

## **Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften**

Reihenherausgeber:

A. Daschkeit, Kiel

O. Fränzele, Kiel

V. Linneweber, Magdeburg

J. Richter, Braunschweig

S. Schaltegger, Lüneburg

R.W. Scholz, Zürich

W. Schröder, Vechta

Bastian Schuchardt  
Michael Schirmer  
(Herausgeber)

# **Klimawandel und Küste**

**Die Zukunft der Unterweserregion**

Mit 81 Abbildungen, davon 22 in Farbe

 Springer

**Dr. Bastian Schuchardt**

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR  
Reeder-Bischoff-Str. 54, 28757 Bremen  
schuchardt@bioconsult.de

**Dr. Michael Schirmer**

Universität Bremen, Fachbereich 02 Biologie/Chemie,  
Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie (IFOE)  
Leobener Straße, 28359 Bremen  
schi@uni-bremen.de

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN 3-540-43310-4 **Springer Berlin Heidelberg New York**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

**Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media**

springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: Erich Kirchner

Herstellung: Luisa Tonarelli

Satz: Druckreife Vorlage von Sylke Bischoff

Druck: Mercedes Druck, Berlin

Buchbinderei: Stein + Lehmann, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem Papier 30/3141/LT – 5 4 3 2 1 0

## Vorwort

Es mehren sich die Zeichen für einen Wandel des globalen Klimas. Nahezu wöchentlich werden neue Extrem- oder Rekordwerte gemeldet, und in den über mehrere Dekaden integrierenden Betrachtungen der Meteorologen treten zunehmend deutliche, z.T. bereits signifikante Trends auf. Der Wichtigste ist wohl der Anstieg der globalen Mitteltemperatur um  $0,6^{\circ}\text{C}$  in den vergangenen 100 Jahren, wobei etwa  $0,4^{\circ}\text{C}$  allein auf die letzten 30 Jahre entfallen. Die meisten der beobachteten aktuellen Trends entsprechen den Prognosen der globalen gekoppelten Ozean-Atmosphärenmodelle, die für die Zukunft eine Fortsetzung und Verstärkung dieser Entwicklungen vorhersagen. Gestützt werden diese Einschätzungen durch eine Vielzahl von Beobachtungen biologischer Phänomene, bei uns unter anderem die Ausbreitung Wärme liebender Pflanzen- und Tierarten oder die Verkürzung des phänologischen Winters um vier Wochen.

In Reaktion auf derartige Beobachtungen hat es, wie nie zuvor in der Menschheitsgeschichte, weltweite Anstrengungen der verschiedensten Wissenschaften gegeben, diese die Zukunft der Menschheit tiefgreifend beeinflussende Entwicklung aufzuklären. Die im Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC; 1988 von der Welt-Meteorologie-Organisation WMO und dem Umwelt-Programm der Vereinten Nationen (UNEP) gegründet) kooperierenden Forscher haben dabei bereits gewaltige Fortschritte erzielt, doch es bleiben noch erhebliche wissenschaftliche Lücken zu füllen, was angesichts der immensen Komplexität des globalen Klimasystems nicht anders zu erwarten ist.

Für mittlerweile sicher hält es das IPCC auch, dass der prognostizierte globale Klimawandel zu einem wesentlichen Teil anthropogen ist, dass also der Mensch in globalem Maßstab das Klima beeinflusst. Wie stark er das jedoch auch in Zukunft tun wird, ist vor allem von der weiteren, nicht prognostizierbaren technischen und sozialen Entwicklung der Menschheit abhängig, insbesondere bezüglich der weiteren Emissionen von Treibhausgasen und der Vernichtung  $\text{CO}_2$ -assimilierender Wälder. Diese in den globalen Wandel eingebettete Verknüpfung zwischen menschlichem Handeln und Reaktionen der natürlichen Systeme machen die Klimavorsorge und den Klimaschutz zu Aufgaben bisher unbekannter Dimensionen.

Die für die meisten Küsten der Welt höchst wichtige Lage des Meeresspiegels ist, wenn auch mit Verzögerungen, unmittelbar abhängig vom herrschenden Klima. Seine postglazialen Schwankungen haben auch die Küsten der Nordsee nachhaltig verändert und die dort lebenden Menschen seit mehr als 2000 Jahren bedroht und zu erstaunlichen sozialen und technischen Leistungen getrieben. Der aktuelle, mit nie erlebter Schnelligkeit und Intensität einsetzende Klimawandel birgt jedoch mittelfristig für die mittlerweile dicht besiedelte und intensiv genutzte deutsche Nordseeküste und ihre Inseln verstärkte und auch neue Gefährdungen. Dabei bilden die bereits absehbare Veränderung der Klimaparameter und die Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs einen Bedrohungskomplex, der den Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum Küste zwar schon heute prägt, ihn jedoch in der Zukunft mit zunehmender Intensität treffen und die bisherigen Schutz- und An-

passungsmaßnahmen in Frage stellen wird. Hieraus entsteht eine ernsthafte Herausforderung an alle, die sich, in welcher Weise auch immer, für die Zukunft der Küste mit verantwortlich fühlen: es gilt, mögliche Wirkungen und Folgen des mit großen Unsicherheiten behafteten Klimawandels für eine Gesellschaft abzuschätzen, die sich auch ihrerseits in den kommenden Jahrzehnten unweigerlich weiter entwickeln und eine andere sein wird als heute.

Wir haben uns der beschriebenen Aufgaben angenommen und stellen in diesem Buch die möglichen oder wahrscheinlichen Folgen des Klimawandels für den Küstenraum dar. Unser Ziel war, die vielfältigen Aspekte und Erkenntnisse über den Klimawandel und seine Folgen in Form einer „Fallstudie“ beispielhaft auf eine Region zu fokussieren und deren Interaktionen und Wirkungsketten auf einem angemessenen Komplexitätsniveau zu analysieren. Wir haben dabei vor allem auf solche Aufgabenfelder geachtet, in denen lange Planungs- und Realisierungszeiträume üblich sind, wie z.B. im Küstenschutz, der Landesplanung, der Wasserwirtschaft oder bei der Gewerbe- und Industrieansiedlung. Dafür bot sich als Referenzgebiet das Weserästuar an, durch welches der Einfluss des Meeres über 70 Kilometer weit ins Land hineingetragen wird und damit auf eine vom Menschen intensiv gestaltete und genutzte Landschaft einschließlich der Städte Bremen, Brake, Nordenham und Bremerhaven trifft. Entsprechend der Komplexität der Klimawirkungen auf Natur und Gesellschaft haben wir in einem interdisziplinären Verbund gearbeitet, was ebenfalls als Herausforderung verstanden werden darf. Wir glauben, auch diesbezüglich einen Schritt vorangekommen zu sein.

In der Rückschau ergibt sich ein Bild der Bedrohungslage für die Küste, welches naturgemäß viele Facetten hat. Wesentlich erscheint uns, dass es sehr wohl Bereiche gibt, in denen kein Anlass zu übereiltem Handeln ersichtlich ist, andererseits jedoch auch solche, in denen wegen der langen Vorlaufzeiten in absehbarer Zeit die Entwicklung und Vorbereitung von Anpassungsmaßnahmen geboten scheint. Dies gilt vor allem für den Küstenschutz, der unter der Einwirkung eines gedachten kräftigen Klimawandels erhebliche Risikosteigerungen bewältigen müsste. Die von uns erarbeiteten 3 prinzipiell unterschiedlichen Anpassungsoptionen des Küstenschutzes zeigen, dass die Spannweite der technischen Möglichkeiten wie auch der Kosten, Effekte und Wirkungen sehr groß ist. Dem für die erforderlichen Entscheidungen notwendigen gesellschaftlichen Diskurs möchten wir mit diesem Buch Daten, Anregungen und Argumente liefern und damit die Einbettung des Küstenschutzes in ein zukunftsfähiges integriertes Küstenzonenmanagement fördern.

Das vorliegende Buch - wie auch die in dieser Reihe erschienene Arbeit über die Insel Sylt - zeigt, dass es sehr wohl möglich ist, trotz der Unsicherheiten über den Fortgang des Klimawandels planungs- und handlungsfähig zu bleiben, und es liefert Grundlagen für den Beginn der Vorbereitung auf die Folgen des beschleunigten Klimawandels.

Bremen, Juni 2004  
Bastian Schuchardt & Michael Schirmer

# Inhaltsübersicht

<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>1 Die Fallstudie “Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU): Konzept, Struktur und interdisziplinärer Forschungsprozess</b>	<b>3</b>
<b>2 Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum: eine Bestandsaufnahme</b>	<b>23</b>
<b>3 Das Klimaszenario der Fallstudie „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU)</b>	<b>49</b>
<b>Unmittelbare Wirkungen eines Klimawandels auf Raum und Gesellschaft (primäre Klimawirkungen)</b>	<b>57</b>
<b>4 Die Auswirkungen eines Klimawandels auf Hydrografie und Gewässergüte der Unterweser</b>	<b>59</b>
<b>5 Die wasserwirtschaftliche Situation in der Unterwesermarsch unter der Einwirkung einer Klimaänderung</b>	<b>79</b>
<b>6 Folgen einer Klimaänderung für den Grund- und Bodenwasserhaushalt der Unterwesermarsch</b>	<b>103</b>
<b>7 Die Auswirkungen einer Klimaänderung auf das Küstenschutzsystem an der Unterweser</b>	<b>139</b>
<b>Tafelteil</b>	<b>149</b>
<b>8 Ökologische Folgen eines Klimawandels für die Unterweser und ihre Marsch</b>	<b>167</b>

<b>9 Sozialräumliche Wirkungen eines Klimawandels im Unterwesergebiet - eine qualitative Analyse</b>	<b>189</b>
<b>10 Regionale ökonomische Folgen eines Klimawandels: Vermögensschäden und Wertschöpfungsverluste in den klimasensitiven Sektoren</b>	<b>209</b>
<b>11 Integrative Analyse und Bewertung der Auswirkungen eines Klimawandels auf die Unterweserregion</b>	<b>223</b>
<b>Klimawirkungen in einer veränderten Welt (sekundäre Klimawirkungen)</b>	<b>241</b>
<b>12 Vergleichende Abschätzung von Effektivität und Nebenwirkungen verschiedener Reaktionsvarianten des Küstenschutzes an der Unterweser gegenüber einer Klimaänderung</b>	<b>243</b>
<b>13 Zukunftsbilder: wie könnten zukünftige Veränderungen die Klimasensitivität der Unterweserregion beeinflussen?</b>	<b>255</b>
<b>14 Auswirkungen eines Klimawandels auf Einkommen und Beschäftigung in der Unterweserregion bei Annahme verschiedener wirtschaftlicher Langfristprognosen</b>	<b>267</b>
<b>15 Entwicklungsperspektiven des ländlichen Raums im Zeichen eines Klimawandels</b>	<b>281</b>
<b>Synthese und Fazit</b>	<b>297</b>
<b>16 Die Sensitivität der Unterweserregion gegenüber einer Klimaänderung: Synopse und Empfehlungen</b>	<b>299</b>
<b>Literatur</b>	<b>319</b>
<b>Verzeichnis der Beitragsautoren mit Anschriften</b>	<b>337</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil A: Einführung</b> .....	<b>1</b>
---------------------------------	----------

<b>1 Die Fallstudie „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU): Konzept, Struktur und interdisziplinärer Forschungsprozess</b> .....	<b>3</b>
--	----------

Bastian Schuchardt & Michael Schirmer .....	3
1.1 Einleitung .....	3
1.2 Hintergrund .....	3
1.3 Fragestellungen .....	4
1.4 Ansatz und Struktur .....	5
1.4.1 Ansatz .....	5
1.4.2 Untersuchungsgebiet .....	6
1.4.3 Horizontale Projektachse .....	7
1.4.4 Vertikale Projektachse .....	10
1.4.5 Zeitstruktur .....	13
1.5 Integrative Analyse .....	13
1.5.1 Relationsgeflecht Unterweser .....	15
1.5.2 Relationsgeflecht Küstenschutz .....	16
1.5.3 Relationsgeflecht Landwirtschaft .....	17
1.6 Integration und interdisziplinärer Forschungsprozess .....	18
1.7 Fazit .....	21

<b>2 Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum: eine Bestandsaufnahme</b> .....	<b>23</b>
--	-----------

Gerd König & Stefan Wittig .....	23
2.1 Einleitung .....	23
2.2 Das Relationsgeflecht Unterweser .....	24
2.2.1 Unterweser .....	25
2.2.2 Hydrografie .....	25
2.2.3 Gewässergüte .....	27
2.2.4 Biotoptypen der Unterweser .....	27
2.2.5 Biozönose der Unterweser .....	28
2.2.6 Biotoptypen im Vorland .....	29
2.2.7 Avifauna im Vorland .....	30
2.2.8 Schifffahrt und Hafenwirtschaft .....	31
2.2.9 Gewerbe/Handel .....	32
2.2.10 Fischerei .....	33
2.2.11 Tourismus und Erholung .....	33
2.2.12 Energieversorgung .....	34
2.2.13 Wasserver- und Wasserentsorgung .....	34
2.3 Relationsgeflecht Küstenschutz .....	36
2.3.1 Entwicklung des Küstenschutzes, Küstenschutzelemente .....	36
2.3.2 Risiko und Versagen von Küstenschutzelementen .....	37



2.3.3 Organisation und Finanzierung von Wasserwirtschaft und Küstenschutz.....	39
2.4 Relationsgeflecht Landwirtschaft.....	40
2.4.1 Grundwasserhaushalt.....	40
2.4.2 Bodenwasserhaushalt.....	41
2.4.3 Be- und Entwässerung.....	42
2.4.4 Böden.....	43
2.4.5 Biotoptypen des Binnenlandes.....	44
2.4.6 Nutzung.....	44
2.4.7 Agrarpolitische Situation.....	47
2.5 Fazit.....	48
<b>3 Das Klimaszenario der Fallstudie „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU).....</b>	<b>49</b>
Michael Schirmer.....	49
3.1 Einleitung.....	49
3.2 Klimafolgenforschung und ihre Grundlagen.....	49
3.3 KLIMU: Downscaling auf den deutschen Nordseeküstenraum.....	52
3.4 Das KLIMU-Klimaszenario.....	53
3.5 Fazit.....	56
<b>Teil B: Unmittelbare Wirkungen eines Klimawandels auf Raum und Gesellschaft (primäre Klimawirkungen).....</b>	<b>57</b>
<b>4 Die Auswirkungen eines Klimawandels auf Hydrografie und Gewässergüte der Unterweser.....</b>	<b>59</b>
Hans-Jürgen Grabemann, Iris Grabemann & Agmar Müller.....	59
4.1 Einleitung.....	59
4.2 Methodik und Datenbasis.....	61
4.2.1 Methodik.....	61
4.2.2 Datenbasis.....	62
4.3 Entwicklung in den letzten hundert Jahren.....	64
4.4 Ergebnisse und Diskussion.....	65
4.4.1 Wasserstand, Fortschreitung der Tidewelle, Strömung.....	65
4.4.2 Wasservolumina, Überflutungsflächen.....	67
4.4.3 Verweilzeiten, Position der Brackwasserzone.....	68
4.4.4 Temperatur.....	71
4.4.5 Sauerstoff- und Stickstoffgehalte.....	73
4.5 Fazit.....	77

<b>5 Die wasserwirtschaftliche Situation in der Unterwesermarsch unter der Einwirkung einer Klimaänderung .....</b>	<b>79</b>
Ulrich Maniak, Alexandra Weihrauch & Gerhard Riedel.....	79
5.1 Einleitung .....	79
5.2 Hydrologische Charakteristik der Wesermarsch .....	79
5.3 Methodik .....	80
5.3.1 Vorgehen bei der Modellierung .....	80
5.3.2 Modellannahmen .....	82
5.3.3 Randbedingungen für das Klimaszenario .....	83
5.4 Ergebnisse .....	85
5.4.1 Ermittlung bodenkundlicher Kennwerte, der aktuellen Evapotranspiration und der Grundwasserneubildung .....	85
5.4.2 Hydrologische Modellierung .....	86
5.4.3 Hydraulische Modellierung .....	90
5.5 Übertragung der Ergebnisse auf die rechte Weserseite .....	97
5.6 Fazit.....	100
<b>6 Folgen einer Klimaänderung für den Grund- und Bodenwasserhaushalt der Unterwesermarsch.....</b>	<b>103</b>
Bernhard Hoffmann, Magnus Meckelburg & Martin Meinken .....	103
6.1 Einleitung .....	103
6.2 Gebietscharakteristik .....	104
6.3 Methodik .....	107
6.3.1 Ansatz .....	107
6.3.2 Durchführung.....	108
6.4 Ausgangssituation (Status quo).....	114
6.4.1 Erfassung des Status quo .....	114
6.4.2 Großräumige Betrachtung.....	114
6.4.3 Lokale Betrachtung an Fokusstandorten .....	117
6.5 Klimafolgen.....	122
6.5.1 Großräumige Untersuchung des Grundwasserbereiches.....	122
6.5.2 Großräumige Untersuchung des Bodenbereiches .....	128
6.5.3 Lokale Untersuchungen des Bodenbereiches an Fokusstandorten.....	132
6.6 Fazit.....	136
<b>7 Die Auswirkungen einer Klimaänderung auf das Küstenschutzsystem an der Unterweser .....</b>	<b>139</b>
Claus Zimmermann, Nicole von Lieberman u. Stephan Mai.....	139
7.1 Einleitung .....	139
7.2 Methode zur Ermittlung der Sicherheit von Küstenschutzsystemen ...	140
7.3 Konsequenzen einer Klimaänderung für den Küstenschutz .....	144
7.4 Fazit.....	148
<b>Tafelteil.....</b>	<b>149</b>

<b>8 Ökologische Folgen eines Klimawandels für die Unterweser und ihre Marsch.....</b>	<b>167</b>
Dietmar Kraft, Susanne Osterkamp & Michael Schirmer.....	167
8.1 Einleitung und Gebietscharakteristik.....	167
8.2 Methoden.....	168
8.2.1 Biotypen.....	169
8.2.2 GIS.....	170
8.2.3 Analyseschritte.....	170
8.2.4 Klimaszenario .....	171
8.2.5 Modelle .....	172
8.3 Ergebnisse und Diskussion.....	173
8.3.1 Gebietsübergreifende Klimafolgen .....	173
8.3.2 Klimafolgen Binnenland.....	177
8.3.3 Klimafolgen Vorland .....	180
8.4 Fazit.....	187
<b>9 Sozialräumliche Wirkungen eines Klimawandels im Unterwesergebiet - eine qualitative Analyse .....</b>	<b>189</b>
Gerhard Bahrenberg & Gerd König.....	189
9.1 Einleitung: Fragestellung und Methodik .....	189
9.2 Landwirtschaft.....	193
9.2.1 Niederschlagsmenge und deren jahreszeitliche Verteilung.....	193
9.2.2 Temperaturerhöhung.....	196
9.2.3 Windgeschwindigkeit .....	196
9.2.4 Relative Bedeutung eines Klimawandels.....	196
9.3 Energiewirtschaft (Stromerzeugung).....	199
9.4 Verarbeitendes Gewerbe (Industrie).....	200
9.5 Hafenwirtschaft und Verkehr .....	201
9.6 Fremdenverkehr .....	203
9.7 Fazit.....	207
<b>10 Regionale ökonomische Folgen eines Klimawandels: Vermögensschäden und Wertschöpfungsverluste in den klimasensitiven Sektoren .....</b>	<b>209</b>
Thomas Knogge & Wolfram Elsner .....	209
10.1 Einleitung .....	209
10.2 Methodik .....	210
10.3 Ergebnisse .....	213
10.3 Ergebnisse .....	214
10.3.1 Fischerei.....	214
10.3.2 Elektrizitätsversorgung .....	214
10.3.3 Chemische Industrie.....	215
10.3.4 Gewinnung von Steinen und Erden .....	215
10.3.5 Metallherzeugung und -bearbeitung .....	215
10.3.6 Schiffbau .....	216
10.3.7 Holz-, Papier-, Druckgewerbe .....	216
10.3.8 Baugewerbe .....	216

10.3.9 Großhandel.....	217
10.3.10 Schifffahrt.....	217
10.3.11 Luftfahrt und Flugplätze .....	218
10.3.12 Kreditinstitute .....	218
10.3.13 Schaden- und Unfallversicherungen .....	218
10.3.14 Übersicht.....	219
10.4 Fazit.....	220
<b>11 Integrative Analyse und Bewertung der Auswirkungen eines Klimawandels auf die Unterweserregion.....</b>	<b>223</b>
Bastian Schuchardt & Michael Schirmer.....	223
11.1 Einleitung .....	223
11.2 Methodik .....	223
11.2.1 Analyse der primären Klimawirkungen .....	223
11.2.2 Relationsgeflechte.....	224
11.2.3 Bewertung der Klimafolgen.....	225
11.3 Ergebnisse .....	225
11.3.1 Primäre Wirkungen im Relationsgeflecht Unterweser.....	226
11.3.2 Primäre Wirkungen im Relationsgeflecht Küstenschutz.....	230
11.3.3 Primäre Wirkungen im Relationsgeflecht Landwirtschaft.....	232
11.3.4 Weitere primäre Wirkungen.....	237
11.4 Synoptische Bewertung der Wirkungen des Klimaszenarios .....	237
11.5 Fazit.....	240
<b>Teil C: Klimawirkungen in einer veränderten Welt (sekundäre Klimawirkungen).....</b>	<b>241</b>
<b>12 Vergleichende Abschätzung von Effektivität und Nebenwirkungen verschiedener Reaktionsvarianten des Küstenschutzes an der Unterweser gegenüber einer Klimaänderung.....</b>	<b>243</b>
Nicole v. Lieberman, Iris Grabemann, Agmar Müller & Susanne Osterkamp	243
12.1 Einleitung und Vorgehensweise .....	243
12.2 Ergebnisse .....	244
12.2.1 Anpassung auf vorhandener Linie .....	244
12.2.2 Anlage von Sturmflutentlastungspoldern.....	246
12.2.3 Errichtung eines Mündungssperwerks.....	252
12.3 Fazit.....	254
<b>13 Zukunftsbilder: wie könnten zukünftige Veränderungen die Klimasensitivität der Unterweserregion beeinflussen? .....</b>	<b>255</b>
Bastian Schuchardt, Iris Grabemann, Hans-Jürgen Grabemann, Dietmar Kraft, Martin Meinken, Susanne Osterkamp & Alexandra Weihrauch.....	255
13.1 Einleitung .....	255
13.2 Methodik .....	255
13.3 Zukunftsbilder Landnutzung .....	256
13.3.1 Herleitung und Definition .....	256

13.3.2 Konsequenzen .....	258
13.4 Zukunftsbilder Seeverkehr Unterweser .....	260
13.4.1 Herleitung und Definition .....	260
13.4.2 Konsequenzen .....	261
13.5 Fazit.....	265
<b>14 Auswirkungen eines Klimawandels bei Annahme verschiedener wirtschaftlicher Langfristprognosen auf Einkommen und Beschäftigung in der Region.....</b>	<b>267</b>
Wolfram Elsner, Thomas Knogge & Inhi Yu .....	267
14.1 Einleitung .....	267
14.2 Methodik .....	268
14.2.1 Ein regionales ökomometrisches Modell .....	268
14.2.2 Entwicklungspfade.....	270
14.3 Ergebnisse .....	275
14.4 Fazit.....	279
<b>15 Entwicklungsperspektiven des ländlichen Raums im Zeichen eines Klimawandels.....</b>	<b>281</b>
Gerhard Bahrenberg.....	281
15.1 Einleitung .....	281
15.2 Landwirtschaft.....	282
15.2.1 Milchquotenregelung .....	286
15.2.2 Nachfrage nach landwirtschaftlicher Nutzfläche .....	288
15.2.3 Meliorationswasserstände .....	289
15.3 Fremdenverkehr/Tourismus .....	290
15.4 Zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten: Verknüpfung von Landwirtschaft und Fremdenverkehr?.....	293
15.5 Fazit.....	296
<b>Teil D: Synthese und Fazit.....</b>	<b>297</b>
<b>16 Die Sensitivität der Unterweserregion gegenüber einer Klimaänderung: Synopse und Empfehlungen .....</b>	<b>299</b>
Michael Schirmer & Bastian Schuchardt .....	299
16.1 Einleitung .....	299
16.2 Klimaänderung und Klimaszenario .....	300
16.3 Primäre Klimawirkungen und Handlungsbedarf .....	303
16.4 Adaptationsmaßnahmen und -kapazität.....	304
16.4.1 Reaktionsoptionen des Küstenschutzes.....	304
16.4.2 Zukunftsbilder und andere langfristige Veränderungen in der Region.....	306
16.4.3 Adaptationskapazität.....	308
16.5 Einordnung der Ergebnisse: die Zukunft der Küste .....	308

16.6 Empfehlungen .....	312
16.6.1 Empfehlungen an Politik und Verwaltung .....	313
16.6.2 Empfehlungen an andere Akteure .....	315
16.6.3 Empfehlungen an die Forschung .....	317
16.7 Fazit .....	318
<b>Literatur .....</b>	<b>319</b>
<b>Verzeichnis der Beitragsautoren mit Anschriften: .....</b>	<b>337</b>

## Danksagung

Über die dreijährige Laufzeit des Verbundvorhabens wurde KLIMU von einer Vielzahl von Personen und Institutionen unterstützt und gefördert, bei denen wir uns hiermit herzlich bedanken möchten. Auch wenn wir nicht alle aufführen können, die uns mit Daten, Auskünften, Hinweisen oder als Interviewpartner geholfen haben, möchten wir den Folgenden unseren besonderen Dank aussprechen:

Das Projekt KLIMU wurde ermöglicht durch die Finanzierung im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms „Klimaänderung und Küste“ und ergänzend durch Mittel des Landes Bremen.

Auf Seiten des Projektträgers DLR waren insbesondere Herr Dr. G.-H. Klein und Frau Dr. A. Münzenberg immer ansprechbar und hilfsbereit.

Für Auskünfte, Unterstützung und Beratung möchten wir insbesondere den folgenden Personen danken:

Herrn Dr. U. Probst, SBUV Bremen;  
Herrn Dr. H. Bienhold und Herrn Dr. V. Saß, SBW Bremen;  
Herrn H. Wohlleben, SBUV Bremen;  
Herrn K.-H. Peters, NLWK Betriebsstelle Brake;  
Herrn K. Wöbken †, Bez.Reg. Oldenburg;  
Herrn W. Döscher, Bremischer Deichverband am rechten Weserufer;  
Herrn R. Suckau, Bremischer Deichverband am linken Weserufer;  
Herrn L. Cornelius, II. Oldenburgischer Deichband;  
Herrn H. Hahlbohm, Deichverbände Osterstader Marsch;  
Frau C. Privat, Gemeinsame Landesplanung Bremen/Niedersachsen;  
Herrn M. Rode, BUND Bremen und GNUU Unterweser;  
Herrn Dr. M. Fonger, Handelskammer Bremen;  
Herrn H. Rodiek, WSD Nordwest;  
Herrn V. Steege, WSA Bremerhaven;  
Herrn Prof. Dr. H. Sterr, Universität Kiel;  
Herrn Dr. A. Daschkeit, Universität Kiel;  
Herrn U. v. Barga, Bremenports;  
Herrn W. Jäger, Meyenburg  
und den vielen Technischen und Wissenschaftlichen MitarbeiterInnen und StudentInnen der Teilprojekte.

Ein besonderer Dank gebührt Sylke Bischoff, die mit größter Geduld und Konzentration aus Papieren ein Buch gemacht hat.

## **Teil A: Einführung**

- 1 Die Fallstudie „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU):  
Konzept, Struktur und interdisziplinärer Forschungsprozess .....3**  
Bastian Schuchardt & Michael Schirmer
- 2 Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum:  
eine Bestandsaufnahme .....23**  
Gerd König & Stefan Wittig
- 3 Das Klimaszenario der Fallstudie „Klimaänderung und Unterweser-  
region“ (KLIMU).....49**  
Michael Schirmer



# **1 Die Fallstudie „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU): Konzept, Struktur und interdisziplinärer Forschungsprozess**

Bastian Schuchardt & Michael Schirmer

## **1.1 Einleitung**

Um vorsorglich die möglichen Wirkungen eines Klimawandels wissenschaftlich erforschen zu lassen und darauf aufbauend, wenn erforderlich, mögliche langfristige gesellschaftliche Handlungsstrategien entwickeln zu können, hatten der Bund und die Küstenländer das Forschungsprogramm „Klimaänderung und Küste“ aufgelegt (FLP 1994). In diesem Zusammenhang stand das Forschungsvorhaben „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU).

Das Vorhaben hat querschnittsorientiert in Form einer „Fallstudie“ die Sensitivität der hydrologischen, ökologischen und sozioökonomischen Strukturen des „Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraumes“ Unterweserregion gegenüber einer möglichen Klimaänderung untersucht und auf dieser Grundlage verschiedene Handlungsoptionen entwickelt.

Es handelte sich also um ein explizit interdisziplinäres Projekt der problemorientierten Forschung, in dem auch Instrumente zur partiellen Überwindung disziplinärer Schranken sowohl zwischen den beiden großen Wissenschaftsbereichen Natur- und Sozialwissenschaften als auch innerhalb dieser Bereiche entwickelt werden mussten. Im Folgenden werden Intention, Ansatz und Struktur des Projektes sowie der interdisziplinäre Forschungsprozess rückblickend charakterisiert.

## **1.2 Hintergrund**

Das vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) und den norddeutschen Küstenländern aufgelegte Verbundvorhaben „Klimaänderung und Küste“ hatte zum Ziel, die möglichen Folgen des sich immer klarer abzeichnenden Klimawandels für den Küstenraum abzuschätzen (Schellnhuber u. Sterr 1993; Sterr u. Schmidt 1995). Der Forschungsleitplan (FLP 1994) strukturierte diese Klimafolgenforschung und hat den Forschungsbedarf sektoral (ozeanografisch-hydrografisch, küstenmorphologisch, ökologisch, soziologisch, ökonomisch) und querschnittsorientiert (Küstenmanagement, Fallstudien) strukturiert. Bezug nehmend auf die vom IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) und seinen Arbeitsgruppen aufbereiteten und fortgeschriebenen Ergebnisse der Klimaforschung (IPCC 1990, 1992, 1996a, 2000; Houghton 1994) muss mit der Gesamt-

heit der direkten und indirekten Einwirkungen geänderter klimatischer Bedingungen gerechnet werden. Das bedeutet primär Veränderungen der Temperatur der Atmosphäre und infolgedessen zunächst Änderungen der Lage des Meeresspiegels, von Gezeiten und Strömungen, Wind, Stürmen und Sturmfluten, Materialbewegung und Morphodynamik der Küstenlinie, Niederschlag, Verdunstung, Kontinentalabfluss, Salzgehalt etc., der Wirkung der abiotischen Parameter auf die marinen, ästuarinen und terrestrischen Biozöten und letztlich die Beeinflussung der menschlichen Lebensbedingungen und der sozioökonomischen Strukturen der Gesellschaft (s. u.a. Parry 2000).

Auch für den deutschen Küstenbereich war und ist deshalb der Bedarf nach belastbaren Grundlagen für mittel- und langfristige Überlegungen und Planungen zu den Konsequenzen einer Klimaänderung gegeben (Sterr u. Schmidt 1995).

### 1.3 Fragestellungen

Übergeordnetes Ziel des Vorhabens war es, als Grundlage für einen gesellschaftlichen Diskurs querschnittsorientiert die Sensitivität der hydrologischen, ökologischen und sozioökonomischen Strukturen des Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraumes Unterweserregion gegenüber einer möglichen Klimaänderung zu untersuchen und auf dieser Grundlage, soweit erforderlich, verschiedene Handlungsoptionen zu entwickeln.

Aus der Zielsetzung der Fallstudie sind bereits in der Antragsphase die folgenden zentralen und forschungsleitenden Fragestellungen abgeleitet worden, die während der dreijährigen Projektlaufzeit (1998–2001) bearbeitet worden sind:

- Welche Veränderungen von hydrologischen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Parametern sind als Folge eines beschleunigten Klimawandels zu erwarten, der sich durch die Veränderung des Meeresspiegels, der Temperatur, des Niederschlags, der Windverteilung und der Häufigkeit von Extremereignissen manifestiert?
- Welche Folgen hat ein beschleunigter Klimawandel für den Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum Weserästuar?
- Lassen sich besonders klimasensitive Eigenschaften des natürlichen und des sozioökonomischen Systems identifizieren?
- Wie werden ein beschleunigter Klimawandel und die resultierenden Umweltveränderungen von den individuellen und gesellschaftlichen Akteuren beurteilt und welche Konsequenzen für individuelles und kollektives Handeln sind zu erwarten?
- Welche gesellschaftlichen Konflikte sind im Zusammenhang mit einem beschleunigten Klimawandel zu erwarten?
- Welche Reaktionsvarianten des Küstenschutzes gibt es und welche Konsequenzen hätte ihre Realisierung für die Region?

- Wie könnte sich die Region in den nächsten 50 Jahren entwickeln und welche Konsequenzen hätten die verschiedenen denkbaren bzw. bereits diskutierten Entwicklungspfade bzgl. der Wirkungen eines beschleunigten Klimawandels?
- Welche Möglichkeiten eines gesellschaftlichen Umgangs mit den Folgen eines Klimawandels sind denkbar und welche Konsequenzen hätten sie?

## 1.4 Ansatz und Struktur

Um die genannten Ziele zu erreichen, sind zum einen die verschiedenen Teilsysteme des komplexen Wirkungsgefüges Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum Unterweserregion sektoral mit ihrer jeweiligen fachwissenschaftlichen Methodik durch verschiedene Teilprojekte (TP) bearbeitet worden (horizontale Projektstruktur); der interdisziplinäre Forschungsprozess ist dabei durch ein zielführendes Leitkonzept auf verschiedene Teilziele und das Gesamtziel hin orientiert worden (vertikale Projektstruktur). Zum anderen sind die disziplinären Teilergebnisse in mehreren Arbeitsschritten zusammengeführt und für die weitere Arbeit nutzbar gemacht worden.

### 1.4.1 Ansatz

Die komplexe Aufgabe des Vorhabens war nur durch die Beteiligung sowohl natur- als auch sozialwissenschaftlicher Disziplinen zu bearbeiten und erforderte damit zwingend einen explizit interdisziplinären Ansatz, der vor allem die Wechselwirkungen zwischen Naturraum und Gesellschaft abbilden musste. Dabei sind wir davon ausgegangen, dass menschliche Gesellschaften einen „Filtermechanismus“ zwischen sich und ihre Umwelt legen (Luhmann 1986) und weniger auf Umweltänderungen „als solche“ reagieren, als auf die (z.T. durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse vermittelten) durch soziale Kommunikation wahrgenommenen Umweltveränderungen (s. dazu auch Becker et al. 1998). Aus der Kommunikation von Problemen, die aus Umweltveränderungen resultieren, können sich, abhängig von ihrer „Relevanz“, über Technologien im weitesten Sinne (einschließlich „Sozialtechnologien“) vermittelte Handlungen ergeben, die ihrerseits die unbelebte und die belebte Umwelt verändern können. Die gesellschaftlichen Reaktionen sind deshalb aus der Art der ökologischen Veränderung nur begrenzt direkt ableitbar oder vorhersehbar (Becker et al. 1998). Diese Unbestimmtheit der Kopplung zwischen sozialem und ökologischem System, noch verstärkt durch den langen Zeithorizont der Studie, gilt es, in der Konzeption interdisziplinärer, problemorientierter Forschung explizit zu berücksichtigen, da sie die ohnehin begrenzte Prognostizierbarkeit zukünftiger Entwicklungen stark reduziert.

Dieser Aspekt wird im Rahmen der problemorientierten Forschung als „Umgang mit Unsicherheit“ in jüngerer Zeit zunehmend thematisiert (z.B. Bechmann u. Frederichs 1998) und ist besonders für die Klimafolgenforschung mit ihrer Zu-

nahme an Prognose-Unsicherheit über die Ebenen Klimaveränderung, Wirkungen auf Ökosysteme, Wirkungen auf die sozioökonomischen Systeme ein immanentes Problem (s. Pahl-Wostl 1995), das sich nur eingeschränkt durch einen „deterministischen“ Ansatz wie z.B. den bei Elzer u. Rotmans (1992) lösen lässt.

Die Fallstudie KLIMU hat deshalb auf verschiedenen Ebenen mit Szenarien gearbeitet. Die mögliche Veränderung des Klimas ist in einem Klimaszenario, abgeleitet aus den IPCC-Annahmen (s. Schirmer Kap. 3), abgebildet und für alle TP verbindlich vom TP „Integrative Analyse“ vorgegeben worden. Die zukünftig auch ohne Klimaänderung stattfindende Veränderung von Natur und Gesellschaft ist in verschiedenen möglich erscheinenden „Zukünften“ der Region formuliert worden. Dies ist vor dem Hintergrund ein wichtiger methodischer Schritt gewesen, dass die zukünftige Veränderung des Klimas ja nicht auf den derzeitigen naturräumlichen und gesellschaftlichen Zustand wirken wird, sondern auf einen (unbekannten) zukünftigen. Um uns diesem Aspekt inhaltlich und methodisch zu nähern, haben wir bestimmte Zukünfte als Szenarien formuliert und auf diese das Klimaszenario wirken lassen. Dieses Vorgehen sollte Hinweise darauf geben, ob bestimmte zukünftige Veränderungen zu einer Erhöhung oder einer Reduzierung der Klimasensitivität führen könnten. In diesem Rahmen sind verschiedene Zukünfte skizziert worden: zum einen sind in mehreren Zukunftsbildern Veränderungen an der Schnittstelle zwischen Natur und Gesellschaft formuliert worden (Vertiefung/Verflachung der Weser; Intensivierung/Extensivierung der Landwirtschaft) und von den verschiedenen Teilprojekten in ihren Konsequenzen analysiert worden (Schuchardt et al. Kap. 11); zum anderen sind verschiedene langfristige sozioökonomische Entwicklungspfade definiert, in ihren Konsequenzen für die ökonomische Situation modelliert und in ihren Konsequenzen v.a. für die Anpassungskapazität der Region betrachtet worden (Elsner et al. Kap. 14). Zusätzlich sind verschiedene mögliche Entwicklungen der Landwirtschaft in der Region skizziert und in ihren Wirkungen für die Klimasensitivität beurteilt worden (Bahrenberg Kap. 15).

### 1.4.2 Untersuchungsgebiet

Zentrales Untersuchungsgebiet oder Kerngebiet war das innere Weserästuar zwischen Bremen und Bremerhaven und seine Marsch (s. Abb. 2.1. im Tafelteil). Die einzelnen Teilprojekte mussten dabei für spezifische Fragestellungen z.T. auch angrenzende Gebiete bzw. ganze Einzugsgebiete hinzunehmen, um die das Systemverhalten steuernden Parameter beschreiben zu können. Eine allgemeine Beschreibung des KLIMU-Untersuchungsgebietes geben König u. Wittig (Kap. 2).

Was zeichnet den Naturraum Unterweserregion in seiner heutigen Funktion als Grundlage der hiesigen Gesellschaft im Besonderen aus (nach Schuchardt u. Schirmer 1999)?

- Die Nähe zur Küste, die geringen Geländehöhen (z.T. unter NN), Sturmfluten und deren Zusammentreffen mit hohen Oberwassern machen einen umfassenden

den Küstenschutz (s. v. Lieberman u. Mai 1999) und eine entsprechende soziale Organisation erforderlich (s. Bahrenberg et al. 1999);

- Die fruchtbaren Böden machten die Region zu einem bevorzugten Raum für die landwirtschaftliche Nutzung; dieser Standortvorteil verliert heute aufgrund der Strukturveränderungen der Landwirtschaft allerdings an Bedeutung (s. Bahrenberg et al. 1999). Insgesamt ist die Bedeutung der landwirtschaftlichen Nutzung bis heute regional jedoch noch relativ hoch (Jung 1995) und hat u.a. dazu beigetragen, dass der Anteil nicht überbauter Flächen im Umland von Bremen hoch ist (Elsner et al. 1995).
- Aufgrund der Geländehöhen und der Eindeichung sind für die landwirtschaftliche Nutzung ein großflächiges Wasserstandsmanagement (s. Maniak et al. 1999) und die entsprechende soziale Organisation erforderlich (s. Bahrenberg et al. 1999).
- Als Folge der Eindeichung erfolgt kein weiteres Anwachsen der Geländehöhen, sondern es kommt partiell sogar zu Sackungen. Dies führt zu Erschwernissen hinsichtlich des Wasserstandsmanagements (s. Maniak et al. 1999).
- Es sind kaum nutzbare Grundwasservorkommen vorhanden und das hoch anstehende, teilweise versalzene Grundwasser (s. Hoffmann u. Meinken 1999) erschwert die landwirtschaftliche Nutzung (s. Kraft et al. 1999; Bahrenberg et al. 1999).
- Durch das spezifische Zusammentreffen von Binnenland und Küste haben sich seltene Übergangslbensräume entwickelt und Teile des Gebietes haben u.a. eine relativ hohe Bedeutung als Zwischenstation für den Vogelzug (s. Kraft et al. 1999).
- Im Gebiet sind wenig bis keine ausbeutbaren Bodenschätze vorhanden, Wald fehlt weitgehend (s. Bahrenberg et al. 1999; Kraft et al. 1999) und die fische-reiche Bedeutung ist heute sehr gering (Busch et al. 1989).
- Die hergestellten großen Wassertiefen und -volumina mit hohen Austauschraten in der Unterweser ermöglichen eine Nutzung als Schifffahrtsweg und Vorfluter, die zu einer hohen Bedeutung des Seehandels und der Entwicklung entsprechender Folgenutzungen geführt haben (s. Grabemann et al. 1999; Bahrenberg et al. 1999). Insgesamt liegt die Region jedoch in einer wirtschaftsgeografischen Randlage (s. Elsner u. Knogge 1999).

### **1.4.3 Horizontale Projektachse**

Die Aufgabenstellung der am Vorhaben zu beteiligenden Disziplinen und ihre spezifischen Aufgaben sind soweit wie möglich nach einem top down-Ansatz aus der Aufgabenstellung der Gesamtstudie entwickelt worden. Parallel ist durch eine problemangepasste Strukturierung des Vorhabens die Voraussetzung für eine erfolgreiche interdisziplinäre Bearbeitung, also vor allem auch für eine Integration der disziplinären Ergebnisse, geschaffen worden.

Wesentlicher Schritt zur Strukturierung der Fallstudie war eine erste Systemanalyse des zu untersuchenden Raumes, die Formulierung zentraler, das Systemverhalten bestimmender Zusammenhänge und die Operationalisierung der entsprechenden Parameter bereits in der Antragsphase. Auf dieser Grundlage konnten der zu untersuchende Wirklichkeitsausschnitt eingegrenzt und die zu seiner Beschreibung notwendigen Disziplinen benannt werden.

Der zu untersuchende Wirklichkeitsausschnitt des „Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraumes Weserästuar“ umfasste das hydrologische System mit Parametern wie Tidehub, Lage der Brackwasserzone, Wasserstände in der Marsch und Grundwasser-Flurabstand. Er umfasste das ökologische System mit Parametern wie Vegetation im Vorland, Fischfauna der Unterweser und Standortbedingungen in der Marsch. Das sozioökonomische System wurde durch Parameter wie Bruttowertschöpfung, Demografie, Flächennutzung und soziale Dynamik beschrieben. Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Begutachtung war die vorgesehene Realisierung eines TP zur Wahrnehmung von Umweltveränderungen durch den Menschen leider nicht möglich, so dass dieser Aspekt in der Fallstudie nicht bearbeitet werden konnte.

Auf der Grundlage dieses Arbeitsschrittes und der zur Sicherstellung der erfolgreichen interdisziplinären Zusammenarbeit und der Integration der Ergebnisse Auf erforderlichen Aufgaben hatten wir die folgende Organisationsstruktur der Fallstudie mit 8 Teilprojekten (TP) entwickelt (s. Abb. 1.1.).

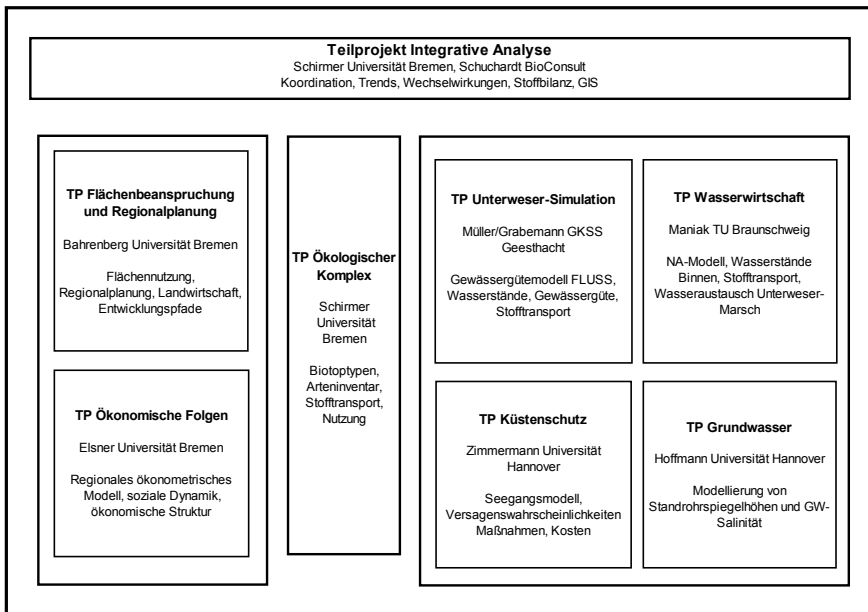


Abb. 1.1. Übersicht über die Projektstruktur mit den verschiedenen Teilprojekten (TP)

Entsprechend der grundlegenden Bedeutung der Hydrologie und des Wasserhaushaltes zur Beschreibung des Systemverhaltens der Unterweserregion wurde das hydrologische System durch 4 Teilprojekte bearbeitet. Das TP „Unterweser-Simulation“ hat mit dem hydrodynamisch-numerischen Modell FLUSS Hydrodynamik, Stofftransport, Gewässergüte und ausgewählte ökologische Kompartimente der Unterweser analysiert (Grabemann et al. Kap. 4). Das TP „Grundwasser“ hat mit einem numerischen Modell das großräumige Verhalten des Grundwasserleiters beschrieben. Es wurden großräumig GW-Strömungsverhältnisse und Standrohrspiegelhöhen berechnet. Zusätzlich wurden auf repräsentativen Teilflächen Detailbetrachtungen zur vertikalen Wasserbewegung (besonders auch von versalztem Wasser) in der ungesättigten Bodenzone durchgeführt (Hoffmann et al. Kap. 6). Im TP „Wasserwirtschaft“ ist ein klimasensitives Flussgebiets-(Wasserhaushalts-)modell für die Einzugsgebiete der Nebenflüsse der Unterweser und die ehemalige, heute eingedeichte Aue implementiert worden, mit dem Niederschlag, Verdunstung und Abfluss von Teileinzugsgebieten bilanziert und simuliert worden sind. Dazu wurde das modular aufgebaute, insbesondere hinsichtlich der räumlichen Aufteilung flexible Niederschlag-Abfluss-Modell NAXOS eingesetzt (Maniak et al. Kap. 5). Als Spezifikum von Teilen des Untersuchungsgebietes musste das Modell das Wassermanagement der Marschen mit ihren Zu- und Entwässerungseinrichtungen sowie Speicherpoldern berücksichtigen. Die Gebietskenndaten wurden unter Nutzung eines GIS erhoben bzw. verarbeitet. Das TP „Küstenschutz“ hat eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Küstenschutzanlagen durchgeführt und die Versagenswahrscheinlichkeiten bei veränderten Randbedingungen unter Anwendung einer Seegangssimulation analysiert (Zimmermann et al. Kap. 7). Da bei den vier TP jeweils Output-Parameter des einen TP Input-Parameter der anderen waren, war ein intensiver Austausch essentiell.

Das Ökologische System wurde durch ein eigenes TP bearbeitet. Es hat qualitativ und auf der Ebene der Biotoptypen quantitativ die ökologische Situation in der Unterweser, dem Vorland und der Marsch in ihrer Beeinflussung durch die verschiedenen abiotischen Standortparameter und, im Gebiet besonders bedeutsam, die Nutzung beschrieben. Dazu wurden die Ergebnisse der hydrologischen TP herangezogen. Die flächenhafte Darstellung der ökologischen Situation erfolgte wesentlich über die Kategorie Biotoptypen, die ein Integral über Standortfaktoren und Nutzung darstellen und somit explizit auf die Wechselwirkungen zwischen Naturraum und Gesellschaft fokussieren (Kraft et al. Kap. 8).

Das sozioökonomische Teilsystem wurde durch 2 TP bearbeitet. Die TP „Flächenbeanspruchung und Regionalplanung“ und „Ökonomische Folgen“ haben die Struktur des Lebens- und Wirtschaftsraumes Unterweserregion untersucht und die möglichen sozialen und ökonomischen Folgen eines Klimawandels analysiert. Das TP „Ökonomische Folgen“ hat dazu aus einem vorhandenen Deutschlandmodell ein ökonomisches Modell für die Region entwickelt (Elsner et al. Kap. 14), während das TP „Flächenbeanspruchung und Regionalplanung“ neben einer Status quo-Beschreibung v.a. die Aspekte Landwirtschaft und Tourismus bearbeitet hat (Bahrenberg u. König Kap. 9). Um die Wirkungen einer Klimaänderung zu analysieren, benötigten die beiden TP Inputdaten von den natur- und ingenieurwissenschaftlichen TP.

Die Fallstudie KLIMU konnte ihre komplexe Aufgabe nur dadurch erfolgreich erfüllen, dass die verschiedenen beteiligten Disziplinen durch den Entwurf und die stringente Umsetzung eines zielführenden Leitkonzeptes während der gesamten Bearbeitungszeit auf die verschiedenen Teilziele hin orientiert wurden und die sektoralen Ergebnisse der verschiedenen Arbeitsschritte während der gesamten Projektlaufzeit nach einheitlichen Kriterien zusammengeführt, Wechselwirkungen analysiert und die Gesamtwirkungen bewertet wurden. Dies war neben der allgemeinen Koordination der Teilprojekte zentrale Aufgabe des TP „Integrative Analyse“ (s. Schuchardt u. Schirmer 1999).

#### **1.4.4 Vertikale Projektachse**

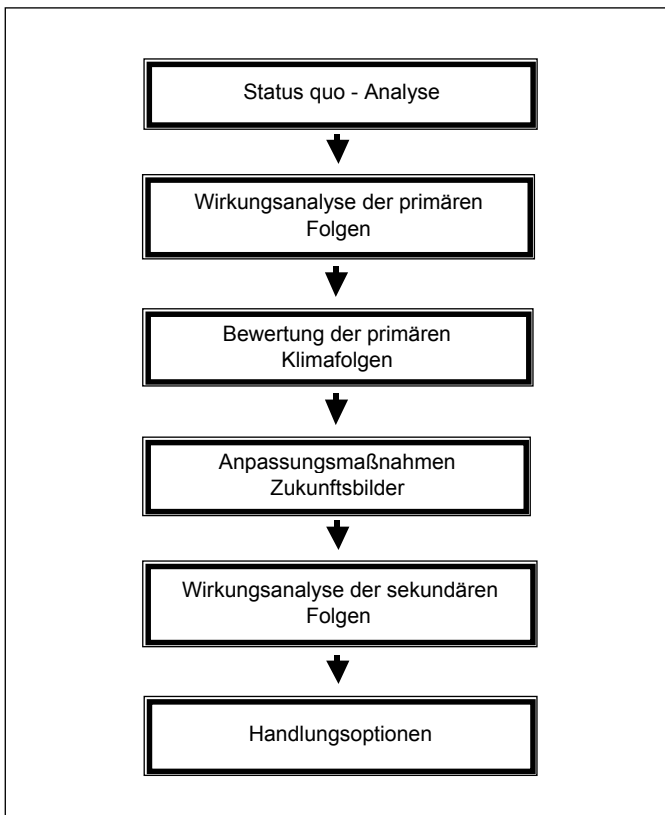
Um trotz der erforderlichen sektoralen Gliederung das Vorhaben auf das gemeinsame Ziel hin zu orientieren, ist bereits im Projektantrag ein zielführendes Leitkonzept definiert worden, das das Vorhaben „vertikal“ in eine Reihe von Arbeitszielen bzw. -schritten gliedert hat, die jeweils von den verschiedenen TP gemeinsam zu bearbeiten waren. Dabei folgt jeweils der sektoralen, fachdisziplinären Bearbeitung ein integrativer Arbeitsschritt, in dem die sektoralen Ergebnisse in einen integrativen qualitativen Ansatz eingearbeitet wurden, der auch das Erkennen von Wechsel- und Folgewirkungen ermöglichte. Gerade dieser mehrfache Wechsel von sektoralen und integrativen Phasen betrachten wir als essentiell für den interdisziplinären, zielorientierten Forschungsprozess. Er gewährleistet nicht nur eine kontinuierliche interdisziplinäre Kooperation, sondern ermöglicht auch eine (projektinterne) Evaluation des disziplinären Forschungsprozesses u.a. auf seine stringente Orientierung auf das Gesamtziel der Fallstudie hin.

Das zielführende Leitkonzept diente also sowohl als forschungsleitendes und -strukturierendes Gerüst als auch als integratives Instrument, das die Verbindung von inhaltlicher und organisatorischer Ebene gewährleistet hat.

In Abb. 1.2. sind die Arbeitsschritte des zielführenden Leitkonzeptes in vereinfachter Form dargestellt. Durch Projektion des Leitkonzeptes auf die Zeitachse entstand gleichzeitig auch die zeitliche Grundstruktur der Fallstudie. Es muss betont werden, dass die in Abb. 1.2. zur besseren Veranschaulichung schematisch getrennten Arbeitsschritte während des Forschungsprozesses natürlich durch „weiche“ Übergänge charakterisiert waren.

Im Folgenden sollen ausgewählte Arbeitsschritte des zielführenden Leitkonzeptes kurz erläutert werden:





**Abb. 1.2.** Vereinfachte Übersicht über das zielführende Leitkonzept der Fallstudie

### *Status quo-Analyse*

Hier erfolgte im Wesentlichen eine problemorientierte Bestandsaufnahme der naturräumlichen Situation und der gesellschaftlichen Strukturen und Aktivitäten im Untersuchungsgebiet durch die Sammlung und Aufbereitung vorhandener Daten durch die verschiedenen TP („sektoral“). Eine sektorale Modellierung der von den verschiedenen Teilprojekten analysierten Teilsysteme erfolgte mit dem jeweiligen fachspezifischen Instrumentarium qualitativ, halbquantitativ oder quantitativ. Der Arbeitsschritt diente der vertieften Systemanalyse, der Systematisierung der vorhandenen Daten und der Benennung vorhandener Datenlücken, damit diese, soweit möglich, im weiteren Projektverlauf geschlossen werden konnten. Vor allem jedoch stellte dieser Schritt die Grundlage für die in weiteren Arbeitsschritten erfolgende Analyse der primären und der sekundären Klimawirkungen (s.u.) dar.

Um das Projektziel zu erreichen, war parallel zu den sektoralen Ergebnissen auch ein querschnittsorientiertes Verständnis der Zusammenhänge, Prozesse und Trends im „Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum Unterweserregion“ essentiell. Dafür wurden Subsysteme („Relationsgeflechte“) identifiziert, die die für den Pro-

jektzusammenhang in der Region wesentlichen Wechselwirkungen zwischen Naturraum und Gesellschaft abbilden (s. Schuchardt u. Schirmer 1999 und unten).

### ***Wirkungsanalyse der primären Klimafolgen***

Als primäre Klimafolgen wurden nach Krupp u. Blank (1995) die sich direkt oder indirekt aus einer Klimaänderung ergebenden Wirkungen ohne entsprechende Anpassungsreaktionen der Gesellschaft bezeichnet. Sie wurden in der Fallstudie durch die TP-spezifische Anwendung des Klimaszenarios auf die entwickelten sektoralen Modelle des Untersuchungsgebietes ermittelt. In den sozioökonomischen TP wurden durch Expertengespräche die möglichen sozioökonomischen Konsequenzen abgeschätzt. Die integrative Wirkungsanalyse nutzte die im Arbeitsschritt Status quo-Analyse entwickelten Relationsgeflechte, um unter Nutzung der Ergebnisse der sektoralen Teilprojekte die Wirkungen der Klimaszenarien auf den Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum Unterweserregion in seinen Wechselwirkungen qualitativ bzw. halbquantitativ abzuschätzen.

### ***Bewertung der primären Klimafolgen***

Damit sowohl die Ableitung von Reaktionsvarianten als auch das Aufzeigen von Handlungsoptionen sinnvoll möglich war, musste das Vorhaben die Klimafolgen anhand eines projektspezifischen, querschnittsorientierten Bewertungssystems bewerten. Mit diesem sollte das Ausmaß der sich durch eine Klimaänderung möglicherweise ergebenden Probleme für derzeitige Nutzungen und Interessen beurteilt und damit die Notwendigkeit der Entwicklung von Handlungsoptionen geprüft werden. Dazu sind aus den beiden Grundsätzen „Sicherung einer der übrigen Bevölkerung der BRD vergleichbaren Lebensqualität in der Region“ und „Ermöglichung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung der Region“ Indikatoren zur Bewertung der primären und sekundären Klimawirkungen abgeleitet worden (Schuchardt u. Schirmer Kap. 11).

### ***Wirkungsanalyse der sekundären Klimafolgen***

Als sekundäre Klimafolgen wurden nach Krupp u. Blank (1995) die Aus- und Nebenwirkungen der Reaktionen der Gesellschaft auf die primären Klimafolgen bezeichnet. Die sekundären Klimawirkungen sind methodisch ähnlich wie die primären Klimafolgen, z.T. allerdings mit einer geringeren Tiefenschärfe abgeschätzt worden.

### ***Ableitung von Reaktionsvarianten und Konstruktion von „Zukünften“***

Auf der Grundlage der Bewertung der primären Klimawirkungen sind, soweit erforderlich, gesellschaftliche Reaktionsvarianten entwickelt worden, mit denen die negativen Wirkungen der Klimaveränderung reduziert werden können. Die mit der Realisierung verbundenen Wirkungen sowie die verbleibenden Wirkungen sind dann als sekundäre Klimawirkungen (s.u.) weiter analysiert worden. Dies war im Wesentlichen für den Küstenschutz erforderlich (s. v. Lieberman et al. Kap. 12). Um methodisch zumindest ansatzweise zu berücksichtigen, dass die Klimaänderung nicht auf den Status quo, sondern auf einen unbekanntem zukünftigen Zustand von Natur und Gesellschaft wirken wird, haben wir mögliche zukünftige Veränderungen an der Schnittstelle Natur-Gesellschaft als „Zukunftsbilder“ formuliert und die Konsequenzen für die Klimasensitivität analysiert

(Schuchardt et al. Kap. 13). Zusätzlich sind von den sozioökonomischen Teilprojekten weitere zukünftige Entwicklungen bzw. „regionale Entwicklungspfade“ auf der Basis des Deutschland-Reports der Fa. Prognos entwickelt und in ihren Konsequenzen betrachtet worden (s.a. Elsner et al. Kap. 14; Bahrenberg Kap. 15). Dieser Arbeitsschritt stellte eine Möglichkeit dar, die nur begrenzte Vorhersagbarkeit insbesondere gesellschaftlicher Veränderungen methodisch in der problemorientierten Forschung handhabbar zu machen.

### ***Aufzeigen von präventiven und adaptiven Handlungsoptionen***

Ziel der Fallstudie war neben der Analyse der primären Klimafolgen das Aufzeigen von präventiven und/oder adaptiven Handlungsoptionen, die als Grundlage für einen gesellschaftlichen Diskurs über den Umgang mit den möglichen Klimafolgen dienen können. Dies ist, aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse der primären Klimafolgen, der Ableitung der Reaktionsvarianten/Zukunftsbilder und der Analyse der sekundären Klimafolgen in Kap. 16 von Schirmer u. Schuchardt geleistet worden.

## **1.4.5 Zeitstruktur**

Die Zeitstruktur des Verbundvorhabens entstand durch die Integration von vertikaler und horizontaler Projektachsen. Dadurch wurden die wesentlichen Arbeitsschritte des zielführenden Leitkonzepts für alle TP zu verbindlichen Meilensteinen. Dies war bei einem Projekt, bei dem schon während der Bearbeitungszeit bei verschiedenen Zwischenschritten Ergebnisse von einem TP an andere weitergegeben werden mussten, essentiell.

Diese Meilensteine oder Synthesephasen kumulierten jeweils in einzelnen Workshops. Es entstand ein Netzmuster von sektoralen und integrativen Phasen, das Voraussetzung für die mit der Projektstruktur angelegte enge Kommunikation sowohl der Teilprojekte untereinander als auch zwischen den disziplinären Teilprojekten und dem TP „Integrative Analyse“ war und als charakteristisch für den interdisziplinären Forschungsprozess des Vorhabens bezeichnet werden kann.

## **1.5 Integrative Analyse**

Der interdisziplinäre Ansatz musste zwar auch die sinnvolle Zergliederung der Gesamtfragestellung in disziplinär zu bearbeitende Teilthemen umfassen, vor allem aber musste er Interdisziplinarität und integrative Analyse innerhalb des Projekts organisieren und institutionalisieren. Das galt sowohl für die Zusammenarbeit zwischen den naturwissenschaftlichen TP als auch und vor allem für die Zusammenarbeit von sozioökonomischen und naturwissenschaftlichen TP.

Bei der Analyse der Wechselwirkungen zwischen Naturraum und Gesellschaft müssen die disziplinären Schranken sowohl der Natur- wie der Gesellschaftswissenschaften überschritten werden (Fues 1996). Dabei lässt das Fehlen integrativer Theorien von Mensch-Umwelt-Systemen bei vorhandenen Versuchen der Be-

trachtung nach Becker et al. (1998) meist eine disziplinäre Hegemonie erkennen. Weiterführend sind nach diesen Autoren Ansätze, die nicht mehr auf die Vorstellung zweier getrennter Systeme ausgerichtet sind, sondern direkt die Frage ins Zentrum rücken, wie die stark verkoppelte Entwicklungsdynamik von Gesellschaften und ihrer Umwelt empirisch beobachtet, theoretisch erfasst, über Indikatoren in ihren Verknüpfungen beurteilt und in Modellen dargestellt werden kann. Dem Ansatz von Jahn u. Wehling (1998) folgend, haben wir als zentralen methodischen Ansatz der integrativen Analyse die wechselseitigen Verknüpfungen von Natur und Gesellschaft durch die Formulierung von Relationsgeflechten als Subsysteme dargestellt, die nicht nur als Wirkungsbeziehungen, sondern auch als Deutungsbeziehungen verstanden werden. Dabei handelt es sich weniger um Beziehungen zwischen getrennten Systemen, als vielmehr um ein koevolutives Zusammenspiel jeweils spezifischer natürlicher und gesellschaftlicher Elemente (Jahn u. Wehling 1998). Je nach den unterschiedlichen Sichtweisen und kognitiven Hintergrundmodellen (z.B. natur- oder sozialwissenschaftlichen) können diese Verhältnisbestimmungen anders beschrieben werden. Dabei kann die Interaktion von Gesellschaft und Natur nicht auf die energetischen und materiellen Aspekte reduziert werden, auch symbolische Aspekte müssen betrachtet werden (Brand 1998). Letztlich geht es nach Jahn u. Wehling (1998) darum, die komplexe, koevolutive Prozessdynamik zwischen der Gesellschaft und ihrer natürlichen Umwelt in das Zentrum der Aufmerksamkeit zu rücken.

Es sind deshalb auf der Grundlage einer umfassenden Systemanalyse und des skizzierten Ansatzes der Wechselwirkungen zwischen Naturraum und Gesellschaft zur Beschreibung der zentralen Aspekte drei regionale Relationsgeflechte identifiziert und durch definierte Kompartimente und ihre Wechselbeziehungen beschrieben worden.

Dabei ist jeweils eine eingegrenzte Zahl von Kompartimenten definiert worden, die überwiegend einzelnen Teilprojekten des Verbundvorhabens KLIMU zugeordnet werden konnten und von diesen detailliert bearbeitet wurden. Die Wirkungspfeile repräsentieren überwiegend gleichzeitig Schnittstellen zwischen den TP. Dabei ist es nicht Aufgabe der Relationsgeflechte jede Wechselwirkung abzubilden, sondern die Geflechte fokussieren auf die für die Analyse der Wechselwirkungen wesentlichen Aspekte. Die drei definierten Relationsgeflechte haben wiederum untereinander verschiedene Schnittstellen, die im Text angesprochen werden.

Die drei abgegrenzten Relationsgeflechte integrieren jeweils spezifische Parameter aus den verschiedenen Bereichen der Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften und fokussieren auf die Wechselwirkungen und Abhängigkeiten. Die Beziehungen zwischen den Parametern und ihre jeweilige Ausprägungen werden qualitativ und, wo möglich, quantitativ beschrieben, ohne dabei zu versuchen, bis auf eine „Einheitswährung“ zu vereinfachen.

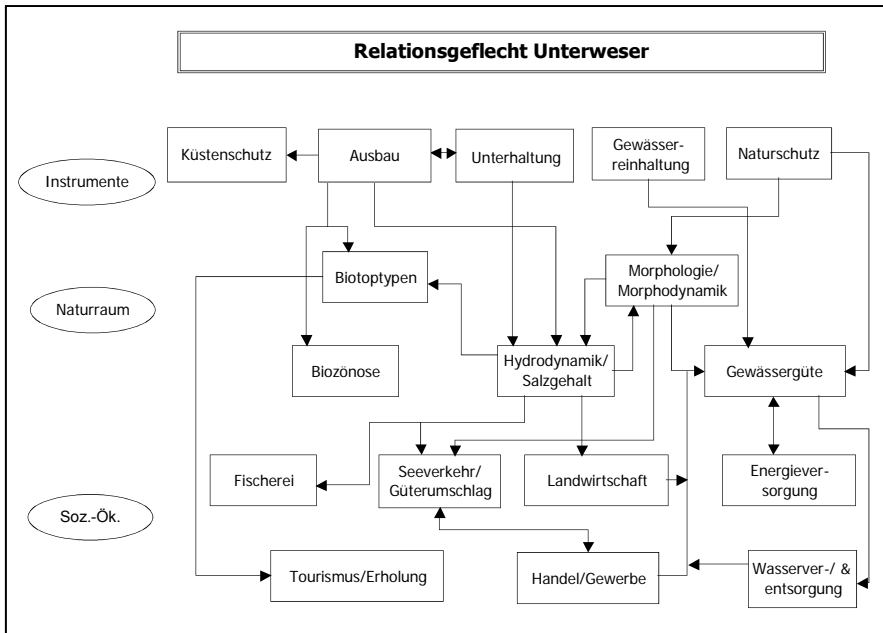
Dabei sind bewusst jeweils unterschiedliche Aspekte in den Mittelpunkt der Relationsgeflechte gerückt worden: bei der Landwirtschaft ist es eine Nutzung, beim Küstenschutz eine Dienstleistung und bei der Unterweser ein Raum bzw. eine Ressource.

### 1.5.1 Relationsgeflecht Unterweser

**Begründung:** Die Unterweser bildet die zentrale Achse der Region, der sie auch ihren Namen gibt. Sie verbindet die marinen Lebensräume und die globalen Märkte mit dem Binnenland und war wesentliche Ursache für die Entwicklung auch der gesellschaftlichen Organisation, wie sie sich heute darstellt. Ein Relationsgeflecht Unterweser schließt die naturräumliche Situation, die Hydrografie, die verschiedenen Nutzungen der Unterweser (Schifffahrt, Vorfluter, Fischerei etc.) und die ökologischen Grundlagen und ihre Wechselwirkungen ein.

**Beschreibung:** Die naturräumliche Situation wird durch die Kompartimente Morphologie, Hydrodynamik, Gewässergüte, Biotoptypen und Biozönosen beschrieben, die sozioökonomische Situation durch die Kompartimente Seeverkehr/Güterumschlag, Landwirtschaft, Fischerei, Energieversorgung, Wasserversorgung und -entsorgung, Handel und Tourismus/Erholung. Zwischen diesen beiden vermitteln v.a. die Instrumente Küstenschutz (der als eigenes Relationsgeflecht dargestellt wird), Gewässerausbau und -unterhaltung, Gewässerreinigung und Naturschutz (Abb. 1.3.).

Eine kurze Charakterisierung ausgewählter historischer Zusammenhänge erfolgt in Schuchardt u. Schirmer (1999).

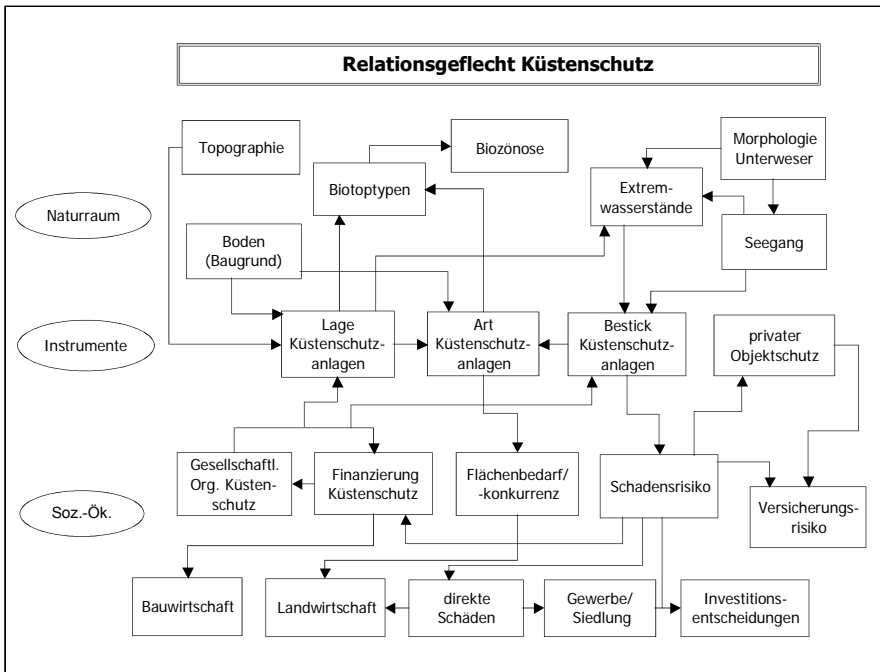


**Abb. 1.3.** Regionales Relationsgeflecht Unterweser, das für diesen Aspekt wesentliche Beziehungen zwischen Naturraum und Gesellschaft darstellt.

### 1.5.2 Relationsgeflecht Küstenschutz

**Begründung:** Eine Nutzung der Region im heutigen Umfang ist aufgrund der naturräumlichen Bedingungen ohne ein funktionierendes Küstenschutzsystem nicht möglich. Das gilt sowohl für die landwirtschaftliche Nutzung (Schnittstelle zum Relationsgeflecht Landwirtschaft) als auch in verstärktem Maße für eine Nutzung als Siedlungs- und Wirtschaftsraum und ist deshalb eine zentrale Standortvoraussetzung. Die Umsetzung des Küstenschutzes (Abwehr von Sturmflutwasserständen) als auch des Hochwasserschutzes (Abwehr von Überschwemmungen durch Niederschlags- und Oberwasser) erfordert eine entsprechende gesellschaftliche Organisation und Finanzierung und beeinflusst die ökologische Situation und betrifft deshalb sowohl Naturraum wie Gesellschaft (s. dazu Kunz 1994).

**Beschreibung:** Die naturräumliche Situation wird durch die Kompartimente Topografie, Boden, Biotoptypen, Biozönose, Extremwasserstände, Morphologie Unterweser, Seegang beschrieben, die Sozioökonomie durch die Kompartimente gesellschaftliche Organisation von Küstenschutz, Finanzierung von Küstenschutz, Flächenbedarf/-konkurrenz, Schadensrisiko, Versicherungswesen, Bauwirtschaft, Landwirtschaft, direkte Schäden, Gewerbe/Siedlung und Investitionsentscheidungen.



**Abb. 1.4.** Regionales Relationsgeflecht Küstenschutz, das für diesen Aspekt wesentliche Beziehungen zwischen Naturraum und Gesellschaft darstellt.