Entwurf A. Daschkeit u. P. Schottes)

12.3 Integrationsansatz und Vorgehensweise

In den letzten Jahren ist in der Praxis der Umweltforschung erkannt worden, dass in interdisziplinären Verbundprojekten die Integration (synonym: Synthese) der fachspezifischen Untersuchungen von Beginn an einen breiten Raum einnehmen sollte (Daschkeit 1998; Daschkeit u. Schuchardt 1999; Fränzele u. Daschkeit 1997). Dieser Erkenntnis wurde bei der Konzeption der "Fallstudie Sylt" formal dadurch Rechnung getragen, dass zwei der insgesamt acht Teilvorhaben schwerpunktmäßig an der Integration von Wissensbeständen und Daten ausgerichtet sind. Um das Ziel der Integration darüber hinaus auch konzeptionell zu verankern, wurde der in den letzten Jahren zur Beschreibung des globalen Wandels entwickelte Syndromansatz des Wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltveränderungen (WBGU) zur Grundlage der übergreifenden Arbeiten gewählt (Questions-Autorenteam 1998; Reusswig 1997, 1999; Schellnhuber et al. 1997; Schellnhuber u. Wenzel [Eds.] 1998; WBGU 1993, 1996, 1998). Dabei sollte geprüft werden, ob dieser Ansatz, der explizit für den globalen Maßstab entwickelt wurde, auch für einen lokalen Untersuchungsraum fruchtbar adaptiert werden kann. Ein wesentlicher Grund für die Anknüpfung an den Syndromansatz ist die Tatsache, dass für ihn eine konsequent fachübergreifende Perspektive grundlegend ist.

12.3.1 Der Syndromansatz des WBGU

Mit dem von ihm initiierten und entwickelten Syndromansatz beabsichtigt der WBGU, ein Instrument zur Diagnose, Prognose und Bewertung von Krankheiten des "Patienten Erde" bereitzustellen. Grundlage des Ansatzes sind aktuelle Trends, die als "Symptome des globalen Wandels" verstanden werden, sowie die funktionalen Beziehungen (Wechselwirkungen) zwischen diesen Trends. Zusammen bilden Trends und Wechselwirkungen ein visualisierbares "Globales Beziehungsgeflecht", innerhalb dessen als signifikante Muster regionalisierbare "Krankheitsbilder des Planeten Erde" identifiziert werden können, die so genannten Syndrome (WBGU 1996, S. 111ff.; Questions-Autorenteam 1998: 8-25).

Die derzeit ca. 80 Trends des Syndromansatzes sind absichtlich unscharf gefasste, hoch aggregierte und prozesshafte Größen, die für den globalen Wandel relevante Phänomene in Natur und Gesellschaft qualitativ beschreiben (z.B. "Globaler und regionaler Klimawandel", "Bevölkerungswachstum", "Emanzipation der Frau"). Auch die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Trends werden zunächst qualitativ charakterisiert. In der Regel hat dabei einer von zwei betrachteten Trends auf den anderen eine verstärkende oder abschwächende Wirkung (z.B. "Globaler und regionaler Klimawandel" wirkt verstärkend auf "Meeresspiegelanstieg").

Das resultierende Globale Beziehungsgeflecht ist insofern als Expertensystem zu verstehen, als darin auf phänomendeskriptiver Ebene die Ergebnisse von Einzelstudien sowie das Wissen von Experten ganz unterschiedlicher Disziplinen und Sektoren zusammengeführt werden. Gleichzeitig stellt es eine spezifische Soziale Repräsentation des globalen Wandels dar, da es das Ergebnis des diskursiven Prozesses festhält, in dem die beteiligten Experten Trends und Wechselwirkungen konstruieren.

Allerdings hat das Globale Beziehungsgeflecht für konkrete Problemstellungen nur begrenzten Aussagewert. So sind z.B. nicht alle Trends bzw. Wechselwirkungen in allen raumzeitlichen Kontexten gleichermaßen relevant und/oder in ihrer Richtung eindeutig bestimmbar. Die Grundthese des Syndromansatzes lautet daher, dass

"... sich der Globale Wandel in seiner Dynamik auf eine überschaubare Zahl von archetypischen Mustern von Kausalmechanismen in den Mensch-Umwelt-Beziehungen zurückführen lässt" (Questions-Autorenteam 1998: 13).

Von solchen Mustern, den "Syndromen des globalen Wandels", die dem Ansatz seinen Namen gaben, lassen sich mindestens 16 voneinander abgrenzen und jeweils mittels spezifischer Beziehungsgeflechte charakterisieren (Questions-Autorenteam 1998: 13).

Aufbauend auf dieser qualitativen Beschreibung eines Syndroms können die einzelnen Trends operationalisiert und mit Datensätzen hinterlegt, das Beziehungsgeflecht formalisiert und damit Modellrechnungen und Simulationen durchgeführt werden. Ein Ergebnis sind komplexe kartografische Darstellungen, auf denen für jeden Ort der Erde seine Anfälligkeit (Disposition) für ein bestimmtes Syndrom, die Intensität der aktuellen Ausprägung etc. angegeben werden.

12.3.2 Adaptation des Syndromansatzes für die Fallstudie

Sylt

Mit der medizin-analogen Terminologie des Syndromansatzes (Syndrome als funktionale Muster aus Symptomen) ist zwangsläufig eine negative Konnotation der einzelnen Muster als "Krankheiten des Patienten Erde" verbunden². Gleichwohl eignet sich der Ansatz aber auch zur Beschreibung komplexer Dynamiken, die weniger eindeutig als negativ zu charakterisieren sind. In diesem Sinne wurde für die Fallstudie Sylt vor allem das Potenzial des Syndromansatzes genutzt, sektorale Sichtweisen zu überwinden und auf der Grundlage einer gemeinsamen "Sprache" eine Plattform zur Integration unterschiedlicher Prozesse in Natur- und Anthroposphäre zu bieten. Dies lag auch deswegen nahe, weil sich die aktuelle Situation auf Sylt a priori in keinem der vom WBGU beschriebenen Syndrome widerspiegelt.

Daher wurde unter Rückgriff auf vorhandenes Wissen sowie auf die aktuellen Ergebnisse der Einzeluntersuchungen der Versuch unternommen, die Dynamik des "Systems Sylt" in einem interdisziplinären Diskursprozess qualitativ zu modellieren. Dazu wurden von den an der Fallstudie beteiligten Wissenschaftlern in einem **ersten Schritt** zunächst in Natur und Gesellschaft beobachtbare Trends identifiziert. Zu jedem dieser Trends wurde eine eigene Beschreibung (Semantik) angelegt. Die Trends sollten einer Reihe von Kriterien genügen:

- Dynamik (Trends stellen Veränderungen dar),
- Relevanz (Bedeutsamkeit der regionalen Ausprägung globaler Phänomene für Sylt),
- hohes Aggregationsniveau (Trends fokussieren nicht auf die "Mikro"-Ebene, sondern auf ein generalisiertes Niveau; WBGU 1996, S. 115 sowie Questions-Autorenteam 1998, S. 11),
- Prägnanz der Bezeichnungen (pointierte, allgemein verständliche Kurzbeschreibungen),
- "Sparsamkeit" (generell sollen so wenig Trends wie möglich benannt werden) und

² Allerdings sind in den syndromspezifischen Beziehungsgeflechten durchaus auch Ansätze zur "Kuration" der Syndrome enthalten.

- weitestgehende Überlappungsfreiheit.

Von den Trends des WBGU, die sich auf die globale Ebene beziehen (WBGU 1996), erwiesen sich erwartungsgemäß nur einige wenige auch für die Entwicklung Sylts als relevant. Daher setzt sich der identifizierte Satz aus 22 Prozessen, welche die vergangene und zukünftige Entwicklung Sylts maßgeblich bestimmen, etwa zur Hälfte aus WBGU-Trends und aus eher sylt-spezifischen Trends zusammen (Tabelle 12-1).

Tabelle 12-1: Beziehungsgeflecht Sylt - Trendliste³

Zunehmende Übernutzung biologischer Ressourcen
Degradation natürlicher Ökosysteme
Zunahme von Naturschutzflächen
Globaler und regionaler Klimawandel
Meeresspiegelanstieg
Süßwasserverknappung
Zunahme des Energieeintrags durch Wind und Seegang
Migration
Zersiedelung
Morphologische Änderungen
Zunahme von Küstenschutzmaßnahmen
Zunahme der Miet- und Immobilienpreise
Zunahme und Ausdifferenzierung des Tourismus
Wachsendes Verkehrsaufkommen
Veränderung des Sylt-Image
Anspruchssteigerung
Zunehmende Wahrung von Gruppeninteressen
Zunehmende Bereitschaft zu umweltschonendem Handeln
Perspektivlosigkeit für Jugendliche
Zunahme der Kosten für Küstenschutzmaßnahmen
Abnehmende Zahlungsfähigkeit des Landes für Küstenschutz
Verstärkung des Umwelt- und Naturschutzes

³ Ausführungen dazu, was im einzelnen unter den genannten Sachverhalten zu verstehen ist und wie diese miteinander verknüpft sind, finden sich im Programm MeBez (vgl. Kapitel 12.3.3).

In einem **zweiten Schritt** wurden - wiederum im interdisziplinären Diskurs und unter Rückgriff auf Expertenwissen - **Wechselwirkungen** zwischen den aufgelisteten Trends beschrieben. Diese Form der Arbeit am Beziehungsgeflecht Sylt ist deswegen bedeutsam, weil empirisch gesicherte (Kausal-)Zusammenhänge der Mensch-Umwelt-Wechselwirkungen nicht bzw. in nur sehr geringem Umfang vorliegen. Aus Trends und Wechselwirkungen ergab sich schließlich ein komplexes "**Beziehungsgeflecht Sylt**".

Aus dieser umfassenden Perspektive wurden in einem **dritten Schritt** Teilbereiche ausgewählt und bearbeitet, die zentrale Fragestellungen fokussieren (Kapitel 12.4).

Zu betonen ist, dass es sich bei der interdisziplinären Rekonstruktion des "Systems Sylt" letztlich um die Soziale Repräsentation der beteiligten Wissenschaftler von ihrem Forschungsgegenstand handelt. Selbstverständlich werden andere Akteursgruppen (Sylter Bevölkerung oder Unternehmer, Gemeindevertreter Sylts, Nicht-Sylter etc.) zu anderen Einschätzungen gelangen bzw. bestimmte Aspekte als hoch relevant und zentral bestimmen und entsprechend gewichten.

Im Gegensatz zum WBGU wird mit der Adaptation des Syndromansatzes für die "Fallstudie Sylt" nicht der Anspruch erhoben, letztlich ein Simulationsmodell der Wechselwirkungen zwischen Natur- und Anthroposphäre zu entwickeln. Er soll hier als integrativer Ansatz vielmehr Folgendes leisten:

- Unterstützung der Kommunikation und Kooperation zwischen den Teilvorhaben.
- Gewährleistung der Nachvollziehbarkeit bzw. Transparenz der interdisziplinären Arbeit.
- Zentrale Datenhaltung.
- Erfassung aller Daten in einem Metadaten-Informationssystem, das sowohl für die Teilvorhaben als auch für Externe zugänglich sein sollte⁴.

In Abbildung 12-2 wird diese Konzeption noch einmal grafisch veranschaulicht: Auf der linken Seite ist symbolisch dargestellt, dass in der "Fallstudie Sylt" der Syndromansatz als heuristisches Instrument verwendet wird. Hierzu werden Trends und Wechselwirkungen identifiziert, die in ihrer Gesamtheit das "System Sylt" als Netzwerk (Beziehungsgeflecht) möglichst umfassend beschreiben sollen. Zu jedem Trend wird eine nähere Beschreibung (Semantik) angelegt. Diesen Teil der Arbeit bezeichnen wir als "deduktive Modellbildung". Um dieses "Modell von Sylt" mit entsprechenden Daten (sofern vorhanden) zu hinterlegen, ist eine Verbindung zum Bereich GIS hergestellt (rechte Seite der Abbildung). In der Metadatenbank, die im GIS integriert ist, sind auch Informationen über Daten ohne Raumbezug enthalten, die im GIS nicht verortet abgebildet werden können (z.B. Befragungsergebnisse). Durch gegenseitige Verweise der Programmteile kann aufeinander Bezug genommen werden. Sobald neue Daten in das GIS aufgenommen werden, kann über eine "induktive Modellbildung" wiederum zum Beziehungsgeflecht rückgekoppelt werden (oberer Pfeil).

⁴ Damit ist allerdings kein Zugang zu den Daten selbst verbunden. Es wird lediglich ein Überblick gewährt, welche Daten im Rahmen der "Fallstudie Sylt" verwendet werden.

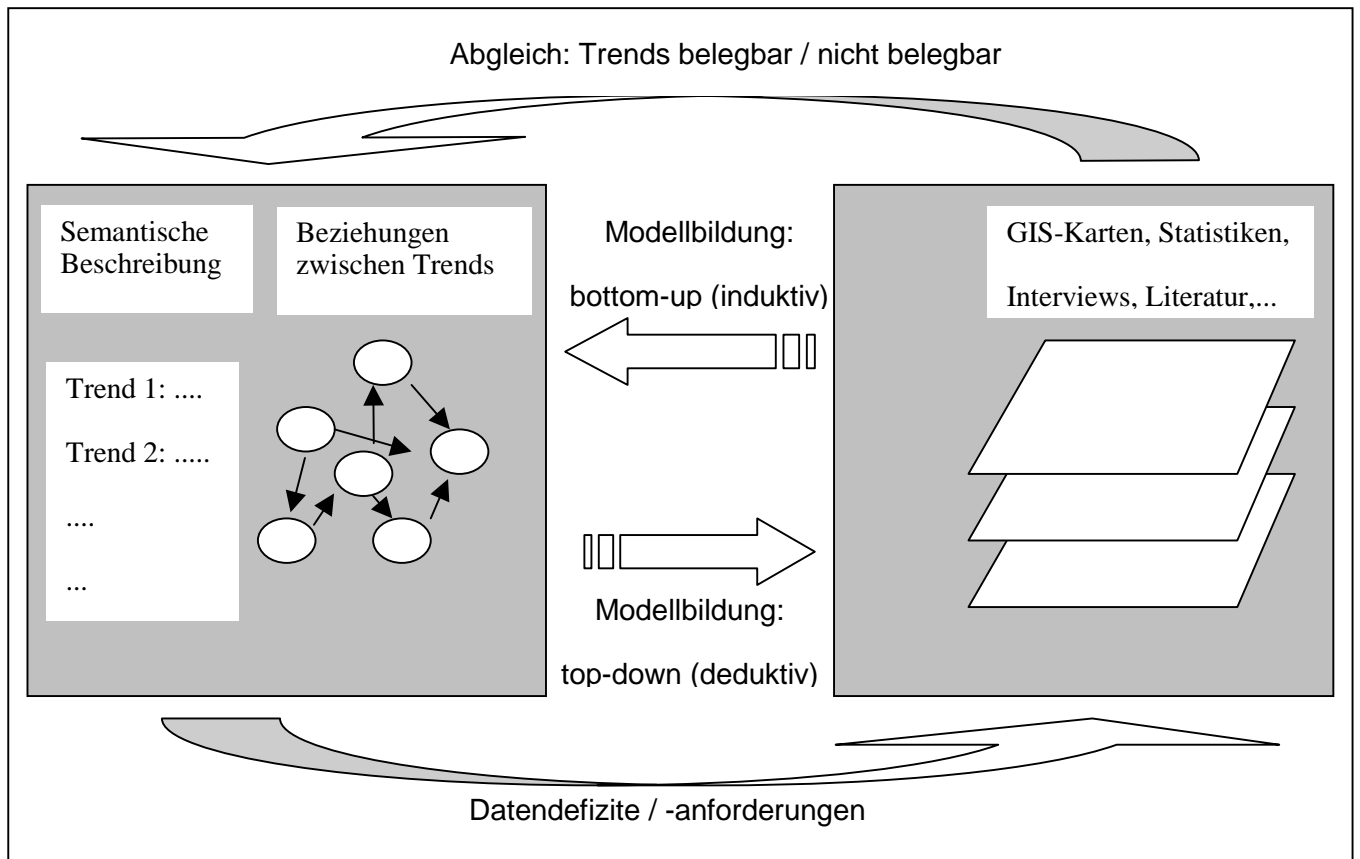


Abbildung 12-2: Modellbildung Fallstudie Sylt (Entwurf: A. Daschkeit u. P. Schottes)

Abbildung 12-3 verdeutlicht die gewählte Vorgehensweise, die sowohl die Erkenntnisse aus den fachspezifischen Untersuchungen berücksichtigt als auch fachübergreifende Analysen fortlaufend unterstützt.

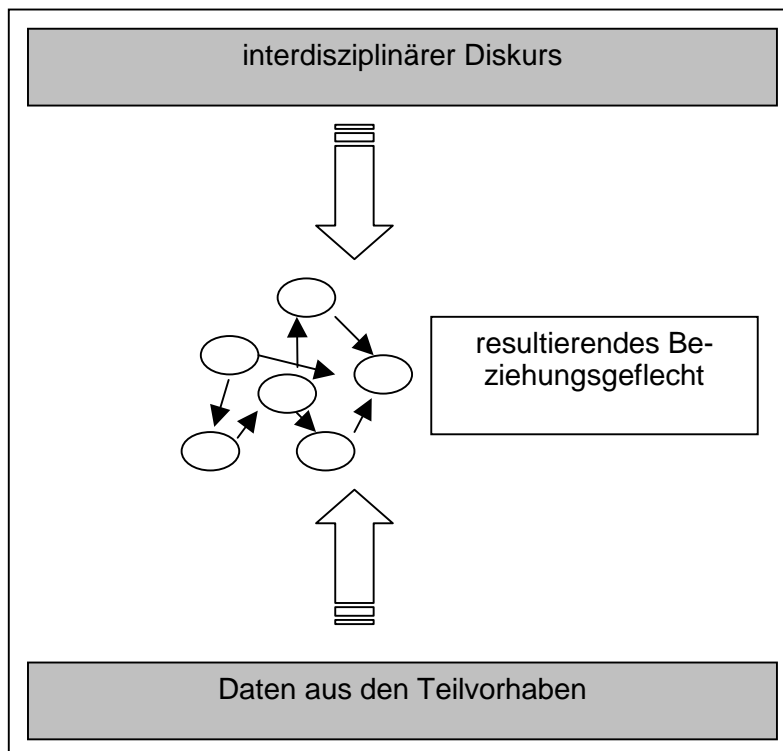


Abbildung 12-3: Entstehungsprozess des "Beziehungsgeflechts Sylt"

12.3.3 Implementation in das Programm "Metadaten & Beziehungsgeflecht MeBez"

Die beschriebene Modellstrategie erlaubt es, den Syndromansatz in eine nachvollziehbare und flexibel handhabbare Prozedur interdisziplinären Arbeitens zu übersetzen und somit den fachübergreifenden Diskurs auf instrumenteller Ebene zu unterstützen. Auf dieser Basis wurde ein Programm entwickelt – "Metadaten & Beziehungsgeflecht MeBez" –, das sowohl das meist in qualitativer Form vorliegende Expertenwissen als auch Daten im GIS zusammenzuführen gestattet. Der Metadatenteil ("Me") des Programmes wurde bereits in Kapitel 5 erläutert. Hier wird in knapper Form ausgeführt, wie der zweite Teil des Programms ("Bez") genutzt wurde.

Neben der Festlegung von Trends (vgl. Tabelle 12-1) bestand ein wesentlicher Schritt im Rahmen des interdisziplinären Diskurses darin, Beziehungen (Wechselwirkungen) zwischen den einzelnen Trends zu identifizieren. Der Programmteil "Beziehungsgeflecht" in MeBez ("Bez") erlaubt es, diese Wechselwirkungen einzugeben und als Matrix oder als Pfeilgeflecht darzustellen.

Die Matrixdarstellung hat dabei den Vorteil, dass hier die Perspektiven verschiedener Bearbeiter parallel dargestellt werden können.

Abbildung 12-4 zeigt die Eingabemaske des "Bez"-Programmteils. Dabei ist der aktuell zu bearbeitende Trend im mittleren der drei Fenster durch einen Pfeil markiert. Im oberen Fenster sind die Trends zu sehen, die auf den aktuellen Trend einwirken (mit Angabe der Wirkart), im unteren Fenster sind die Trends zu sehen, auf die der aktuelle Trend wirkt. Außerdem finden sich hinter jedem Trend Angaben über die Anzahl der GIS-Karten bzw. sonstigen Daten(sätze), die Informationen dazu liefern. Von hier aus kann in den Metadatenteil des Programms ("Me") gewechselt werden, und die entsprechenden Metadaten-sätze werden angezeigt.

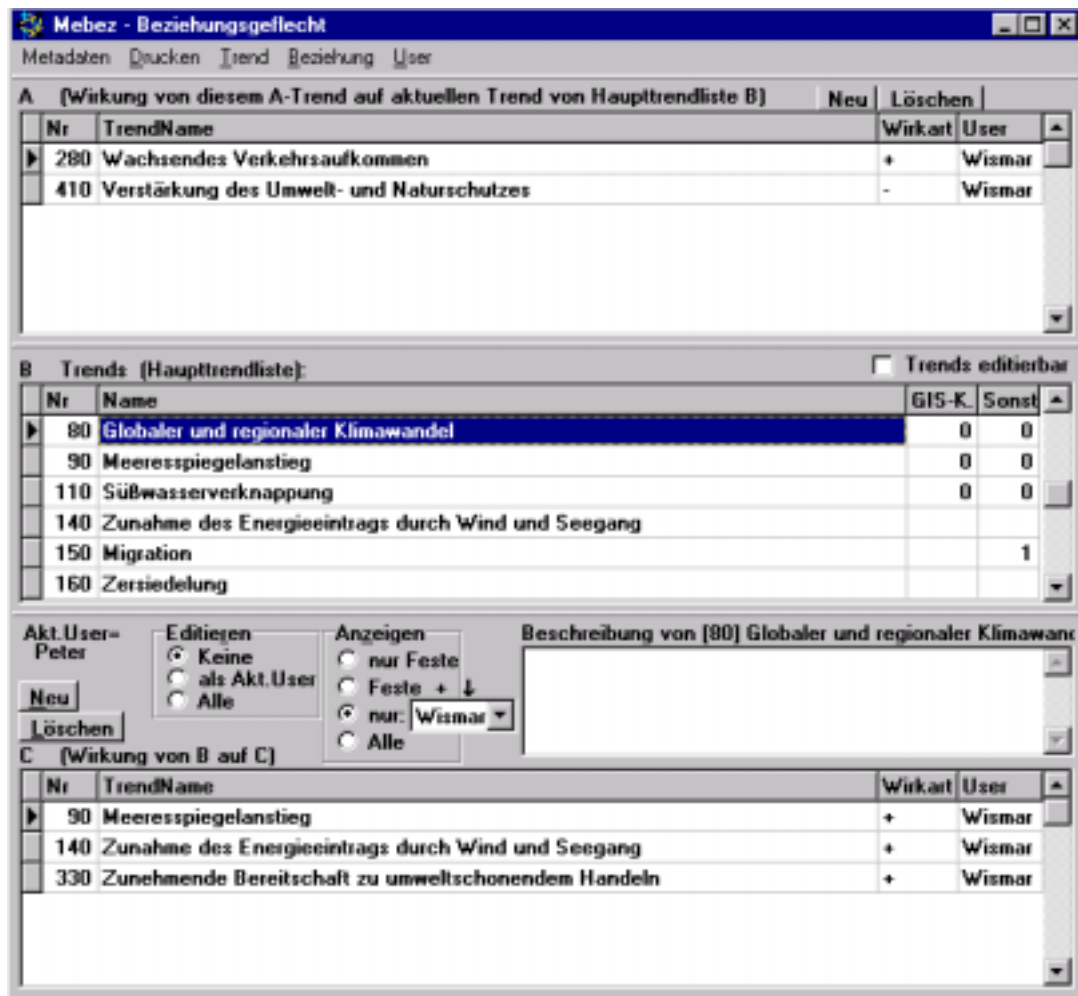


Abbildung 12-4: Eingabemaske Beziehungsgeflecht

12.4 Integration der Ergebnisse

Das wesentliche Ziel der Weiterentwicklung des Syndrom-Ansatzes besteht für die Fallstudie Sylt darin, ein Beziehungsgeflecht der bedeutsamen Entwicklungen in Natur- und Anthroposphäre zu erstellen, das den Zustand und die Dynamik des „Systems Sylt“ in möglichst komprimierter Form widerspiegelt, um daran anschließend zentrale Fragen detaillierter zu untersuchen.

Bei der Beschreibung des „Systems Sylt“ gehen wir zunächst einmal von der übergeordneten Fragestellung nach den möglichen Auswirkungen eines Klimawandels aus. Neben der allgemeinen klimatischen Situation in NW-Europa als derzeitigem „stabilen“ Zustand gehen wir davon aus, dass bis zum Jahre 2100 Auswirkungen eines Klimawandels zu beobachten sind (Kapitel 4). Dies hat kurzfristig vermutlich wenig Auswirkungen auf die ökologische Situation, mittel- bis längerfristig gehen wir von einer Degradation natürlicher Ökosysteme aus (Kapitel 12.4.2). Diese Degradation kann unseres Erachtens direkt auf eine Veränderung des Sylt-Image wirken, denn auf der Insel wird bekanntermaßen dem „Naturkapital“ eine hohe Bedeutung beigemessen – als Stichworte genügen hier: 40 km Strand, Dünenfelder.

Eine Veränderung des Sylt-Image – egal in welche Richtung – hätte wiederum Auswirkungen auf den Tourismus (Kapitel 12.4.3). Diese Auswirkungen lassen sich derzeit kaum detailliert beschreiben – hierfür sind die Ansichten über das Sylt-Image zu heterogen und zu wenig untersucht. Aber für diesen Zusammenhang erscheint es als hinreichend plausibel, starke Wechselwirkungen zwischen der Ausprägung und Intensität des

Tourismus einerseits und dem jeweiligen Sylt-Image bzw. dessen Änderung anzunehmen. Zwischen dem Verhältnis von Sylt-Image und Tourismus einerseits und dem Küstenschutz andererseits gibt es ebenso evidente Beziehungen: Zweifelsfrei ist der Tourismus an der Westseite Sylts abhängig von Küstenschutzmaßnahmen bzw. einer Anpassung des Küstenschutzes an geänderte klimatische Bedingungen. Dass der Küstenschutz in seiner heutigen Intensität und Ausprägung betrieben wird, hängt wiederum auch mit dem Sylt-Image zusammen. M.a.W.: Hätte Sylt nicht das derzeitige Image einer attraktiven Ferieninsel, gäbe es Küstenschutz in der bestehenden Form gewiss nicht.

Aus einer anderen Perspektive können wir ebenfalls diese enge Beziehung erkennen: Wenn sich der Küstenschutz auf Sylt ändert (hierunter verstehen wir einerseits eine mögliche Modifikation bzw. Optimierung der seit 25 Jahren durchgeführten Strandersatzmaßnahmen und andererseits eine Änderung der Küstenschutzstrategien andererseits), hat dies zumindest mittelbar auch Folgen für das Sylt-Image. Eine Änderung des Küstenschutzes wird allerdings keineswegs in direkter Abhängigkeit vom bestehenden oder – von wem auch immer – gewünschten Sylt-Image bewirkt. Küstenschutz wird natürlich auf der Grundlage der bestehenden bzw. im Falle eines möglichen Klimawandels antizipierten hydro- und geomorphodynamischen Bedingungen betrieben – nur sind diese zweifelsohne nicht allein ausschlaggebend.

Damit hat sich argumentativ der Kreis zu den klimatischen Bedingungen der Region geschlossen und wir halten fest, dass der Kern des Sylt-Image im (zirkulären) Wechselspiel zwischen Tourismus, Sylt-Image bzw. dessen Änderung und dem derzeitigen Küstenschutz bzw. dessen Änderung besteht. Aus unserer Sicht haben Faktoren wie die klimatische Situation bzw. die Folgen eines Klimawandels sowie die ökologische Situation bzw. Degradation natürlicher Ökosysteme hierfür einen lediglich indirekten Einfluss. Selbstverständlich können hierdurch Änderungen im System Sylt angestoßen werden; sie erlangen aber nur dann Bedeutung, wenn sie in das genannte Wechselspiel (Küstenschutz – Sylt-Image – Tourismus) passen, also die Funktionsweise des Systems nicht beeinträchtigen.

Im Folgenden werden einzelne Sachverhalte ausführlich betrachtet, die unserer Auffassung nach zentral für das "System Sylt" sind. Diese Analysen, die jeweils spezifische Wirkungsketten des "Beziehungsgeflechts Sylt" in den Mittelpunkt stellen, beziehen sich zunächst auf den Globalen und Regionalen Klimawandel (Kapitel 12.4.1), in der Folge aber auch auf Sachverhalte, die nur indirekt mit einem möglichen Klimawandel in Zusammenhang stehen, namentlich auf die Degradation natürlicher Ökosysteme (Kapitel 12.4.2) und das Sylt-Image (Kapitel 12.4.3).

12.4.1 Wirkungskette Globaler und regionaler Klimawandel

Stellt man den Trend Globaler und regionaler Klimawandel in den Mittelpunkt, so sehen wir auf der einen Seite Faktoren, die prinzipiell auf einen Klimawandel einwirken (Abbildung 12-5).

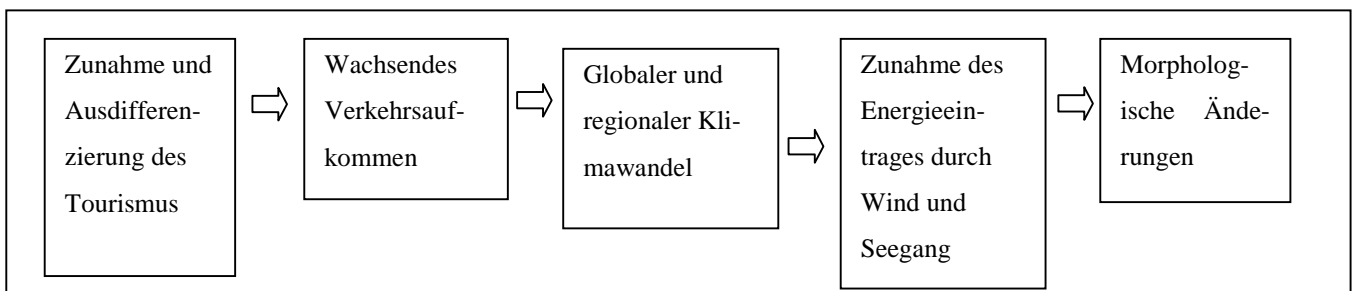


Abbildung 12-5: Wirkungskette Globaler und regionaler Klimawandel

Generell ist ein wachsendes Verkehrsaufkommen – gekoppelt mit entsprechenden CO₂-Emissionen – ursächlich mit verantwortlich für einen anthropogenen Klimawandel. Obwohl der Anteil des syltbezogenen Verkehrsaufkommens als Beitrag zu einer anthropogenen Beeinflussung des globalen Klimas als marginal angesehen werden muss, ist dieser prinzipielle Verursachungsfaktor grundsätzlich zu berücksichtigen. Die Beförderungszahlen der Deutschen Bahn AG können dies veranschaulichen: So verachtfachte sich die Anzahl der von der Deutschen Bahn nach Sylt beförderten Pkw (Autoreisezug bzw. „Sylt Shuttle“) im Zeitraum von 1965 bis 1995 (von 56.645 auf 470.000), wobei zwischen 1988 und 1992 beinahe eine Verdopplung stattfand. D.h., in jüngerer Zeit ist ein wesentlich rascherer Anstieg zu verzeichnen als in den ersten 20 Jahren des betrachteten Zeitraumes. Eine starke Zunahme verzeichnete auch die Fährlinie Römö-Sylt. Hier fand zwischen 1970 und 1997 ein Anstieg der Beförderungszahlen um 56% statt. Zwischen 1985 und 1995 stiegen die jährlichen Beförderungszahlen um mehr als das Doppelte.

Ein wachsendes Verkehrsaufkommen wiederum kann seine Ursachen im Bereich veränderten individuellen Mobilitätsverhalten haben und durch die (absolute) Zunahme und Ausdifferenzierung des Tourismus bedingt sein. Anhand der Daten des Tourismusservice Sylt lässt sich ein deutlicher Anstieg der Bettenzahlen, der Übernachtungs- und Gästezahlen nachweisen. Im Zeitraum zwischen 1969 und 1997 stieg die Zahl der Gästebetten von 31.822 auf ca. 53.000 (Steigerungsrate von 55%). Darin enthalten ist eine vorübergehende Abnahme der Bettenzahlen zwischen 1974 und 1976 (minus 3.082 Betten), dem ein leichter Anstieg folgte, sowie ein starker Anstieg zwischen 1993 und 1994 (plus 3.809 Betten). Die Anzahl der Gäste stieg zwischen 1969 und 1997 um fast 200% von knapp 180.000 auf auf gut 535.000. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die Daten ab 1986 für das gesamte Jahr erhoben wurden, während bis zu diesem Jahr nur der Zeitraum 1.4.-30.9. registriert wurde. Die Anzahl der Übernachtungen stieg im genannten Zeitraum um fast 100% von etwa 2,8 Mio auf etwa 5 Mio, wobei die stärkste Zunahme zwischen 1985 und 1993 lag - was nicht allein durch den geänderten jährlichen Bezugszeitraum erklärt werden kann. Mit dieser quantitativen Zunahme geht eine Ausdifferenzierung der Tourismusangebote einher. Es ist keineswegs so, dass die Zielgruppen des Sylt-Marketing nur im sog. „gehobenen Segment“ zu finden sind; es gibt daneben einige Initiativen, die z.B. auf Familienurlaub abzielen (in Planung befindlich bspw.: Gemeinde Hörnum: Familienhotel „Blauer Vogel“ an Stelle Altes Kurhaus).

Als Folge eines globalen und regionalen Klimawandels gehen wir von einem verstärkten Meeresspiegelanstieg und einer Zunahme des Energieeintrages durch Wind und Seegang aus (vgl. Kapitel 6 und 7). Aus beiden Prozessen folgt, dass es u.a. zu morphologischen Änderungen im Sinne zunehmender Erosion kommen wird (Abbildung 12-5).

Analysiert man entlang dieser Wirkungskette und legt die Berechnungen zum Energieeintrag und zu den Sedimenttransportkapazitäten bei geänderten Klimabedingungen zugrunde (siehe Kapitel 6 und 7), so lassen sich aufgrund der prognostizierten Rückgangsraten Karten „zukünftiger Küstenlinien“ ermitteln, die zunächst einmal davon ausgehen, dass keine weiteren Küstenschutzmaßnahmen erfolgen (=Referenzfall). Auf diese Weise wurden für die Zeitpunkte 2010, 2020, 2030, 2040 und 2050 Berechnungen durchgeführt und deren Ergebnisse kartographisch dargestellt (Karten 6-11 - 6-16). Ferner wurden die absoluten und relativen Anteile verschiedener Flächenkategorien wie bebautes Land, Straßen, geschützte Biotope usw. berechnet, die potentiell verloren gehen könnten (Tabelle 5-3 sowie Karten 5-8 - 5-17).⁵

⁵ Die Stürme im Winterhalbjahr 1999/2000 haben gezeigt, welche Auswirkungen Extremereignisse haben können. Der hieraus resultierende seeseitige Energieeintrag kann nurmehr teilweise durch vorhandene Sanddepots „abgepuffert“ werden. Es lohnt also offenkundig durchaus, eine worst-case-Abschätzung vorzunehmen, nicht zuletzt deshalb, um deutlich zu machen, wie wichtig effektive küstenerhaltende Maßnahmen sind – ausgehend von der Prämisse, die Insel in einer definierten Form zu sichern.

Die Betrachtung der derzeitigen Konflikte (Kapitel 5) hat gezeigt, dass gerade die unter Schutz gestellten Flächen (NSG oder §15a-Biotope) in ihrer Existenz bedroht bzw. ohnehin Nutzungen ausgesetzt sind (v.a. Tourismus), die zu ihrer Degradation beitragen. Wenn aufgrund des Klimawandels gerade diese Flächen verloren gehen, wird sich der Nutzungsdruck auf die verbleibenden Flächen weiter verstärken. Zudem treten in dem genannten Fall massive Flächenverluste im bebauten Bereich auf.

In einem weiteren Schritt wurde der Fall „kein Klimawandel und kein weiterer Küstenschutz“ angenommen (siehe Karten 5-3 - 5-7). Der dritte – hier interessierende – Fall geht davon aus, dass es zu einem Klimawandel kommt, der Küstenschutz auf Sylt aber in der bisherigen Form weiter geführt wird. Die unter diesen Annahmen ermittelten Rückgangsraten bzw. Küstenlinienverläufe sind vernachlässigbar gering.

12.4.2 Wirkungskette Degradation natürlicher Ökosysteme

Wir konnten bereits zeigen, dass man sowohl von direkten als auch von indirekten Folgen eines möglichen Klimawandels ausgehen muss. Für die ökologische Situation und Entwicklung Sylts gilt ebenfalls: Es muss davon ausgegangen werden, dass die Ökosysteme Sylts in unterschiedlichem Maße von einem Klimawandel betroffen sein werden und dass darüber hinaus allgemeinere Entwicklungen einen ebenfalls großen Einfluss auf die Ökologie Sylts haben. Im Folgenden betrachten wir daher schwerpunktmäßig die Degradation natürlicher Ökosysteme etwas ausführlicher, denn die ökologische Situation ist ein wesentlicher Faktor für die touristische Nutzung Sylts. Die Wirkungskette (Abbildung 12-6) veranschaulicht die Zusammenhänge, von denen wir ausgehen:

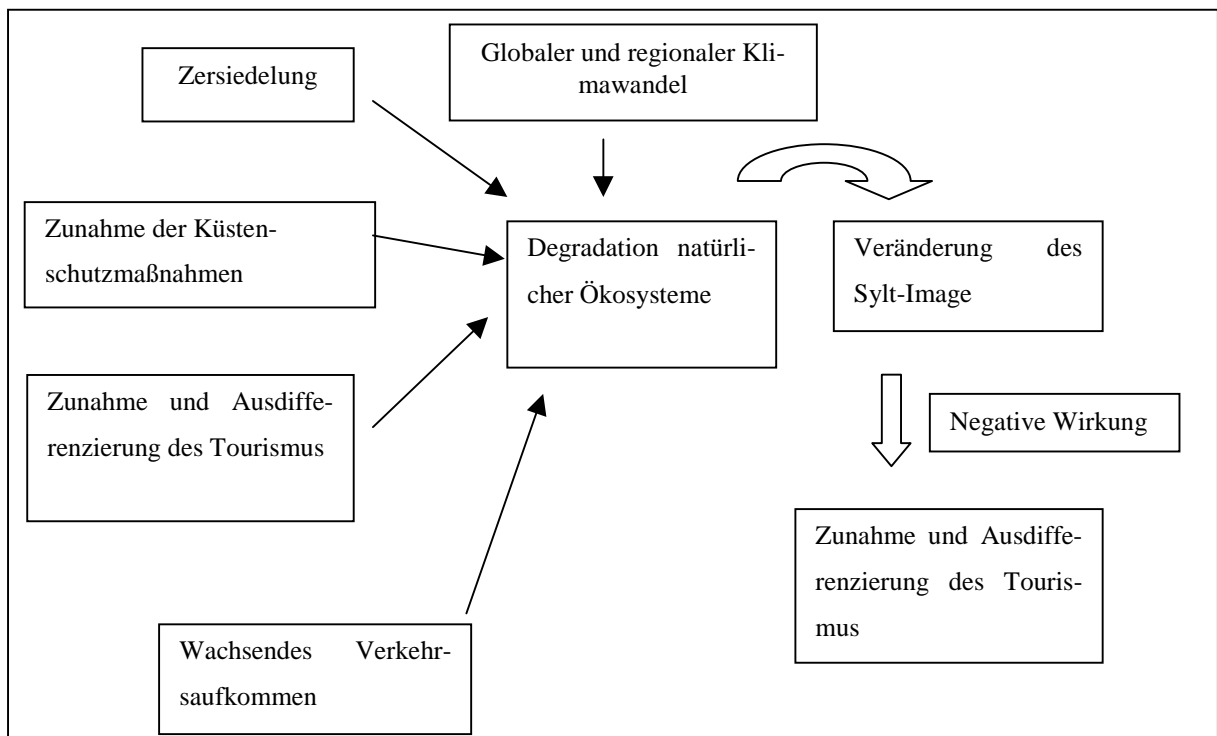


Abbildung 12-6: Wirkungskette Degradation natürlicher Ökosysteme

Generell verstehen wir unter der Degradation natürlicher Ökosysteme die teils unbeabsichtigte, teils beabsichtigte Entwicklung von einem naturnahen in einen naturfernen Zustand. Hierunter ist u.a. zu verstehen:

- die Befestigung von Küsten durch Deiche, Steindeckwerke u. Ä. (an der Ostseite Sylts sind ca. 35% der Küste in dieser Weise befestigt);

- die Deaktivierung ehemals aktiver Kliffs durch künstliche Befestigungen;
- die Ausbreitung gebietsfremder, vom Menschen eingeschleppter Tiere und Pflanzen;
- die Dünenbefestigung durch Bepflanzungen;
- die Anlage von Campingplätzen und anderen touristischen Einrichtungen in Dünengebieten, die ansonsten einer natürlichen Wanderungsbewegung unterliegen;
- die teils zugelassene, teils „wilde“ Nutzung von geschützten Dünengebieten;
- die künstliche Bewaldung ursprünglich unbewaldeter Dünengebiete;
- die Umnutzung agrarisch geprägter Flächen als Baugebiet,
- Zersiedelung
- wachsendes Verkehrsaufkommen.

Darüber hinaus sind in diesem Kontext auch Prozesse zu bedenken, die die Vernachlässigung des Umgangs mit dem kulturellen Erbe Sylts betreffen. Die Zurückdrängung historischer Bausubstanz wie z.B. Walfangkapitänshäuser in Keitum und die „umgreifende“ Besiedlung bzw. Bedeichung jung- und bronzezeitlicher Grabstätten sowie die Umsiedlung von Kirchen (Keitum, Morsum), die vormals als landschaftliche Sichtmarken dienten, bringen diese Tendenz deutlich zum Ausdruck. Verbunden ist hiermit u.a. ein Verlust an traditionellen Wissensbeständen, wie sie in zahlreichen Sylter Sagen und Erzählungen zum Ausdruck kommen.

Die genannten Faktoren haben dazu geführt, dass man von einer Degradation natürlicher Ökosysteme sprechen muss. Der Trend zur Zersiedelung läßt sich u.a. daran erkennen, daß auf Sylt der Anteil der Siedlungsfläche an der gesamten Siedlungs- und Verkehrsfläche fast 80% beträgt, während sich in der durchschnittlichen nordfriesischen Gemeinde Siedlungs- und Verkehrsfläche in etwa die Waage halten (vgl. Tabelle 5-2). Die Zunahme des Tourismus kann einerseits zur Ausweitung der baulichen Tätigkeit führen (Zersiedelung), andererseits zum wachsenden Verkehrsaufkommen beitragen. Voraussetzung hierfür ist, durch Küstenschutzmaßnahmen zu gewährleisten, dass ein genügend großer Küstenstreifen touristisch genutzt werden kann sowie Gebäude und Menschen langfristig gesichert sind. Insofern können die Zunahme des Tourismus und die Zunahme des Küstenschutzes indirekt ebenfalls auf die Degradation natürlicher Ökosysteme wirken.

Dass eine Zunahme und Ausdifferenzierung des Tourismus auf Sylt auch anderweitige Gründe haben kann (wie z.B. das Fehlen ähnlich attraktiver Angebote im Ausland), sei an dieser Stelle nur kurz erwähnt.

Der Einfluss eines Klimawandels auf die ökologische Situation und Entwicklung Sylts lässt sich anhand der Resultate ökologisch ausgerichteten Untersuchungen (Kapitel 8) veranschaulichen: Wenn angenommen wird, dass aufgrund eines Klimawandels zukünftig vermehrt Sandvorspülungen durchgeführt werden müssten, scheint dies kaum nachteilige Wirkungen auf die Regeneration der Strandfauna an der Westküste zu haben. Es ist außerdem davon auszugehen, dass es bei einer Erhöhung der durchschnittlichen Wassertemperatur zu keinen gravierenden Auswirkungen im Hinblick auf das biologische Artenspektrum im Sylter Gezeitenbereich kommen wird. Im Gegensatz dazu sind die Auswirkungen veränderter hydrodynamischer Bedingungen auf die ökologische Situation an der Ostseite Sylts als bedeutender einzustufen, wenn man davon ausgeht, dass eine Zunahme des Energieeintrags zu zusätzlichen festen Uferbefestigungen führen wird.

Die Auswertung von Satellitenaufnahmen (LANDSAT TM-Szenen aus den Jahren 1984, 1990, 1992 und 1995) lässt für die Ableitung zeitlicher Entwicklungen der ökologischen Situation Sylts nur sehr begrenzt Aussagen zu: So ist zwar beispielsweise die Wanderung

von Binnendünen nachvollziehbar, und auch die Sukzession von Salzwiesen lässt sich über die betrachtete Zeitspanne dokumentieren. Es lassen sich auch die Flächennutzungsänderungen und die Veränderung und Entstehung von Gewässern nachvollziehen (Kaiser 2000). Eindeutige Aussagen, ob damit eine Degradation natürlicher Ökosysteme verbunden ist, sind nicht zuletzt aufgrund methodischer Detailprobleme hieraus bislang nicht abzuleiten. Eine zusätzliche Untersuchung der Entwicklung der Sylter Salzwiesen auf der Grundlage zweier Kartierungen (aus den Jahren 1986 und 1997) lässt darüber hinaus nicht eindeutig erkennen, in welchem Umfang bereits ein möglicher Klimawandel als Ursache heranzuzuiehen ist (Jacoby 2000).

Es ist davon auszugehen, dass auch die Degradation natürlicher Ökosysteme Folgewirkungen (nicht nur in rein ökologischer Hinsicht) hat: Eine Insel, die ihre Anziehungskraft – also die Basis der ökonomischen Wertschöpfung – maßgeblich darauf gründet, mit einer „einzigartigen Naturlandschaft“ zu werben, ist abhängig von einer gewissen ökologischen Qualität des Naturraumes. Selbstverständlich begründet nicht nur der Naturraum die Anziehungskraft Sylts. Aber wenn eine Degradation zu weit führt, kann möglicherweise auch die Attraktivität einer Urlaubsinsel darunter leiden, mit anderen Worten: Das Image der Urlaubsinsel hätte sich deutlich gewandelt. Dies führt uns zur dritten Wirkungskette, die wir im folgenden Kapitel etwas ausführlicher betrachten.

12.4.3 Wirkungskette Sylt-Image

Es wurde bereits angedeutet, dass bei der Betrachtung des globalen bzw. regionalen Klimawandels sowie der Degradation natürlicher Ökosysteme Auswirkungen auf das Sylt-Image zu vermuten sind, wenn sich – langfristig gesehen – die zugrundegelegten Annahmen zum Klimawandel als zutreffend erweisen sollten. Das Sylt-Image stellt sich aus unserer Perspektive als weiterer Schnittpunkt der Mensch-Umwelt-Interaktionen heraus, und aus diesem Grund wird es nachfolgend etwas eingehender betrachtet⁶. Auf ähnlich ausgerichtete Untersuchungen im Zusammenhang von Umwelt- bzw. Klimafolgenforschung können wir dabei konzeptionell und methodisch nicht zurückgreifen.

Der Begriff Image kann synonym zu den Begriffen Bildnis, Abbild und Vorstellung verstanden werden. Er stammt aus der angloamerikanischen Sozialforschung und wurde bzw. wird überwiegend in den Bereichen Werbepsychologie bzw. Motiv- und Marktforschung verwendet. Image bezeichnet ein gefühlsbetontes, über den Bereich des Visuellen hinausgehendes Vorstellungsbild über Meinungsgegenstände. Gemeint ist dabei eine „Ganzheit“ von (i) Gefühlen, (ii) sachlichen Informationen über den Gegenstand sowie (iii) Handlungsabsichten. Ein Image entwickelt und verfestigt sich im Zeitverlauf durch eigene und/oder fremde Erfahrungen, die bewusst und unbewusst die Wahrnehmung beeinflussen können. In diesem Sinne kann ein Image eine gewisse Orientierungsfunktion übernehmen (Streitz 1983). Images sind Systeme „signifikanter Symbole“, durch deren Verwendung Individuen die Einstellungen und z.T. auch das Verhalten anderer zu Subjekten und Objekten teilen können. Symbole bringen voneinander abgesonderte Wirklichkeitsbereiche im Bewusstsein von Personen auch in Abwesenheit von Objekten oder Ereignissen zur Geltung. Symbol-bezogenes Verhalten befähigt Individuen im Zusammenwirken mit der ihnen eigenen Raum- und Zeitbindung, ihr gegenwärtiges Verhalten auf der Basis einer antizipierten Zukunft oder einer entfernten Vergangenheit zu ordnen. Ohne Symbole wäre nur ein Leben in der Gegenwart möglich. Verhalten in Bezug auf Images ist also symbolisches Verhalten. Images sind gewissermaßen Meta-Symbole, die ihre Bedeutung, wie jedes Symbol, vom sozialen Kontext ableiten. Diese sozialen Kontexte gehen zudem meist mit einer lokalen bzw. regionalen Komponente einher. Von daher liegt es nahe, das Image eines Ortes oder einer Region mit dem Begriff Heimat zu

⁶ Die Ausführungen sowie die Auswertungen in diesem Abschnitt sind gemeinsam mit dem Teilverhaben Soziologie verfaßt worden.

verbinden (Bartels 1984; Becker 1969; Giesen 1998; Neumeyer 1991, 1992; Newig 1991), denn in beiden Begriffen spiegelt sich die Symbolisation des Raumes wider. Die Wirksamkeit der symbolischen Umwelt ist so stark, dass der Raum als solcher nicht unmittelbar wahrgenommen werden muss, um ihn als Heimat zu empfinden, der Name (das Symbol) kann hinreichend sein (so Streitz 1983: 302 in Anlehnung an Pareto). Der (Lebens-)Raum hat dabei für Menschen eben nicht nur eine „geographische“ Orientierungsfunktion. Die vielfältigen Emotionen, die mit ihm verbunden werden, sind Ausdruck für einen bedeutsamen Teil des Wertesystems einer Gesellschaft oder ihrer Teile bzw. wie Berking (1998) formuliert: „place matters“ (Streitz 1983: 290; Treinen 1965 spricht von symbolischer Ortsbezogenheit; Klüter 1986; Stichweh 1998: 346). Der Mensch lebt in einer natürlichen Umwelt, die mit seiner symbolischen Umwelt in einer unaufhebbaren Wechselwirkungen steht. Versucht man allerdings, diese symbolische Bedeutung in Form eines ökonomisch gefassten Symbolwertes zu spezifizieren, so zeigen die Ergebnisse der ökonomischen Untersuchungen (siehe Kapitel 9), dass hier in der gesamten bundesrepublikanischen Bevölkerung nicht unbedingt von einer hohen symbolischen Wertschätzung ausgegangen werden kann.

Das Image eines Ortes ist in touristisch geprägten Regionen auch von Nachfrage- und Angebotsperspektiven geprägt, für die Kommunikation eine zentrale Rolle spielt. Gerade im Tourismus spielt der Faktor „Image“ in Form eines Symbols für Lebensgefühl und Lebensstil erwartungsgemäß eine große Rolle. Die gilt ganz besonders für die Insel Sylt. Für einen Urlaubsort, wie Sylt ihn darstellt, lässt sich über Symbolisation und Repräsentation ein empirisch analysierbarer Bezug herstellen: Naturgewalten, isolierte Insellage mit dem Reiz des Abenteuerlichen bzw. der Attraktivität von Gefahren / Risiken, gemeinsame Abhängigkeit, natürliche / künstliche Urlaubswelten seien hier exemplarisch als Stichworte genannt (Graumann 1998; Helbrecht 1998; Hennig 1997, 1997a, 1998; Huber 1998; Opaschowski 1991). Folgt man Becker (1969), so erhält Sylt seine Anziehungskraft auf Touristen u.a. allein schon dadurch, dass Sylt eine Insel ist. Ein sog. „Inselgefühl“ kann entstehen, weil sich der Tourist entgegen der Alltagsgewohnheiten und -welt in eine überschaubare, abgegrenzte Welt versetzt sieht, die eine gewisse Distanz zur gewohnten Welt erlaubt.

Auch wenn die Perspektive in diesem Fall auf den Bereich des Tourismus eingeschränkt ist, können wir drei Komponenten aus der allgemeinen Image-Betrachtung ableiten: Das Image eines Ortes wird „produziert“ (z.B. durch Marketing), es wird über verschiedene Kanäle transportiert (verbale Kommunikation, Anzeigen etc.), und es wird in bestimmter Weise rezipiert. Diese Elemente eines Image (kurz: Produktion – Kommunikation – Rezeption) werden im Falle Sylts von der augenscheinlichen Spannung Sylts als Naturraum und als Sozial- und Kulturraum geprägt: Auf der einen Seite gilt die Insel als einmalige Naturschönheit mit Landschaftselementen inkl. der bioklimatischen Heilwirkung der aerosolhaltigen Luft, die nur hier anzutreffen sind, auf der anderen Seite gilt Sylt als Treffpunkt von Deutschlands Schickeria. Zudem ist Sylt eine Insel, deren natürliche Wanderungsdynamik bewusst durch eine Reihe von Küstenschutzmaßnahmen zu einem großen Teil, wenn auch nicht vollständig unterbunden wird. Allein aus dieser Tatsache wird deutlich, dass es sich im Falle Sylts keineswegs um eine Naturlandschaft handeln kann – jedenfalls wenn man unter Naturlandschaft solche Räume versteht, die nicht bzw. kaum anthropogenen Einflüssen ausgesetzt sind (Schulze 1999: 82 ff.). In diesem Sinne kann man davon sprechen, dass die „Naturlandschaft“ Sylt ein sowohl emotionales als auch Marketing-Konstrukt ist.

Insgesamt handelt es sich also beim Sylt-Image in wesentlichen Teilen um eine Problematik des Symbolwertes bzw. um eine bestimmte Facette des Heimatphänomens. Vor diesem Hintergrund betrachten wir zunächst den „Ausschnitt“ aus dem Beziehungsgeflecht „System Sylt“ (Abbildung 12-7), der einige aus unserer Sicht relevante Einflussfaktoren für die Veränderung des Sylt-Images zusammenfasst. Im Anschluss daran betrachten wir detailliert einige Komponenten des Sylt-Image, weil dort der größte Klärungsbedarf besteht.

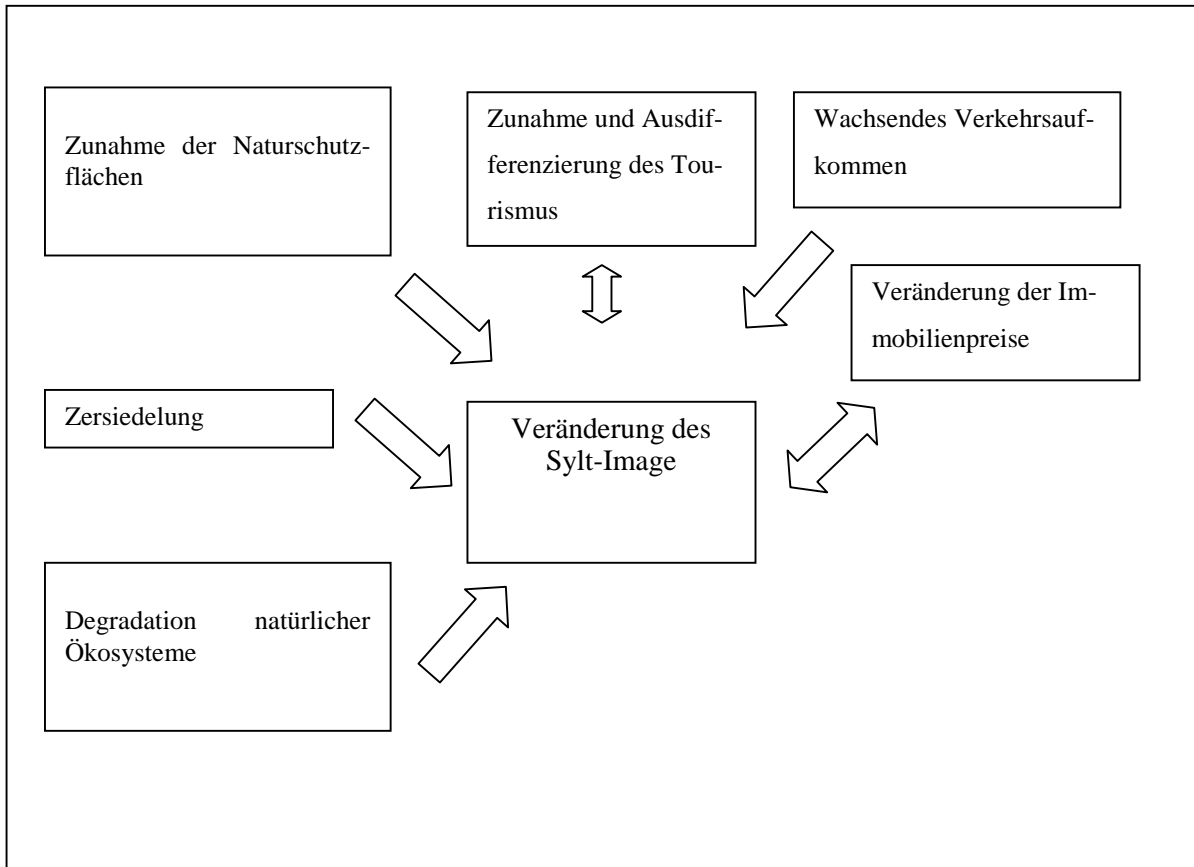


Abbildung 12-7: Sylt-Image: Wechselwirkungen

Es wurde bereits deutlich, dass wir nicht von „dem“ (einen) Sylt-Image ausgehen können, da es sich um jeweils individuelle Vorstellungen handelt. Von daher ist auch die Veränderung des Sylt-Image in eine Vielzahl von Richtungen denkbar, die wiederum spezifisch gedeutet und bewertet werden können. Was der Eine als positive Veränderung ansehen mag, ist für den Nächsten möglicherweise genau entgegengesetzt eine negative Veränderung. Dennoch lässt sich generalisierend festhalten, dass grundsätzlich verschiedene Faktoren auf die Veränderung des Sylt-Image wirken: Wir gehen davon aus, dass auf der einen Seite Faktoren wie die Zersiedelung, aber auch die Zunahme und Ausdifferenzierung des Tourismus einen Einfluss auf das Sylt-Image haben, denn diese Faktoren bestimmen maßgeblich das „Erscheinungsbild“ der Insel. Mit einer möglichen (quantitativen) Zunahme des Tourismus wiederum ist direkt ein mögliches wachsendes Verkehrsaufkommen verbunden. Auf der anderen Seite kann auch die Degradation natürlicher Ökosysteme eine Veränderung des Sylt-Image bewirken, ebenso wie die Anzahl und der (Schutz-)Status von Naturschutzflächen, denn hierdurch wird maßgeblich mitbestimmt, inwieweit Sylt als „Naturraum“ angesehen werden kann. Weiterhin nehmen wir an, dass eine Wechselwirkung zwischen einer Veränderung des Sylt-Image und einer Veränderung der Immobilienpreise besteht. Eine eindeutige Richtung der jeweiligen Einflussfaktoren bzw. Wechselwirkungen anzugeben, erscheint aufgrund der jeweils individuellen Sichtweise des Sylt-Image schwierig. Es ist daher notwendig, der Frage nachzugehen, was diese eigentümliche Spannung zwischen Natur- und Kulturlandschaft ausmacht, die im Sylt-Image zu liegen scheint.

Der Küstentourismus in Deutschland, der sich seit Ende des 2. Weltkrieges in manchen Regionen zum tragenden Wirtschaftsfaktor entwickelt hat, ist generell durch eine „atomisierte Anbieterstruktur“ gekennzeichnet, d.h. durch eine Vielzahl kleiner Unternehmen mit geringer durchschnittlicher Betriebsgröße. Seit Beginn der 1990er-Jahre sind anhaltende Auslastungsprobleme zu beobachten. Die Bedeutung des Wirtschaftsfaktors Tourismus lässt sich für Sylt bspw. daran ablesen, dass mehr als 50% des Gesamteinkommens auf diesen Bereich entfallen (Möller u. Feige 1998b). Im gesamten deutschen Kü-

stenraum wird nach wie vor in erster Linie der „klassische“ Badeurlaub nachgefragt, was sich u.a. in einer ausgeprägten Saisonalität ausdrückt. Die Insel Sylt gehört dabei zu denjenigen Küstenräumen, die bevorzugt nachgefragt werden. Nicht zuletzt aufgrund der Auslastungsprobleme ist in den letzten Jahren ein Qualifizierungs- und Professionalisierungsschub zu beobachten, der z.B. auf Sylt in der Durchführung eines sog. „Offenen Tourismusforums“ erkennbar ist. Für die Frage nach den Folgen eines Klimawandels auf den deutschen Küstenraum insgesamt ist relevant, dass

„ca. 56% (61 Mio.) Tagesausflüge sowie 22% (16 Mio.) [der] Übernachtungen Reisen mit wetter- bzw. klimarelevanten Motiven zuzurechnen sind (...). Rund 45% des Küstentourismus sind somit potentiell von Klimaänderungen betroffen“ (dwif 1999: 16).

Die zeitliche Entwicklung des Tourismus auf Sylt ist seit 1945 durch einen fast stetigen Aufwärtstrend gekennzeichnet. Einer Phase des Massentourismus bis etwa Anfang der 1970er-Jahre folgte ein kurzzeitiger Einbruch in der Zeit der Ölkrise und eine sich daran anschließende Phase der Konsolidierung. Seit Anfang der 1990er-Jahre ist allerdings auch hier eine Verflachung des Aufwärtstrends erkennbar (Möller u. Feige 1998 a,c).

Die zukünftige Entwicklung des Küstentourismus wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, so u.a. von der soziodemographischen Entwicklung, gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (hier verstanden als Lebensstile und die zur Verfügung stehende Zeit für Urlaub generell), von ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen, der Erreichbarkeit, der Entwicklung von alternativen Reisezielen und auch von der Entwicklung der modernen Informations- und Kommunikationstechnologie (z.B. internetgestützte Buchungssysteme o. Ä.). Im übertragenen Sinne sind auch für Sylt die ökologischen Rahmenbedingungen von besonderer Bedeutung:

„Die Qualität bzw. der Zustand von Natur und Landschaft sind zentrale Angebotselemente im Tourismus und insbesondere an der Küste. So ist die Landschaft zu 50% ausschlaggebend bei der Zielwahl. Die Umweltqualität der Region ist insgesamt sehr hoch und ein wichtiges Güte- und Qualitätskriterium für den Küstentourismus. Küstenuurlauber reagieren sensibel auf Verschlechterungen des Umweltzustandes. Maßnahmen zur Bewahrung der Qualität haben daher heute und künftig einen hohen Stellenwert im Destinationsmanagement“ (dwif 1999: 41; Feige 1999 und v. Laßberg 1997 zum Komplex Tourismus und Umwelt).

Eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung im Küstentourismus ist vornehmlich an der Ausdifferenzierung des Reiseverhaltens (Reiseziele, Motive, Aktivitäten, Erwartungen u.a.m.) interessiert sowie an den möglichen Veränderungen von Natur und Umwelt im allgemeinen – Wetter und Klima hingegen werden kaum betrachtet. Wo dies geschieht, stehen (noch) konzeptionelle Betrachtungen im Vordergrund. So unterscheiden Lohmann et al. (1998: 75 ff.) zwischen direkten Wirkungsmöglichkeiten eines gewandelten Klimas und halten genauere Analysen zukünftiger Wettermuster (atmosphärische Entwicklungen, die Zeiträume von bis zu mehreren Monaten umfassen) für notwendig. Die indirekten Wirkungen drücken sich aus (bzw. würden sich ausdrücken) im Meeresspiegelanstieg etc. Präzisere Angaben zum künftigen Verhältnis zwischen einer möglichen Klimaänderung und touristischen Nachfrage- und Angebotsverläufen können noch nicht gemacht werden. Als mögliche (Extrem-)Pfade der zukünftigen, allgemeinen küstentouristischen Entwicklung werden angenommen (Tabelle 12-2): Zum einen eine absolute Marktorientierung – „anything must go“ – und zum anderen eine Entwicklung, die an Generationenvorsorge, Umwelt- und Substanzerhaltung ausgerichtet ist und als „Regionaler Individualismus“ bezeichnet wird.

Tabelle 12-2: Entwicklungspfade im Küstentourismus (verändert nach dwif 1999: 108 ff. und 141 ff.).

	Entwicklungspfad A „anything must go“	Entwicklungspfad B „Regionaler Individualismus“
Generelle Ausrichtung	<ul style="list-style-type: none"> • Küstentourismus vollständig auf Marktbedürfnisse ausgerichtet • vorwiegend Sommerurlaub 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewahrung und Stärkung regionaler Identität • Küstentypische Angebotsformen, u.a. wellness-, gesundheits- und naturorientierte Angebote
Mögliche Situation im Jahr 2030	<ul style="list-style-type: none"> • Küste touristisch erschlossen • moderne Freizeit- und Vergnügungszentren (multifunktional, wetterunabhängig) • wenige Schutzgebiete mit eingeschränktem Zugang 	<ul style="list-style-type: none"> • diversifizierte touristische Struktur • relativ hoher Status von Schutzgebieten <p>verschiedene Zielgruppen</p>
Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • schnelle Entwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • langsame Entwicklung (Abstimmung mit Bevölkerung etc.)
Räumliche Eigenschaft	<ul style="list-style-type: none"> • keine flächenhafte Ausdehnung, sondern Konzentration an bestimmten Standorten („Nester“-Prinzip) 	<ul style="list-style-type: none"> • Schutzgebiete • Ländliche Räume • Kleinere Kur- und Erholungsorte • Inseln und Halligen • „konventionelle“ Tourismusformen an einzelnen Standorten (Nischen)
Klima- / Wettersensibilität	<ul style="list-style-type: none"> • eher unabhängig von Wetter / Klima 	<ul style="list-style-type: none"> • eher abhängig von Wetter / Klima

Für Schleswig-Holstein – und in diesem Fall sicherlich auch für Sylt – gilt, dass „natürliche Angebotskomponenten“ wie Klima, Strand, Meer und Landschaft maßgebliche Gründe für einen Urlaubsaufenthalt sind (so eine Gästebefragung aus dem Jahr 1997, über deren Repräsentativität allerdings keine Angaben verfügbar sind; N.I.T. 1998). Wir können daher annehmen, dass eine Entwicklung Sylts in Richtung „Pfad B“ wahrscheinlicher ist als eine Entwicklung in Richtung „Pfad A“ (siehe Tabelle 12-2). Im Hinblick auf das Sylt-Image hieße das, den funktionsräumlichen Aspekt (siehe unten) entsprechend zu gewichten.

Wir wollen jetzt etwas genauer danach fragen, was eigentlich im Kern das Sylt-Image ausmacht und ob sich die weiter oben angesprochene Symbolisierung (Symbolwert) nachweisen lässt.

Exemplarisch werden die Elemente der Image-Produktion am Beispiel einer Inhaltsanalyse der CD „Sylt interaktiv“ untersucht. Die Bädergemeinschaft Sylt GmbH ist *eine* der Organisationen, die einen Beitrag zur Produktion des Sylt-Image leisten. Ihre CD ‚Sylt interaktiv‘ und das dazugehörige Heft ‚Natürlich Sylt‘ werden als Info-Magazin für Gäste und solche, die es werden sollen, herausgegeben. Die Bezeichnung ‚Sylt-Marketing‘ im Namen der Bädergemeinschaft verweist darauf, dass man erwarten darf, eine verführerische und in jeder Hinsicht verlockende Insel präsentiert zu bekommen. Die bereits dargestellten Befunde zum Sylt-Image (Kapitel 10) werden an dieser Stelle durch einen nach drei Funktionsaspekten gegliederten Blick auf das ‚Produkt Sylt‘ ergänzt. Zu diesem Zweck wurden die Texte der CD "Sylt interaktiv" analysiert. Der physisch-materiale Aspekt steht dabei für Aussagen zu Natur, Klima, Landschaft und Bebauung der Insel. Dabei wurden vor allem Hinweise auf Einmaligkeit, Schönheit und Unberührtheit berücksichtigt. Der funktionsräumliche Aspekt umfasst die Bereiche Wellness, Fitness, Health, Mobilität und Gastronomie. Der sozialräumliche Anteil am Sylt-Image ergibt sich aus Aussagen über Menschen und deren Lebensstile. Aber auch Vergangenheit, Zukunft und die Gefährdungslage der Insel gehen hier ein. Die Unterteilung des Sylt-Image zeigt nach unseren Analysen eine relative Ausgewogenheit der sozialräumlichen, funktionsräumlichen und physisch-materialen Komponenten (Abbildung 12-8).

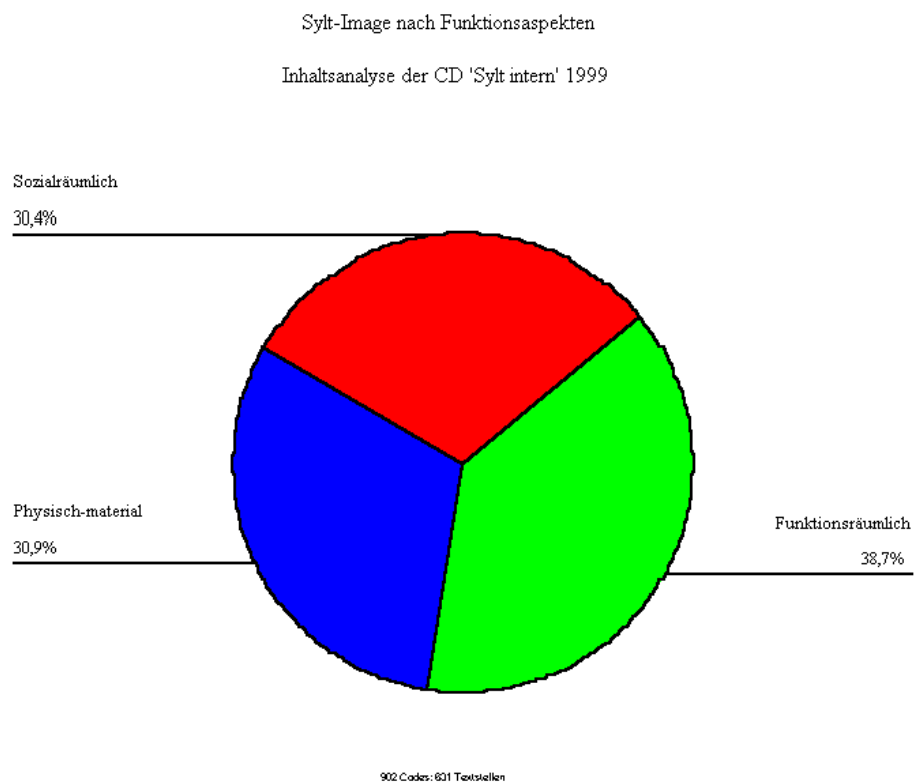


Abbildung 12-8: Sylt-Image nach Funktionsaspekten

Die funktionsräumlichen Faktoren verweisen auf für den Gast verkehrsgünstig gelegene Einrichtungen, in denen er bequem den verschiedensten Aktivitäten nachgehen kann. Dazu gehören vor allem Sport, Spiel, Gesundheit, Erholung und gutes Essen (Abbildung 12-9).

Differenzierung des funktionsräumlichen Sylt-Image

Inhaltsanalyse der CD 'Sylt intern' 1999

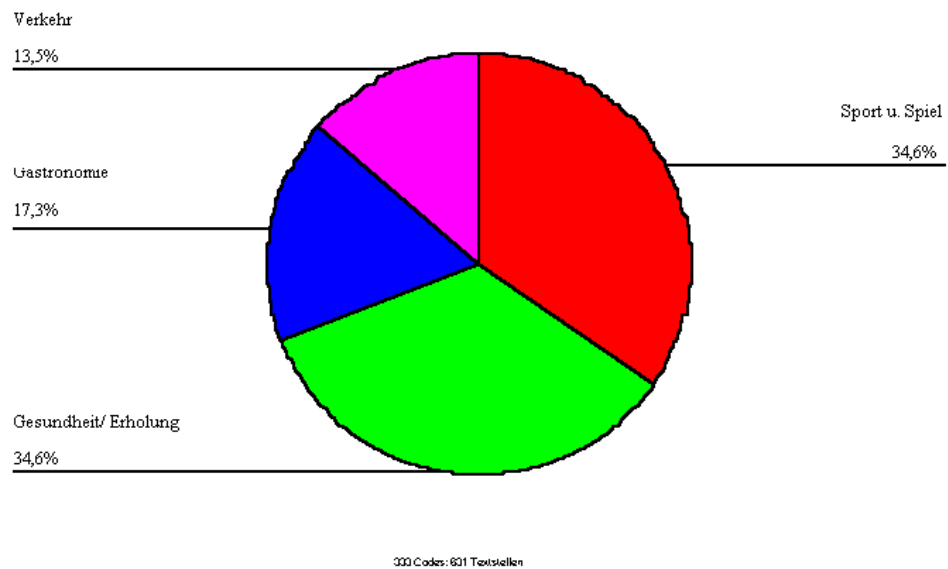


Abbildung 12-9: Differenzierung des funktionsräumlichen Sylt-Image

Der hohe wellness-fitness-health-Anteil (zusammen 69,2 %) am funktionsräumlichen Image verweist auf die große Bedeutung, die dieser Komponente für die Attraktivität der Insel beigemessen wird. Die Differenzierung des physisch-materialen Sylt-Image (Abbildung 12-10) zeigt, welche außerordentliche Bedeutung dem ‚Bild von der Natürlichkeit‘ Sylts beigemessen wird. Nicht umsonst heißt das Info-Magazin, dem die analysierte CD beilieg ‚Natürlich Sylt‘.

Differenzierung des physisch-materialen Sylt-Image

Inhaltsanalyse der CD 'Sylt intern' 1999

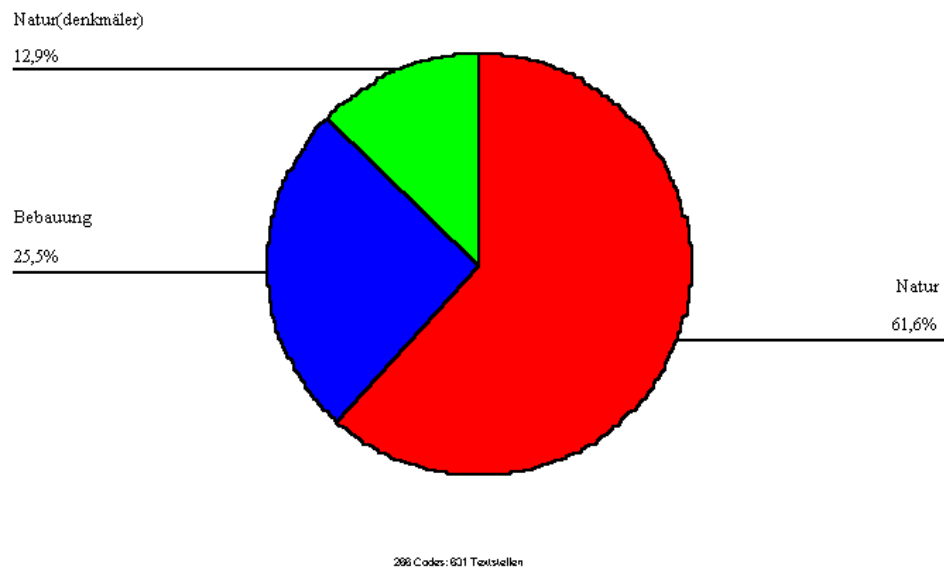


Abbildung 12-10: Differenzierung des physisch-materialen Sylt-Image

Dem eher etwas diffusen, romantischen Naturverständnis (61,6 %) fügt man einzigartige Elemente mit Naturdenkmalcharakter (12,9 %) hinzu, und in diese wundervolle Naturlandschaft schmiegen sich harmonisch die wunderschönen Friesenhäuser, die man hier baut (25,5 %), als hätte sie die Natur geradezu selbst entstehen lassen. Das physisch-materiale Sylt-Image zeigt deutlich, dass die Naturlandschaft Sylts durch kulturlandschaftliche Elemente ergänzt dem Inseltourismus dienen soll. Die sozialräumliche Seite des produzierten Sylt-Image (Abbildung 12-11) zeigt sich gegenüber den anderen Funktionsaspekten differenzierter.

Differenzierung des sozialräumlichen Sylt-Image

Inhaltsanalyse der CD 'Sylt intern' 1999

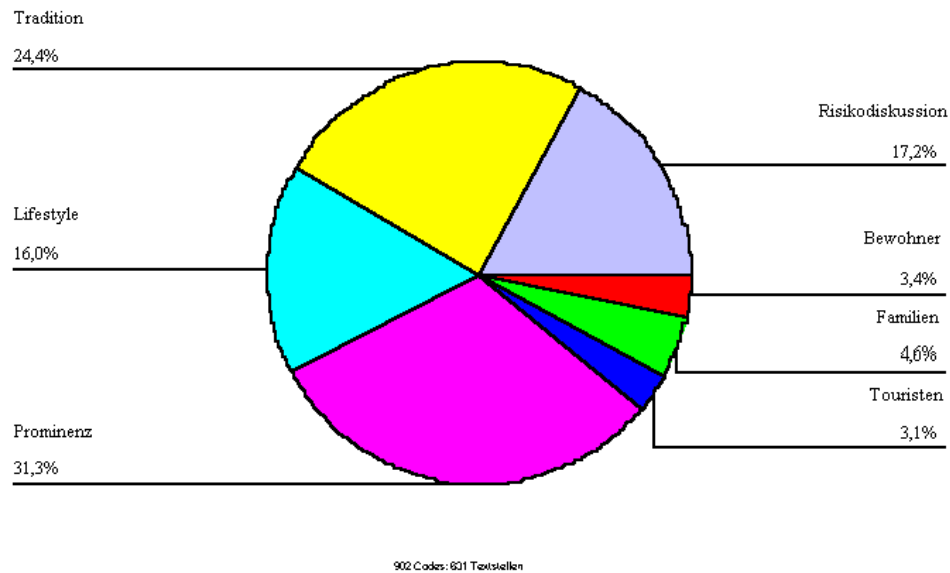


Abbildung 12-11: Differenzierung des sozialräumlichen Sylt-Image

Inselbewohner, aber auch Touristen zählen nicht zu den wichtigsten Komponenten in der Produktion des sozialräumlichen Sylt-Image. Nach wie vor verspricht man dem Gast offenbar die Anwesenheit von Prominenz (31,3 %), selbst wenn in der Öffentlichkeit gelegentlich so getan wird, als spiele die ‚Schickeria‘ keine Rolle mehr. Will man auf die alte Prominenz noch nicht verzichten, so deutet sich gleichwohl im ‚Lifestyle‘ (16,0 %) eine Hinwendung zu Modernität und Jugend schon an. Insgesamt verspricht Sylt nach wie vor die Teilhabe am Sozialprestige derer, die „in Deutschland ganz oben“ sind. Die Bedeutung von Inselgeschichte und Inseltradition (24,4 %) sind erkannt, wenngleich Echtes vom Folklorismus schwer zu scheiden ist. Die Komponente ‚Risikodiskussion‘ (17,2 %) zeigt die traditionelle Sichtweise auf die Gefährdung der Insel und die Notwendigkeit von Küsten- und Naturschutz.

Überraschenderweise wird diese Gefährdungslage der Insel Sylt in der Image-Produktion nicht ausgeblendet, sondern zur Steigerung der Attraktivität von Sylt genutzt. Verfolgte man diesen Gedanken pointiert weiter, so bedeutete eine Erhöhung der Gefahr eine Steigerung der Attraktivität.

Ein zentraler Aspekt des Sylt-Images liegt aus dieser Perspektive im ambivalenten Charakter der aktuellen und potentiellen Gefährdung der Insel durch den Küstenrückgang. Diese Ambivalenz ergibt sich aus einem Zusammenhang, der sich in den vorherigen Analysen bereits angedeutet hat: Das Sylt-Image spiegelt die Wechselwirkung zweier Komponenten wider. Auf der einen Seite eine „statische“ Komponente, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die natürliche Wanderungsdynamik der Insel aus Gründen des Küsten- und Strandschutzes eingeschränkt ist. Auf der anderen Seite findet sich eine „dynamische“ Komponente, die auf dem „Reiz von Naturgewalten“, der Anziehungskraft des stetigen Küstenabbruchs beruht. Nicht zuletzt diese latente, immer währende Gefährdung ist attraktiv als Gegenpol zur Alltags- und Lebenswelt der Inselbesucher – so ließen sich im sturmreichen Winterhalbjahr 1999/2000 deutlich mehr „Kliffbewunderer“ feststellen als sonst üblich. Reichstein (2000: 25) spricht davon, dass „die Entwicklungsgeschichte

der Insel (...) seit ihrem Bestehen mit der Geschichte ihres Abbruchs nahezu identisch“ ist.

Diese relativ stabile Wechselwirkung zwischen statischen und dynamischen Komponenten wird sich angesichts möglicher Klimaänderungen vermutlich verschieben, wobei wir zwei Möglichkeiten unterscheiden:

- Die Folgen eines Klimawandels treten „schleichend“ ein: Der Meeresspiegelanstieg sowie weitere hydrodynamische Bedingungen ändern sich sukzessive. Auf Grundlage der in den Kapitel 6, 7 und 8 dargelegten Ergebnisse ist unter dieser Annahme von keinen gravierenden Änderungen auszugehen, so dass das Verhältnis von Statik und Dynamik wie oben skizziert im Wesentlichen bestehen bleibt – m.a.W.: business as usual.
- Die zweite Möglichkeit besteht darin, dass die Folgen eines Klimawandels mit einer Zunahme von Extremereignissen einhergehen. In diesem Fall verschiebt sich das o.g. Verhältnis zur Seite der „Dynamik“. Die Wirkung der „Naturgewalten“ nimmt zu, der Bedrohlichkeitscharakter drängt sich in den Vordergrund, die „Zerbrechlichkeit“ der Insel tritt hervor.

Betrachten wir diese zweite Möglichkeit in ihren Konsequenzen, stellt sich die Frage, wie hiermit umzugehen sei. Es ergeben sich grundsätzlich zwei Optionen:

- *Intensivierung des Küstenschutzes* – verstärkte Sandvorspülungen, verstärkter Objektschutz etc.
- *Kontrollierte Steuerung der Rückgangsdynamik* – hierbei ist im Sinne der obigen Argumentation davon auszugehen, dass eine gewisse Gefährdungskomponente zum Image der Sylt Insel gehört, und diese Komponente kann aktiv mit in die Überlegungen zum künftigen Image einbezogen werden. Das hieße, dass eine geringe Verlustrate von kleinen Strandabschnitten hingenommen werden kann, deren Sicherung ansonsten überproportional aufwändig wäre. Ein Imageverlust kann nämlich auch dadurch entstehen, dass ein Zu viel an Küstenschutz betrieben wird, so dass die dynamische Komponente gar nicht mehr ersichtlich wäre⁷. Aus einer langfristigen Perspektive heraus ist diese Form der „Erlebnissteuerung“ vermutlich sinnvoll, weil so wesentlich deutlicher der „Zerbrechlichkeitscharakter“ der Insel demonstriert werden kann.

Auch aus Gründen der Vorsorge ist eine solche Strategie erörterungswürdig, denn nur unter Berücksichtigung derartiger Strategien lässt sich ein Austarieren zwischen der Dynamik der Insel auf der einen Seite und der aus Küstenschutzerwägungen heraus benötigten Statik der Insel bewerkstelligen.

Im Rahmen eines von uns im folgenden Kapitel vorgeschlagenen Integrierten Küstenmanagements für Sylt wäre damit zu rechnen, dass das Sylt-Image - bewusst oder unbewusst - eine hervorgehobene Rolle spielt, so dass wir anregen, es bei einem solchen Prozess explizit zum Thema zu machen, insbesondere im Hinblick auf die Motive der Beteiligten bei der Bestimmung von Leitbildern bzw. Entwicklungszielen (v.d. Knaap 1999).

⁷ „Küstenschutz seit preußischer Zeit und der Ausbau der Insel zur Festung zerstörten einmal mehr viel von dem, was die Insel eigentlich aus- und für den Fremdenverkehr interessant machte“ (Reichstein 2000: 26).

12.5 Fazit und Empfehlungen

Im Rahmen der Fallstudie Sylt sollten in erster Linie die folgenden Fragen geklärt werden: In welcher Form und Intensität wirkt sich ein möglicher Klimawandel auf die Insel Sylt aus? Wie wird dieser mögliche Klimawandel wahrgenommen bzw. eingeschätzt? Können schon Maßnahmen im Zusammenhang hiermit vorgeschlagen werden?

Hierzu lässt sich hierzu festhalten: Unter der Annahme bestimmter Varianten der künftigen klimatischen Entwicklung (Kapitel 4) ist mit großer Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass bis zur Mitte des Jahrhunderts keine gravierenden Folgen für die Insel Sylt zu erwarten sind. Bei Fortsetzung der bisherigen passiven Küstenschutzmaßnahmen bzw. gemäßigter Steigerung der vorgespülten Sandmengen sind die zu erwartenden Änderungen im morphodynamischen Geschehen an der Westküste Sylts technisch relativ gut beherrschbar. An der Ostküste Sylts hingegen sind bedeutende Änderungen zu erwarten, wenn man von veränderten hydrodynamischen Bedingungen ausgeht.

Die Einschätzungen der Sylter Bevölkerung sowie der untersuchten Akteursgruppen weisen insgesamt darauf hin, dass ein möglicher Klimawandel bislang eine lediglich untergeordnete Rolle in der Wahrnehmung spielt. Im Gegensatz dazu steht zwar die Einschätzung des Orkans „Anatol“ im Dezember 1999 als „ungewöhnlich schwer“ (siehe Kapitel 10), es ist allerdings keine Aussage darüber möglich, ob die Folgen des Orkans nicht auch relativ schnell wieder „vergessen“ sein werden. Damit muss unklar bleiben, ob durch dieses extreme Ereignis die Aufmerksamkeit für einen möglichen Klimawandel langfristig erhöht wurde.

Neben der geringen prinzipiellen Bedeutung, dem ein möglicher Klimawandel von Seiten der untersuchten Sylter Bevölkerung eingeräumt wird, ist festzustellen, dass Themen wie bspw. die künftige Entwicklung des Tourismus und die Verkehrssituation Sylts eine ebenso hohe Bedeutung haben wie der Küstenschutz. Etwas weniger im Vordergrund steht hingegen die Situation an der Ostküste Sylts als Teil des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres. Weder in küstenschutztechnischer noch in tourismuspolitischer Hinsicht wird diesem Bereich hohe Aufmerksamkeit zuteil.

Die Ergebnisse der fachspezifischen Untersuchungen deuten insgesamt in die gleiche Richtung wie die integrativ orientierte Synthese: Auf den ersten Blick sind der Schutz der Westküste und die Folgen eines möglichen Klimawandels das alles beherrschende Thema, auf den zweiten Blick wird deutlich, dass eine ganze Reihe weiterer Sachverhalte Randbedingungen auch für die zukünftige Entwicklung der Insel sind. In den Untersuchungen der Teilvorhaben Soziologie und Psychologie kommt dies in der „Kontextualisierung“, also in der Einbindung der Klimathematik in andere Themen- und Problemfelder zum Ausdruck, in den weiter oben dargestellten Wirkungsketten wird ebenfalls deutlich, dass man in der Ableitung von Handlungsempfehlungen einen breiteren Horizont einnehmen muss, um auch die indirekten Wirkungen bzgl. eines möglichen Klimawandels berücksichtigen zu können. In der Darstellung der zentralen Prozesse im „System Sylt“ (Kapitel 12.4) haben wir ebenfalls aufgezeigt, dass vor dem Hintergrund des Wechselspiels von Tourismus, Sylt-Image und Küstenschutz die ökologische Situation sowie mögliche Folgen von Klimaänderungen nur eine sehr indirekte Rolle spielen. Daraus folgt, dass auch die Empfehlungen (siehe unten) einen breiteren Bereich beinhalten müssen und nicht nur auf die im engeren Sinne klimaänderungsbedingte Komponente eingehen können.

Darüber hinaus hat die Häufung der Sturmereignisse im Winterhalbjahr 1999/2000 eindrücklich vor Augen geführt, dass seitens der Klimaforschung bislang keineswegs eindeutig geklärt ist, in welcher Häufung und Intensität Sturmereignisse in Folge eines Klimawandels zukünftig auf regionaler Ebene auftreten werden – hier zeigt sich die implizite Unsicherheitsdimension der Klima- und Klimafolgenforschung. Zusammengenommen mit der Annahme, dass extreme Ereignisse einen ungleich höheren Einfluss auf naturräumliche und sozioökonomische bzw. –kulturelle Entwicklungen haben können (Clau-

sen 1994; Gigon u. Grimm 1998), stellt dies ein zusätzliches Argument dar, aus Gründen der Vorsorge *no regret*-Strategien und -Maßnahmen abzuleiten. Dies bringt es mit sich, dass die nachfolgenden Empfehlungen sich auch auf allgemeine Entwicklungen Sylts beziehen. Im Sinne einer künftigen Entwicklung, die sich an den Prinzipien und Zielsetzungen eines „Sustainable Development“ orientiert, schlagen wir als übergreifende Empfehlung vor, für die Insel einen Prozess des sog. Integrierten Küstenmanagements (IKM) zu initiieren (grundlegend zu den Voraussetzung und Ansprüchen eines IKM: Kay u. Alder 1999; Daschkeit u. Sterr 1999; EU-Kommission 1999; MLR Hrsg. 1998; Sterr u. Daschkeit 2000). Auf diese Weise kann umfassend bestimmt werden, was als nötig und gestaltbar für die Insel angesehen wird⁸.

Legt man einen weit gefassten Gesamtanspruch zugrunde, dann beinhaltet integriertes Küstenmanagement die umfassende Beschreibung und Bewertung von Küstensystemen sowie die Formulierung von Zielvorstellungen bezüglich des Schutzes und der Bewirtschaftung bzw. Verwaltung (= Management) der dort vorhandenen Ressourcen. In diesen Prozess sind traditionelle, kulturelle und historische Aspekte spezifischer Küstengebiete ebenso einzubeziehen wie die dort auftretenden Interessenlagen, Nutzungskonflikte und rechtlich-administrativen Strukturen. Es ist ersichtlich, dass in der Fallstudie Sylt eine Fülle von diesbezüglich relevanten Grundlagen erarbeitet wurden. Die Prinzipien, die einem IKM zu Grunde liegen, sind in Abbildung 12-12 zusammengefasst:

⁸ In geringem Umfang wurde dies in der Planungszelle (TV Soziologie) skizziert; für eine umfassende Bestimmung dessen, was mittel- und langfristig möglich und notwendig ist, müßte dies mit größerer Beteiligung und einer anderen Verbindlichkeit durchgeführt werden.

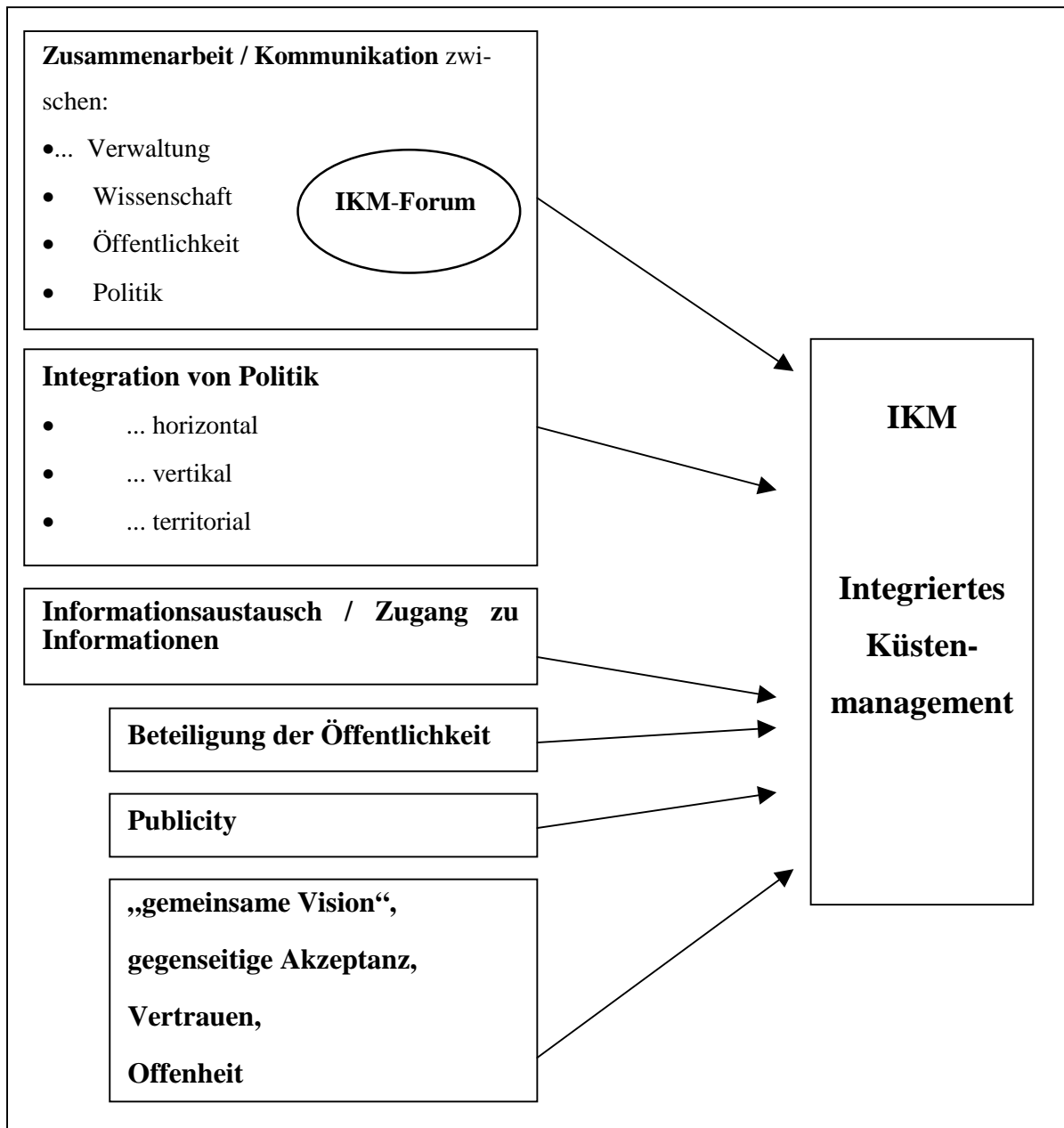


Abbildung 12-12: Zentrale Prinzipien des Integrierten Küstenmanagements (eigener Entwurf)

Im Sinne eines IKM muss nach unserer Auffassung generell in kurzfristige (= die nächsten Jahre) und langfristige (= die nächsten Jahrzehnte) Aspekte unterschieden werden. Kurzfristig scheint angesichts eines möglichen Klimawandels ein eher geringes Gefährdungspotential für die Insel Sylt zu bestehen, das zudem in technischer Hinsicht nach dem derzeitigen Kenntnisstand beherrschbar zu sein scheint. Aufgrund des „schleichenden“ Charakters der Folgen eines möglichen Klimawandels sowie der weitgehenden Unkenntnis darüber, in welcher Form (Häufigkeit und Intensität) Extremereignisse auftreten können, muss davon ausgegangen werden, dass dieses Gefährdungspotential anwachsen kann. Ob und in welchem Ausmaß technische Vorkehrungen zur Gefahrenabwehr getroffen werden, muss von Seiten der Gesellschaft entschieden werden. Entsprechende Entscheidungen hierüber erfolgen zwangsläufig auf der Grundlage von subjektiven Repräsentationen der natur- und sozialräumlichen Entwicklungen, die das Ausmaß der Bedrohung Sylts und somit den Interventionsbedarf bestimmen.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Aus küstenschutztechnischer Perspektive wird empfohlen, auch weiterhin sog. „weiche Lösungen“ aus Geotextilien für den Objektschutz und zur Erhöhung der Verweilzeiten der Sedimente im offenen System Sylt zu bevorzugen. Gleichzeitig aber bleiben Strandersatzmaßnahmen für die langfristige Stabilisierung des Sedimenthaushalt unverzichtbar.

Aufgrund der Ergebnisse der numerischen Modellierungen wird empfohlen, mehr als bisher das Riff oder geeignete Offshore-Bauwerke in den Küstenschutz mit einzubeziehen, um sowohl die lokalen Sicherheiten zu gewährleisten als auch die Verweilzeiten der Sedimente zu erhöhen. Dabei ist die Form des Bauwerks im Gegensatz zu dessen räumlicher Anordnung von untergeordneter Rolle. Als eine wirksame, stützende Maßnahme wird unabhängig vom künftigen Wasserstandsanstieg bereits heute die Anordnung von Endschwellen an den Inselenden gesehen. Diese werden in Verbindung mit Strandersatzmaßnahmen die Verweilzeiten der Sedimente im System verlängern, da ein Austritt von Strandmaterial nach Norden und Süden entsprechend der Geometrie der Schwellen vermindert wird.

Im Hinblick auf alternative Küstenschutzmaßnahmen kann es dennoch sinnvoll sein, Riffverstärkungen (als präventive oder als reaktive Maßnahme) so zu gestalten, dass eine Mehrfachnutzung ermöglicht werden könnte, z.B. Nutzung durch Surfer wie es in Australien praktiziert wird.

Wie auch in anderen europäischen Ländern (z.B. Dänemark) sollte ein nicht zusätzlich bebaubarer Küstenstreifen ausgewiesen werden. Dessen Breite sollte ca. 100 m betragen. Das bedeutet, dass dort auf keinen Fall neue Bebauung (einschließlich Lückenbebauung oder Anbauten) erfolgen darf.

Die Küstenschutzmaßnahmen sollten in verstärktem Ausmaß einem intensiven und langfristig angelegten Monitoring unterzogen werden, um technische sowie geomorphodynamische Prozesse künftig optimieren zu können.

Aus ökonomischer Perspektive ist festzustellen, dass die Fortführung des bisherigen Küstenschutzes an der Westseite Sylts auch langfristig rational erscheint. Es ist gleichwohl darauf hinzuweisen, dass der Geltungsbereich diesbezüglicher Aussagen mit einem Zeithorizont bis Mitte des Jahrhunderts prinzipiell eingeschränkt sein muss. Eine stärkere Hinwendung zur Ostseite Sylts kann davon ausgehen, dass für die Erhaltung von Natur und Landschaft von Teilen des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres eine relativ hohe Wertschätzung besteht, wie die Ergebnisse der Zahlungsbereitschaftsanalyse ergeben haben. Unter diesen Bedingungen kann es durchaus sinnvoll sein, über Sandvorspülungen an der Ostküste Sylts nachzudenken, um so ggf. an einigen ausgewählten Abschnitten eine touristische Nutzung zu ermöglichen. Bisher nicht durchgeführte aber hier empfohlene Sandvorspülungen auf der Ostseite der Insel zum Ausgleich der Substanzverluste können nicht nur in weiten Teilen die vorherrschende Hartbauweise des Küstenschutzes ablösen und neue Bauten überflüssig machen, sondern dienen auch dem Erhalt eines Natur- und Erholungsraumes.

In diesem Zusammenhang empfehlen wir eine detailliertere Auseinandersetzung mit den Facetten des Sylt-Image. Unsere Untersuchungen legen den Schluss nahe, dass die Balance zwischen „statischen“ und „dynamischen“ Aspekten der Inselentwicklung zum einen nur unzureichend bekannt ist und zum anderen evtl. auch konstruktiv(er) genutzt werden kann.

Es sollte ein offensiver, vorsorgeorientierter Umgang der politischen Entscheidungsträger mit den Folgen möglicher Klimaänderungen auf Sylt vorherrschen. Hier ist weder (Klima-)Alarmismus noch Totschweigen angebracht.

Der Zusammenschluss der Sylter Gemeinden zu einer Verwaltungs- und Planungseinheit sollte vorangetrieben werden, um inselweit ausgewogene Entscheidungen zu erleichtern und effizienter herbeizuführen. Dadurch kann auch besser über Notwendigkeit und Durchführbarkeit von Bebauungssperren, eine Lenkung im Bereich der Gästezahlen und die Verkehrsdichte beraten und entschieden werden. Darüber hinaus ist es sinnvoll, ein gemeindeübergreifendes Vermarktungskonzept zu entwickeln, um die mögliche Konkurrenz unter den Inselgemeinden zu verringern und gemeindeübergreifende Vorhaben verwirklichen zu können.

Die einmalige Naturkulisse ist das Kapital der Insel Sylt und bedarf daher besonderer Schonung als auch der Wiederherstellung in kritischen Bereichen. Dabei ist nicht nur die Westseite der Insel mit ihrer Kliff- und Dünenlandschaft, sondern ebenso die Ostseite mit ihren abwechslungsreichen Feuchtbiotopen zu berücksichtigen.

Im Zuge einer Diversifizierung und Verbesserung des Angebotes für Gäste wird eine Förderung von Kunst und Kultur mit bezug auf die Insellandschaft und deren Entwicklung besonders empfohlen. Dabei kann an eine beachtliche Tradition beginnend Mitte des 19. Jahrhunderts angeknüpft werden.

Es sollte eine Integration und Verknüpfung der weitgehend selbständigen Diskurse über Fremdenverkehr, Natur-/Umweltschutz, Küstenschutzmaßnahmen und mögliche Klimaänderungen stattfinden. Als mögliche „Trägermedien“ bieten sich dabei die Themen Fremdenverkehr und Bauen/Flächennutzung an (z.B. Sandvorspülungen als Fremdenverkehrs-Event mit informationellem Begleitprogramm).

In diesem Zusammenhang wird eine integrative und transparente Rezeption und Berücksichtigung der Interessen aller Sylter Akteursgruppen bei politischen Entscheidungen im Sinne eines Stakeholder-Ansatzes empfohlen. Dazu kann die bei den befragten „Schlüsselpersonen“ vorhandene hohe Motivation zur Reflexion und Diskussion über Inselprobleme genutzt werden, um z.B. inselweite Partizipationsverfahren in der Art des Offenen Tourismusforums zu einer Dauereinrichtung zu machen und inhaltlich im Sinne einer "Lokalen Agenda 21 Sylt" weiter zu entwickeln. Dies entspricht der Empfehlung nach einer verstärkten Bürgerbeteiligung an den kommunalen Entscheidungsprozessen. Diese kann in Form von Planungszellen, aber auch anderer Verfahren wie z.B. Zukunftswerkstätten umgesetzt werden. Schon jetzt sollten die Erfahrungen sowie die Empfehlungen aus der Planungszelle (September 1999) beachtet werden.

Die in den Landschaftsplänen vorgeschlagenen Maßnahmen insbesondere zur Erweiterung / Neuausweisung von Schutzgebieten bzw. zur Einrichtung von Biotopverbundsystemen und zur Begrenzung der Siedlungsentwicklung sollten umgesetzt werden. Hierdurch kann der Naturraum, auf den sich die Anziehungskraft Sylts maßgeblich gründet, geschützt und entwickelt werden.

FORSCHUNGSEMPFEHLUNGEN

Aus zeitlichen Gründen war es im Rahmen der Fallstudie Sylt nicht möglich, die Wirkungen der Sturmserie im Winterhalbjahr 1999/2000 im Detail zu untersuchen. Man kann davon ausgehen, dass derartige Extremereignisse und insbesondere deren Häufung deutlichere Wirkungen in Natur- und Anthroposphäre hinterlassen. Hierzu lassen sich bislang nur Vermutungen anstellen, so dass eine Untersuchung der Thematik „Wirkung von Extremereignissen auf naturräumliche und sozioökonomische Strukturen“ weitergehende Aufschlüsse verspricht. Empfohlen wird eine systematische Untersuchung der Auswirkungen von Extremereignissen auf ökologische Systeme sowie auf die Wahrnehmung und Einschätzung von Klimaänderungen und deren Folgen.

Es wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass das Sylt-Image offenbar eine zentrale Bedeutung im System Sylt hat. Die ersten empirischen Untersuchungen, die im Rahmen der Fallstudie durchgeführt werden, zeigen bereits, dass hier eine Reihe von Widersprüchen aufscheinen, die empirische Untersuchungen zum Komplex: „Sylt-Image – Tourismus“

sinnvoll erscheinen lassen. Schwerpunktmäßig müsste hier das Spannungsverhältnis von tradierter Natur- und Kulturlandschaft sowie intensiver (touristischer) Nutzung aufgegriffen werden, u.a. mit Studien zur Landschaftsästhetik.

In engem Zusammenhang hiermit zeigt sich ein Defizit hinsichtlich der Frage, ob der derzeitige Inseltourismus den Prinzipien einer Nachhaltigen Entwicklung folgt. Dieses normativ begründete Prinzip, das sowohl in der Umweltpolitik als auch in vielen anderen Politikfeldern in zunehmendem Maße als verbindlich und handlungsleitend angesehen wird, muss jeweils regional bzw. lokal ausgestaltet werden. Für Sylt bietet sich die Möglichkeit, diesen Aspekt aufzugreifen, um mit einer Bearbeitung der Thematik „Nachhaltiges Sylt und Inseltourismus“ den langfristigen Aspekt hervorzuheben und den Prozess eines IKM zu initiieren. Eine Grundlage hierfür wäre die kontextualisierte Untersuchung von Umweltproblemen durch entsprechende Einbindung in lokale / situative / gruppenbezogene Zusammenhänge und Interessenlagen.

Immer wieder hat sich auch in der Fallstudie Sylt gezeigt, dass die (Massen-)Medien eine wichtige Rolle bei der Vermittlung unterschiedlicher Formen von Wissen spielen. Dieser Aspekt konnte in der Fallstudie nicht aufgegriffen werden, so dass wir eine Studie zum Thema „Retrospektive Analyse der Medienberichterstattung: Sylt und ein möglicher Klimawandel“ anregen. Zielsetzung einer solchen Studie wäre es aufzuzeigen, welche Bedeutung medial gefilterten Informationen bei Handlungsentscheidungen zukommt. Eine solche Untersuchung sollte idealiter parallel zur individuenbezogenen Erfassung sozialer Repräsentationen erfolgen.

Wiederum in engem Zusammenhang hiermit konnte in der Fallstudie nicht untersucht werden, *wie* Entscheidungen auf der kommunalen Ebene (Sylter Gemeinden, Kreis Nordfriesland, tw. Bundesland Schleswig-Holstein) zustande kommen. Deswegen erscheint es vordringlich, eine empirische Untersuchung zum „Netzwerk Sylt – kommunale Entscheidungsprozesse“ durchzuführen. Hierfür erscheint es sinnvoll, den Sonden-Ansatz (Kapitel 10) in standardisierter Form an einer größeren Stichprobe (Bereich der schleswig-holsteinischen Westküste) weiter zu entwickeln und dabei die Akteursgruppe der „Touristen“ verstärkt zu berücksichtigen.

Für die Ausgestaltung der Sandvorspülungen vor der Westküste Sylts besteht ebenfalls noch Forschungsbedarf, auch wenn sich herausgestellt hat, dass diese Maßnahme auch unter der Annahme geänderter klimatischer Bedingungen vermutlich relativ effizient durchgeführt werden kann. Im Sinne einer Optimierung wird angeregt, die Form des Vorspülkörpers im Naturversuch zu variieren (geringere Höhe, geringere Neigung). Ein Begleitprogramm mit Tracern (angefärbter Sand) im Spülkörper kann zusätzlich Auskunft darüber geben, an welcher Position die vorgespülten Mengen optimal(er) platziert werden können. Ein solches Begleitprogramm ist im Sinne eines Monitorings der Sedimentdynamik zu konzipieren, bei dem die Dynamik insb. nach Sturmereignissen zeitnah erfasst werden kann. Ebenfalls Bestandteil eines solchen Monitoringprogramms müsste es sein, eine ökologische Begleitforschung im Hinblick auf die Auswirkungen auf die Ökologie des jeweiligen Seegebietes durchzuführen.

Es sollten detaillierte Untersuchungen zu einem möglichen großräumigen Schutzsystem der Westküste der Insel Sylt unter Einbezug von Offshore-Bauwerken und Endschwellen unternommen werden. Für derartige detaillierte Untersuchungen sind maßstäbliche Versuche in der Natur zum Einfluss der Bauwerke, insbesondere von künstlichen Riffen und Endschwellen unter wissenschaftlicher Begleitung erforderlich; diese Begleituntersuchungen müssten auch der Frage nachgehen, ob von Endschwellen Auswirkungen auf die Nachbarinseln bzw. auf die Ökologie des Seegebietes zu erwarten sind. Durch derartige Maßnahmen könnten sich vermutlich die Vorspülintervalle der Strandersatzmaßnahmen erhöhen lassen. Auf der Grundlage u.a. von Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist dann zu entscheiden, welche Maßnahmen bzw. welcher Mix aus verschiedenen Teilmaßnahmen zu favorisieren ist.

12.6 Literatur

- Bader, St. u. Kunz, P. (1998): Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz.- Zürich (Wissenschaftlicher Schlussbericht im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“, NFP 31)
- Balderjahn, I. u. Wiedemann, P.M. (1999): Bedeutung von Risikokriterien bei der Bewertung von Umweltproblemen.- Jülich (Arbeiten zur Risiko-Kommunikation, Heft 74)
- Bartels, D. (1984): Lebensraum Norddeutschland? Eine engagierte Geographie.- In: Ders. (Hrsg.): Lebensraum Norddeutschland.- Kiel (Kieler Geographische Schriften, Band 61), S. 1-31
- Bechmann, G. (1999): Neue Wissenschaft? – Einige einführende Bemerkungen und Kommentare zum Thema „Problemorientierte Forschung“.- In: TA-Datenbank-Nachrichten 8 (3-4), S. 3-12
- Becker, Chr. (1969): Die Anziehungskraft kleiner Inseln auf den Urlaubsverkehr. Das „Inselgefühl“ als wichtiges Motiv.- In: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie 13 (4), S. 121-124
- Berking, H. (1998): „Global Flows and Local Cultures“. Über die Rekonfiguration sozialer Räume im Globalisierungsprozess.- In: Berliner Journal für Soziologie 3/98, S. 381-392
- Bloetzer, W.; Egli, Th.; Petraschek, A.; Sauter, J. u. Stoffel, M. (1998): Klimaänderungen und Naturgefahren in der Raumplanung: methodische Ansätze und Fallbeispiele.- Zürich (Synthesebericht im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“, NFP 31)
- Bray, D. u. v. Storch, H. (1999): Climate Science and the Transfer of Knowledge to Public and Political Realms.- In: v. Storch, H. u. Flöser, G. (Eds.), pp 281-322
- Brunner, N. u. Wimmer, J. (1999): Kann die „Gültigkeit“ von Bewertungsverfahren überprüft werden?- In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 12 (2), S. 170-182
- Clausen, L. (1994): Krasser sozialer Wandel.- Opladen
- Daschkeit, A. (1998): Umweltforschung interdisziplinär – notwendig, aber unmöglich?- In: Daschkeit, A. u. Schröder, W. (Hrsg.): Umweltforschung quergedacht. Perspektiven integrativer Umweltforschung und –lehre. Festschrift für Professor Dr. Otto Fränzle zum 65. Geburtstag. Mit einem Geleitwort von Dr. Angela Merkel, Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.- Berlin (u.a.) (Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften UNS Band 1), S. 51-73
- Daschkeit, A. u. Dombrowsky, W.R. (1998): Soziale Folgen: Migrationen und Auseinandersetzungen um Ressourcen?- In: Lozan, J.L. et al. (Hrsg.), S. 354-357
- Daschkeit, A. u. Schuchardt, B. (1999): Integration & Interdisziplinarität. Dokumentation eines Workshops im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms „Klimaänderung und Küste“.- Kiel, Bremen (unveröffentlicht)
- Daschkeit, A. u. Sterr, H. (1999): Klima – Küste – Gesellschaft. Erkenntnisstand und Perspektiven der Klimafolgenforschung im Forschungsprogramm „Klimaänderung und Küste“ (K&K).- Kiel (Typoskript)
- Davidson, O.; Dowlatabadi, H.; Edmonds, J.; Grubb, M.; Parson, E.A.; Richels, R.; Rotmans, J.; Shukla, P.R. u. Tol, R.S.J. (1996): Integrated Assessment of Climate Change: An Overview and Comparison of Approaches and Results.- In: Bruce, J.P.; Lee, H. u. Haites, E.F. (Eds.): Climate Change 1995. Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.- Cambridge, pp 367-396
- Dwif (Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr) (1999): Küstentourismus und Klimawandel: Entwicklungspfade des Tourismus.- Berlin (Abschlussbericht, unveröffentlicht)

- Elsasser, H.; Abegg, B.; Bürki, R. u. König, U. (1998): Beiträge der Tourismusgeographie zur Klimaänderungsfolgenforschung.- In: Geographica Helvetica 53 (4), S. 150-154
- Engels, A. (1999): Globaler Umweltdiskurs und lokale Umweltkrisen – Klimawandel im Senegal.- In: IWT papers 23 (Bielefeld: Institut für Wissenschafts- und Technikforschung), S. 46-53
- EU-Kommission (1999): Schlussfolgerungen aus dem Demonstrationsprogramm der Europäischen Kommission zum Integrierten Küstenmanagement (IKM).- Brüssel
- Feige, M. (1999): Wie wichtig sind Nationalparke für den Tourismus? Wissensstand und Handlungsbedarf aus Sicht der Markt- und Meinungsforschung.- In: WWF (Hrsg.): Die Bedeutung von Nationalparks für den Tourismus.- Frankfurt am Main, S. 5-32
- Feige, M.; Seidel, A.; Kirchhoff, M. u. Smettan, C. (1999): Entwicklungspfade des Tourismus.- Berlin
- Fränze, O. (1998): Integrative Umweltbewertung – das Beispiel Ökotoxikologie.- In: Theobald, W. (Hrsg.), Integrative Umweltbewertung. Theorie und Beispiele aus der Praxis.- Berlin (u.a.), Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften UNS Band 2, S. 249-270
- Fränze, O. u. Daschkeit, A. (1997): Die Generierung interdisziplinären Wissens in der deutschen Umweltforschung – Anspruch und Wirklichkeit.- Kiel (Abschlussbericht für das Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Mensch und Globale Umweltveränderungen: sozial- und verhaltenswissenschaftliche Dimensionen“)
- Fränze, O.; Müller, F. u. Schröder, W. (Hrsg.) (1997 ff.): Handbuch der Umweltwissenschaften. Grundlagen und Anwendungen in der Ökosystemforschung.- Landsberg am Lech (Loseblattsammlung)
- Fränze, O.; Sterr, H. u. Daschkeit, A. (2000): Fallstudie Sylt – Integrative Analyse und Bewertung von Klimaänderungen.- Kiel (Abschlussbericht BMBF-Vorhaben Kz. 01 LK 9520)
- Frederichs, G. (1999): Der Wandel der Wissenschaft.- In: TA-Datenbank-Nachrichten 8 (3-4), S. 16-25
- Fürst, D. u. Kiemstedt, H. (1998): Umweltbewertung.- In: Fränze, O. et al. (Hrsg.) (1997 ff.), Kz. VI-3.4, S. 1-13
- Giesen, P. (1998): Heimat und ihre Wahrnehmung – eine empirische Untersuchung.- Kiel (Schriftliche Hausarbeit zur Ersten Staatsprüfung für die Laufbahn der Grund- und Hauptschullehrerinnen und -lehrer in Schleswig-Holstein)
- Gigon, A. u. Grimm, V. (1998): Stabilitätskonzepte in der Ökologie: Typologie und Checkliste für die Anwendung.- In: Fränze, O. et al. (Hrsg.) (1997 ff.), Kz. III-2.3, S. 1-19
- Graumann (1998): Zur Sozialpsychologie der Identitätsbildung.- In: Gebhardt, H.; Heinritz, G. u. Wiessner, R. (Hrsg.): Europa im Globalisierungsprozess von Wirtschaft und Gesellschaft. Tagungsberichte und wissenschaftliche Abhandlungen 51. Deutscher Geographentag Bonn 6. bis 11. Oktober 1997, Band 1.- Stuttgart, S. 188-195
- Grundmann, R. (1997): Die soziologische Tradition und die natürliche Umwelt.- In: Hradil, S. (Hrsg.): Differenz und Integration. Die Zukunft moderner Gesellschaften. Verhandlungen des 28. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in Dresden 1996.- Frankfurt am Main, New York, S. 533-550
- Grundmann, R. u. Stehr, N. (1997): Klima und Gesellschaft, soziologische Klassiker und Außenseiter.- In: Soziale Welt 47 (1), S. 85-100
- Hamann, M. (1998): Sturmflutgefährdete Gebiete und potentielle Wertverluste an den Küsten Schleswig-Holsteins. Planungsgrundlagen für künftige Küstenschutzstrategien.- In: Higelke, B. (Hrsg.): Beiträge zur Küsten- und Meeresgeographie. Heinz Klug zum 65. Geburtstag gewidmet von Schülern, Freunden und Kollegen.- Kiel (Kieler Geographische Schriften, Band 97), S. 163-177

- Hamann, M. u. Hofstede, J. (1998): GIS-Applications for Integrated Coastal Defence Management in the Federal State of Schleswig-Holstein, Germany.- In: Kelletat, D.H. (Ed.): German Geographical Coastal Research – The Last Decade.- Tübingen (Institute for Scientific Co-operation, Tübingen, Federal Republic of Germany; Committee of the Federal Republic of Germany for the International Geographical Union), pp 169-182
- Helbrecht, I. (1998): Globalisierung und lokale Politikstrategien in der Diskussion um die Postmoderne.- In: Gebhardt, H.; Heinritz, G. u. Wiessner, R. (Hrsg.): Europa im Globalisierungsprozess von Wirtschaft und Gesellschaft. Tagungsberichte und wissenschaftliche Abhandlungen 51. Deutscher Geographentag Bonn 6. bis 11. Oktober 1997, Band 1.- Stuttgart, S. 101-110
- Hennig, Chr. (1997): Reiselust. Touristen, Tourismus und Urlaubskultur.- Frankfurt am Main, Leipzig
- Hennig, Chr. (1997a): Die unstillbare Sehnsucht nach dem Echten. Warum Vergnügungsparks so viel Missvergnügen provozieren.- In: Die Zeit Nr. 11 vom 7. März 1997, S. 73-74
- Hennig, Chr. (1998): Die Mythen des Tourismus. Imaginäre Geographie prägt das Bild der Reisenden von Ländern und Menschen.- In: Die Zeit Nr. 27 vom 25. Juni 1998, S. 47
- Huber, A. (1998): Unheimliche Heimat.- In: Geographica Helvetica 53 (1), S. 30-36
- Jacoby (2000): Bedeutung eines Klimawandels für die Vegetationsgesellschaften der Salzwiesen an der Ostseite der Insel Sylt. GIS-gestützte Aufbereitung und Analyse. Diplomarbeit.- Kiel
- Jaeger, J. (1998): Exposition und Konfiguration als Bewertungsebene für Umweltgefährdungen.- In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 11 (3-4), S. 444-466
- Japp, K.P. (1999): Die Unterscheidung von Nichtwissen.- In: TA-Datenbank-Nachrichten 8 (3-4), S. 25-32
- Kaiser, G. (2000): Klassifikation und Anwendung multitemporaler LANDSAT TM-Daten für ein Monitoring von Biotoptypen und Landnutzungsklassen im Bereich des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres - dargestellt am Beispiel der Insel Sylt. Diplomarbeit.- Kiel
- Kay, R. u. Alder, J. (1999): Coastal Planning and Management.- London, New York
- Kieler Nachrichten (2000): Streit: Wer bezahlt die Sicherung des Hauses „Kliffende“?- In: Kieler Nachrichten vom 13. März 2000
- Klüter, H. (1986): Raum als Element sozialer Kommunikation.- Gießen (Gießener Geographische Schriften, Band 60)
- Knogge, Th. (1998): Methoden der ökonomischen Klimafolgenforschung – Analyse des Methodenspektrums der ökonomischen Klimafolgenbewertung.- Bremen (Bremer Diskussionspapiere zur ökonomischen Klimafolgenforschung, Band 2)
- Krücken, G. (1997): Risikotransformation. Die politische Regulierung technisch-ökologischer Gefahren in der Risikogesellschaft.- Opladen (Studien zur Sozialwissenschaft, Band 190)
- Laßberg, D. v. (1997): Urlaubsreisen und Umwelt. Eine Untersuchung über die Ansprechbarkeit der Bundesbürger auf Natur- und Umweltaspekte in Zusammenhang mit Urlaubsreisen.- Ammerland (Schriftenreihe für Tourismus und Entwicklung)
- Lohmann, M.; Kierschhoff, H.W.; Kaim, E. u. Warncke, K. (1998): Küstentourismus in Deutschland: Nachfragestruktur und die Anfälligkeit für Klimaänderungen.- In: Tourismus Journal 2 (1), S. 67-79
- Lozan, J.L.; Graßl, H. u. Hupfer, P. unter Mitwirkung von H. Sterr (Hrsg.) (1998): Warnsignal Klima – Das Klima des 21. Jahrhunderts. Mehr Klimaschutz – weniger Risiken für die Zukunft.- Hamburg

- Matusek, S. (1997): Landschaftspläne Sylt. Textteile der Landschaftspläne für die 7 Sylter Gemeinden. Entwurf.- Kiel (unveröffentlicht)
- MLR (Ministerium für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein) (Hrsg.) (1998): Küstenschutz in Schleswig-Holstein: Leitbild und Ziele für ein integriertes Küstenschutzmanagement.- Kiel
- Möller, A. u. Feige, M. (1998a): Bevölkerung.- In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer u. Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltatlas Wattenmeer. Band 1 – Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer.- Stuttgart, S. 150-151
- Möller, A. u. Feige, M. (1998b): Allgemeine Wirtschaftsstruktur.- In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer u. Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltatlas Wattenmeer. Band 1 – Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer.- Stuttgart, S. 178-179
- Möller, A. u. Feige, M. (1998c): Bevölkerung.- In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer u. Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltatlas Wattenmeer. Band 1 – Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer.- Stuttgart, S. 180-181
- Müller, M.; Thiele, H. u. Schmitz, P.M. (1999): Integrierte ökonomische und ökologische Bewertung von Landschaftsfunktionen.- In: Steinhardt, U. u. Volk, M. (Hrsg.), S. 360-376
- Newig, J. (1981): Zur theoretischen Fundierung eines zeitgemäßen Heimatunterrichts.- In: Geographisches Institut der Ernst-Moritz-Arndt-Universität & Landesverband Mecklenburg-Vorpommern des Verbandes Deutscher Schulgeographen (Hrsg.): Heimat im Geographieunterricht. Referate des 18. Greifswalder Geographischen Symposiums Greifswald Wieck vom 14.-17. Oktober 1991.- Greifswald, S. 127-150
- Neumeyer, M. (1991): Länder als Heimaträume? Zur Größe und Abgrenzung von Heimat.- In: Achenbach, H. (Hrsg.): Beiträge zur regionalen Geographie von Schleswig-Holstein.- Kiel (Kieler Geographische Schriften, Band 80), S. 37-56
- Neumeyer, M. (1992): Heimat. Zu Geschichte und Begriff eines Phänomens.- Kiel (Kieler Geographische Schriften, Band 84)
- Opaschowski, H.W. (1991): Mythos Urlaub. Die unerfüllbare Sehnsucht nach dem Paradies? Eine motivationspsychologische Studie vom BAT Freizeit-Forschungsinstitut.- Hamburg
- Poschmann, Chr., Riebenstahl, Chr. u. Schmidt-Kallert, E. (1998): Umweltplanung und -bewertung.- Gotha, Stuttgart
- Potschin, M. u. Gaede, M. (1999): Bewertungsverfahren im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlichem Anspruch und administrativen Anforderungen.- In: Steinhardt, U. u. Volk, M. (Hrsg.), S. 383-396
- QUESTIONS Autorenteam (1998): Globaler Wandel: GIS-gestützte Erfassung und Modellierung der Syndromdynamik.- Potsdam
- Rahman, A. u. Huq, S. (1998): Coastal zones and oceans.- In: Rayner, S. u. Malone, E.L. (Eds.): Human Choice and Climate Change. Vol 2: Resources and Technology.- Columbus/Ohio, pp 145-201
- Reichstein, J. (2000): Die alte Sylter Kulturlandschaft in der Auseinandersetzung mit der modernen Zeit.- In: Nordfriesischer Verein u. Heimatbund Landschaft Eiderstedt (Hrsg.): Zwischen Eider und Wiedau. Heimatkalender für Nordfriesland 2000.- Husum, S. 21-30
- Renn, O. (1997): Abschied von der Risikogesellschaft? Risikopolitik zwischen Expertise und Moral.- In: GAIA 6 (4), S. 269-275
- Reusswig, F. (1997): Nicht-nachhaltige Entwicklungen. Zur interdisziplinären Beschreibung und Analyse von Syndromen des Globalen Wandels.- In: Brand, K.-W. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung. Eine Herausforderung

- rung an die Soziologie.- Opladen (Soziologie und Ökologie 1, hrsg. von U. Beck, K.-W. Brand u. E. Hildebrandt), S. 71-90
- Reusswig, F. (1999): Der Syndromansatz als Beispiel problemorientierter Forschung.- In: TA-Datenbank-Nachrichten 8 (3-4), S. 39-48
- Rosa, E.A. u. Dietz, Th. (1998): Climate Change and Society. Speculation, Construction and Scientific Investigation.- In: International Sociology 13 (4), pp 421-455
- Rotmans, J. u. Dowlatabadi, H. (1998): Integrated assessment modeling.- In: Rayner, S. u. Malone, E.L. (Eds.): Human choice and climate change. Volume three: The tools for policy analysis.- Columbus/Ohio, pp 291-377
- Schellnhuber, H.-J. (1995): Die internationale Klimawirkungsforschung auf ihrem langen Marsch zur Integrierten Modellierung.- In: Hennische, P. (Hrsg.): Klimaschutz: Die Bedeutung von Kosten-Nutzen-Analysen.- Berlin (u.a.), S. 52-82
- Schellnhuber, H.-J. (1998): Globales Umweltmanagement oder: Dr. Lovelock übernimmt Dr. Frankenstein's Praxis.- In: Jahrbuch Ökologie 1999, S. 168-186
- Schellnhuber, H.-J. (1999): „Earth System“ analysis and the second Copernican revolution.- In: Nature 402 (supp), pp C19-C23
- Schellnhuber, H.-J.; Block, A.; Cassel-Gintz, M.; Kropp, J.; Lammel, G.; Lass, W.; Lienenkamp, R.; Loose, C.; Lüdeke, M.K.B.; Moldenhauer, O.; Petschel-Held, G.; Plöchl, M. u. Reusswig, F. (1997): Syndromes of Global Change.- In: GAIA 6 (1), S. 19-34
- Schellnhuber, H.-J. u. Fuentes, U. (1997): Globaler Klimaschutz: Ziele, Hemmnisse und Chancen für ein Steuerungsproblem vom Multiakteur-Langfrist-Typus.- In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 10 (4), S. 441-447
- Schellnhuber, H.-J. u. Wenzel, V. (Eds.) (1998): Earth Systems Analysis. Integrating Science for Sustainability.- Berlin (u.a.)
- Schröder, W.; Ebenhöf, W., Bartels, F., Schottes, P. u. Simmering, F. (2000): Fallstudie Sylt - Aufbau und Führung eines Geographischen Informationssystems.- Kiel (Abschlussbericht BMBF-Vorhaben Kz. 01 LK 9521)
- Schulz, M. (1999): Internationale Zukunftsstudien zur langfristigen sozialen Entwicklung. Bremen (Bremer Diskussionspapiere zur ökonomischen Klimafolgenforschung, Band 5)
- Schulze, G. (1999): Kulissen des Glücks. Streifzüge durch die Eventkultur.- Frankfurt am Main, New York
- Stehr, N. (1999): „Mastering“ the Global Commons.- In: v. Storch, H. u. Flöser, G. (Eds.), pp 257-280
- Stehr, N. u. v. Storch, H. (1995): The social construct of climate and climate change.- In: Climate Research 5, pp 99-105
- Stehr, N. u. v. Storch, H. (1997): Rückkehr des Klimadeterminismus?- In: Merkur 51 (6), S. 560-562
- Stehr, N. u. v. Storch, H. (1999): Klima, Wetter, Mensch.- München
- Steinhardt, U. u. Volk, M. (Hrsg.) (1999): Regionalisierung in der Landschaftsökologie. Forschung – Planung – Praxis.- Stuttgart, Leipzig
- Sterr, H. u. Daschkeit, A. (2000): Integriertes Küstenmanagement: europäische Erfahrungen – regionale Anwendungen in Schleswig-Holstein.- Kiel, Internet: <http://www.komo.uni-kiel.de/martech/workshop/AG7-Dash.pdf>

- Sterr, H.; Ittekkot, V. u. Klein, R.J.T. (1999): Weltmeere und Küsten im Wandel des Klimas.- In: Petermanns Geographische Mitteilungen 143 (1), S. 24-31
- Sterr, H. u. Simmering, F. (1997): Wissenschaftliches Sekretariat Klimaänderung und Küste – AFFORD: Endbericht.- Oldenburg
- Stichweh, R. (1998): Raum, Region und Stadt in der Systemtheorie.- In: Soziale Systeme 4 (2), S. 341-358
- Streitz, W. (1983): Theoretische und methodische Implikationen des Symbolischen Interaktionismus im Hinblick auf die Untersuchung von Heimat und Identität.- In: Jahrbuch für ostdeutsche Volkskunde 26, S. 289-310
- Treinen, H. (1965): Symbolische Ortsbezogenheit. Eine soziologische Untersuchung zum Heimatproblem.- In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 17 (1), S. 73-97 und 17 (2), S. 254-297
- v.d. Knaap, W.G.M. (1999): GIS-oriented analysis of tourist time-space patterns to support sustainable tourism development.- In: Tourism Geographies 1 (1), pp 56-69
- v. Gleich, A. (1998): Ökologische Kriterien der Technik- und Stoffbewertung: Integration des Vorsorgeprinzips – Die Bedeutung von Kriterien in der Technik- und Stoffbewertung.- Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 10 (6), S. 367-373
- v. Gleich, A. (1999): Ökologische Kriterien der Technik- und Stoffbewertung: Integration des Vorsorgeprinzips – Kriterien zur Charakterisierung von Techniken und Stoffen.- Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 11 (1), S. 21-32
- v. Gleich, A. (1999a): Ökologische Kriterien der Technik- und Stoffbewertung: Integration des Vorsorgeprinzips – Ein Raster ökologischer Bewertungskriterien.- Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 11 (2), S. 99-102
- v. Storch, H. u. Flöser, G. (Eds.) (1999): Anthropogenic Climate Change.- Berlin (u.a.)
- v. Storch, H. u. Stehr, N. (1997): Climate Research: The Case for the Social Sciences.- In: Ambio 26 (1), pp. 66-71
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1993): Welt im Wandel: Grundstruktur globaler Mensch-Umwelt-Beziehungen. Jahresgutachten 1993.- Bonn
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1996): Welt im Wandel: Herausforderung für die deutsche Wissenschaft - Jahresgutachten 1996.- Berlin
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1998): Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser - Jahresgutachten 1997.- Berlin (u.a.)
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1999): Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998.- Berlin (u.a.)
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1999a): Welt im Wandel – Umwelt und Ethik. Sondergutachten.- Marburg
- Wiedemann, P.M. u. Balderjahn, I. (1999): Akteursspezifische Urteilsmodelle zur Bewertung von Risiken.- Jülich (Arbeiten zur Risiko-Kommunikation, Heft 72)
- Wiedemann, P.M. u. Balderjahn, I. (1999a): Risikobewertungen im kognitiven Kontext.- Jülich (Arbeiten zur Risiko-Kommunikation, Heft 73)

Anschrift der Autoren:
Geographisches Institut der Universität Kiel
Ludewig-Meyn-Str.14
24118 Kiel
<http://www.uni-kiel.de:8080/Geographie>

13 Interdisziplinäre Kommunikation und Kooperation im Verbundprojekt

ACHIM DASCHKEIT & WILLI STREITZ

Abstract

Die Kommunikation und Kooperation interdisziplinär zusammengesetzter Forschergruppen in der Umweltforschung sind bislang kaum Gegenstand eigenständiger empirischer Untersuchungen gewesen. Vor dem Hintergrund der intensiven Debatte um Möglichkeiten und Grenzen interdisziplinärer (Umwelt-)Forschung werden insgesamt vier Forschergruppen analysiert: Drei Forschergruppen sind in Form von Projektverbänden im Forschungsprogramm „Klimaänderung und Küste“ angesiedelt, eine Forschergruppe setzt sich aus den Stipendiaten eines Graduiertenkollegs zusammen. Mit Hilfe der Methode der Netzwerkmodellierung kann gezeigt werden, dass mit relativ geringem Erhebungs- und Analyseaufwand die Kommunikation und Kooperation innerhalb der Forschergruppen beschrieben werden kann. Dies stellt eine der Grundlagen dar, um Interventionsmaßnahmen bzgl. der Steuerung von Projektverbänden abzuleiten. Im Hinblick auf die Unterstützung von Aktivitäten im Bereich Projekt- und Wissenschaftsmanagement erscheint die eingesetzte Methode als künftig sinnvoll einsetzbar, obgleich eine Modell-Validierung sowie einer Differenzierung der methodischen Herangehensweise anhand einer größeren Zahl von Forschergruppen notwendig ist.

13.1 Einleitung

Die Klimafolgenforschung wird gemeinhin als „Prototyp“ problemorientierter und interdisziplinärer, mitunter auch transdisziplinärer Forschung charakterisiert (Bechmann 1999; Gibbons et al. 1994). Mit „Problemorientierung“ ist gemeint, dass der Anlass für die Forschungsaktivitäten nicht mehr (allein) wissenschaftsintern mit der Schließung von Wissenslücken begründet wird, sondern dass die Definition von Problemen und deren weitere wissenschaftliche Bearbeitung zu einem großen Teil auch wissenschaftsextern zu verorten ist. Auch wenn die Diskussion um die möglichen Folgen eines Klimawandels letztlich von der Wissenschaft ausging, so wurde insbesondere in den 1990er-Jahren deutlich, dass u.a. politische Akteure einen maßgeblichen Einfluss darauf hatten, was weiterhin als Problem galt und entsprechend erforscht werden soll. Mit Problemorientierung wird ausgedrückt, dass sich Wissenschaft lebensweltlicher Probleme annehmen und Beiträge zu deren Lösung liefern soll. Problemorientierte Forschung steht somit zwischen Grundlagenforschung auf der einen Seite und anwendungsorientierter Forschung (hier verstanden als Forschung zur Produktentwicklung) auf der anderen Seite.

Und weil es eben um lebensweltlich begründete Probleme geht, wird dieser Forschungstyp auch meist als transdisziplinär beschrieben. Damit ist gemeint, dass Wissenschaft gemeinsam mit nicht-wissenschaftlichen Akteuren – Öffentlichkeit, Vertreter von Wirtschaft, Verbänden, Politik etc. – betrieben werden soll, um gesellschaftliches Wissen und Einschätzungen angemessen berücksichtigen zu können.

Da es sich – wie am Beispiel Klimafolgenforschung zu erkennen ist – zudem meist um komplexe Sachverhalte handelt, ist die Zusammenarbeit verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen notwendig, um eine problemangemessene Beschreibung und Bewertung der jeweiligen Problematik zu erstellen – hiermit ist die interdisziplinäre Kooperation gemeint. Diese wird verstanden als Kommunikation und Kooperation zwischen Natur- und Technikwissenschaften einerseits und Sozial- und Geisteswissenschaften andererseits.

Aus dieser Perspektive heraus ist zwar „problemorientierte Forschung“ als durchaus neuer Forschungstyp zu bezeichnen – in den jeweiligen Kontexten findet verstärkt eine Vermittlung zwischen allgemeinen gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Problemsichten, Zielen und Orientierungen statt. Insgesamt gesehen kann man diesen Forschungstyp als auf gewisse Bereiche eingeschränkt ansehen, z.B. auf die Ökosystemforschung, Klima(folgen)forschung, die Gentechnik-Debatte (Bechmann 1999; Frederichs 1999; Nowotny 1998, 1999; Weingart 1997, 1999). Die hier aufscheinende enge(re) Kopplung zwischen den Bereichen Wissenschaft und Gesellschaft (Politik) wird in einigen Kontexten als „transdisziplinär“ bezeichnet, in anderen als „transwissenschaftlich“.

Die skizzierte Trennung und Definition von Grundlagen-, problemorientierter und angewandter Forschung scheint somit auf den ersten Blick eindeutig zu sein. Bei näherem Hinsehen allerdings fällt auf, dass die Mittelstellung problemorientierter und transdisziplinärer Forschung ihrerseits keineswegs unproblematisch ist. Es ist beispielsweise ein kontrovers diskutiertes Problem, nach welchen Kriterien problemorientierte Forschung bewertet werden soll. Gelten wissenschaftsinterne Kriterien ähnlich wie bei disziplinärer Forschung? Gelten außerwissenschaftliche Kriterien – letztlich handelt es sich ja um gesellschaftlich definierte Probleme? Die Wahl von Beschreibungs- und Bewertungskriterien trans- bzw. interdisziplinärer Forschung ist seit einigen Jahren national und international stark umstritten (Balsiger 1999, 1999a; Hornbostel 1997) und kann an dieser Stelle nicht weiter aufgegriffen werden; die Kontroversen verdeutlichen die Notwendigkeit, diese Begriffe im jeweiligen zu definieren. Unser Verständnis von Disziplinarität und Inter- bzw. Transdisziplinarität geht aus Abbildung 13-1 hervor.

Interdisziplinarität: Entdeckungs-, Begründungs- und Verwendungszusammenhang

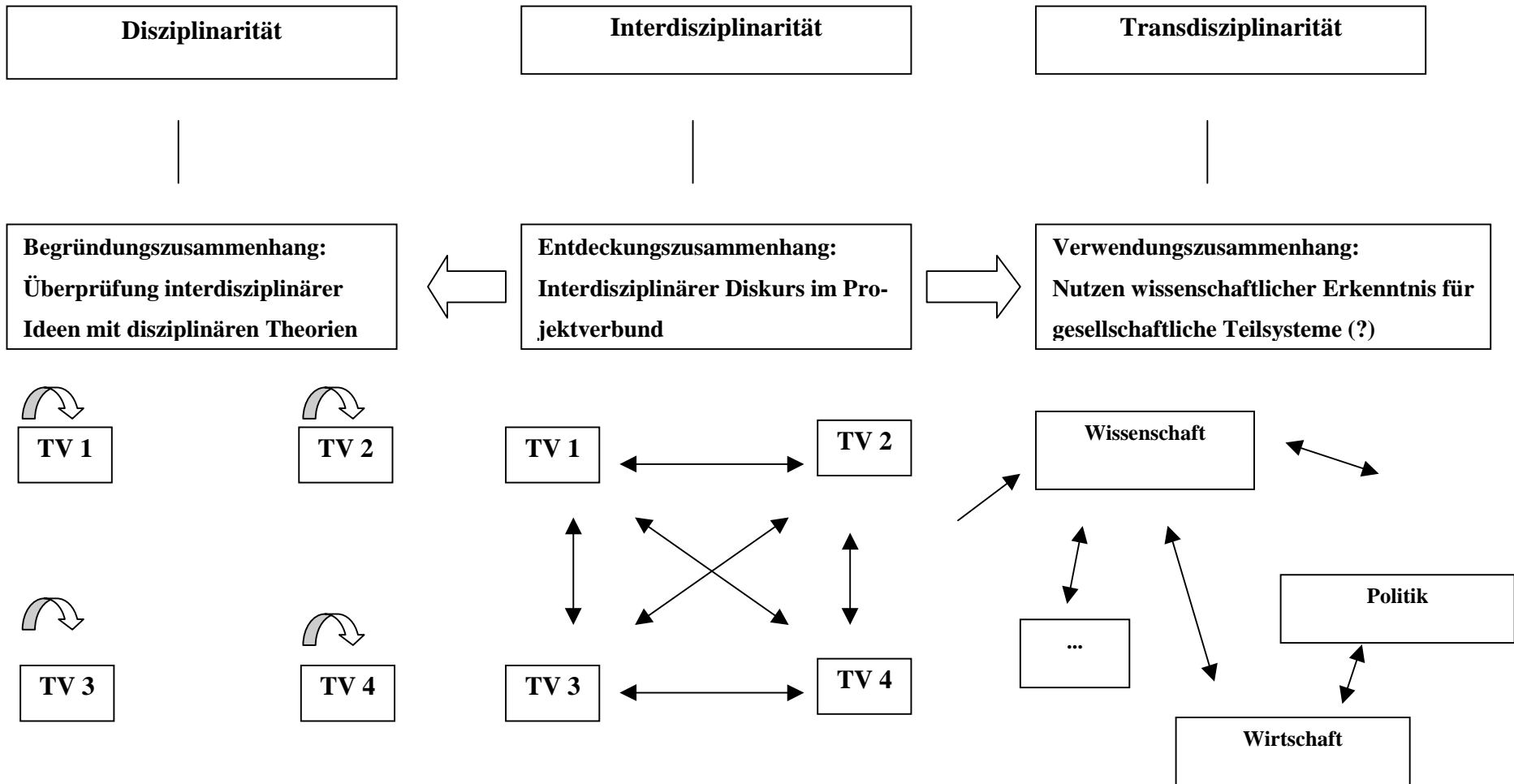


Abbildung 13-1: Interdisziplinarität: Entdeckungs-, Begründungs- und Verwendungszusammenhang (Entwurf: A. Daschkeit)

TV = Teilvorhaben eines Verbundprojektes

Demnach steht im Zentrum interdisziplinärer Verbundprojekte der Entdeckungszusammenhang. Hier findet der wesentliche Austausch und die Entwicklung von gegenseitigen Bezügen sowie die Klärung offener Fragen statt. Im Begründungszusammenhang (gleich gesetzt mit Disziplinarität) werden die (ggf. neuen) Ideen mit den disziplinären Methoden bearbeitet bzw. neue Methoden entwickelt oder versuchshalber probiert. Auf der rechten Seite der Abbildung ist dargestellt, dass die Ergebnisse disziplinärer / interdisziplinärer Forschungsanstrengungen wissenschaftsextern Bedeutung erlangen (können). In diesem Fall sprechen wir von Transdisziplinarität. Hier ist aber auch der umgekehrte Weg denkbar: Gesellschaftlich relevante Fragen bedürfen der fachübergreifenden und fachspezifischen Klärung. Wir verstehen somit transdisziplinäre Forschung im Sinne transwissenschaftlicher Forschung: Die Problemdefinition und z.T. auch die Problembearbeitung findet unter Beteiligung wissenschaftsexterne Akteure statt.

Vor diesem begrifflichen Hintergrund ist es ein Arbeitsschwerpunkt, die fachübergreifende Kommunikation und Kooperation innerhalb der Projektverbünde im Programm „Klimaänderung und Küste“ vergleichend zu untersuchen. Dabei interessiert vor allem, ob die (vermuteten) Unterschiede zwischen den einzelnen Projektverbänden mit Hilfe eines standardisierten Erhebungsinstrumentes im Sinne einer Methodenerprobung analysiert werden können. Im Folgenden werden daher die nachstehend aufgeführten Aspekte erläutert:

- Zunächst wird exemplarisch der Stand der Forschung zum Thema Interdisziplinarität dargestellt.
- Auf dieser Grundlage wenden wir uns dem Programm „Klimaänderung und Küste“: Zunächst werden die untersuchten Verbundprojekt charakterisiert, und im Anschluss daran stellen wir die hier erprobte Methode zur Analyse von Forschergruppen (= Verbundprojekte) vor¹.
- Im Anschluss daran werden die Untersuchungsergebnisse dargestellt und interpretiert.
- Abschließend wird zusammengefasst, inwieweit die vorgeschlagene Methodik sinnvoll für eine Begleitforschung interdisziplinärer Forschergruppen einsetzbar ist.

13.2 Stand der Forschung zum Komplex „Interdisziplinarität“

Die wissenschaftliche Analyse des Verlaufes interdisziplinärer Forschungsprojekte kann derzeit auf keine kontinuierliche Forschungstradition zurückblicken (Felt et al. 1995). Obwohl es in den letzten Jahren – und z.T. schon Jahrzehnten – immer wieder vereinzelt Versuche gegeben hat, Interdisziplinarität näher zu beschreiben und die Faktoren für deren Gelingen bzw. Scheitern zu extrahieren, konnten bislang weder allgemein akzeptierte Kriterien zur Gestaltung interdisziplinärer Forschungen noch Kriterien zu deren Bewertung (forschungsbegleitend

¹ Ein für den September 1999 geplanter und bereits vorbereiteter Workshop, der dem Erfahrungsaustausch zwischen den Projektverbänden im genannten Forschungsprogramm gewidmet sein sollte, mußte kurzfristig abgesagt werden, weil wenige Tage vor dem Workshop mehr als die Hälfte der vorgesehenen Teilnehmer verhindert war, so dass eine Durchführung der Veranstaltung nicht mehr sinnvoll erschien.

und nach Abschluss der Forschungen) angegeben werden. Versuche hierzu wurden z.B. im Rahmen des schweizerischen Umweltforschungsprogramms unternommen (Häberli u. Grossenbacher-Mansuy 1998) – von einer halbwegs verbindlichen Festlegung ist man noch weit entfernt. Und auch die Forschungen zu Wissenschaftsindikatoren sind bislang noch mehr mit den Schwierigkeiten der Bewertung disziplinärer Forschungen als mit der Ableitung von Indikatoren zur Bewertung interdisziplinärer Forschungen beschäftigt (vgl. Balsiger et al. [Hrsg.] 1996; Hornbostel 1997; Umstätter u. Wessel [Hrsg.] 1999).

Erst in den letzten Jahren nehmen unseres Wissens die Anstrengungen zu, dieses Defizit der Wissenschaftsforschung abzubauen und dabei u.a. den Bereich der Umweltforschung selber zum Thema zu machen. Übereinstimmend wird hervorgehoben, dass *eine* der zentralen Anforderungen für das Gelingen interdisziplinärer Umweltforschung (im Sinne natur- und sozialwissenschaftlich übergreifender Zusammenarbeit) die Zugrundelegung eines Ansatzes ist, der die fachübergreifende Arbeit ermöglicht bzw. unterstützt. Nun sind solche interdisziplinären Ansätze derzeit noch eher selten, und im Bereich der Klimafolgenforschung stehen erprobte Ansätze kaum zur Verfügung. In der Vorbereitung des Verbundprojektes „Fallstudie Sylt“ wurde entschieden, den Syndrom-Ansatz des WBGU bzw. des PIK heranzuziehen. Es geht dabei nicht um eine 1:1-Übertragung, sondern vielmehr darum zu fragen, ob dieser Ansatz sich als Heuristik für die Durchführung fachübergreifender Forschungen eignet. Es wird also geprüft, ob man Fallstudien, die ja eine Grundlage für die weitere Ausarbeitung des globalen Syndrom-Ansatzes darstellen sollen (vgl. Petschel-Held 2000; Reusswig 1999; Schellnhuber 1999, 2000, 2000a), bereits nach dem Syndrom-Schema durchführen kann, um die Ergebnisse anschlussfähig zu halten.

Wie bei jedem disziplinären und interdisziplinären Ansatz, sind auch bei näherer Betrachtung des Syndrom-Ansatzes Verbesserungsmöglichkeiten erkennbar: Beispielsweise erscheint es bislang unzureichend, dass trendbezogene Daten auf nationalstaatlicher Ebene verwendet werden – Trends machen aber nicht unbedingt vor Staatsgrenzen halt. Hier ist natürlich zu berücksichtigen, dass viele globale Datensätze sich nur auf die Staatenebene beziehen. Etwas problematischer ist hingegen die Struktur des Syndrom-Ansatzes, die im ersten Schritt bei einer Bewertung ansetzt (wenn z.B. etwas als „Raubbau“ oder „Degradation“ bezeichnet wird) und dann eine Analyse vorgenommen wird. Hier wird die Struktur „erst Analyse – dann Bewertung“ gewissermaßen umgekehrt: „erst Bewertung – dann Analyse“ (der Beirat selber sieht diese Problematik und bezeichnet sie als „Wertimplikation“ – ohne allerdings anzugeben, wie diese Problematik gelöst werden kann). Ebenfalls nicht unproblematisch ist die Annahme funktionaler Beziehungen zwischen Phänomenen in Natur- und Anthroposphäre. Diese Setzungen können zunächst nicht mehr sein als Annahmen, die oft erst einer empirischen Spezifizierung bedürfen.

Trotz der genannten Defizite muss gesehen werden, dass wissenschaftliche Entwicklung immer auf zwei Ebenen parallel verläuft: Auf der einen Seite sind Entwicklungen im kognitiven Bereich festzustellen. Es kommt zur Schließung von Wissenslücken, Weiterentwicklung von Methoden, Transfer von Methoden, zum Erkennen neuer Wissenslücken etc. Auf der anderen Seite entwickeln sich komplementär dazu organisatorische Änderungen im Wissenschaftssystem – und hier sind nach unserer Ansicht die „eigentlichen“ Potentiale des Syndrom-Ansatzes zu sehen. Auf der Meso-Ebene der Untersuchung des Globalen Wandels (auch als „Intermediate-Complexity Modelling“ bezeichnet; Schellnhuber 1999: C23) erfolgt eine kontinuierliche Synthese des bislang über die Disziplinen verteilten Spezialwissens, so dass für eine Wissensintegration die Ergebnisse disziplinärer Forschungen in qualitativer Weise verarbeitet werden können. Für Detailbetrachtungen auf einer hoch auflösenden Ebene sind dann wieder die (genaueren, quantitativen) Ergebnisse fachspezifischer Untersuchungen notwendig. Das heißt, hier sollte dann nicht mehr auf die Möglichkeiten detaillierter, quantitativer Analysen

verzichtet werden. Entscheidend ist das Zusammenspiel beider Ebenen: Wenn die Disziplinen den disziplinübergreifenden Erkenntnisprozess unterstützen wollen, ist es vorteilhaft, sich an den Erfordernissen dieser Integrationsebene zu orientieren, das heißt, die eigenen Erkenntnisse syndromkompatibel zu erarbeiten. Wenn der Syndromansatz weiterhin als Möglichkeit der Wissensintegration entwickelt werden soll, muss deutlicher gemacht werden, in welcher Form die disziplinären Erkenntnisse weiterverarbeitet werden können und sollen. Bislang erscheint als schwer zu überwindende Einstiegshürde, dass eine eigene **neue** Terminologie „erlernt“ werden muss, wenn man den Syndromansatz verstehen will. Vor diesem Hintergrund ist der Prozess der Syndromforschung (Reusswig 1999) in erster Linie als Organisationsschema für die Verbindung disziplinärer und disziplinübergreifender Forschung und Wissensbestände zu deuten. Nur am Rande sei angemerkt, dass der Begriff „Transdisziplinarität“ im Rahmen des Syndromansatzes in anderer Weise als z.B. im schweizerischen Schwerpunktprogramm Umwelt (SPPU) definiert wird: Im SPPU ist hiermit der Einbezug nichtwissenschaftlicher Akteure in die Forschungsarbeiten gemeint; beim Syndromansatz ist hier der innerwissenschaftliche (!) Transfer von Wissen und Methoden gemeint. Das wiederum bedeutet, dass der Syndromansatz in erster Linie ein wissenschaftsanalytisches Instrument ist und keines, das die Mitwirkung außerwissenschaftlicher Akteure voraussetzt. Eine solche Mitwirkung ist generell nicht ausgeschlossen, wird aber unseres Wissens erst jüngst diskutiert.

Die problemangemessene Auswahl eines interdisziplinär angelegten Forschungsansatzes ist einer der zentralen Voraussetzungen zur Erreichung fachübergreifender Ziele. In jüngster Zeit wird darüber hinaus immer wieder gefordert, die konkreten Bedingungen zu spezifizieren, die man in der Vorbereitung und Durchführung interdisziplinärer Verbundprojekte beachten muss, um „erfolgreich“ zu sein. Im schweizerischen Umweltforschungsprogramm beispielsweise wird hierfür u.a. die sog. „Orientierung“ favorisiert im Sinne von *Problemorientierung*; konkret bedeutet das im genannten Kontext: Forschung muss einen Beitrag zu Nachhaltigkeit in der Schweiz erbringen. Auf dieser Basis wird dann sogar eine „Checkliste für transdisziplinäre Forschung“ abgeleitet (Tabelle 13-1; Jaeger u. Scheringer 1998, 1999; Pohl 1999; Roux 1997; Wächter 1999):

Tabelle 13-1: Checkliste für transdisziplinäre Forschung (leicht verändert nach Häberli u. Grossenbacher-Mansuy 1998: 206).

Checkliste für transdisziplinäre Forschung	
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> • Klare und miteinander vereinbare Ziele
Vorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsam formulierte Forschungsfragen • Problemanalyse • Methodenwahl • Planung der anzustrebenden Produkte • Zeit- und Budgetplanung • Teambildung und Vernetzung • Zusammenarbeitsformen und Konfliktregelung
Management	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsflüsse extern und intern unterstützen • Regelmäßige Treffen • „Blick aufs Ganze wahren“ – Bilanzieren und Vorausdenken • Gemeinsame Produkte anvisieren • Wissensimplementation • Verantwortliche Forschungsleitung • Lernprozessbeobachter
Mittel	<ul style="list-style-type: none"> • Transdisziplinarität nur, wo nötig und geeignet • Nicht beim Gruppenprozess sparen • Mitfinanzierung suchen • Vorbereitungsarbeiten bezuschussen
Umfeld	<p><i>Forschende</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kooperatives Verhalten und Umsetzungskompetenzen fördern <p><i>Wissenschaft</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dialogbereitschaft gegenüber Praxis • Öffnung gegenüber transdisziplinärer Forschung • Beratungsstellen und Plattformen einrichten • Karriereanreize schaffen • Publikationsorgane öffnen <p><i>Praxis</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Von der Wissenschaft Leistungen erwarten • Offenheit und Verständnis gegenüber akademischer Forschung <p><i>Geldgeber</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Transdisziplinäre Förderungsinstrumente schaffen • Neue Evaluationskriterien entwickeln <p><i>Methodische Weiterentwicklung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftsforschung über transdisziplinäre Prozesse

Betrachtet man diese „Checkliste“ etwas eingehender, so kann man sie auch als „Wunschliste“ bezeichnen. Die Faktoren, die hier für das Gelingen transdisziplinärer Forschung aufgeführt sind, lesen sich wie eine allgemeine Wunschvorstellung, die man gegenüber dieser Art Forschung haben kann. So sind fast alle (in der rechten Spalte der Tabelle) aufgeführten Aspekte eher unspezifisch formuliert, so dass man zwar in etwa weiß, was man unterstützend tun kann – aber man weiß nicht wie. Unseres Erachtens ist es vonnöten, einige der hier aufgeführten Aspekte eingehend und empirisch zu betrachten. Deshalb setzen wir an den in der obigen Tabelle genannten Stichworten „Lernprozeßbeobachter“ und „Methodische Weiterentwicklung – Wissenschaftsforschung über transdisziplinäre Prozesse“ an, indem wir im Folgenden vertiefend einige Aspekte der fachübergreifenden Kommunikation und Kooperation betrachten. Es sei hier nur am Rande angemerkt, dass es natürlich sehr schwierig ist, derartige „Checklisten“ oder „Handlungsanleitungen“ für inter-/transdisziplinäre Forschung zu entwickeln. Die Ambivalenz zwischen sehr allgemeinen und sehr spezifischen und dann kaum mehr übertragbaren Aussagen muss erst einmal auf einer mittleren Ebene aufgelöst werden. Vor dieses Problem sieht sich vermutlich auch die Autorengruppe konfrontiert, die derartige Handlungsanleitungen als Ergebnis einer international – Deutschland, Österreich, Schweiz – vergleichenden Bestandsaufnahme ableiten will (Loibl 2000).

Wenn Untersuchungen zur **fachübergreifenden Kommunikation und Kooperation** durchgeführt werden, überwiegen meistens ex post-Betrachtungen (Hartmann 1998; Scheuermann 1999). In einer der wenigen empirischen Arbeiten aus diesem Bereich untersucht Laudel (1999) die institutionellen Bedingungen, die von der DFG bei der Ausgestaltung ihres Förderinstrumentes „Sonderforschungsbereich“ zur Unterstützung interdisziplinärer Kooperation gewählt werden. Es wird danach gefragt, ob das, was die DFG unter Interdisziplinarität versteht, umgesetzt wird – unabhängig davon, was allgemein unter Interdisziplinarität verstanden wird. Es mag sein, dass die DFG – und vielleicht auch andere Forschungsförderungseinrichtungen – völlig „verquere“ Ansichten über Interdisziplinarität haben; in dieser Untersuchung spielt es keine Rolle. Laudel (1999) setzt nicht am Disziplinbegriff an, weil aufgrund der weiter zunehmenden Spezialisierung unterhalb der Disziplinebene sowie der „fraktalen Struktur der Wissenschaft“ (Laudel u. Gläser 1999: 20) Disziplinen die gegenwärtigen kognitiven Zusammenhänge, die sich um die jeweiligen Forschungsprobleme gruppieren, nicht adäquat abzubilden vermögen. „Ob ein Forschungsprozess interdisziplinären Charakter trägt, kann also nicht aus formalen Zuordnungen von Wissenschaftlern zu Disziplinen geschlossen werden, sondern nur aus der Analyse des Forschungshandelns selbst“ (Laudel u. Gläser 1999: 21). Im Mittelpunkt steht vielmehr das kooperative Forschungshandeln im Schnittfeld von

- institutionellen und
- kognitiven Handlungsbedingungen sowie
- situativen Aspekten.

Kooperatives Forschungshandeln ist ebenso wie koordinierendes Handeln hierbei als Teil der allgemeinen Forschungsk Kooperation aufzufassen. Weiterhin wird differenziert in

- arbeitsteilige Kooperation einerseits und
- unterstützende Kooperation andererseits. In diese Kategorie fallen Servicekooperation, Gerätebereitstellung sowie die Weitergabe von Know-how.

Weiterhin setzt kooperatives Forschungshandeln bestimmte Interessen der beteiligten Wissenschaftler voraus. Interessen werden bei Laudel als Vorstellungen

über günstige Handlungsbedingungen aufgefasst. Zu unterscheiden sind Interessen allerdings von Forschungszielen. Als wichtige, nicht ohne weiteres zu erkennende, intervenierende Variablen zur Verwirklichung dieser günstigen Handlungsbedingungen gelten die Akteurskonstellation (hier im SFB) sowie die kognitiven Strukturen, also die Überschneidung bzw. Abgrenzung von Wissensgebieten.

Ohne hier Details der Untersuchung wiedergeben zu können, sollen doch einige Ergebnisse nachfolgend festgehalten werden:

- Allein schon die Vorbereitung eines SFB fördert die Kooperation über institutionelle Grenzen hinweg. Die Planung eines SFB schafft Gelegenheiten zur Kooperation, die ansonsten nicht gegeben wären. Verstärkt wird diese Tendenz, wenn in der Vorbereitungsphase zusätzliche Ressourcen zur Verfügung stehen. Bereits das Entstehen einer Organisationsstruktur und eines entsprechenden Arbeitsklimas unterstützen Kooperationen. In diesem Zusammenhang ist es als Kooperationsbedingung anzusehen, dass die Kommunikation der Beteiligten in institutionalisierter Form stattfindet. Damit ist nicht nur der Rahmen des SFB generell gemeint, sondern auch z.B. eine Regelmäßigkeit des Austauschs (Kolloquien, Symposien etc.).
- Gemeinsames Wissen der Beteiligten gilt als günstige Voraussetzung für eine fachübergreifende Kommunikation – dieses gemeinsame Wissen ist angesichts der hochspezialisierten Disziplinen nicht ohne weiteres vorauszusetzen (die Debatte um Interdisziplinarität hat einen ähnlichen Zusammenhang aufgegriffen und unter der Kategorie „trans-/interdisziplinärer Wissenscorpus“ formuliert). So ist es auch – umgekehrt – kooperationshemmend sein, wenn die „Wissenschaftssprachen“ (zu) unterschiedlich sind.
- Die „räumliche Nähe“ (i.S. Konzentration von Arbeitsgruppen an einem Ort) der Wissenschaftler ist stets eine kooperationsfördernde Handlungsbedingung.
- Ebenso wirkt die persönliche Bekanntschaft kooperationsfördernd.

In der Abbildung 13-2 auf der nächsten Seite sind die genannten und noch zusätzliche kooperationsfördernde (versehen mit einem „+“) bzw. kooperationshemmende (versehen mit einem „-“) Faktoren dargestellt (zusammengestellt nach Laudel 1999: 227-240).

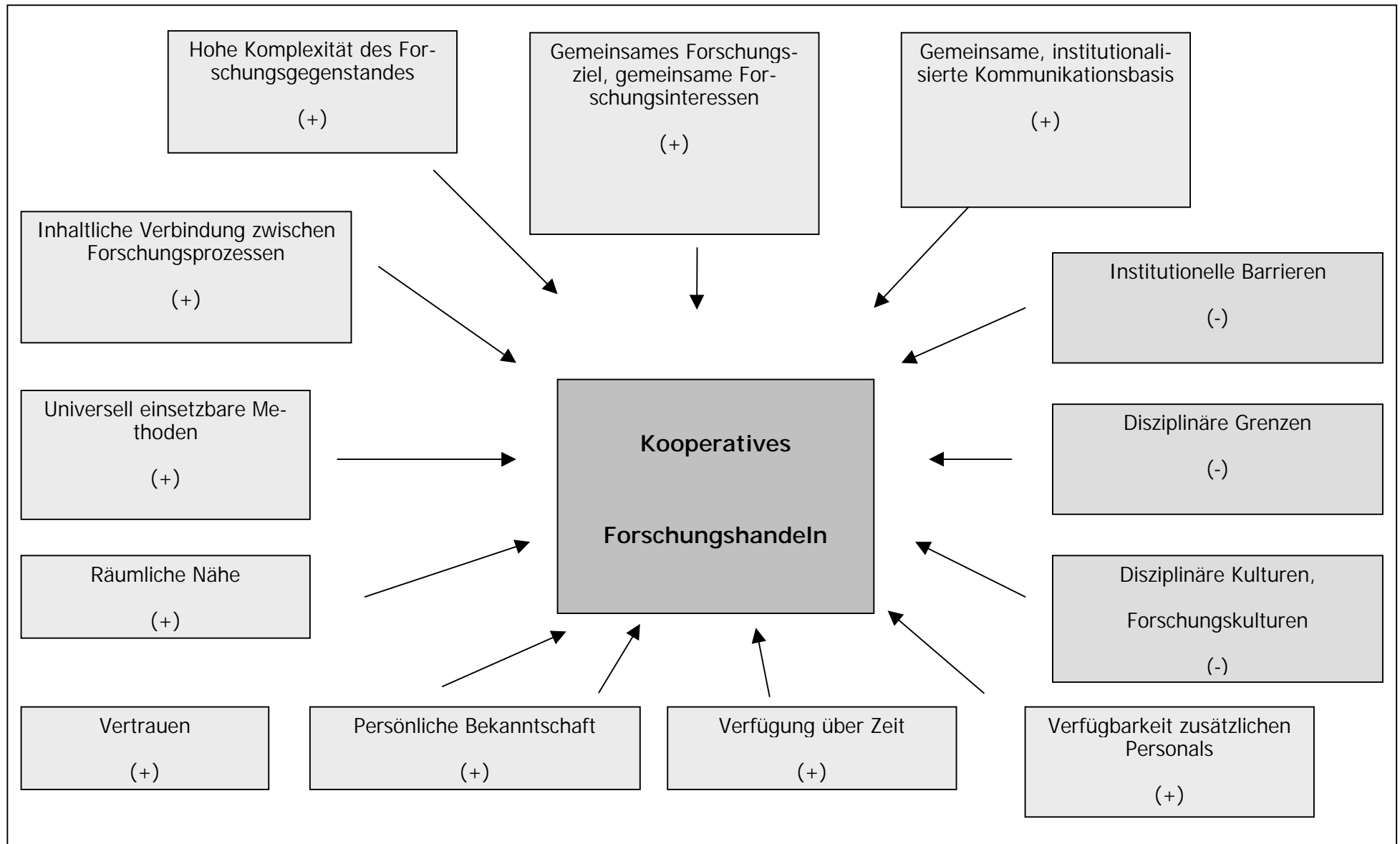


Abbildung 13-2: Kooperationshemmende und -fördernde Faktoren (Laudel 1999: 227-240)

Für die Begleitung interdisziplinärer Verbundprojekte ist es erforderlich, **parallel** zur Projektdurchführung Aussagen zum Forschungsprozess abzuleiten, um ggf. Ergebnisse für die Projektsteuerung noch nutzen zu können. Diese Aussagen zum Verlauf des Forschungsprozesses sollen also relativ zeitnah zum Geschehen erfolgen. Die im folgenden Kapitel vorgestellte Methode der Netzwerkmodellierung kann in diesem Sinne als Baustein für eine solche Zielsetzung angesehen werden (wir kommen im Schlusskapitel darauf zurück).

13.3 Untersuchte Forschergruppen und methodische Vorgehensweise

Wie in der Einleitung erwähnt, ist es ein Ziel dieser Untersuchungen aufzuzeigen, ob und in welchem Umfang Unterschiede in verschiedenen Projektverbänden im Programm „Klimaänderung und Küste“ im Hinblick auf die fachübergreifende Kommunikation und Kooperation bestehen. Es werden nachfolgend zunächst die untersuchten Forschergruppen charakterisiert (Kapitel 13.3.1) und im Anschluss daran werden Begrifflichkeiten, Annahmen und die mathematischen Grundlagen der hier verwendeten Methode beschrieben (Kapitel 13.3.2).

13.3.1 Untersuchte Forschergruppen

Im Rahmen des Programms „Klimaänderung und Küste“ wurden drei Projektverbände untersucht: Fallstudie Sylt, Fallstudie Weserästuar (Klimu) sowie das Verbundprojekt Salzwiesen/Dünen. Fragestellungsbezogen waren jeweils unterschiedliche Disziplinen beteiligt: In der Fallstudie Sylt waren Natur- und Sozialwissenschaften „gleich verteilt“ (insgesamt 8 Teilvorhaben), in der Fallstudie Weserästuar sind 2 sozial- und 6 naturwissenschaftliche Teilvorhaben vertreten während das Verbundprojekt Salzwiesen/Dünen aus insgesamt 10 naturwissenschaftlichen Teilvorhaben aus dem Bereich Ökologie zusammengesetzt ist. Die Verbundprojekte sind innerhalb des ersten Halbjahres 1997 gestartet: Zunächst das Verbundprojekt Salzwiesen/Dünen im Januar 1997, im Frühjahr 1997 die Fallstudie Sylt (teilweise unterschiedlicher Projektbeginn bei einigen Teilvorhaben) und im Sommer 1997 die Fallstudie Weserästuar.

Aus der unterschiedlichen disziplinären Zusammensetzung der einzelnen Verbundprojekte leitet sich die Annahme ab, dass die fachübergreifende Kommunikation und Kooperation auch in unterschiedlicher Weise ausgeprägt ist: Für das Verbundprojekt Salzwiesen/Dünen vermuten wir aufgrund der relativ homogenen Zusammensetzung eher wenige Hemmnisse im Hinblick auf gegenseitige Kommunikation und Zusammenarbeit. Die anderen beiden Verbundprojekte stehen dagegen vor der Schwierigkeit, die Natur- und Sozialwissenschaften übergreifende Kommunikation und Kooperation „einzuüben“. Darüber hinaus haben bei den Verbundprojekten Fallstudie Sylt und Fallstudie Weserästuar die integrativ orientierten Vorhaben einen größeren Stellenwert. Aus diesem Grund wird angenommen, dass die verbundprojektinterne Dynamik (u.a. Austausch von Wissensbeständen, Informationen, Daten etc.) höher ist als im Verbundprojekt Salzwiesen/Dünen.

Zusätzlich zu den genannten Verbundprojekten konnte noch eine weitere Forschergruppe untersucht werden: Dabei handelt es sich um das Graduiertenkolleg „Integrative Umweltbewertung“, das am Kieler Ökologie-Zentrum angesiedelt ist. Aufgrund der „räumlichen Nähe“ konnte somit eine „Vergleichsgruppe“ betrachtet werden, die gänzlich andere Randbedingungen aufweist: Im Vordergrund stehen disziplinär orientierte Qualifikationsarbeiten (Dissertationen) sowie ein ent-

sprechendes Ausbildungsprogramm. Insgesamt sind die einzelnen Arbeiten unter einem gemeinsamen Rahmenthema gebündelt. Das Kolleg besteht seit April 1999 und setzt sich aus insgesamt 12 Stipendiaten zusammen. Beteiligt sind die Fächergruppen Ökosystemforschung, Rechtswissenschaften sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Aufgrund dieser Randbedingungen und der Zusammensetzung leitet sich die Annahme ab, dass die fachübergreifende Kommunikation und Kooperation nicht intensiv sein wird, weil die disziplinär orientierten Qualifikationsarbeiten im Vordergrund stehen.

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen erläutert, insbesondere die Darstellung der Methode der Netzwerkmodellierung.

13.3.2 Methodische Vorgehensweise

Als Ausgangspunkt wird zugrundegelegt, dass der interdisziplinäre Entdeckungszusammenhang im Zentrum der Betrachtungen steht (Abbildung 13-1). Wir gehen davon aus, dass dieser Entdeckungszusammenhang eine besondere Rolle bei der Überwindung disziplinärer Perspektiven spielt, wenn interdisziplinäre Ergebnisse erzielt werden sollen.

Wir betrachten die Forschergruppe (der jeweiligen Projektverbände) als soziales Tauschnetzwerk. Das heißt, die Kommunikation und Kooperation wird von sozialen Austauschprozessen bestimmt. Aus dieser Sicht hat der Forschungsprozess den Charakter von Verhandlungen, bei denen disziplinäre und interdisziplinäre Streitfragen diskutiert und ggf. geklärt werden (müssen).

Wir gehen weiterhin davon aus, dass wir es im Wesentlichen mit zwei Komponenten zu tun haben:

- Mit dem Interesse der beteiligten Forscher (an bestimmten Themen bzw. Ereignissen) und
- mit der Absicht, Einfluss bzw. Kontrolle über strittige Themen bzw. Streitfragen zu erzielen. Forschung als sozialer Prozess beinhaltet de facto, dass man es mit Durchsetzungskraft / -macht zu tun hat; gerade dieser Aspekt wird bislang in vielen Studien – empirisch wie theoretisch orientierten – vernachlässigt.

Im Einzelnen werden nachfolgend eine Reihe von Begriffen definiert und einige modellspezifische Annahmen getroffen. Diese Annahmen betreffen die mathematische Formulierung des Tauschmodells sowie einige hierfür erforderliche Randbedingungen (Daschkeit u. Streit 2000; Streit 2000).

Soziale Beziehungen, soziale Struktur und Netzwerkanalyse

Die Vorstellung der Existenz von Beziehungsgeflechten ist im Grunde sehr einfach und einleuchtend, da Menschen in der Gesellschaft nicht als Einzelwesen leben. Sie handeln immer in Beziehungsgeflechten, die sie durch ihr Handeln zugleich erzeugen und verändern. Auch Wissenschaftler agieren folglich in Beziehungsgeflechten. Netzwerke sind keine statischen Gebilde, sondern dynamische Erweiterungen, aber auch Begrenzungen der Handlungsmöglichkeiten eines Akteurs. Sie können durchaus als Ressource (Coleman 1991) oder soziales Kapital (Bourdieu 1983) aufgefasst werden. Der Netzwerkbegriff ist daher nicht nur eine

methodische Konstruktion, sondern ein Konzept zur Analyse realer Erscheinungen mit vielfältigen theoretischen und praktischen Implikationen. Das Faktum des Eingebettetseins ist nicht von der Hand zu weisen, und die Frage nach der Beziehung zwischen individuellem Handeln und kollektiven Phänomenen gehört zu den wichtigen Themenbereichen in der Sozialtheorie. Soziale Beziehungen implizieren immer die wechselseitige Orientierung und gegenseitige Beeinflussung der sozialen Einheiten bei der Selektion einer Handlung. Schon für Dyaden gilt, dass Ego nicht nur die Handlungsalternativen von Alter, sondern zusätzlich Alters Orientierung an Egos Handlungsalternativen berücksichtigen muss. Da das Gleiche umgekehrt auch für Alter gilt, kommt es zu einer Komplementarität der Erwartungen (Parsons 1951: 15). Die in einer bestimmten Situation zur Verfügung stehenden Verhaltensalternativen des jeweils anderen werden dabei als ein Problem mangelnder Erwartungssicherheit erfahren, die eine Einschränkung des eigenen Alternativenspielraumes bedeuten. Die Kontingenz der Handlungsalternativen wird durch Werte, Normen, Rollen, Konventionen und Sprache auf ein handhabbares Maß beschränkt. Wir vertreten hier die Auffassung, dass die Netzwerke der Forscher in interdisziplinären Verbundprojekten die Handlungsmöglichkeiten und damit die kollektiven Ziele und Forschungsfragen in einer Weise bestimmen, die mit den Methoden der Netzwerkanalyse gut beschrieben werden können.

Die Entwicklung der Netzwerkanalyse ist gekennzeichnet von äußerst fruchtbaren Verbindungen der formalen graphen- und mengentheoretischen Konzepte mit inhaltlichen Fragestellungen in substanzwissenschaftlichen Forschungsprozessen. Die in der Vergangenheit für die Netzwerkanalyse wichtigen Beiträge der von Gestalt- und Feldtheorie beeinflussten Soziometrie (Moreno 1934), der Sozialanthropologie (Radcliffe-Brown 1940²) und der Graphentheorie (Harary u. Norman 1953) sind bereits umfassend gewürdigt worden (Schenk 1984: 1-29 und Scott 1991: 7-38).

Wurde der Begriff Netzwerk von Radcliffe-Brown noch als Metapher verwendet, so hat er sich in seiner Verwendung durch Mitchel (1969) bereits zu einem brauchbaren analytischen Begriff entwickelt. Später definiert Pappi (1987: 13) in Anlehnung an Clyde Mitchel Netzwerke "als eine durch Beziehungen eines bestimmten Typs verbundene Menge von sozialen Einheiten wie Personen, Positionen, Organisationen usw". In diesem Sinne umfasst ein "totales Netzwerk" (Barnes 1969: 55), wie es Radcliffe-Brown gemeint haben mag, alle möglichen Beziehungen zwischen allen sozialen Einheiten. Betrachtet man nur Beziehungen eines bestimmten Typs, analysiert man "partielle Netzwerke" (Barnes 1969: 72). Die Bezeichnung Gesamtnetzwerk wird verwendet, wenn man Beziehungen zwischen allen sozialen Einheiten eines sozialen Systems betrachtet. Egozentrierte Netzwerke sind im Gegensatz dazu in einer sozialen Einheit verankert. Kapferer (1969: 182) definiert ein egozentriertes Netzwerk als "the direct links radiating from a particular Ego to other individuals in a situation, and the links which connect those individuals who are directly tied to Ego, to one another". Die Beziehungen zwischen den sozialen Einheiten, mit denen Ego direkt verbunden ist, werden von Barnes (1969: 58) als "first-order-zone" bezeichnet. Das hier betrachteten Forschergruppen bilden im o.a. Sinne ein partielle Netzwerke.

Mit den Methoden der Netzwerkanalyse können die unterschiedlichsten Beziehungsarten untersucht werden wie Tauschbeziehungen, Kommunikationsbeziehungen, Grenzüberschneidungen, instrumentelle Beziehungen, Gefühlsbeziehungen, Autoritäts- oder Machtbeziehungen und Verwandtschafts- und Abstammungsbeziehungen. Beziehungen sind alle Kommunikationen, Affekte, Bewertungen,

²Er führte den Begriff des Netzwerks sozialer Beziehungen 1940 in einer Rede als Präsident der Royal Anthropological Society of Great Britain and Ireland ein und bezeichnet dieses zugleich als Sozialstruktur (Radcliffe-Brown 1940).

Handlungen und Gelegenheiten, die eine Verbindung zwischen Ego und Alter herstellen. Durch die Verwendung des Begriffs Beziehung wird eine Einengung durch eine spezielle Definition von sozialer Beziehung vermieden und die Möglichkeit eröffnet, Einstellungen und objektive Gelegenheiten, also potentielle Interaktionen, von tatsächlichen Interaktionen und dauerhaften sozialen Beziehungen zu unterscheiden (Vgl. Pappi 1987: 16-18). Die Netzwerkanalyse ist ein Mehrebenenansatz, der es sowohl ermöglicht, die sozialen Beziehungen und die Struktur der sozialen Umwelt sozialer Objekte als Prädikatoren für soziales Handeln, als auch umgekehrt individuelle Merkmale sozialer Objekte zur Erklärung von Netzwerkmerkmalen heranzuziehen. Diesem Ansatz liegt eine Orientierung zugrunde, die als "methodologischer Relationismus" (Kappelhoff 1992: 243) bezeichnet wurde. Die Netzwerkanalyse untersucht daher primär Beziehungen sozialer Beziehungen, denn eine Ansammlung unverbundener sozialer Beziehungen macht noch kein soziales Netzwerk aus. Kappelhoff siedelt den methodologischen Relationismus zwischen dem sozialen Atomismus und dem sozialen Holismus an und grenzt ihn vom methodologischen Individualismus ab, der in seiner modernen strukturell-individualistischen Form überwiegend der Theorie rationalen Handelns verpflichtet ist. Makroskopische Phänomene werden mit diesem Ansatz als kollektive Folgen individuellen Handelns unter strukturellen Nebenbedingungen, gewissermaßen als Emergenz erklärt. Dabei gerät gewöhnlich die gesellschaftliche Prägung des Individuellen völlig aus dem Blick. Die Netzwerkanalyse als relationale Methode kann gerade durch Verbindungen zur individualistischen wie zur strukturalistischen Methode und ihrer Ausrichtung auf soziale Wechselwirkungen als grundlegenden sozialen Tatbeständen zur Überwindung des so genannten Mikro-Makro-Problems beitragen. In diesem Zusammenhang soll sie dazu dienen, den Blick für Prozesse gegenseitiger Beeinflussung in interdisziplinären Verbundprojekten zu schärfen, für die individuelle Merkmale der beteiligten Forscher ebenso eine Rolle spielen wie die Beziehungen zwischen ihnen und die strukturellen Bedingungen der Verbundprojekte, in denen sie interagieren.

Gegenseitige Beeinflussung in sozialen Netzwerken

Partielle Netzwerke im sozialen Kontext von Forschung sind von Beeinflussungsprozessen geprägt. Dabei spielen Gegenseitigkeit, Abhängigkeit und Macht eine Rolle. Ein Forscher kann z.B. besonders gut von Kollegen beeinflusst werden, an deren Sachgebiet er interessiert ist oder von deren Ergebnissen er bezüglich der eigenen Forschung abhängig ist. In prototypischen Darstellungen hängt der Einfluss von Akteur O auf Akteur P von Os Besitz an oder Kontrolle über Ressourcen ab, die von P geschätzt werden (Coleman 1973; Emerson 1962). Zusätzlich tragen charakteristische Kennzeichen der Positionen (Reputation) der Akteure in interpersonellen Netzwerken zur Einflussnahme des jeweiligen Akteurs auf andere bei. Eine Analyse struktureller Effekte ist notwendig, weil die Ressourcen der Akteure die Struktur eines Netzwerkes formen können, die auch die interpersonelle Beeinflussung direkt bestimmt. Überdies können natürlich strukturelle Effekte auf interpersonelle Beeinflussung auch durch andere Variablen vermittelt werden. In Netzwerkanalysen wurde besonders auf die drei strukturellen Merkmale Kohäsion, Ähnlichkeit und Zentralität hingewiesen. Die interpersonelle Wahrnehmung und Bewertung von Ereignissen durch Akteure hängt von diesen drei Merkmalen ab. Gemeinsame (Fach-) Sprache als zentrale Kulturfertigkeit und die eigene Positionsmacht gehören zu den wichtigsten Ressourcen, über die individuelle Akteure verfügen, um wirkungsvoll zu agieren. Die Stabilisierung von Interaktionszusammenhängen gelingt z.B., weil die gemeinsame Sprache gegenseitige Beeinflussung erheblich erleichtert, wenn nicht überhaupt erst ermöglicht. Der Erfolg eines Verbundprojektes aus Natur- und Sozialwissenschaftlern wird schon wegen der unterschiedlichen Fachsprachen in ganz besonderer Weise von potentiellen Defiziten in den Prozessen der interpersonellen Wahrnehmung mitbestimmt sein.

Strukturelle Kohäsion

Die klassische, auf den Zusammenhalt in Kleingruppen gerichtete Betrachtungsweise wurde zugunsten einer allgemeineren Konzeptualisierung aufgegeben, die Kohäsion in einem Netzwerk heterogener interpersoneller Beziehungen begründet sieht. In dieser großzügigeren Sichtweise ist es nicht unsinnig, auf eine kohäsive Sekundärgruppe (Cooley 1909) hinzuweisen, in der ein wesentlicher Anteil an möglichen interpersonellen Beziehungen schwach oder nicht vorhanden ist. Schlüsselemente der Kohäsion, wie die Neigung von Mitgliedern zum Verbleib in der Gruppe und die Fähigkeiten von Mitgliedern zu sozialer Kontrolle und kollektiver Handlung können auf schwachen Beziehungen zwischen Bekannten oder Kollegen basieren (Granovetter 1973, 1982). Außerdem erfordert Kohäsion kein vollständiges Netzwerk, in dem alle Mitglieder direkt miteinander verknüpft sind. Stattdessen basiert die Kohäsion der Gruppe auf der Zusammensetzung des Netzwerks. Formale Eigenschaften von Netzwerken wie die Art der Verbundenheit, die Reichweite und die Dichte (Harary et al. 1965: 30-84) verweisen auf Netzwerkstrukturen, die soziale Kohäsion begünstigen können. Forschergruppen in Verbundprojekten könnten solche auf zunächst schwachen Bindungen basierende kohäsive Netze sein, die es aber ermöglichen, zum richtigen Zeitpunkt die richtigen Kommunikationspartner zu Lösung von gemeinsamen Problemen zu finden.

Strukturelle Ähnlichkeit

Der Stellenwert von Os Meinungen für P kann aber auch auf Ps Erkenntnis basieren, dass beide ähnliche soziale Positionen besetzen (z.B., dass ihre normativen, materiellen und interpersonellen Umstände in der Sozialstruktur ähnlich sind). Diese Positionen können mit allgegenwärtigen Rollen übereinstimmen oder mit lokal definiertem Status (Professoren, Projektleiter, Bearbeiter) oder mit Positionen in bestimmten sozialen Netzwerken (die zentralen contra die peripheren Positionen in einer Forschergruppe, die mittleren Manager-Positionen in einer Organisation). Strukturelle Ähnlichkeit kann eine Wettbewerbs-Orientierung hervorrufen, in der P aufmerksam gegenüber Os Meinungen oder Verhaltensweisen ist, die auf Ps Status und Interessen einwirken (Burt 1987: 1291). Sie kann auch die Basis für interpersonelle Solidarität und Identifikation sein (Dahrendorf 1957; Durkheim 1977). Ein Akteur handelt also positionsgebunden, wenn er sein Verhalten in Bezug auf andere beurteilt, die sich in einer ähnlichen Lage befinden. Je geringer die soziale Distanz eines Akteurs zu einer Position ist, desto wichtiger ist sie als Bezugspunkt für sein Handeln. Die anfänglichen Orientierungen von Akteuren werden durch ihre Definitionen der Situation beeinflusst. Je ähnlicher die strukturellen Positionen von zwei Akteuren, desto ähnlicher sind wahrscheinlich ihre anfänglichen Situationsdefinitionen. Ebenfalls sind die anfänglichen Orientierungen von Akteuren über Probleme wahrscheinlich eher abweichend, je unähnlicher ihre strukturellen Positionen sind. Darüber hinaus weist Festingers (1950, 1954) Theorie der sozialen Vergleichsprozesse darauf hin, dass der Wert von Os Meinung für P in inverser Beziehung zur Nichtübereinstimmung ihrer Meinungen steht. Möglicherweise beruhen manche der Kommunikationshemmnisse zwischen Natur- und Sozialwissenschaftlern auf einem (Un-) Ähnlichkeitseffekt.

Strukturelle Zentralität

Eine umfangreiche Literatur weist darauf hin, dass die strukturelle Zentralität eines Akteurs in einem Kommunikationsnetzwerk zur sozialen Macht des Akteurs beiträgt. Die typische soziale Organisation eines Netzwerkes ist das Zentrum-Peripherie-Muster. Zentrale Akteure sammeln Informationsressourcen, die

es ermöglichen, dass ihre Meinungen einflussreicher werden als die peripherer Akteure. Im Vergleich zu peripheren Akteuren verfügen zentrale Akteure wahrscheinlich nicht nur über zahlreichere und kürzere Kommunikationskanäle zur Vermittlung ihrer Ansichten, sondern sind auch bei jeglicher Problemstellung aktiver in der Nutzung dieser Kanäle (French u. Snyder 1959: 145). Somit ist die Netzwerkzentralität ein gemischter (hybrider) Zustand, der ein Punktmerkmal von O (Os Informationsressourcen) mit Merkmalen der Netzwerkbeziehung zwischen O und P kombiniert. Unter der Annahme eines Zentrum-Peripherie-Musters tendieren zentrale Akteure dazu, einflussreich und kohäsiv mit anderen Akteuren verbunden zu sein. Für Verbundprojekte bedeutet dies, dass ein zentrales, für Integration zuständiges Teilvorhaben seine Koordinationstätigkeit aus einer solchen, günstigen Position erfolgreich leisten kann. Die Effekte der Zentralität können die Effekte der strukturellen Ähnlichkeit entweder verstärken oder nicht. Im Falle von zwei zentralen Akteuren verstärken sich die Ähnlichkeits- und Zentralitätseffekte wegen ihrer wahrscheinlich ähnlichen Positionen. Allerdings sind die Effekte kompensierend im Fall eines zentralen und eines peripheren Akteurs. Der periphere Akteur kann die Meinungen eines zentralen Akteurs aufgrund des Unterschiedes in ihren sozialen Positionen ablehnen (der Unähnlichkeitseffekt), jedoch ebenso durch die Information, dass der zentrale Akteur zur Unterstützung seiner oder ihrer Meinung agiert, beeinflusst werden. Wie in dem Fall der strukturellen Kohäsion und Ähnlichkeit werden die Effekte der strukturellen Zentralität auf interpersonelle Beeinflussung in dem Maße von Kommunikation abhängig sein, wie eine derartige Kommunikation die Wahrnehmung von Os Meinung für P bestimmt. Außerdem fördert häufige Kommunikation Bewertungen, die P ermutigen, auf Os Ansichten zu antworten. Ohne das Bewusstsein für die Informationen, die Os Meinung zugrundeliegen, kann P O nur auf der Basis von Os offenbarten Ansichten entgegen. Die in manchen Verbundprojekten mit Integration befassten Teilvorhaben stehen in der besonderen Pflicht, eine zentrale Position im Netzwerk der beteiligten Forscher einzunehmen, die es ermöglicht Koordinationsaufgaben effektiv durchzuführen.

Wir nehmen hier für den interdisziplinären Forschungsprozess einen besonderen, ja einen neuen Entdeckungszusammenhang an, der von sozialen Austauschprozessen bestimmt ist und leiten daraus ab, dass die strukturellen Bedingungen der Netzwerke der Forschergruppen in Verbundprojekten genauer betrachtet werden müssen. Ein solches soziales Tauschsystem wird daher im Folgenden modelliert und mathematisch formuliert. Dabei werden die zum notwendigen Formelapparat gehörenden theoretischen Annahmen weiter präzisiert, dargestellt und erläutert. Der hier besonders interessierende soziale Kontext interdisziplinärer Forschung sei bestimmt von den Interessen der Beteiligten, der Durchsetzungskraft bzw. -macht Einzelner, dem Nutzen (Reputation) der Forscher von der Kontrolle über Forschungsfragen und dem Besitz wirksamer Ressourcen zur Erreichung von Zielen.

Ein mathematisches Tauschmodell

Das erweiterte Grundmodell³ besteht formal aus folgenden Elementen:

Akteure (j) mit Interesse (x_{ji}) an Ereignissen (i) besitzen (r_{ji}) Ressourcen, die Wirkungen (f_{ik}) auf die Ereignisse (i) haben. Man kann auch sagen, sie besitzen Kontrolle (c_{ji}). Aus den Grundelementen werden die zeilenstochastischen Matri-

³Das Grundmodell stammt von James Coleman (1973). Es wurde von Marsden u. Lauman (1977) um das Ressourcenkonzept erweitert, um die Annahme der Existenz eines vollkommenen Marktes zu ersetzen.

zen X (Interessenmatrix), F (Wirksamkeitsmatrix), R (Ressourcenmatrix) und C (Kontrollmatrix) gebildet. Die Kontrollmatrix $C = FR$ ergibt sich aus Ressourcen und ihren Wirkungen. Da F eine ixr -Matrix und R eine rxj -Matrix ist, ergibt sich C als ixj Matrix. X ist eine jxi -Matrix. Für unsere Zwecke genügt es, zunächst nur Interessen und Kontrolle zu betrachten.

Die Grundannahmen

Die Geschlossenheit des Tauschsystems

Diese Annahme bedeutet, dass alle relevanten Akteure und alle relevanten Ereignisse sowie die gesamte aus den vorhandenen Ressourcen und ihren Wirkungen abgeleitete Kontrolle im System vertreten sind. Ereignisse und Akteure außerhalb des Systems haben keinen Einfluss auf den Entscheidungsprozess. Formal kommt dies in der vorgenommenen Standardisierung und den dadurch gebildeten reihenstochastischen Matrizen zum Ausdruck.

$$\sum_i x_{ji} = 1 \quad \text{Formel 1}$$

$$\sum_j c_{ij} = 1 \quad \text{Formel 2}$$

$$\sum_k f_{ik} = 1 \quad \text{Formel 3}$$

$$\sum_l r_{jl} = 1 \quad \text{Formel 4}$$

Die proportionale Ressourcenallokation

Die zentrale Verhaltensannahme des Modells lautet, jeder Akteur handelt rational im Sinne des Modells, wenn er bei seiner gegebenen Gesamtmacht p_j seine Kontrolle proportional zu seinen Interessen bewertet mit den Marktpreisen v_i der Ereignisse einsetzt. Formal gilt dann:

$$c_{ij}^* = \frac{x_{ji}}{v_i} p_j \quad \text{Formel 5}$$

C^* ist die von Akteur j bei gegebenen Preisen nachgefragte Kontrolle (endgültige Kontrollverteilung).

Die probabilistische Entscheidungsregel

Im Falle kollektiver Entscheidungen bedarf es einer Verfahrensregel, nach der der Ausgang der Entscheidung über die Ereignisse aus der endgültigen Kontrollverteilung C^* bestimmt werden kann. Im Modell wird daher jeder Kontrollanteil c_{ij} als Los mit einer entsprechenden Wahrscheinlichkeit der Ziehung angesehen. Dadurch erhält er einen feststehenden Einfluss auf die kollektive Entscheidung unabhängig von der Verteilung der übrigen Kontrollanteile. Jeder Kontrollanteil hat so einen bestimmten erwartbaren Nutzen. Die kollektiven Entscheidungen sind faktisch in teilbare Güter verwandelt. Damit ist das Problem der Bereitstellung kollektiver Güter (Olson 1965) ausgeklammert und nur so gelingt die parametrische Beschreibung des sozialen Tauschsystems durch Marktpreise, die strategische Interdependenzen nicht berücksichtigen muss (Kappelhoff 1993: 102-127).

Der vollkommene Markt

Der Tausch von Kontrolle findet bei vollkommener Markttransparenz und relationaler Indifferenz statt. Das Angebot der Kontrollressourcen entspricht der ursprünglichen Kontrollausstattung. Die Nachfrage wird entsprechend der proportionalen Ressourcenallokation bestimmt. Der Ausgleich von Angebot und Nachfrage wird von den Marktpreisen v_i reguliert.

Das statische Gleichgewicht

Das Gesamtangebot A an Kontrolle über ein Ereignis i mit Marktpreisen v_i ist

$$A = \sum_j v_i c_{ij} = v_i \sum_j c_{ij} = v_i \quad \text{Formel 6}$$

Die Gesamtnachfrage N nach Kontrolle über ein Ereignis i wird mit der 'Kaufkraft' (Macht, Ressourcen) p_j gewichtet, wobei p_j der Wert des gesamten Ressourcenpotentials von j ist, d.h.

$$p_j = \sum_k v_k c_{kj} \quad \text{Formel 7}$$

Damit ergibt sich N als

$$N = \sum_j p_j x_{ji} = \sum_k v_k \sum_j c_{kj} x_{ji} \quad \text{Formel 8}$$

Im Gleichgewicht gilt $A_i = N_i$

$$v_i = \sum_j p_j x_{ji} = \sum_k v_k \sum_j c_{kj} x_{ji} \quad \text{Formel 9}$$

oder in Matrixschreibweise $v = vCX$. Die Marktpreise v_i ergeben sich also im Gleichgewicht als linker Eigenvektor $v = vW$ zum Eigenwert 1 der **Matrix der Kontrollverflechtung** der Ereignisse $W = CX$, die wie C und X auch reihensto-

chastisch ist. Die Marktmacht p_j der Akteure ergibt sich als linker Eigenvektor $p = pZ$ zum Eigenwert 1 der **Matrix der Interessenverflechtung** der Ereignisse $Z = \underline{XC}$, die wie X und C ebenfalls reihenstochastisch ist. Die Matrix der Kontrollverflechtung gibt an, wie die Ereignisse des Systems miteinander verbunden sind.

$$w_{il} = \sum_{j=1}^m c_{ij}x_{jl} \quad \text{Formel 10}$$

gibt also das Ausmaß der Kontrolle über ein Ereignis i an, das durch Akteure ausgeübt wird, die an Ereignis l interessiert sind. Aus W kann auch abgeleitet werden, ob das Tauschsystem hinsichtlich der Ereignisse in Subsysteme zerfällt. Ein Ereignis i ist isoliert, wenn $w_{il} = 0$ und $w_{li} = 0$ für alle von i verschiedenen Ereignisse l . Es wäre z.B. deshalb nicht am Kontrolltausch beteiligt, weil kein Akteur, der ein anderes Ereignis l kontrolliert, ein Interesse an i hat und kein Akteur, der Kontrolle über i hat, an anderen Ereignissen l interessiert ist.

Die Matrix der Interessenverflechtung zeigt, wie die Akteure des Systems miteinander verbunden sind.

$$z_{jk} = \sum_{i=1}^n x_{ji}c_{ik} \quad \text{Formel 11}$$

gibt also an, in welchem Maße die für j interessanten Ereignisse von Akteur k kontrolliert werden. Aus Z kann auch abgeleitet werden, ob das Tauschsystem hinsichtlich der Akteure in Subsysteme zerfällt. Ein Akteur j ist isoliert, wenn $z_{jk} = 0$ und $z_{kj} = 0$ für alle von j verschiedenen Akteure k . Kein Akteur k hat Kontrolle über Ereignisse, die für j interessant sind und umgekehrt (Kappelhoff 1993: 115).

Die für die Modellberechnungen benötigten Eingangsdaten werden mittels Fragebogen in standardisierter Form erhoben. Zunächst haben wir uns auf ein Minimum beschränkt, um zu sehen, was anhand der Auswertung von lediglich 2 Fragen erreicht werden kann:

1. Wie stark bist du (sind Sie) an dem interessiert, was die Teilvorhaben (inkl. des eigenen) erarbeiten? Bewerte (Bewerten Sie) bitte für jedes Teilvorhaben anhand einer Skala von 0 (= kein Interesse) bis 10 (= großes Interesse).
2. Wie groß ist deine (Ihre) Fähigkeit bzw. Kompetenz zu beurteilen, was die Teilvorhaben (inkl. des eigenen) erarbeiten? Bewerte (Bewerten Sie) bitte für jedes Teilvorhaben anhand einer Skala von 0 (= keine Kompetenz) bis 10 (= hohe Kompetenz).

Die Datenerhebung wurde zu folgenden Zeitpunkten durchgeführt:

- Fallstudie Sylt: Insgesamt drei Befragungen März 1999, Oktober 1999 und Februar 2000
- Fallstudie Weserästuar: Juni 1999
- Verbundprojekt Salzwiesen/Dünen: Juni 1999
- Graduiertenkolleg: Juli 1999 und Februar 2000

Die Anzahl der Befragten ist je nach untersuchter Forschergruppe verschieden und schwankt zwischen 8 und 15. Alle Netzwerke können hinsichtlich ihrer sozialen Einheiten als Gesamtnetzwerke bezeichnet werden (alle haben teilgenommen), deren Struktur für eine bestimmte inhaltliche Beziehung dargestellt wird. Da die Netzwerkanalyse auf Merkmale von Beziehungen ausgerichtet ist, ist die Größe der Netze in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung.

Die beiden o.g. Fragen haben für sich genommen schon einen Informationsgehalt:

- Man erhält eine **Interessenverteilung** (für die jeweilige Forschergruppe): Für jeden Akteur ist angegeben, wie er sein Gesamtinteresse (= 1) auf die Ereignisse im System (Sachgebiete) verteilt.
- Als Zweites erhält man eine **Kontrollverteilung**, an der sich ablesen lässt, welcher Akteur Kontrolle über das eigene sowie andere Sachgebiete ausübt bzw. auszuüben versucht.

Das o.a. Modell schöpft diese Informationsbasis jedoch viel besser aus. Es können folgende Informationsgehalte abgeleitet werden:

- Die **Akteursverflechtung** zeigt an, wie die Akteure miteinander verbunden sind (wir können hier auch von der „Macht der Akteure“ sprechen): Hier wird angezeigt, in welchem Maße die für die einzelnen Akteure interessanten Ereignisse von den anderen Akteuren kontrolliert werden (aus der Diagonalen der Ursprungsmatrizen kann man so beispielsweise die „Selbstbestimmung“ ablesen – die Selbstkontrolle der für den Akteur relevanten Ereignisse). Insgesamt lässt sich hieraus ablesen, welches die in einer Forschergruppe zentralen Akteure sind und auch in wie viele Gruppen eine Forschergruppe zerfällt und wie ihr Zusammenhalt ist.
- Weiterhin erhält man eine sog. **Kontrollverflechtung** (Verflechtung der Ereignisse), die anzeigt, wie die Ereignisse im System miteinander verbunden sind: hier zeigt sich jetzt nicht die Differenzierung nach Akteuren, sondern nach Inhalten.
- Anhand der „**Marktpreise**“ innerhalb eines Projektverbundes lässt sich ablesen, welche „Inhalte“ am meisten *nachgefragt* werden.
- Letztlich kann man an der „**Endkontrollverteilung**“ ablesen, ob ein funktionierendes soziales Tauschsystem besteht, ob also bspw. Kompromissbereitschaft zu erwarten ist u. Ä..

13.4 Ergebnisse

Weiter oben wurde bereits auf die untersuchten Forschergruppen hingewiesen. Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse dargestellt (Kapitel 13.4.1), und im Anschluss daran werden die Ergebnisse interpretiert (Kapitel 13.4.2).

13.4.1 Darstellung der Ergebnisse

Für die Fallstudie Sylt ist im Hinblick auf die erste Befragung (März 1999) festzuhalten:

- Erwartungsgemäß finden sich unterschiedliche Interessen verschiedener Akteure für verschiedene Sachgebiete – dabei aber auch ein Null-Interesse für einzelne Sachgebiete ...
- Die Akteursverflechtung zeigt eine Differenzierung in drei Gruppen.
- Die Ereignisverflechtung zeigt drei thematische Positionen: Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften und Integration.
- Die „Marktpreise“ geben an, dass die integrativ orientierten Teilvorhaben am „wertvollsten / teuersten“ sind und dass zwei sozialwissenschaftliche Disziplinen gewissermaßen als Bindeglied zwischen Natur- und Sozialwissenschaften angesehen werden können.
- Die Forschergruppe erscheint als keine statische, sondern eine intern relativ dynamische und gleichzeitig kohäsive Gruppe.

Eine Wiederholungsbefragung (Oktober 1999) zeigte folgendes Bild: Die Interessenverteilung zeigt die nach wie vor unterschiedlichen Interessen der Beteiligten, es ist allerdings kein „Null-Interesse“ mehr zu erkennen, also kein isoliertes Sachgebiet wie noch bei der ersten Befragung. An der Kontrollverteilung lässt sich korrespondierend erkennen, dass die Isolation dieses einzelnen Sachgebietes nicht mehr aufscheint, was sicher in diesem Fall auch auf personale Präsenz zurückzuführen ist. Wir sehen hier aber auch, dass die einzelnen Akteure ihre Kontroll- und Einflussbestrebungen auf die eigene Disziplin „zurückziehen“. Ein Akteur gibt an, so gut wie keine Kontrolle zu haben – was sich aus der Kenntnis des Projektverlaufs auch nachvollziehen lässt. Die Akteursverflechtung zeigt eine ausgeglichenerere Struktur also noch beim ersten Zeitpunkt. Die zu dem Zeitpunkt vorhandene Dreiergruppierung ist jetzt nicht mehr in der ursprünglichen Form erkennbar. Die Kontrollverflechtung zeigt, dass die Sachgebiete etwas mehr verbunden sind, wobei die Selbstkontrolle relativ angestiegen ist. Die „Marktpreise“ der Sachgebiete zeigt, dass sich an der Verteilung zum ersten Zeitpunkt kaum etwas geändert hat; man kann (höchstens) erkennen, dass die sozialwissenschaftlichen Ereignisse etwas wertvoller geworden sind. Die Endkontrollverteilung zeigt, dass der Projektverbund weiterhin ein dynamisches System ist, denn der Tauschbedarf (nach einzelnen Ereignissen) ist immer noch gegeben. Allerdings hat sich die Nachfrage von einzelnen Akteuren intern auf andere Sachgebiete verschoben.

Eine dritte Befragung im Februar 2000 zeigt folgendes Bild, wobei zu bedenken ist, dass das Verbundprojekt zu diesem Zeitpunkt kurz vor seinem Abschluss ist: An der Interessenverteilung hat sich im Verhältnis zum zweiten Befragungszeitpunkt so gut wie nichts verändert. Auch an der Kontrollverteilung bestätigt sich das Ergebnis der Befragung vom Oktober 1999: Seitens der Sozialwissenschaften scheint weniger Kontrolle über die Themen der Naturwissenschaften auszugehen als umgekehrt. Anhand der Akteursverflechtung ist eine personenbezogenen Dreier-Gruppierung zu erkennen. Zwischen diesen Gruppen existieren aber gewissermaßen „Vermittler“; welche Personen das jeweils sind, scheint abhängig von deren Interessen an Fragen der Integration zu sein. Die „Macht der Akteure“ innerhalb des Verbundprojektes zeigt ein relativ hohes Machtgefälle, und auch hier erfolgt die Verbindung über „mittlere Positionen“. Die Kontrollverflechtung zeigt an, dass nach wie vor drei thematische Positionen bestehen: Naturwissenschaften inkl. Ökonomie, Sozialwissenschaften sowie Integration und GIS. Ebenfalls ist abzulesen, dass die „Selbstkontrolle“ gesunken ist: Das heißt, es wird in der Endphase des Projektes auch zugelassen, dass Beteiligten auch die Kontrolle durch andere am Projekt Beteiligte verstärkt zulassen. Die so genannten „Marktpreise“ hingegen verdeutlichen, dass Fragen der Integration offenbar an Bedeutung gewonnen haben, das allgemeine Interesse hieran ist größer geworden. Dies zeigt in gewissem Maße auch an der Endkontrollverteilung: Zwar ist der Tauschumfang geringer als noch zum zweiten Erhebungszeitpunkt, aber dadurch, dass die inte-

grative Zielrichtung klarer geworden ist, haben sich Auseinandersetzungen (i.S.v. Tauschbedarf) auf andere Felder verschoben.

Der Vergleich mit der Fallstudie Weserästuar zeigt:

- Die Verteilung des Interesses bei dieser Forschergruppe scheint gleichmäßiger zu sein als in der Fallstudie Sylt. In beiden Forschergruppen ist eine relative Blockung von natur- einerseits und sozialwissenschaftlichen Teilvorhaben andererseits zu erkennen.
- Die Kontrollverteilung bestätigt dieses Bild: Manche Sachgebiete stehen in der Fallstudie „für sich“; bei beiden Forschergruppen ist eine Trennung von natur- und sozialwissenschaftlichen Vorhaben zu beobachten.
- Die Akteursverflechtung (Macht) ist in dieser Forschergruppe etwas gleichmäßiger verteilt als bei der Fallstudie Sylt.
- Der Wert („Preis“) für bestimmte Ereignisse zeigt an, welche inhaltlichen Teile wie hoch „geschätzt“ (nachgefragt) werden: Interessant ist hier bei der Fallstudie Weserästuar eine gewisse – etwas überspitzt formuliert – überzogene Erwartungshaltung der Naturwissenschaften. Denn es wird angenommen, über die Ereignisse (Themen, Streitfragen) der Sozialwissenschaften könne relativ leicht(er) bzw. schnell(er) Einigkeit hergestellt werden, m.a.W.: Offensichtlich fällt es auch hier den Naturwissenschaftlern leichter, den Forschungsgegenstand der Sozialwissenschaften zu „vereinnahmen“ und „mal eben“ mit zu erledigen. Im Vergleich mit der Fallstudie Sylt erkennt man bei der Fallstudie Weserästuar etwas mehr Ausgeglichenheit. Dies könnte aber auch – wie sich schon vorher angedeutet hat – am etwas homogenen Konzept dieses Verbundprojektes liegen. Allerdings ist hier zu beobachten, dass der inhaltlich im Vordergrund stehende Block in sich nicht sonderlich homogen ist.
- Die Endkontrollverteilung zeigt auf, dass diese Forschergruppe etwas weniger kohäsiv zu sein scheint, aber ein ebenfalls hohe interne Dynamik aufweist.

Die dritte betrachtete Forschergruppe (Verbundprojekt Salzwiesen/Dünen) ist ebenfalls im Forschungsprogramm „Klimaänderung und Küste“ angesiedelt. Aufgrund der Struktur der Forschergruppe im Sinne der fachspezifischen Ausrichtung der einzelnen Teilvorhaben war ein homogenes, ausgeglichenes wechselseitiges Interesse erwartet worden. Dieses zeigt sich in den vorhandenen Daten nicht im erwarteten Umfang. Diese Interessenverteilung korrespondiert mit der Kontrollverteilung, anhand der keine Isolierung eines bestimmten Sachgebietes zu erkennen ist. Also steht keines der Sachgebiete für sich so allein dar, dass es nicht auch in seinem Fortgang von anderen Akteuren (mit)beeinflusst werden kann. Die Akteursverflechtung zeigt eine projektinterne Differenzierung in zwei Gruppen an, die offenbar in sich wiederum differenziert sind in je einen eher einflussreichen und einen eher nicht einflussreichen Teil. Die Kontrollverflechtung wiederum zeigt an, dass die Möglichkeit der (Mit-)Beeinflussung der anderen Sachgebiete als relativ hoch eingeschätzt wird, was sich auch in den „Marktpreisen“ ausdrückt: Es scheint eine relativ Gleichwertigkeit der einzelnen Sachgebiete zu bestehen, wobei aber – und das ist hier entscheidend – der Tauschumfang insgesamt gering ist. Bezogen auf die systeminterne Dynamik lässt sich anhand der Endkontrollverteilung ablesen, dass diese Dynamik nach unseren Ergebnissen nicht sehr ausgeprägt ist. Es scheint keine Notwendigkeit zu bestehen, andere Sachgebiete in ihrem Fortgang beeinflussen zu wollen, um so bestimmte Ergebnisse aus anderen Sachgebieten für die eigen inhaltliche Arbeit zu gewinnen. Dieses geringe Interesse an bestimmten Sachgebieten, dieser insgesamt unspezifische Tauschbedarf lässt u.E. darauf schließen, dass vermutlich weder Anreize noch „Zwänge“ betehen, einen intensiven internen Tauschbedarf entstehen zu lassen.

Bei der Beschreibung und Beurteilung der Forschergruppe „Graduiertenkolleg“ ist zu bedenken, dass zum Zeitpunkt der Befragung diese Gruppe gerade erst „konstituiert“ wurde, das heißt, die Beteiligten traten gerade erst ihre Arbeitsstellen an und fingen an, sich über die anderen Themen etc. zu informieren – wir befinden uns also in der Such- und Planungsphase.

- An der Interessenverteilung zeigt sich entsprechend, dass die Interessen sehr unterschiedlich verteilt sind, ein Null-Interesse tritt erwartungsgemäß mitunter auf.
- Ein ebensolches Bild zeigt sich anhand der Kontrollverteilung, die relativ ungleichmäßig über die Akteure verteilt ist; es sind keine isolierten Themen zu erkennen.
- Die die zu diesem frühen Erhebungszeitpunkt nicht überzubewertende Akteursverflechtung zeigt auf, dass eine Differenzierung in drei Gruppen erkennbar ist – und dass die Frauen, die insgesamt knapp die Hälfte ausmachen, zumeist höchstens in der mittleren Position zu finden sind.
- Die Kontrollverflechtung zeigt wiederum, dass es momentan noch keine isolierten Ereignisse gibt; das heißt, die Verteilung ist noch offen (diffus), was daran liegt, dass man sich noch in der Suchphase befindet.
- Die „Marktpreise“ spiegeln die Kontrollverflechtung gut wider, was in diesem Fall heißt, dass die Preise noch relativ gering sind, m.a.W.: Man weiß noch nicht so genau, was zentral und wertvoll ist bzw. sein wird.
- Die Endkontrollverteilung zeigt ein ähnliches Bild: Der Tauschbedarf ist noch unspezifisch.

Auch wenn die Auswertung aufzeigt, dass zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht viel „passiert“, ist es wertvoll, diese „Anfangsverteilung“ als Vergleich für spätere Befragungen zur Verfügung zu haben. Die zweite Befragung (Februar 2000) hat Folgendes ergeben: Anhand der Interessenverteilung zeigt sich, dass unerwarteterweise das Interesse immer noch relativ ungleichmäßig verteilt ist. Auch die Kontrollverteilung zeigt auf, dass die Bestrebungen, Kontrolle über andere Sachgebiete zu erhalten, relativ gering ausgeprägt und ungleichmäßig sind. Die Akteursverflechtung lässt erkennen, dass man diese Forschergruppe derzeit in zwei Gruppen differenzieren kann – hier hat offenbar eine thematische Annäherung stattgefunden. An der „Macht der Akteure“ können wir sehen, dass nach wie vor ein relativ hohes Machtgefälle besteht, die „internen Positionen“ dabei aber gewechselt wurden. Anhand der Kontrollverflechtung wird deutlich, dass die Orientierung am eigenen Fach erwartungsgemäß überwiegt. Gleichzeitig ist eine Dreier-Gruppierung erkenntlich, an der auffällt, dass eine Gruppe sich aus Themen zusammen setzt, die im Rahmen des Kollegs integrativen Charakter haben. Die „Marktpreise“ zeigen, dass die Nachfrage nach einzelnen Ereignissen ziemlich dicht beieinander liegt. Die Endkontrollverteilung zeigt einen weiterhin unspezifischen Tauschbedarf hin, wobei zusätzlich der Tauschumfang gegenüber dem ersten Zeitpunkt geringer geworden ist. Dies erstaunt nicht vor dem Hintergrund, dass die disziplinären Orientierungen überwiegen.

Übersichtshalber sind die Ergebnisse in der nachfolgenden Tabelle 13-2 noch einmal zusammengefasst:

Tabelle 13-2: Ergebnisse – Forschergruppen im Vergleich

Ergebnisse – Forschergruppen im Vergleich							
(Quelle: Daschkeit u. Streitz 2000, eigene Erhebung)							
SG = Sachgebiet, SW = Sozialwissenschaften; NW = Naturwissenschaften; Klammerzusätze: Erhebungszeitpunkt							
	Fallstudie Sylt (März 1999)	Fallstudie Sylt (Oktober 1999)	Fallstudie Sylt (Februar 2000)	Fallstudie We- serästuar (Juni 1999)	Verbund- Projekt Salzwie- sen/ Dünen (Juni 1999)	Graduierten- kolleg (Juli 1999)	Graduierten- kolleg (Februar 2000)
Interessen- Verteilung	- erwartungsgemäß unterschiedlich - erstaunlich: „Null-Interesse“ - ein isoliertes Vorhaben	- nach wie vor unterschiedlich - kein isoliertes Vorhaben mehr	- keine Änderung in der Verteilung	- Interesse relativ gleichmäßig verteilt	- homogenes Interesse erwartet, zeigt sich nicht so deutlich	- ungleichmäßig (noch) - Null-Interessen	- weiterhin Null-Interessen - unerwartet immer noch relativ ungleichmäßig
Kontroll- Verteilung	- manche SG isoliert	- verstärkt auf „eigene“ Disziplin	- SW üben weniger Kontrolle aus als NW	- gleichmäßige Verteilung	- kein isoliertes Sachgebiet - kein SG „entzieht“ sich Kontrolle durch andere Akteure	- noch ungleichmäßig - keine isolierten Themen	- immer noch ungleichmäßig - Kontrollversuche noch nicht groß
Akteur- Verflechtung	- drei Gruppen	- Dreier-Gruppierung nicht mehr erkennbar	- Dreier-Gruppierung - variable „Vermittler“, abhängig vom Interesse an Integration	- gleichmäßige Verflechtung	- Zweier-Gruppierung, die in sich wiederum in einen einflussreichen und einen weniger einflussreichen Teil differenzieren	- drei Gruppen	- zwei Gruppen

Macht der Akteure	- hohes Machtgefälle, große Unterschiede zwischen den Akteuren im Hinblick auf ihren Einfluss	- sehr geringes Machtgefälle, sehr viel weniger Einflussunterschiede zwischen den Akteuren	- relativ hohes Machtgefälle, Verbindung durch mittlere Positionen	- geringes Machtgefälle, jedoch durchaus Einflussunterschiede zwischen den Akteuren	- mittleres Machtgefälle, große Einflussunterschiede zwischen den Akteuren	- sehr hohes Machtgefälle, höchst unterschiedlich einflussreiche Akteure	- immer noch rel. hohes Machtgefälle, dabei interne Positionen gewechselt
Kontroll-Verflechtung	- drei thematische Positionen	- intensivere Verbindung der Sachgebiete - „Selbstkontrolle“ relativ höher	- drei thematische Positionen - „Selbstkontrolle“ gesunken	- Differenzierung in nw & sw Teile zu erkennen	- Diagonale: Einschätzung der Möglichkeit der Mitbeeinflussung der anderen SG relativ hoch	- noch diffus (Suchphase)	- überwiegende Orientierung am eigenen Fach - Dreier-Gruppierung, eine davon mit integrativem Charakter
„Marktpreise“	- zwei sw Disziplinen als Bindeglied zwischen NW und SW	- Verteilung kaum geändert - SW etwas mehr im Vordergrund	- Integration an Bedeutung gewonnen - Interesse an Integration größer geworden	- inhaltlicher Schwerpunkt relativ inhomogen	- relative Gleichwertigkeit der SG - insgesamt geringer Tauschumfang	- gering, unspezifisch	- geringe Unterschiede
„Endkontrollverteilung“	- kohäsive Gruppe - hohe interne Dynamik	- weiterhin hohe interne Dynamik - Verlagerung der Kontrollversuche auf andere Gebiete	- Tauschumfang geringer als 10/99 - Kontrollversuche wiederum auf andere Gebiete verschoben	- hohe interne Dynamik - etwas weniger kohäsiv	- geringe interne Dynamik (geringe Notwendigkeit, Kontrolle über SG zu gewinnen) - kein Interesse an bestimmten SG - Tauschbedarf „unspezifisch“	- „Tauschbedarf“ unspezifisch	- Tauschbedarf weiterhin unspezifisch - Tauschumfang geringer

13.4.2 Interpretation der Ergebnisse

Die Methode der Netzwerkmodellierung wurde u.a. erprobt, um die vermuteten Unterschiede in den verschiedenen Verbundprojekten aufzuzeigen (Kapitel 13.3.1). Wir konnten zeigen, dass sowohl im Hinblick auf den Tauschumfang als auch im Hinblick auf die Verteilung von Interessen und Kontrolle Unterschiede nachweisbar sind. Für die Fallstudie Sylt lässt sich zeigen, dass die interne Dynamik, also der Bedarf nach Austausch von Ereignissen (Wissensbeständen) relativ hoch ist. Diese interne Dynamik bzw. die wechselseitigen Bezüge waren in der Fallstudie Sylt auch beabsichtigt. Die aufgezeigte gruppeninterne Differenzierung zeigt, dass diese wechselseitigen Bezüge durchaus noch hätten optimiert werden können. Für die Fallstudie Weserästuar wurde gezeigt, dass insgesamt etwas mehr „Ausgeglichenheit“ besteht: Sowohl wechselseitiges Interesse sowie die Kontrolle auf die Weiterentwicklung bestimmter Sachgebiete als auch die interne Dynamik lassen erkennen, dass das Konzept der Fallstudie homogen zu sein scheint. Deswegen verwundert es, dass auch hier eine Differenzierung in die Blöcke Natur- und Sozialwissenschaften zu beobachten ist. Ebenso erstaunlich ist es, dass der thematisch im Vordergrund stehende Block als nicht sehr homogen zu kennzeichnen ist. Ebenso wie bei der Fallstudie Sylt vermuten wir hier, dass die wechselseitigen Bezüge bzw. die interne Abstimmung der einzelnen Arbeiten optimierungsfähig sind. Für beide Fallstudien zeigt sich also, dass Koordination sowohl in der Planungs- als auch in der Durchführungsphase der Forschungsarbeiten zwingende Voraussetzung für die fachübergreifende Kommunikation und Kooperation. Dies allein ist allerdings nicht hinreichend für die erfolgreiche Durchführung interdisziplinärer Forschung. Die gegenseitige Abstimmung und Bezugnahme der einzelnen Arbeitsbereiche muss im Vorfeld solch umfassender Forschungsverbände noch eindeutiger definiert sein.

Diese Einschätzung lässt sich anhand der Ergebnisse über das Verbundprojekt Salzwiesen/Dünen bestätigen. Die disziplinspezifische Ausrichtung ist enger als bei den o.g. Fallstudien, und die Orientierung an einem integrativen Konzept ist nicht vorgesehen. Gemessen hieran bedarf es auch keiner intensiven Abstimmung und wechselseitigen Bezugnahme (geringer Tauschumfang), die interdisziplinäre Kommunikation bzw. Kooperation lässt sich hier fast als „inner“disziplinär beschreiben, so dass auch kaum Missverständnisse zu erwarten sind.

Die Heterogenität bezüglich des Graduiertenkollegs lässt sich auf den Zeitpunkt der Befragung zurückführen: In der Initialphase einer Forschergruppe wäre es erstaunlich, wenn die interne Dynamik hoch und die wechselseitigen Bezüge bereits eindeutig wären.

Insgesamt zeigt sich, dass sich mit Hilfe der Methode der Netzwerkmodellierung die Unterschiede in den einzelnen Forschergruppen identifizieren und im Zeitverlauf verfolgen lassen. Das heißt nicht, dass hiermit die komplette Dynamik und alle Randbedingungen der Forschergruppen erfasst werden könnten; aber einige wesentliche Facetten lassen sich mit diesem methodischen Vorgehen relativ schnell erfassen.

13.5 Ausblick

Die Methodenerprobung hat bereits bei einer Analyse von vier Forschergruppen zeigen können, dass hier ein nützliches Instrument zur Begleitung von interdisziplinären Forschergruppen zur Verfügung steht. Man kann es von Beginn der Forschungsarbeiten einsetzen und müsste thematisch je nach Fortgang des Projektes feiner differenzieren und kann so relativ schnell die Entwicklung der jeweiligen

Gruppe analysieren. Schon diese Auswertungen haben immer wieder überrascht und keineswegs stets das bestätigt, was man auch auf andere Art und Weise glaubte „sehen“ zu können. Man muss allerdings eine solche Begleituntersuchung immer koppeln mit der Möglichkeit, auch den inhaltlichen Fortgang solcher interdisziplinären Forschergruppen zu beobachten (zu „erfassen“). Das heißt, die Begleitforschung interdisziplinärer Forschungsprojekte sollte sich im Wesentlichen aus zwei Elementen zusammensetzen:

- Analyse institutioneller und struktureller (= Gruppenebene, interpersonale Kommunikation und Kooperation) Bedingungen – hierfür wurde eine Methode vorgeschlagen.
- Analyse der inhaltlichen Ebene (des Erkenntnisfortschrittes).

13.6 Literatur

Balsiger, Ph.W. (1999): Einige Überlegungen zur Begutachtung disziplinübergreifender Forschungsprojekte.- Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Wissenschafts- und Technikforschung, 10.-12.12.1999 in Hamburg (<http://www.gwtf.de>)

Balsiger, Ph. W. (1999a): Disziplingeschichtsschreibung und Interdisziplinarität.- In: Peckhaus, V. u. Thiel, Chr. (Hrsg.): Disziplinen im Kontext. Perspektiven der Disziplingeschichtsschreibung- München, S. 223-242

Balsiger, Ph.W.; Defila, R. u. Di Giulio, A. (Hrsg.) (1996): Ökologie und Interdisziplinarität – eine Beziehung mit Zukunft? Wissenschaftsforschung zur Verbesserung der fachübergreifenden Zusammenarbeit.- Basel (u.a.)

Barnes, J.A. (1969): Networks and Political Process.- In: Mitchel, J.C. (Ed.), pp 51-76

Bechmann, G. (1999): Neue Wissenschaft? – Einige einführende Bemerkungen und Kommentare zum Thema „Problemorientierte Forschung“.- In: TA-Datenbank-Nachrichten 8 (3-4), S. 3-12

Bourdieu, P. (1983): Ökonomisches Kapital, kulturelles Kapital, soziales Kapital.- In: Kreckel, R. (Hrsg.): Soziale Ungleichheiten.- Göttingen, S. 183-198

Burt, R.S. (1987): Social Contagion and Innovation: Cohesion versus structural equivalence.- In: American Journal of Sociology 92, pp 1287-1335

Clausen, L. (1973): Netzwerk / Netzwerk, soziales.- In: Fuchs-Henritz, W.; Lautmann, R.; Rammstedt, O. u. Wienhold, H. (Hrsg.): Lexikon zur Soziologie.- Opladen, 3. Auflage (1995), S. 436

Coleman, J.S. (1973): The Mathematics of Collective Action.- Chicago

Coleman, J.S. (1991): Grundlagen der Sozialtheorie. Bd. 1.- München

Cooley, C.H. (1909 / 1924): Social Organization. A Study of the Larger Mind.- New York.

Dahrendorf, R. (1957): Soziale Klassen und Klassenkonflikt in der industriellen Gesellschaft.- Stuttgart

Daschkeit, A. u. Streit, W. (2000): Klima – Küste – Gesellschaft. Erfahrungen interdisziplinärer Forschung am Beispiel der „Fallstudie Sylt“.- Erlangen (Vortrag auf dem Workshop „Nachhaltige Entwicklung und Transdisziplinarität – Forschungsmethodische Erfahrungen, Modelle und institutionelle Erfordernisse“, 19.-21. Januar 2000 Erlangen; Manuskript)

Durkheim, E. (1977): Über die Teilung der sozialen Arbeit.- Frankfurt a.M.

Emerson, R.M. (1962): Power-Dependence Relations.- In: American Sociological Review 27, pp 31-40

- Felt, U.; Nowotny, H. u. Taschwer, K. (1995): *Wissenschaftsforschung: eine Einführung*.- Frankfurt am Main, New York
- Festinger, L. (1950): *Informal Social Communication*.- In: *Psychological Review* 57, pp 271-282
- Festinger, L. (1954): *A Theory of Social Comparison Process*.- In: *Human Relations* 7, pp 117-140
- Frederichs, G. (1999): *Der Wandel der Wissenschaft*.- In: *TA-Datenbank-Nachrichten* 8 (3-4), S. 16-25
- French, J.R.P. u. Snyder, R. (1959): *Leadership and Interpersonal Power*.- In: Cartwright, D. (Ed.): *Studies of Social Power*.- Ann Arbor, pp 118-149
- Gibbons, M.; Limoges, C.; Nowotny, H.; Schwartzmann, S.; Scott, P. u. Trow, M. (1994): *The New Production of Knowledge – The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*.- London
- Granovetter, M.S. (1973): *The strength of weak ties*.- In: *American Journal of Sociology* 78, pp 1360-1380
- Granovetter, M.S. (1982): *The Strength of Weak Ties: A Network Theory Revisited*.- In: Marsden, P.M. u. Lin, N. (Eds.): *Social Structure and Network Analysis*.- Beverly Hills, pp 105-130
- Häberli, R. u. Grossenbacher-Mansuy, W. (1998): *Transdisziplinarität zwischen Förderung und Überforderung. Erkenntnisse aus dem SPP Umwelt*.- In: *GAIA* 7 (3), S. 196-213
- Harary, F. u. Norman, R.Z. (1953): *Graph Theory as a Mathematical Model in Social Science*. Ann Arbor, Michigan
- Harary, F., Norman, R.Z. u. Cartwright, D. (1965): *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs*.- New York
- Hartmann, Y.E. (1998): *Controlling interdisziplinärer Forschungsprojekte. Theoretische Grundlagen und Gestaltungsempfehlungen auf der Basis einer empirischen Erhebung*.- Stuttgart
- Hornbostel, S. (1997): *Wissenschaftsindikatoren. Bewertungen in der Wissenschaft*.- Opladen
- Jaeger, J. u. Scheringer, M. (1998): *Transdisziplinarität: Problemorientierung ohne Methodenzwang*.- In: *GAIA* 7 (1), S. 10-25
- Jaeger, J. u. Scheringer, M. (1999): *Wofür steht Transdisziplinarität?- Kritische Anmerkungen zur „Managementperspektive“*.- In: *GAIA* 8 (1), S. 5-7
- Kapferer, B. (1969): *Norms and the Manipulation of Relationships in a Work context*.- In: Mitchel, J.C. (Ed.), pp 181-244
- Kappelhoff, P. (1992): *Strukturmodelle von Position und Rolle*.- In: Andreß, J.; Huinink, J.; Meinken, H.; Rumianek, D.; Sodeur, W. u. Sturm, G. (Hrsg.): *Theorie, Daten, Methoden. Neue Modelle und Verfahrensweisen in den Sozialwissenschaften*.- München, S. 243-268
- Kappelhoff, P. (1993): *Soziale Tauschsysteme*.- München
- Laudel, G. (1999): *Interdisziplinäre Forschungskooperation. Erfolgsbedingungen der Institution „Sonderforschungsbereich“*.- Berlin
- Laudel, G. u. Gläßer, J. (1999): *Konzepte und empirische Befunde zur Interdisziplinarität: Über einige Möglichkeiten für die Wissenschaftssoziologie, an Arbeiten von Heinrich Parthey anzuschließen*.- In: Umstätter u. Wessel (Hrsg.), S. 19-36
- Loibl, C. (2000): *Management transdisziplinärer Umweltforschung auf Programm- und Projektebene. Erfahrungen aus Österreich im internationalen Vergleich*.- Erlangen (Vortrag auf dem Workshop „Nachhaltige

Entwicklung und Transdisziplinarität – Forschungsmethodische Erfahrungen, Modelle und institutionelle Erfordernisse“, 19.-21. Januar 2000 Erlangen)

Marsden, P.V. u. Laumann, E.O. (1977): Collective Action in a Community Elite: Exchange, Influence Resources and Issue Resolution.- In: Liebert, R.J. u. Imersheim, A.W. (Eds.): Power, Paradigms and Community Research.- Beverly Hills, pp 199-250

Mitchel, J.C. (Ed.) (1969): Social Networks in Urban Situations.- Manchester

Mitchel, J.C. (1969): The Concept and Use of Social Networks.- In: Mitchel, J.C. (Ed.), pp 1-50

Moreno, J.L. (1934): Who shall survive? A New Approach to the Problem of Human Interrelations.- Washington D.C. (deutsch: Die Grundlagen der Soziometrie. Köln, Opladen, 1954, 1967²)

Nowotny, H. (1998): Es ist so. Es könnte auch anders sein.- Frankfurt am Main

Nowotny, H. (1999): The Need for Socially Robust Knowledge.- In: TA-Datenbank-Nachrichten 8 (3-4), pp 12-16

Olson, M. (1965): The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups.- Harvard

Pappi, F.U. (1987): Die Netzwerkanalyse aus soziologischer Perspektive.- In: Pappi, F.U. (Hrsg.): Methoden der Netzwerkanalyse.- München, S. 6-38

Parsons, T. (1951): The Social System.- Glencoe

Petscheld-Held, G. (2000): Transdisziplinäre Analyse und Modellierung globaler Nicht-Nachhaltigkeit. Zum Stand der Syndrom-Forschung.- Erlangen (Vortrag auf dem Workshop „Nachhaltige Entwicklung und Transdisziplinarität – Forschungsmethodische Erfahrungen, Modelle und institutionelle Erfordernisse“, 19.-21. Januar 2000 Erlangen)

Pohl, Chr. (1999): Die Auseinandersetzung zwischen den vielfältigen transdisziplinären Forschungsansätzen ist gefragt!- In: GAIA 8 (3), S. 228-230

Radcliffe-Brown, A.R. (1940): On Social Structure.- In: Journal of the Royal Anthropological Society of Great Britain and Ireland, Vol. 70 (1940), pp 1-12; wieder abgedruckt in: Leinhard, S. (Ed.) (1977): Social Networks.- New York, pp 221-232

Reusswig, F. (1999): Der Syndrom-Ansatz als Beispiel problemorientierter Forschung.- In: TA-Datenbank-Nachrichten 8 (3-4), S. 39-48

Roux, M. (1997): Gemeinsames Forschen von Praxis und Wissenschaft für eine nachhaltige Entwicklung.- In: GAIA 6 (2), S. 153-156

Schellnhuber, H.-J. (1999): „Earth Systems Analysis“ and the second Copernican revolution.- In: Nature 402 (supp.), pp C19-C23

Schellnhuber, H.-J. (2000): Syndrome & Co.: Semiquantitative Ansätze in der Global Change Forschung.- Bonn (Vortrag auf der Tagung „Transsektorale Forschung zum Globalen Wandel“, 27.-28. Januar 2000, Bonn)

Schellnhuber, H.-J. (2000a): Amerikanisches Roulette.- In: Podak, K. (Hrsg.): Die Gegenwart der Zukunft.- Berlin, S. 15-22

Schenk, M. (1984): Soziale Netzwerke und Kommunikation.- Tübingen

Scheuermann, M. (1999): Kooperation durch Koordination. Wissenschaftsmanagement in der sozialwissenschaftlichen Umweltforschung.- Regensburg (Theorie und Forschung, Band 625; Psychologie, Band 196)

Scott, J. (1991): Social Network Analysis. A Handbook.- London

Umstätter, W. u. Wessel, K.-F. (Hrsg.) (1999): Interdisziplinarität – Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Festschrift zum 60. Geburtstag von Heinrich Parthey.- Bielefeld (Berliner Studien zur Wissenschaftsphilosophie und Humanontogenetik, Band 15)

Wächter, M. (1999): Koordination inter- und transdisziplinärer Forschungsprojekte – Dienstleistung oder Wissenschaft?- In: GAIA 8 (3), S. 165-167

Weingart, P. (1997): From „Finalization“ to „Mode 2“: old wine in new bottles?- In: Social Science Information 36 (4), pp 591-613

Weingart, P. (1999): Neue Formen der Wissensproduktion: Fakt, Fiktion und Mode.- In: TA-Datenbank-Nachrichten 8 (3-4), S. 48-57

Anschrift der Autoren:

Achim Daschkeit
Geographisches Institut der Universität Kiel
Ludewig-Meyn-Str. 14
24118 Kiel
<http://www.uni-kiel.de:8080/Geographie>

Willi Streit
Katastrophenforschungsstelle der CAU Kiel
Olshausenstr. 40
D-24098 Kiel
<http://www.soziologie.uni-kiel.de/~kfs/>